



Licht ins Dunkel: Das Funktionieren unserer Gesellschaft hängt ab vom Puls des Stroms. Um ihn zu erhalten, muss das Netz, vom kleinsten Schaltkreis bis zum Großkraftwerk, sein Gleichgewicht halten.

Foto ddp

Ein Datum taucht immer wieder auf. „Am 8. Januar standen wir auch in Europa kurz vor dem Blackout“, sagt einer der Stromnetzexperten, fast beiläufig, so als müsse der Tag, an dem das europäische Verbundnetz in zwei Hälften gesplittet wurde, weil Überstrom in einer kroatischen Umspannanlage eine ganze Kaskade von Störungen auslöste, auch allen Laien ein Begriff sein. Dass er das nicht ist, ist vielleicht schon ein Teil des Problems. Denn bislang fließt der Strom beständig aus den Steckdosen in den Kreislauf unseres Alltags. Kroatien war ein Ereignis, kritisch und schweißperlentreibend. Aber eben nur ein Beinahe-Blackout.

Blackouts sind selten und sie werden in Deutschland immer seltener. Im Schnitt müssen wir pro Jahr nur gut zwölf Minuten ohne Strom auskommen, was ein ziemlich guter Wert ist. Doch sollte es doch mal länger dauern, Stunden, Tage, Wochen, dann wären die Folgen katastrophal. Nicht nur das Licht geht aus, auch die Trinkwasserpumpen, Dialyse- und Beatmungsgeräte, Straßenbahnen und Melkmaschinen. Das Büro für Technikfolgen-Abschätzung des Deutschen Bundestags hat so ein Szenario durchgespielt. Die Studie ist zehn Jahre alt, doch sie hinterlässt auch bei jenen ein mulmiges Gefühl, die apokalyptischen Visionen gewöhnlich mit Skepsis begegnen.

Was es bedeutet, wenn die Versorgung lahmgelegt ist, haben Texaner vor wenigen Wochen gespürt. Millionen Menschen hatten tagelang weder Strom noch Gas noch Wasser. Auslöser dieses kollektiven Ausnahmezustands: ein Wintersturm. Wetter also, das wir auch in Mitteleuropa haben. Aber ist unser Strom und mit ihm das Energiesystem schon in dieser Hinsicht so fragil, wie es das texanische war?

Martin Braun sieht das auch als eine Frage der Wahrscheinlichkeit. Am Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik leitet er den Fachbereich Netzplanung und Netztrieb. Braun sieht zunächst grundlegende Unterschiede – zu unseren Gunsten. Das beginne damit, dass es hier viel weniger wetteranfällige Freileitungen gebe, die Nieder- und Mittelspannungsnetze liegen unter der Erde. Aber Braun deutet auch auf ein gewisses Dilemma hin, das Netzbetreiber mit Trainings zumindest ein wenig auszugleichen versuchten: „In Deutschland gab es glücklicherweise noch keinen flächendeckenden Netzausfall.“ Die Erfahrungswerte aus erster Hand sind begrenzt. Deutschland steht aber nicht allein da, wir hängen im 500 Gigawatt starken europäischen Verbundnetz. „Wenn ein Kraftwerk ausfällt, bleibt die Frequenz im sicheren Bereich“, sagt Braun. Je kleiner die Insel, desto größer der Effekt und das Risiko für Ausfälle.

Unser elektrischer Puls schlägt mit 50 Hertz. Diese Frequenz muss fortwährend ausbalanciert sein. Um 0,2 Hertz darf sie

## Riskanter Balanceakt

Lange Blackouts sind für moderne Staaten ein echtes Albtraumszenario. Unser Stromnetz muss sich also wappnen. Gegen extreme Wetterereignisse, volatile Erzeuger und digitale Angreifer.

Von Anna-Lena Niemann

nach oben oder unten abweichen, jenseits dessen wird es ernst. Einspeisung und Verbrauch in ständigem Gleichgewicht zu halten ist nicht trivial. Den Energiemanagement-Professor Braun treibt außerdem die Frage um, wie widerstandsfähig unser System gegen äußere Einflüsse ist. Braun blickt auf den Klimawandel, der Jahrhundertereignisse zu Dekadenergebnissen machen kann, und fordert, dass unser Netz dem Rechnung tragen müsse. Das ist vor allem eine Lehre aus einem der längsten Blackouts jüngerer deutscher Geschichte, als Schnee und Eis 2005 so stark auf die Strommasten im Münsterland drückten, dass sie einfach umknickten. In der Branche spricht man seitdem von der Münsterlandstörung. Sie ist der Grund, warum der Übertragungsnetzbetreiber 50Hertz seit einiger Zeit Tausende seiner Strommasten für viel Geld verstärkt. Mastschäden durch extremes Wetter seien signifikant gestiegen.

Für Netzbetreiber gilt die Maxime: N-1. Ein Element des Systems, auch das kritischste, kann ausfallen, ohne dass es die Verbraucher einschränkt. „Es ist egal, wie wahrscheinlich ein Ereignis ist – wichtig ist nur, dass es einfach keine negativen Konsequenzen hat“, sagt Dirk Biermann. Als Geschäftsführer Märkte und Systembetrieb bei 50Hertz muss er sich aber stetig mit der Frage beschäftigen, ob N-1 zukünftig noch reicht. Weil nicht nur die Wahrscheinlichkeit für eine einzelne Störung steigt, sondern auch dafür, dass gleich mehrere Dinge zusammen passieren. Darauf müsse man sich vorbereiten, sagt Biermann. Die 50Hertz und ihr Geschäftsführer stecken bei diesem Thema in einer Doppelrolle: Die Auswirkungen des Klimawandels auf ihr Übertragungsnetz spüren sie deutlich.

Die Energiewende, der zentraler Schlüssel ist gegen diese Entwicklung, ist aber eine Herausforderung für sich. Der Anteil von regenerativ erzeugtem Strom liegt bei 50Hertz bei stolzen 60 Prozent. Das ist viel Volatilität für ein System, das von absoluter Balance lebt.

Die Erneuerbaren führten aber nicht, und schon gar nicht direkt, in den Blackout, betont Biermann. Eine Herausforderung seien sie, ja, aber eine, die man meistern kann. Die Prognosen für die Einspeisung werden immer besser, genau wie die Instrumente, die fürs Gleichgewicht sorgen. Bei zu viel Einspeisung regeln die Systeme die Anlagen einfach herunter – ein automatisierter Prozess, der ein ökonomisches Problem sein wird, aber kein technisches. Selbst die berichtigte Dunkelflaute ist ein Standardfall, den die Betreiber gut vorhersagen können. Dennoch macht Biermann deutlich, dass es Reserven für die Regelleistung geben müsse, die auch mal für Wochen einspringen können. Wie Gasturbinen, die sich zudem mit grünem Wasserstoff betreiben lassen, oder Flexibilitäten im Netz. „Zum Beispiel eine Wärmepumpe für eine gewisse Zeit ausschalten oder ein Elektroauto mit Verzögerung laden, wenn es absehbar nicht benötigt wird“, erklärt Biermann. Zudem gibt es Industriebetriebe, die gezielt vom Netz gehen, wenn zu wenig eingespist wird – ein vertraglich vereinbarter Lastabwurf.

Schwieriger ist es, das System kurzfristig, auf die Sekunde genau, auszuregulieren. Dafür braucht es Momentanreserven, auch Redundanzen, im Netz. Doch die verschwinden. Klassisch liegen sie in den Synchrongeneratoren der großen Kraftwerke. Sie bringen physikalische Trägheit ins Netz, weil ihre drehenden Massen

nicht sprunghaft auf Veränderungen in Verbrauch oder Erzeugung reagieren, sondern träge, ausgleichend, balancierend. Wenn nun Politik und Netzbetreiber argumentierten, man könne Redundanzen erst mal ausschöpfen, statt neue Trassen zu bauen – weil sie für Worst-Case-Szenarien gebaut sind, die fast nie eintreten –, dann sei das eine „irre Logik“, wie Hermann de Meer sagt. Aber genau die Richtung, in die es gehe. „Die Spielräume und Redundanzen werden systematisch abgebaut“, stellt de Meer fest, Professor an der Universität Passau. „Die Unsicherheiten werden oft der Energiewende zugeschoben, sie haben aber vor allem mit der Privatisierung zu tun.“ Denn Trägheit kann man auch anders als mit alten Kraftwerken ins Netz bringen. Dirk Biermann vom Übertragungsnetzbetreiber 50Hertz erzählt, dass sie dafür offensiv in neue Betriebsmittel investierten, die Namen tragen wie Phasenschiebertransformatoren oder Statcoms. Die Technik ist also da. Sie muss aber auch eingesetzt werden.

Fragt man Hermann de Meer, ob wir mit mehr Blackouts rechnen müssen wegen der Energiewende, dann erklärt er mit einer Analogie, warum unser Problem nicht die Energiewende an sich ist, sondern dass man sie nicht konsequent genug zu Ende gedacht hat: „Das ist, als würden Sie neue Autos bauen, mit neuer Technik, aber immer noch die Bremsen aus dem 19. Jahrhundert nutzen.“ Um in dem Bild zu bleiben: Viele der Schutzmechanismen im Netz, wie jene, um Kurzschlüsse zu verhindern, sind für ein zentrales System konzipiert, in dem Strom von den großen Generatoren zum Rand fließt. In einem modernen Netz, das aus unzähligen kleinen und dezentralen Erzeugern besteht, geht das nicht auf.

Wenn es um Blackouts geht, wartet zudem noch eine ganz andere Herausforderung: Das Stromnetz wird zu einem gigantischen Apparat digitaler Technik. „Das ist eine verzackte Situation“, sagt de Meer. „Die Computer für die Automatisierung des Netzes sind vom Strom abhängig. Gleichzeitig brauchen wir die IT, um das Stromnetz wieder hochzufahren.“ Normalerweise gibt es einige schwarzstartfähige Kraftwerke, zum Beispiel Pumpspeicher oder Gasturbinen, mit denen nach einem Blackout – Insel für Insel – wieder hochgefahren wird. Das Problem, wie das in einem hochgradig digital vernetzten System funktioniert, sei bisher aber nicht gelöst, erklärt de Meer. Seit 2019 leitet der Informatik-Professor deshalb dazu ein Forschungsprojekt.

Die Digitalisierung, die unser intelligentes und dezentrales Netz überhaupt erst möglich macht, birgt zugleich Risiken. Nicht nur wenn der Blackout tatsächlich eintritt. Im Dezember 2015 griffen Hacker die Stromversorgung der Ukraine an, 225 000 Menschen blieben stundenlang ohne Strom. Das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) listet in einem Bericht allein 15

bekannt und professionelle Cyberspionagegruppen, die es weltweit nur auf die Energiebranche abgesehen haben. Und wenn man Tim Philipp Schäfers und Sebastian Neef zuhört, fragt man sich, warum wir bisher so glimpflich davongekommen sind. Beide betreiben mit Internetwache.org so etwas wie einen gemeinnützigen Dienst an der IT-Sicherheit unserer Energieversorgung. Sie sind White-Hats, also Hacker für die gute Sache, die nach Sicherheitslücken in den Systemen von Wasserwerken, Windparks oder Kläranlagen suchen. Wenn sie welche finden, und das tun sie ziemlich oft, informieren sie die Betreiber sofort. Geld nehmen sie dafür nicht.

„Wenn wir nach Lücken suchen, ist das kein Hexenwerk“, sagt Sebastian Neef. Angriffe kämen fast immer durch bekannte Lücken, deshalb ist es so wichtig, Software aktuell zu halten. „Als Privatperson ist es kein Problem, ein Update auszuführen, wenn ich meinen Computer herunterfahre“, erklärt Tim Philipp Schäfers. Bei einem kleinen Energiebetrieb, der keine doppelte IT-Infrastruktur hat, ist das nicht so einfach, weil die Verfügbarkeit seiner Dienste über allem stehe. Die beiden haben sich in eine städtische Kläranlage gehackt. So weit, dass sie den Chlorgehalt selbst hätten bestimmen können. Außerdem haben sie das BSI auf offene Steuerungssysteme von deutschen Wasserwerken aufmerksam gemacht, die im Internet einsehbar waren. „Man muss davon ausgehen, dass bestimmte Anlagen kompromittiert sind und übernommen werden können“, sagt Schäfers. „Uns sind Fälle aus der Windenergiebranche bekannt, in denen Angriffe gefahren und Lösegeld gezahlt wurde.“ Das komme nur oft nicht an die Öffentlichkeit.

Den Sicherheitsstand vieler Betriebe der kritischen Infrastruktur beschreiben sie als frapierend. Keine Verschlüsselung, kein Budget für IT-Fachkräfte und immer wieder im Internet zugängliche Anmeldemasken – Benutzername und Passwort schon eingetragen. IT-Sicherheit müsse ein kontinuierliches Thema sein. „Als Verteidiger müssen wir alle Lücken erkennen und beheben – den Angreifern reicht eine einzige Lücke“, sagt Sebastian Neef.

Die Modernisierung des Stromsystems biete aber trotzdem viele Chancen. Energiewende bedeute auch, dass technisch veraltete Anlagen vom Netz gingen. Vor allem Atomkraftwerke, sagen Schäfers und Neef. In der Blackout-Debatte spielen sie ohnehin eine kritische Rolle. Denn ein Windpark oder Kohlekraftwerk ohne Strom ist ärgerlich, ein Meiler ohne Kühlung gefährlich. Was es brauche, sagen sie, sei aber eine Art Digitales Technisches Hilfswerk, ein gemeinnütziger Einsatztrupp, der die Sicherheit des Netzes im Ernstfall nicht sich selbst überlässt. Denn klar ist: Das Stromnetz ist nicht nur ein technisches Konstrukt. Es war und ist auch immer ein soziales.

### SCHLUSSLICHT



### NEUES VOM TECHNOKING

VON WALTER WILLE

Ein Schlussslicht wie dieses haben Sie noch nie gelesen. Es markiert den Übergang von old Technik & Motor zu new Technik & Motor. Denn es handelt sich um das erste Schlussslicht, das mit unserem neuen Redaktionssystem geschrieben wurde. Der Umstieg vom alten auf neue vollzieht sich etwas anstrengend. Er ist von gelegentlicher Verzweiflung begleitet, die neue Technik ungewohnt, Fernschaltung im Homeoffice nicht das Gelbe vom Ei, doch wie Sie sehen: Wir haben es gemeistert. Uff.

\*\*\*

Volkswagen meistert gerade den Übergang von old Auto zu new Auto. So hat es Herbert Diess, der Elektroantrieb des Konzerns, formuliert und das Auto von morgen als „vernetztes und autonomes Gerät“ bezeichnet. „Schatz, wo hast du unser vernetztes, autonomes Gerät geparkt?“, wird man künftig sagen. Oder: „Wie sieht denn unser vernetztes, autonomes Gerät aus? Es müsste dringend in die Waschanlage.“ Noch mag das ungewohnt klingen, noch mag die Batterietechnik nicht das Gelbe vom Ei sein, aber wenn jetzt auch Varta verkündet, ins Geschäft mit Elektroautobatterien einsteigen zu wollen, ist das ein eindeutiges Zeichen: Taschenlampe war gestern, dem vernetzten, autonomen Gerät mit Elektromotor gehört die Zukunft. Audi-Boss Markus Duesmann stellte schon mal klar, dass keine neuen Generationen von Verbrennungsmotoren mehr entwickelt werden.

\*\*\*

Diess und Duesmann allerdings müssen sich mal wieder von Elon Musk zeigen lassen, wer der Forstscheste ist. Ganz offiziell hat sich der Tesla-Vorstandschef jetzt selbst den Zusatztitel „Technoking“ verliehen und dies in einem Schreiben an die amerikanische Börsenaufsicht kundgetan. Gönnen wir ihm im Prinzip. Was Musk aber offenbar nicht wusste: Den Titel Technoking beansprucht längst die Redaktion Technik & Motor für sich. Nun erst recht, da sie schon halbwegs mit dem neuen Redaktionssystem zurechtkommt.

### TECH-TALK MICROSOFT 1984

VON MICHAEL SPEHR

Es könnte sich lohnen, während der nächsten Videokonferenz die Kamera des Notebooks auszuschalten. Nicht etwa um den anderen Teilnehmern der Runde den Anblick des Chaos im heimischen Arbeitszimmer zu ersparen. Sondern weil Forscher von Microsoft jetzt für ihre Teams-Besprechungssoftware ein Tool entwickelt haben, welches die emotionalen Reaktionen der Konferenzteilnehmer auswertet. Affective Spotlight zeigt dem Chef der Runde oder dem Präsentator die ausdrucksstärksten Reaktionen der Zuhörer und Zuseher. Mit Künstlicher Intelligenz würden Gesichtsausdrücke wie Traurigkeit, Glück und Überraschung identifiziert, außerdem werden Bewegungen wie Kopfschütteln oder Nicken erkannt. Ein Augenbrauen-Erkennungssystem soll in Verbindung mit einer gerunzelten Stirn auch verwirrte Teilnehmer der Konferenz identifizieren. Alle 15 Sekunden zeigt Affective Spotlight dem Moderator die Person mit der höchsten positiven Punktzahl. Das alles sei ein wertvolles Feedback, meint Microsoft. Wir meinen, dass es mal wieder Zeit ist, „1984“ von George Orwell zu lesen. Den „Telescreen“ hat Orwell 1949 viel zu vorsichtig gedacht.

### HINWEIS DER REDAKTION

Ein Teil der in Technik & Motor besprochenen Produkte wurde der Redaktion von den Unternehmen zu Testzwecken zur Verfügung gestellt oder auf Reisen zu deren Journalisten eingeladen worden präsentiert.