

„Forum Energie“: Europa auf dem Weg in die Katastrophe Nach dem Lockdown ein Blackout?

Herbert Saurugg

Abstract

*Europe on the road to a main disaster
After the lockdown, a blackout?*

The European power supply system is undergoing a fundamental upheaval where, above all, “many cooks spoil the broth” applies. This is because there is no overall systemic coordination and approach. Each member country is making its own energy transition in different directions and there is hardly any coordinated approach recognizable. In addition, fundamental physical and technical conditions are being ignored and replaced by wishful thinking, which is bound to lead to disaster. This is because the power supply system obeys purely physical laws. We still have the opportunity to leave this fatal path.

Am 8. Januar 2021 kam es zur bisher zweit-schwersten Großstörung im europäischen Stromversorgungssystem (ENTSO-E/RG CE – Regional Group Central Europe). Diese verlief im Vergleich zur ersten am 4. November 2006 noch sehr glimpflich. Damals mussten binnen 19 Sekunden 10 Millionen Haushalte in Westeuropa vom Stromnetz getrennt werden, um einen europaweiten Kollaps zu verhindern. Diesmal waren „nur“ große Unternehmenskunden in Frankreich und Italien betroffen, die sich für einen solchen Fall vertraglich dazu bereit erklärt haben. Durch die sich seit 2006 laufend verbesserten Vorsorge- und Kommunikationsmaßnahmen der 43 Übertragungsnetzbetreiber des europäischen Verbundsystems konnte die Störung nach rund einer Stunde behoben werden. Daher hat auch kaum jemand mit dieser erneuten Großstörung gerechnet und niemand weiß, ob die vorgesehenen Sicherheitsmechanismen auch beim nächsten Zwischenfall rechtzeitig greifen werden. Im schlimmsten Fall könnte es zu einem europaweiten Strom-, Infrastruktur- sowie Versorgungsausfall, einem sogenannten „Blackout“, kommen, wie dies das Österreichische Bundesheer oder der Autor binnen der nächsten fünf Jahre erwarten. Das Ereignis am 8. Januar 2021 sollte daher als sehr ernst zu nehmende Warnung verstanden werden.

Seit Jahren steigen im europäischen Verbundsystem die Aufwände, um die Netzstabilität aufrechterhalten zu können. So sind etwa die österreichischen **Engpassmanagementkosten**, also jene Aufwände, um akut ein Blackout abzuwenden, von 2 Millionen Euro im Jahr 2011 auf 346 Millionen Euro im Jahr 2018 explodiert. Statt 2 Eingriffe waren binnen weniger Jahre Eingriffe an 301 Tagen erforderlich. Die Aufwände sind zwar 2019 und 2020 zurückgegangen, aber dennoch weiterhin auf sehr hohem Niveau. Die Ursachen liegen vor allem in der fehlenden Systemanpassung an die sich inzwischen stark geänderten Rahmenbedingungen, auch bedingt durch die notwendige Energiewende.

Fehlenden Speicher und Puffer

Wind und Sonne stehen nicht immer zur Verfügung und zum Teil kommt es zu erheblichen Abweichungen zwischen den Prognosen und der tatsächlichen Produktion. In einem System, wo während 31.536.000 Sekunden pro Jahr die Balance zwischen **Erzeugung und Verbrauch** ausgeglichen sein muss, ist das eine enorme Herausforderung, da vor allem Systemdienliche Speichern und Puffer fehlen, was nur durch weitreichende Kraftwerksinterventionen behoben werden kann. Das kann keine Dauerlösung darstellen. Zudem steigt durch die permanente Stresssituation auch die Störanfälligkeit des Gesamtsystems.

Während in Österreich theoretisch rund 3.300 GWh an **Pumpspeicherkapazität** zur Verfügung stehen, sind es in ganz Deutschland nur rund 40 GWh. Ohne nennenswerte Ausbaupläne. Bei einem aktuellen Stromverbrauch von 60 bis 80 GW könnte Deutschland damit nicht einmal eine Stunde des eigenen Stromverbrauches decken. Ganz abgesehen davon, dass das technisch gar nicht möglich wäre, da nur 11 GW an Engpassleistung zur Verfügung stehen. In ganz Europa stehen derzeit Speicher mit einer Turbinenkapazität von rund 47 GW zur Verfügung, zwei Drittel davon mit Pumpmöglichkeit, um bei Stromüberschuss die Speicherbecken wieder füllen zu können. Damit kann nur ein Bruchteil des europäischen Verbrauches gedeckt bzw. zwischengespeichert werden.

Das Speicher-Thema reicht zudem von **inhärent bis saisonal**, wozu unterschiedliche Technologien erforderlich sind. Bei der bisherigen Energiewende wurde nämlich außer Acht gelassen, dass konventionelle Kraftwerke den Speicher in der Primärenergie (Atombrennstäbe, Gas, Kohle, Öl) integriert haben, womit man die ständigen Verbrauchsänderungen ausgleichen kann. Aber nun gibt es einen steigenden und zunehmend schwieriger zu prognostizierenden Verbrauch und gleichzeitig eine volatile Stromerzeugung. Zwei Dinge, die ohne

Autor

Herbert Saurugg, MSc
Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge
Österreichische Gesellschaft für
Krisenvorsorge
Maishofen, Österreich

entsprechende Speicher und Puffer nicht in Einklang zu bringen sind.

Power-to-X

Für die saisonale Speicherung gilt Power-to-X als große Hoffnung, insbesondere die Nutzung von Wasserstoff. Grundsätzlich klingt das sehr verlockend, da mit dem Gasnetz bereits eine bestehende Infrastruktur zur Verfügung stehen würde. Das dazu aber noch einige große Herausforderungen zu lösen sind, wird meist nicht erwähnt. Schon gar nicht, die Kosten.

Durch die Ankündigung einer großen finanziellen Förderwelle wurde aber eine Goldgräberstimmung ausgelöst und viele Ankündigungen überschlagen sich. Es ist zu erwarten, dass das eine oder andere Goldnugget auch gefunden wird. Aber das damit binnen der nächsten wenigen Jahre ein großer Durchbruch und eine breite Umsetzung möglich sein werden, sollte eher nicht erwartet werden. Wir brauchen aber rasch umsetzbare Lösungen, nicht erst in 10 oder 20 Jahren. Zum anderen wissen wir noch relativ wenig über die potenziellen Nebenwirkungen, beispielsweise des Wasserdampfes, der bei der Rückverstromung im großen Stil freigesetzt wird. Was noch mehr bei der geplanten Methanisierung zu berücksichtigen ist, da hier die Auswirkungen bereits bekannt sind: Methan ist deutlich klimaschädlicher als CO₂.

Widersprüchlichkeit

Ganz generell gilt, dass es keine Energieform gibt, die ohne Nebenwirkung wäre. Auch für Wind und PV-Anlagen werden enorme Ressourcen benötigt, was leider meist verzerrt wahrgenommen wird. Die Einzelanlage ist klein und überschaubar. Aber wenn die konkrete Leistungsfähigkeit und das auch noch über einen Zeitraum eines Jahres betrachtet werden, schaut die Welt gleich anders aus. Durch eine falsche Betrachtungsweise werden meistens Äpfel mit Birnen verglichen, oder Durchschnittswerte herangezogen. Für den Betrieb ist aber nur relevant, welchen Beitrag die jeweilige Energieerzeugung für die permanent notwendige Balance gewährleisten kann. Also nicht statistisch übers Jahr gerechnet, sondern planbar, verlässlich und konstant. Würde das gemacht werden, wäre rasch klar, dass dazu weit mehr als nur eine Erzeugungsanlage erforderlich ist.

Genau diese Betrachtungsweise ist aber erforderlich, um einen systemischen Umbau unserer wichtigsten Lebensader sicherstellen zu können. Wir werden hier mit unserem Entweder-oder-Denken nicht weiterkommen. Es braucht ein **Sowohl-als-auch-Denken**, um die vor uns stehenden Herausforderungen zu meistern. Der CO₂-Ausstoß kann mit Erneuerbaren Energien deutlich verringert werden, jedoch brau-

chen wir gleichzeitig auch andere Systemelemente, um die bisher gewohnte sehr hohe Versorgungssicherheit gewährleisten zu können.

Momentanreserve

Ein anderes kaum beachtetes und sehr kritisches technisches Detail betrifft die **Momentanreserve, also die rotierenden Massen** konventioneller Kraftwerke. Denn mit der Stilllegung von Atom- und Kohlekraftwerken, werden auch diese im großen Stil vom Netz genommen. Die Schwungmassen der Synchrongeneratoren sind aber für die Frequenzerzeugung und -haltung von zentraler Bedeutung, da hier permanent ohne Steuerungseingriffe mechanische in elektrische Energie umgewandelt wird und umgekehrt. Ein rein physikalischer Vorgang. Das kann man sich auch als große Stoßdämpfer für Belastungsschöße vorstellen, die bisher dafür gesorgt haben, dass das europäische Verbundsystem so stabil funktioniert. Diese werden aber nun nach und nach reduziert und gleichzeitig kaum ersetzt, weil PV- und Windkraftanlagen diese Systemfunktion nicht mitbringen. Damit steigt die Störanfälligkeit des Systems.

Die Momentanreserve ist ein inhärent vorhandener Energiespeicher, der einen kurzfristig auftretenden Energieüberschuss zwischenspeichern kann. Die erzeugte Frequenz des Wechselstromes zeigt daher auch immer an, ob ein Leistungsmangel oder ein Leistungsüberschuss im Gesamtsystem vorhanden ist. Über die Frequenz können daher IT-unabhängig Regeleinrichtungen zielgerichtet erfolgen und das Gesamtsystem stabil gehalten werden.

Umsetzungsgeschwindigkeit

Es gibt bereits Ansätze mit großen Systemdienlichen Batteriespeichern und einer entsprechenden Leistungselektronik, wie sie etwa bereits in Südaustralien, Großbritannien oder nun auch in Texas zum Einsatz kommen, um die Momentanreserve nachzubilden und zu kompensieren. Das ist eine Ergänzung, welche jedoch niemals die komplette Momentanreserve ersetzen kann. Auch hier gilt wieder ein Sowohl-als-auch. Diese Systeme müssen aber im ENT-SO-E RG CE Netz erst im größeren Stil implementiert werden. Wie so oft scheitert es nicht am Wissen oder an der Technik, sondern an der Umsetzung. Und zwar in der gleichen Geschwindigkeit, wie die anderen Maßnahmen getroffen werden.

Der deutsche Alleingang

Das größte Problem stellt derzeit der deutsche Alleingang dar, wo der zweite vor dem ersten Schritt gesetzt wird: So werden in den nächsten Monaten konventionelle Kraftwerke im großen Stil abgeschaltet,

ohne einen gleichwertigen Ersatz dafür zur Verfügung zu haben. Bisher wurde fast nur auf den raschen Ausbau von Wind- und PV-Kraftwerken Wert gelegt bzw. dieser massiv gefördert. Es fehlt jedoch an der unverzichtbaren Systemanpassung, beginnend bei den fehlenden Speichern und Puffer und geht weiter über die fehlenden Transportmöglichkeiten, also Leitungen. Hinzu kommt, dass der Strom nicht mehr nur im Einbahnverkehr verteilt werden muss, sondern dass die bisherigen Konsumenten immer häufiger auch zu Produzenten, also zu sogenannten Prosumern werden und es dadurch auch zu Lastflüssen in die gegengesetzte Richtung kommt, wofür das System und die Schutzeinrichtungen nie ausgelegt wurden.

Außerdem wird davon ausgegangen, so zumindest die aktuellen Planungspapiere, dass Deutschland in Zukunft einfach bei Bedarf **Strom aus den Nachbarländern importieren** wird. Nur wird die Rechnung ohne Wirten gemacht. Denn immer, wenn es in den vergangenen Jahren eng wurde, haben diese Länder aus Deutschland importiert. Außerdem werden überall konventionelle Kraftwerke stillgelegt. Und das immer irgendwo der Wind weht, ist eine Mär, die der Realität nicht Stand hält.

Ganz abgesehen davon, dass dafür die Transportinfrastruktur fehlt. Der Wunsch nach einer europäischen Kupferplatte ist verständlich, entbehrt aber jeglicher Realität und ignoriert physikalische Rahmenbedingungen. Dies hat auch kürzlich der deutsche Bundesrechnungshof im **Bericht zur „Umsetzung der Energiewende im Hinblick auf die Versorgungssicherheit“** festgestellt: *„die erwartbaren Engpässe im Stromnetz werden bis zum Jahr 2025 nicht beseitigt werden können“*. Des Weiteren wurde festgehalten, dass: *„wesentliche Annahmen, auf denen die derzeitige Bewertung der Versorgungssicherheit am Strommarkt beruht, unrealistisch oder überholt sind.“*

Dezentrale funktionale Einheiten

Hinzu kommt, dass sich Millionen von Kleinstkraftwerken und neuen Akteuren nicht mehr mit der bisher erfolgreichen zentralen Struktur und Logik steuern lassen. Es braucht stattdessen ein **„Orchestrieren“** dieser Vielzahl von Komponenten und Akteuren, die sich dann wie ein „Schwarm“ selbstorganisiert durch eine für alle zugängliche Sicht auf die Situation im Gesamtsystem automatisch an der Gewährleistung der Versorgungssicherheit beteiligen. Das erfordert jedoch eine Neustrukturierung in sogenannte **robuste Energiezellen**, da die steigende Komplexität nicht anders beherrschbar sein wird. Denn **komplexe Systeme** lassen sich nicht zentral steuern, sie erfordern vielmehr **dezentrale autonome Einheiten**, wo Bedarf, Speicherung und Erzeugung möglichst lo-

kal bzw. regional ausgeglichen werden und nicht wie derzeit, wo Probleme großräumig verschoben werden. Dabei sind auch systemübergreifende Synergien (Strom, Wärme, Mobilität) zu nutzen. Es geht also um eine ganzheitliche Energieversorgung in zellularen Strukturen, wozu häufig erst ein umfassendes Umdenken erforderlich ist.

Ein solcher Ansatz steht auch nicht im Widerspruch zum bisherigen Großsystem, das auch weiterhin benötigt wird, da große Industrieunternehmen oder Städte noch länger nicht anders versorgt werden können. Aber man kann mit diesen dezentralen Strukturen und funktionalen Einheiten die Robustheit des Gesamtsystems Bottom-up und im laufenden Betrieb, ohne Unterbrechungen, erhöhen. Zellularen Strukturen sind nicht so effizient wie unser bisheriges Großsystem, was aber nur so lange stimmt, bis es zu einer Großstörung in Form eines Blackouts kommt. Denn dann würden mit einem Schlag alle bisherigen Effizienzgewinne vernichtet und unfassbare gesellschaftliche Schäden verursacht werden. **Resilienz und Robustheit** stehen im Widerspruch zu unserem rein betriebswirtschaftlich motivierten Effizienzdenken, wodurch gerne auf die überlebenswichtigen Redundanzen und Reserven verzichtet wird.

Keine hundertprozentige Sicherheit

Hinzu kommt, dass es schlicht und einfach kein allfallsicheres System gibt, wie das die europäischen Übertragungsnetzbetreiber bereits 2015 in ihrem **Untersuchungsbericht zum Blackout in der Türkei** klar und unmissverständlich zum Ausdruck gebracht haben: *„A large electric power system is the most complex existing man-made machine. Although the common expectation of the public in the economically advanced countries is that the electric supply should never be interrupted, there is, unfortunately, no collapse-free power system.“*

Steigende Komplexität

Daher sollten wir von der Natur lernen, wo alles Lebendige in zellularen Strukturen organisiert ist. Das hat sich offensichtlich bewährt und überlebt. Denn das, was zwar als dezentrale Energiewende gefeiert wird, ist derzeit alles andere als dezentral. Die gesamte bisherige Energiewende funktioniert nur aufgrund des vorhandenen zentralisierten Systems mit den erforderlichen Speichern und Puffern. Auch die propagierten „Smart Grid“- und Flexibilisierungsmaßnahmen hängen von einer umfassenden zentralisierten IT-Vernetzung und damit von einer steigenden Komplexität ab. Damit ergeben sich neben der Gefahr von Cyber-Angriffen weitere kaum beachtete Nebenwirkungen.

Komplexe Systeme

Komplexe Systeme weisen eine Reihe von unangenehmen Eigenschaften auf, die mit unserer bisher erfolgreichen linearen Denkweise und Maschinenlogik nicht beherrschbar sind. So steigen mit der Anzahl der Akteure und Vernetzung die Komplexität und somit die Dynamik, was wir ja laufend beobachten können. Wir kommen kaum mehr hinterher.

Gleichzeitig sinkt die Prognostizierbarkeit des Verhaltens des Systems, weil es zu selbstverstärkenden Rückkopplungsprozessen kommen kann, wie wir diese gerade beim Kohleausstieg sehen: Immer mehr Kraftwerksbetreiber wollen frühzeitig aussteigen, weil sich der Betrieb nicht mehr lohnt. Gleichzeitig haben wir in den vergangenen 10 Jahren die bisher tatsächlich vorhandenen Überkapazitäten weitgehend abgebaut, womit immer weniger Handlungsspielraum bleibt.

Kohle- und Atomausstieg

Anfang Januar 2021 mussten bereits deutsche Steinkohlekraftwerke wieder ans Netz gehen, die eigentlich für eine vorzeitige Abschaltung ausgewählt wurden, weil der Bedarf nicht mehr ausreichend gedeckt werden konnte.

Nach derzeitigem Planungsstand sollen bis Ende 2022 rund 22 GW an Atom- und Kohlekraftwerksleistung mit einer Jahresstromproduktionskapazität von rund 128 TWh vom Netz gehen und rückgebaut werden.

Sollte am derzeit fixierten deutschen Kohle- und Atomausstieg bis Ende 2022 festgehalten werden, entstehen in den kommenden Monaten bereits kritische Zeitfenster, wo Flächenabschaltungen zum Schutz des Gesamtsystems nicht mehr ausgeschlossen werden können.

Es ist dabei irrelevant, ob es sich in 99,99% der Zeit trotzdem ausgehen wird. Das Stromversorgungssystem kennt hier keine Toleranz, die Balance muss zu 100% der Zeit sichergestellt werden. Ansonsten kommt es zum Systemkollaps.

Fehlendes Grundlagenwissen um Zusammenhänge

In vielen Bereichen und auch bei Entscheidungsträgern fehlt es häufig an den grundlegendsten Kenntnissen, etwa wie unser Stromversorgungssystem funktioniert. Zudem geht es häufig nur um Einzelaspekte und kaum um systemische Zusammenhänge. Daher ist die Tragweite von Entscheidungen oftmals nicht bewusst, oder sie wird schlichtweg ignoriert. Hinzu kommen nun noch die fehlenden Kenntnisse im Umgang mit komplexen Systemen, da diese nicht Bestandteil einer universellen Grundausbildung sind.

Kennzeichen von komplexen Systemen

Zu den weiteren **Kennzeichen von komplexen Systemen** zählen, **kleine Ursachen können enorme Auswirkungen** zur Folge haben, was wir gerade bei der Corona-Pandemie erleben. Ein Virus stellt binnen weniger Wochen die gesamte Welt auf den Kopf. Auswirkungen von Entscheidungen sind häufig irreversibel. Ein abgeschaltetes und rückgebautes Kraftwerk ist für immer verloren. Eingemottete Kraftwerke können nur mit hohem Aufwand erhalten und wieder reaktiviert werden.

Nicht-Linearität bedeutet, dass viele unserer bisherigen Risikobewertungsmethoden scheitern. Besonders trügerisch sind die zeitlich verzögerten Auswirkungen, da diese gerne vernachlässigt werden. Dazu zählt etwa das **50,2-Hertz-Problem**, wo viele Altanlagen mit Wechselrichter sich zeitgleich vom Stromnetz trennen und einen Jo-Jo-Effekt versuchen würden. Angeblich soll dieses Problem behoben worden sein. Ob das wirklich so ist, wissen wir nicht. Es wurde auf jeden Fall viel zu lange nicht beachtet.

Hinzu kommen steigende Resonanzeffekte, wo sich beispielsweise Wechselrichter und zunehmend mehr elektronische Systeme („Digitalisierung“, E-Mobilität etc.) gegenseitig beeinflussen und selbstzerstörerische Prozesse auslösen. So wurde bereits beobachtet, dass es dadurch zu Bränden bei Ladesäulen oder schwerwiegenden Produktionsausfällen gekommen ist.

Noch schlimmer ist, dass sogar elektronische Bauteile oder Isolierungen von Leitungen rascher altern und es daher in absehbarer Zukunft zu einer steigenden Anzahl von Störungen im Infrastrukturbereich kommen wird. Fachexperten sind davon überzeugt, dass die heute verbauten Wechselrichter so rasch als möglich durch eine neue Generation ersetzt werden müssten, um den Schaden zu begrenzen. Doch wer wird das machen, wenn eh noch alles funktioniert?

Auch bei der Momentanreserve oder bei den Kraftwerksstilllegungen merkt man den Effekt nicht sofort. Die Dinge kumulieren und irgendwann kommt ein Ereignis dazu, welches das Fass zum Überlaufen bringt und nicht mehr beherrschbar ist: kleine Ursache, große Wirkung. Es gibt auch keine einfachen Ursache-Wirkungsbeziehungen, wo man eine eindeutige Schuld zuweisen könnte. Es hat sich einfach über einen längeren Zeitraum aufgebaut.

Der Kollaps von komplexen Systemen ist, wie gut untersucht ist, kein Fehler, sondern ein Systemdesignmerkmal, um eine Erneuerung zu ermöglichen. In der Wirtschaftstheorie wird das als **„Schöpferische Zerstörung“** bezeichnet. Neues kann sich häufig erst dann entfalten, wenn das

alte kaputt oder zerstört worden ist. Eine Vorgangsweise, die bei unserer wichtigsten Lebensader, der Stromversorgung, einer Selbstmordabsicht gleichkommen würde.

Alternde Infrastrukturen

Wir stehen aber nicht nur wegen der Energiewende vor großen Umbrüchen. Ein Großteil der europäischen Infrastruktur kommt in den nächsten Jahren an ihr Lebens- und Nutzungsende. Die Mehrzahl der Kraftwerke ist mittlerweile 40 bis 50 Jahre alt. Teilweise sogar älter. Damit müssen in den nächsten Jahren auf jeden Fall weitreichende Neuerungen eingeleitet werden. Das rechnet sich aber unter den derzeitigen rein betriebswirtschaftlichen Betrachtungen und der unsicheren Rahmenbedingungen nicht. Investitionen werden daher gerne aufgeschoben, was die Störanfälligkeit erhöht. Wenn aber erst dann investiert wird, wenn es sich rechnet, ist es bereits zu spät.

Allein in Deutschland gibt es über 1.150 Großtransformatoren, wovon rund 500 Stück bereits über 60 Jahre alt sind. Die Produktionskapazität beträgt jedoch nur mehr 2-4 Stück pro Jahr.

Der liberalisierte Strommarkt hat in vielen Bereichen zum Abbau der Reserven und Redundanzen geführt. Das, was in anderen Infrastrukturbereichen akzeptabel sein mag, könnte bei der überlebenswichtigen Strominfrastruktur ein böses Ende haben.

So wie bei der **Truthahn-Illusion**: Ein Truthahn, der Tag für Tag von seinem Besitzer gefüttert wird, nimmt aufgrund seiner täglich positiven Erfahrungen (Fütterung und Pflege) an, dass es der Besitzer nur gut mit ihm meinen kann. Ihm fehlt die wesentlichste Information, dass die Fürsorge nur einem Zweck dient: Am Tag vor Thanksgiving, bei dem die Truthähne traditionell geschlachtet werden, erlebt er eine fatale Überraschung. Diese Metapher kommt bei sehr seltenen Ereignissen mit enormen Auswirkungen zum Tragen, sogenannten Extremereignissen („X-Events“) oder strategischen Schocks. Wir verwechseln dabei gerne die Abwesenheit von Beweisen mit dem Beweis der Abwesenheit.

Extremwetterereignisse

Alldem nicht genug, müssen wir auch noch erwarten, dass in Europa wie bereits in Australien, Kalifornien oder Texas die **Extremwetterereignisse in den kommenden Jahren zunehmen werden**. Damit sind auch schwerwiegende Infrastrukturschäden und -ausfälle zu erwarten. Gerade die Dürre der vergangenen Jahre macht konventionellen Kraftwerken, die das Kühlwasser aus Gewässern entnehmen müssen, enorm zu schaffen. Gleichzeitig verringert sich die Leistungsfähigkeit von Wasserkraftwerken durch sinkende Pegelstände. Im anderen Extremfall führen

Hochwässer oder Starkregenereignisse zum Problem bei der Stromerzeugung, wie etwa im Juni 2020, wo durch ein Starkregenereignis das größte polnische Kohlekraftwerk und parallel dazu weitere Erzeugungsanlagen ausgefallen sind, was zu einer kritischen Versorgungslücke führte.

Auch Pumpspeicherkraftwerke können durch eine verspätete Schneeschmelze wie 2021 an ihre Grenzen geraten. Es wird ein neuer Tiefststand erwartet, wo nur mehr rund 10 % der theoretischen Kapazität zur Verfügung stehen.

Auch Energiezellen werden von solchen Ereignissen nicht verschont bleiben. Jedoch kann das Risiko von großflächigen Ausfällen deutlich reduziert werden. Zellen weisen nicht per se eine höhere Versorgungssicherheit auf. Aber sie helfen, den potenziellen Schaden zu verringern, und das wird aufgrund der dargestellten Probleme immer wichtiger. Grenzenlose Strukturen schaffen extreme Abhängigkeiten.

Fehlende Sollbruchstellen

Durch die heute fehlenden und klar definierte Sollbruchstellen wird ein möglicher Netzwiederaufbau enorm erschwert. Und gerade das soll in den nächsten Jahren noch deutlich ausgeweitet werden. So müssen etwa aufgrund einer EU-Vorgabe bis 2025 mindestens 70% der Kapazität der nationalen Grenzkuppelstellen für den grenzüberschreitenden Stromhandel geöffnet werden.

Das, was im Alltag zu einer Belebung des Marktes und damit zu sinkenden Preisen führen kann, führt auf der anderen Seite zu einer massiven Verwundbarkeit des Gesamtsystems, da damit immer weniger auf die physikalischen Grenzen Rücksicht genommen wird. Eine mögliche Störung kann sich wesentlich rascher ausbreiten. Diese Vorgaben widersprechen daher klar einem robusten, zellularen Ansatz und den Erkenntnissen aus den Systemwissenschaften.

Rückbau Windkraftanlagen

Bereits seit Jahren wird darauf hingewiesen, dass viele deutsche Windkraftanlagen betriebswirtschaftlich ohne neue Förderungen nicht weiterbetrieben werden können oder dass diese durch das Auslaufen von zeitlich befristeten Betriebsgenehmigungen zurückgebaut werden müssen. Eine Aufrüstung (Repowering) ist nicht an jedem Standort sinnvoll/möglich.

Demnach soll allein 2021 ein Rückbau von rund 4.500 MW und danach jährlich von rund 2.500 MW erfolgen. Damit ist in den nächsten 5 Jahren mit einer Leistungsreduktion von rund 15 GW zu rechnen, die nur teilweise durch Neuanlagen kompensiert werden. 2020 waren es rund 1.400 MW. In den Folgejahren wird nicht mit wesentlich mehr gerechnet, also etwa der Hälfte der Rückgebauten Leistung.

Digitalisierung

Hinzu kommt, dass durch die zunehmende Digitalisierung des Stromversorgungssystems die wechselseitigen Abhängigkeiten steigen: Ohne Strom, keine IT. Ohne IT-Infrastruktur, keine Stromversorgung. Experten befürchten, dass bereits heute ein möglicher Netzwiederaufbau daran scheitern könnte, weil sogar zunehmend mehr Schutzeinrichtungen ohne Rückfallebenen ausgestattet sind. Vieles kann und will man einfach nicht glauben, aber die Realität holt einen immer wieder ein. Ein kollektives Versagen, wie das etwa Gunther Dueck bereits vor vielen Jahren in „**Schwarmdumm**“ beschrieben hat.

Zudem entstehen immer mehr digitale Anwendungen auf dem Strom- und Flexibilitätsmarkt. Was im Alltag einen Mehrwert schafft, könnte rasch ins Gegenteil umschlagen, wie etwa der schwerwiegende Cyber-Angriff auf die größte Ölpipeline der USA im Mai 2021 gezeigt hat. Dabei muss gar keine Schädigungsabsicht vorliegen. Ein außer Kontrolle geratener Cyber-Angriff oder auch nur eine schwerwiegende Störung, kann auch rasch zu Problemen in der physischen Welt führen, vor allem in einem System, mit einem derart fragilen Gleichgewicht.

Gefährlicher Stromhandel

Der Stromhandel spielt generell eine zu wenig beachtete Rolle, wenn es um die Gefährdung des europäischen Verbundsystems geht. Im **Juni 2019 brachten deutsche Stromhändler das System an den Rand des Kollapses**, nachdem sie eine Regulierungslücke ausgenutzt haben. Trotz Abmahnung und nun in Aussicht gestellter hoher Strafen scheint es noch immer Lücken zu geben.

So kam es 2021 bereits im ersten Quartal zu über 80 **Frequenzanomalien**, die wahrscheinlich ursächlich auf eine betriebswirtschaftlich optimierte Kraftwerkeinsatzplanung zurückzuführen sind. Im gesamten Jahr 2020 waren es rund 140 Anomalien. Dabei wird regelmäßig um den Stundenwechsel die Hälfte bis zu zwei Drittel der vorgehaltenen Reserve, um auf unvorhergesehene Kraftwerksausfälle reagieren zu können, eingesetzt.

Sollte es in dieser Zeit tatsächlich zu einem oder mehreren Kraftwerksausfällen kommen, was beim Fahrplanwechsel durchaus wahrscheinlicher ist, könnte das rasch zu einer weiteren Eskalation führen. Obwohl das Problem seit Langem bekannt ist, scheint die Regulation keine Notwendigkeit zu sehen, diesen Missbrauch abzustellen. Der Krug geht so lange zum Brunnen, bis er bricht.

8. Januar 2021

Es gibt auch mehrere Hinweise, dass die beiden Faktoren, die reduzierte Momen-

tanreserve und der überbordende Stromhandel, wesentlich zur Großstörung am 8. Januar 2021 beigetragen haben könnten, auch wenn das bisher noch in keinem offiziellen Untersuchungsbericht richtig angesprochen wurde.

Am **8. Januar** kam es um 14:04 Uhr im Umspannwerk Ernestinovo (Kroatien) zu einer Überlastung einer Sammelschienenkupplung, die sich daraufhin ordnungsgemäß zum Eigenschutz abgeschaltet hat. Dies führte zu einer Überlastung von 13 weiteren Betriebsmitteln in Südosteuropa, wodurch das europäische Verbundnetz in zwei Teile aufgetrennt wurde. Die Folge war ein durch das auftretende massive Leistungsungleichgewicht verursachter massiver Frequenzanstieg in Südosteuropa auf 50,60 Hertz und ein Frequenzeinbruch auf 49,74 Hertz in Nordwesteuropa. Im Südosten gab es einen Leistungsüberschuss von 6,3 GW, welcher gleichzeitig im Nordwesten fehlte.

Der sehr steile Frequenzeinbruch bzw. -anstieg weist darauf hin, dass zu wenig Momentanreserve vorhanden war, welche eine derart gravierende Leistungsänderung abfedern hätte müssen. Zum anderen gab es zu diesem Zeitpunkt einen enormen Stromimport von etwa 6,3 GW in Spanien und Frankreich, was darauf hindeutet, dass der überregionale Stromhandel zur Überlastung beigetragen hat. Interessant ist dabei auch, dass die Sammelschienenkupplung im Umspannwerk Ernestinovo bisher nicht als systemrelevant eingestuft und daher nicht in die laufenden Sicherheitsberechnungen eingebunden war. Daher stellt sich die Frage, wie viele solch unbeobachteten Bruchstellen es noch geben könnte. Das Ereignis am 8. Januar 2021 sollte daher als sehr ernst zu nehmende Warnung verstanden werden, auch wenn von politischer Seite sofort behauptet wurde, dass die Stromversorgung sicher sei. 36 Länder sitzen in einem gemeinsamen Boot. Wenn dieses untergeht, gehen alle mit unter.

Nach einem Blackout

In Österreich sind wir wahrscheinlich in der Lage, als eines der ersten Länder in Europa wieder ein Stromnetz aufzubauen, was immer noch rund einen Tag oder länger dauern wird. Bis auf europäischer Ebene wieder überall der Strom fließt, wird laut Experten-Einschätzungen zumindest eine Woche vergehen. Das ist nicht alles.

Ganz generell werden die Folgen und Wiederanlaufzeiten nach einem großflächigen und abrupten Ausfall der Stromversorgung massiv unterschätzt. Viele Vorbereitungen beschäftigen sich zudem nur mit der unmittelbaren Vorsorge für den Stromausfall, was häufig in der Anschaffung oder Erweiterung einer Notstromversorgung mündet. Dabei ist die Phase 1, also die Zeit des Stromausfalls, noch am überschaubarsten.

Viel schwerwiegender und katastrophaler werden sich die deutlich längeren Phasen des Wiederanlaufes (Phase 2 und 3) in den anderen Infrastruktursektoren und bei der Resynchronisierung der Versorgungslogistik auswirken, was in dieser Dimension völlig unterschätzt wird, weil uns dazu die Erfahrungen fehlen.

Die sehr hohe Versorgungssicherheit in allen Lebensbereichen, insbesondere in Mitteleuropa, wird zum Bumerang: Es fehlt an den erforderlichen Eigenvorsorgemaßnahmen und Rückfallebenen. Viel zu viele Menschen und Organisationen verlassen sich einfach blind auf die ständige Verfügbarkeit. Eine Truthahn-Illusion.

Langwieriger Wiederanlauf

So ist etwa zu erwarten, dass bis nach der Stromversorgung die Telekommunikationsversorgung, also Handy, Internet und Festnetz, wieder funktionieren wird, weitere Tage vergehen werden. Dies, weil mit schwerwiegenden Hardwareschäden, Störungen und Überlastungen zu rechnen ist. Damit wird es bis zumindest in die zweite Woche dauern, bis wieder eine Produktion und Warenverteilung im breiteren Umfang anlaufen kann.

Ganz abgesehen von den internationalen Verflechtungen und wechselseitigen Abhängigkeiten in der Versorgungslogistik. Auf das sind jedoch weder die Menschen noch Unternehmen oder die Staaten vorbereitet. Es droht eine unfassbare Katastrophe, die in die größte Katastrophe nach dem Zweiten Weltkrieg enden könnte, wie bereits 2011 das **Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag** festgehalten hat: *„Spätestens am Ende der ersten Woche wäre eine Katastrophe zu erwarten, d.h. die gesundheitliche Schädigung bzw. der Tod sehr vieler Menschen sowie eine mit lokal bzw. regional verfügbaren Mitteln und personellen Kapazitäten nicht mehr zu bewältigende Problemlage.“* Dabei bezog sich die Analyse noch gar nicht auf einen europaweiten Ausfall. Ganz zu schweigen von der enorm gestiegenen Vernetzung binnen der letzten Dekade.

Was kann getan werden?

Kurzfristig scheint nur mehr die Vorbereitung auf das Ereignis möglich zu sein, was auch ganz generell gilt: Verhindern und Sicherheit sind wichtig, aber zu wenig. Es braucht auch hier ein Sowohl-als-auch-Denken: Wir müssen auch in der Lage sein, mit **unerwarteten Ereignissen** umzugehen und diese zu bewältigen. Das betrifft alle Ebenen. Beispielsweise ist die Verhinderung von Cyber-Angriffen enorm wichtig, dennoch ist ein Wiederherstellungsplan unverzichtbar, auch wenn man immer hofft, dass dieser nie benötigt wird. Aber Hoffnung ist zu wenig. Das gilt genau

so beim Thema Blackout. Wir betreiben gerade die größte Infrastrukturtransformation aller Zeiten am offenen Herzen und ohne Auffangnetz. Das könnte sich als fataler evolutionärer Irrtum herausstellen.

Der **wichtigste Schritt** beginnt in den eigenen vier Wänden: Sich und die eigene Familie zumindest zwei Wochen völlig autark mittels eigener Vorratshaltung versorgen zu können. Das betrifft 2 Liter Wasser pro Person und Tag. Nach dem Stromausfall kann auch wieder gekocht aber nicht eingekauft werden. Daher Lebensmittel wie Nudel, Reis und Konserven für zwei Wochen. Das Gleiche gilt für wichtige Medikamente, Kleinkinder- oder Haustiernahrung. Taschenlampen, ein batteriebetriebenes Radio, Müllsäcke und sonstige wichtige Hilfsmittel, die man dann brauchen könnte. Einfach, was man auf einen zweiwöchigen Campingurlaub auch mitnehmen würde.

Sehr geringe Vorsorge

Wie aus verschiedenen **Untersuchungen** bekannt ist, können sich rund ein Drittel der Bevölkerung maximal vier Tage und ein weiteres Drittel maximal sieben Tage selbst versorgen. Damit beginnt ein Teufelskreis. Denn wenn sich die Menschen nicht mehr ausreichend selbst versorgen können, kommen sie nicht in Arbeit, um die Systeme wieder hochzufahren. Eine Teufelsspirale beginnt sich zu drehen. Daher ist eine breite Eigenvorsorge in der Bevölkerung wesentliche Voraussetzung dafür, damit wir ein solches Szenario bewältigen können. Das betrifft insbesondere auch jene Organisationen und Unternehmen, die in einem solchen Fall einen Notbetrieb aufrechterhalten können müssen, also auch die Energiewirtschaft.

Inselbetriebsfähige PV-Anlagen

Was viele PV-Besitzer nicht wissen, ist, dass ihre PV-Anlage während eines Stromausfalls keinen Strom liefert, da die meisten Anlagen netzgeführt sind. Nur **inselbetriebsfähige PV-Anlagen**, also ergänzt mit Netztrennung, hybriden Wechselrichter und Speicher, können auch bei Netzausfall eine Notversorgung in den eigenen vier Wänden aufrechterhalten. Damit könnten die Beleuchtung, Heizung und Kühlgeräte (Vorräte!) weiterbetrieben werden. Das Szenario würde damit deutlich abgemildert. Gesellschaftlich noch wirkungsvoller und effizienter wäre es, so rasch als möglich regionale Energiezellen aufzubauen, wo zumindest eine Grundnotversorgung mit Wasser, Abwasser, Wärme oder Gesundheitsdienstleistungen auch während eines Netzausfalls aufrechterhalten werden könnte. Dazu fehlt es aber am notwendigen Bewusstsein und den erforderlichen Rahmenbedingungen.

Organisatorische Maßnahmen

Auf diese persönlichen Vorsorgemaßnahmen können dann die notwendigen organisatorischen Maßnahmen aufsetzen. Dabei beginnt der erste Schritt mit der Sensibilisierung des eigenen Personals, um die Eigenvorsorge anzustoßen. Zum anderen sind umfassende Überlegungen notwendig, wie im Fall eines Blackouts die erforderliche Kommunikation sichergestellt werden kann. In vielen Fällen werden nur Offline-Pläne, also vorbereitete Absprachen, die in den Köpfen der Mitarbeiter*innen verfügbar sein müssen, funktionieren. Das Schlüsselpersonal muss wissen, was zu tun ist, wenn niemand mehr erreicht werden kann und wie die Ablöse und Versorgung funktionieren, wenn ein Notbetrieb weiterlaufen muss.

Eine Alarmierung, wie sonst üblich, wird in der Regel nicht mehr funktionieren, da die

Telekommunikationssysteme Großteils binnen weniger Minuten nach dem Stromausfall ausfallen werden. Bei der Mitarbeiter*innenverfügbarkeit sind vor allem die persönlichen Umstände, wie die räumliche Entfernung zum Arbeitsplatz oder sonstige Verpflichtungen, wie betreuungsbedürftige Personen, Funktionen in Gemeindefrisenstäben oder Einsatzorganisationen zu berücksichtigen. Darüber hinaus muss erhoben werden, wie lange die vorhandenen Ressourcen, zum Beispiel der Treibstoff für Notstromeinrichtungen oder Lebensmittel für einen Notbetrieb verfügbar sind, da mit einer Versorgung von außerhalb kaum zu rechnen ist, wenn nicht entsprechende Vorbereitungen getroffen werden. Das geht dann bis hin zu Wiederanlaufplänen, wo zu überlegen ist, welche Voraussetzungen erforderlich sind, um überhaupt wieder in einen geordneten Betrieb übergehen zu können. |

Zum Autor

Herbert Saurugg ist internationaler Blackout- und Krisenvorsorgeexperte, Präsident der Österreichischen Gesellschaft für Krisenvorsorge (GfKV), Autor zahlreicher Fachpublikationen sowie gefragter Keynote-Speaker und Interviewpartner zum Thema „ein europaweiter Strom-, Infrastruktur- sowie Versorgungsausfall („Blackout“)“. Er beschäftigt sich seit 10 Jahren mit der steigenden Komplexität und Verwundbarkeit lebenswichtiger Infrastrukturen sowie mit den möglichen Lösungsansätzen, wie die Versorgung mit lebenswichtigen Gütern wieder robuster gestaltet werden kann. Unter www.saurugg.net betreibt er dazu einen umfangreichen Fachblog und unterstützt Gemeinden, Unternehmen und Organisationen bei der Blackout-Vorsorge.

VGB-Standard

Überwachungs-, Begrenzungs- und Schutzeinrichtungen an Dampfturbinenanlagen

(vormals VGB-R 103)

Ausgabe 2020 – VGB-S-103-00-2020-02-DE (Englische Ausgabe VGB-S-103-00-2020-02-EN)
DIN A4, Print/eBook, 86 S., Preis für VGB-Mitglieder € 180,-, Nichtmitglieder € 270,-, + Versand und USt.

Dieser Standard richtet sich an Hersteller, Service-Dienstleister und Betreiber von Dampfturbinenanlagen und soll insbesondere dem Betreiber als Hilfsmittel zur Ausstattung seiner Dampfturbinenanlagen dienen.

Der sichere Betrieb von Dampfturbinen stellt hohe Anforderungen an die Überwachungs-, Begrenzungs- und Schutzeinrichtungen.

Um mit der raschen Entwicklung auf diesem Gebiet Schritt zu halten, wurde die 1967 von der VDEW herausgegebene Technische Richtlinie „Überwachungs-, Sicherheits- und Schutzeinrichtungen an Dampfturbinenanlagen“ vom VGB-Arbeitskreis „Turbinenbetrieb“ im Fachausschuss „Dampfturbinen und Dampfturbinenbetrieb“ letztmalig 1998 überarbeitet.

Nach vielen Jahren guter Erfahrungen mit der Anwendung dieser VGB-Richtlinie ist mit der Überführung der Richtlinie in den VGB-Standard VGB-S-103, insbesondere auch aufgrund der sich durch die Digitalisierung geänderten Ausführungen der Überwachungs-, Sicherheits- und Schutzeinrichtungen, eine Überarbeitung der Richtlinie erforderlich geworden. Es ist von Fall zu Fall zu überlegen, ob die Richtlinie für ältere Dampfturbinenanlagen in sinnvoller Form anzuwenden ist. Sie enthält deshalb auch Hinweise für Nachrüstmöglichkeiten.

Jede Turbinenanlage muss mit Überwachungs-, Begrenzungs- und Schutzeinrichtungen ausgestattet sein, die jederzeit eine sichere Beurteilung des Zustandes der Dampfturbinenanlage zulässt oder unzulässige Betriebszustände erfasst und beseitigt oder bei Gefährdung die entsprechenden Anlagenteile abschaltet.

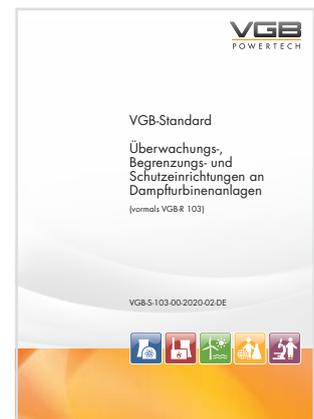
In dem Bemühen, Turbinenanlagen optimal zu betreiben und vor Störungen, Betriebsausfällen und Schäden zu bewahren, muss der Betreiber von Dampfturbinenanlagen selbst entscheiden, in welchem Maß die standardmäßig angebotenen Überwachungs-, Sicherheits- und Regelungseinrichtungen seinen betrieblichen Erfordernissen entsprechen. Bei der Ausstattung der Turbinenanlage mit leittechnischen Einrichtungen sollte man allerdings bedenken, in welchem Maße das Bedienungspersonal entlastet oder sogar ganz ersetzt werden kann, um menschliche Unzulänglichkeiten bei der Bedienung, Überwachung oder Sicherung der Dampfturbinenanlage auszuschalten.

In dem vorliegenden Standard werden einleitend die Definitionen und die allgemeinen Gesichtspunkte für Überwachungs-, Begrenzungs- und Schutzeinrichtungen behandelt. Kriteriengruppen und Fehlermöglichkeiten, Maßnahmen zur Einschränkung der Fehlermöglichkeiten sowie Ausführungen von redundanten Systemen werden angegeben. Die weiteren Aufzählungen erläutern dann die Aufgaben, die von den verschiedenen Einrichtungen zu erfüllen sind.

Mit betrachtet und berücksichtigt wurden auch die Erfordernisse nach VDMA 4315 (Anwendung der Prinzipien der Funktionalen Sicherheit) und einer Lebensdauerakte (Funktionale Sicherheit) und Prüfumfang der Schutzkreise.

Abschließend lassen Übersichtstabellen Zweck, Messort, Art der Aufgabe und die Prüfintervalle der einzelnen Einrichtungen erkennen.

* Access for eBooks (PDF files) is included in the membership fees for Ordinary Members (operators, plant owners) of VGB PowerTech e.V.
* Für Ordentliche Mitglieder des VGB PowerTech e.V. ist der Bezug von eBooks im Mitgliedsbeitrag enthalten. www.vgb.org/vgbvs40m



VGB | P O W E R T E C H

VGB POWERTECH as printed edition,
monthly published, 11 issues a year

Annual edition as CD or DVD
with alle issues from 1990 to 2019:
Profount knowledge about electricity
and heat generation and storage.

Order now at www.vgb.org/shop



© Sergey Nivens - Fotolia



VGB PowerTech

Contact: Gregor Scharpey
Tel: +49 201 8128-200
mark@vgb.org | www.vgb.org

The international journal for electricity and heat generation and storage.
Facts, competence and data = VGB POWERTECH

www.vgb.org/shop

Special Prints / Reprints from journal VGB PowerTech

A meaningful medium, print or digital, for your technical papers from the renown journal VGB PowerTech.



- | Benefit from the image of our journal, in which only technical papers reviewed by experts are published.
- | Reprints are produced individually according to your requests and with the same contents as the original paper.
- | Your CI can be transferred into the paper, or you will get a copy of the original layout from our journal.

Please do not hesitate to contact us!

Mr Gregor Scharpey | phone: +49 201 8128-200 | E-mail: mark@vgb.org

