

Blackout: Herausforderungen und Vorsorge

Als grossflächige und langanhaltende Stromausfälle, können Blackouts erhebliche Auswirkungen auf die Gesellschaft haben. Blackout-Vorsorge erfordert die ständige Aufmerksamkeit des Staats, der Bevölkerung und des Privatsektors. Unvorbereitet zu sein ist fahrlässig, da der Blackout ein katastrophisches Potenzial mit sich bringt und mit einem enormen Schadensausmass gerechnet werden muss.

Von Leonard Schliesser

Weder die Schweiz noch die EU sind in diesem Winter direkt von grossflächigen und langanhaltenden Stromausfällen bedroht, wohl aber die Ukraine. Die Sicherheit der Stromnetze, die Energieversorgung und die Energiesicherheit haben durch die jüngsten Krisen und die Diskussionen um die Energiewende in den Medien und in der Wissenschaft an Aufmerksamkeit gewonnen. Dennoch wird das Risiko eines Blackouts im öffentlichen Diskurs nach wie vor weitgehend unterschätzt.

Die Vorbereitung auf ein solches Extremereignis ist möglich und notwendig. Dies erfordert eine strategische und gemeinschaftliche Anstrengung der gesamten Gesellschaft, sowie den politischen Willen, umfassend und kontinuierlich über Sicherheit nachzudenken. Diese Analyse beschreibt zunächst den Blackout und seine Folgen und wendet sich dann der Vorsorge zu, die ein gemeinsames Engagement von Staat, der Bevölkerung, sowie des Privatsektor erfordern.

Szenario Blackout

Der Blackout ist kein normaler Stromausfall. Er ist der (Teil-)Ausfall des Übertragungsnetzes. Aufgrund des zusammenhängenden und voneinander abhängigen europäischen Stromnetzes kann sich ein



Vergrösserte Ansicht von Europa bei Nacht mit einer Auflösung von 750 Metern pro Pixel, 2012. *Suomi National Polar-orbiting Partnership Satellite / NASA*

Blackout kaskadenartig ausbreiten und überregionale oder kontinentale Ausmasse annehmen. Bei der Definition des Begriffs «Blackout» spielt der Faktor Zeit nur selten eine Rolle. Die Dauer des Blackouts ist jedoch entscheidend für sein mögliches Katastrophenpotenzial. Als mögliches, realistisches Extremereignis, das weiträumig und von langer Dauer (Tage bis Wochen) ist, verdient er besondere Aufmerksamkeit und Vorsorge. Als Szenario kann der Blackout nur nach seiner Plausibilität,

nicht aber nach seiner Wahrscheinlichkeit beurteilt werden.

Ein Blackout-Szenario ist plausibel und wurde sowohl durch die Wissenschaft als auch von staatlicher Seite untersucht. In einer vom Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) erstellten Analyse aus dem Jahr 2011 wird festgestellt, dass das Ausmass eines Blackouts die staatlichen Bewältigungskapazitäten schnell überfordert. Aufgrund der Ab-

hängigkeit kritischer Infrastrukturen wie Wasserver- und Abwasserentsorgung, Telekommunikation und Verkehr vom ununterbrochenen Stromfluss stösst die Da-seinsvorsorge an ihre Grenzen. Die Versorgung der Bevölkerung mit lebensnotwendigen Gütern und die Garantie ihrer Sicherheit kann bereits nach wenigen Tagen Blackout nicht mehr vollumfänglich gewährleistet werden.

Als unwahrscheinliches Ereignis mit erheblichen Auswirkungen ist die Sensibilisierung und Blackout-Vorsorge mit Schwierigkeiten behaftet. Diese Schwierigkeiten ergeben sich aus dem schwer vorstellbaren Ausmass eines solchen Ereignisses und aus kognitiven Verzerrungen. Menschen neigen dazu, das Risiko von Ereigniskaskaden und ihren exponentiell ansteigenden Folgen zu unterschätzen – unbewusst und basierend auf vergangenen Erfragungen projizieren sie die Zukunft linear und ignorieren die Möglichkeit eines radikalen Wandels (Kontinuitätsfehler / *continuity bias*). Menschen überschätzen

Aufgrund des zusammenhängenden und voneinander abhängigen europäischen Stromnetzes kann sich ein Blackout kaskadenartig ausbreiten und überregionale oder kontinentale Ausmasse annehmen.

zudem auch ihre Fähigkeit, eine Situation zu bewältigen und zu überleben (Optimismusfehler / *optimism bias*). Diese kognitiven Verzerrungen können durch «Gruppendenken» oder «Mitziehen» (*eng. bandwagoning*) von Einzelpersonen aufgrund der vorherrschenden Meinung anderer in einer Gruppe verstärkt werden. In Bezug auf ein Blackout-Szenario kann dies als wahrgenommene Unwahrscheinlichkeit übersetzt werden.

Unwahrscheinlich, aber...

Obwohl es in den vergangenen Jahrzehnten in Europa und weltweit zu Blackouts gekommen ist, gibt es zu wenige vergleichbare Ereignisse, um ein Wiederkehrintervall oder die Wahrscheinlichkeit zu berechnen. Zwar gab es in den letzten Jahrzehnten wiederholt grossflächige Blackouts in europäischen Regionen (2003 Italien/Schweiz, 2006 Westeuropa, 2024 Adria), doch waren diese in der Regel nur von kurzer Dauer und konnten innerhalb weniger Stunden behoben werden. Auf-

grund ihrer kurzen Dauer kam es nicht zu Eskalationen und Kaskadeneffekten oder zu einem katastrophischen Extremfall. Die Auswirkungen und Schäden, die sie verursachten, waren daher «minimal».

In seltenen Fällen, wie 2005 im Münsterland und 2014 in der Slowakei, dauerten regionale Blackouts aufgrund von physischen Schäden an der Stromübertragungsinfrastruktur länger als 72 Stunden. In diesen Fällen wurde jedoch massive externe Hilfe in Anspruch genommen, um die Blackout-Folgen zu minimieren. Hilfe von Rettungsdiensten, Bevölkerungsschutzbehörden und Militär kam aus nicht betroffenen Regionen und im Fall der Slowakei kam Unterstützung sogar aus dem Europäischen Ausland.

Der Blackout im Münsterland verdeutlicht einmal mehr, dass extreme Ereignisse möglich sind. Die deutsche Bundesregierung führte ein Jahr zuvor eine Blackout-Übung durch und Experten versicherten, wie unwahrscheinlich dieses Szenario sei. Ein Jahr später wurde es jedoch Realität. Der Blackout ist auch für das Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS) ein Thema und wird in der nationalen Risikoanalyse der Schweiz als «grosses» Ereignis betrachtet (siehe Textbox). Als Gross- und nicht als Extremereignis zeigt die empirische Evidenz (USA 2003, Italien 2003, Münsterland 2005, Slowakei 2014), dass ein solches

Blackout-Szenario noch beherrschbar ist, wenn die Ressourcen gebündelt werden können und die Versorgung der betroffenen Gebiete von aussen aus möglich ist.

Die hervorragende Energieversorgung in Europa trägt dazu bei, dass ein Blackout als unwahrscheinliches Ereignis wahrgenommen wird. Der *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI) misst die Qualität der Energieversorgung und beschreibt die durchschnittliche Dauer geplanter und ungeplanter Stromausfälle pro Person und Jahr in Minuten. Im Jahr 2023 war eine Person in der Schweiz rund 18 Minuten ohne Strom, für Deutschland waren es 10,4 Minuten. Beide Länder gehören diesen Werten zufolge zu den Ländern mit der besten Stromversorgungsqualität in Europa.

Dennoch wird das Stromnetz in der Schweiz und in Deutschland sowohl im Übertragungs- als auch im Verteilnetz immer stärker belastet. Der Aufwand für die Einhaltung der «Fünf Gebote der Netzsicher-

Szenario Schweiz 2020

In der nationalen Risikoanalyse «Katastrophen und Notlagen Schweiz» aus dem Jahr 2020 beschreibt der «Stromausfall» ein hypothetisches Szenario mit 0,8–1,5 Millionen betroffenen Personen. Diese haben zwei Tage lang keinen Strom, in den am stärksten betroffenen Gebieten bis zu vier Tage. Das Ereignis findet im Sommer statt. Aufgrund der physischen Schäden an der Netzinfrastruktur dauert die sukzessive Wiederherstellung Tage bis Wochen.

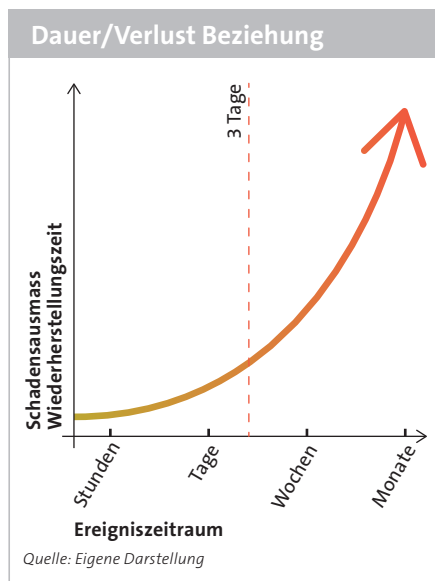
cherheit» nimmt zu. Konkret geht es dabei um den Ausgleich von Stromnachfrage und -erzeugung, die Einhaltung der Kapazitätsgrenzen der Netzanlagen zur Vermeidung von Überlastungen (z.B. Transformatoren und Leitungen) und die Einhaltung des Sicherheitsprinzips der N-1-Redundanz. Letzteres bedeutet, dass das Netz jederzeit in der Lage sein muss, einen unerwarteten Ausfall eines Netzelements zu kompensieren, ohne die Betriebsgrenzen der Netzkomponenten zu verletzen. Sollten diese Gebote verletzt werden, könnte sich ein scheinbar geringfügiges Ereignis zu einem katastrophalen Blackout ausweiten.

Blackout Folgen

Ein flächendeckender und langanhaltender Blackout ist ein Moment der (kollektiven) «Entmachtung und Entmodernisierung». Die Betroffenen werden «entmachtet», weil sie der Annehmlichkeiten und Effektivität des modernen Lebens beraubt werden, und «entmodernisiert» da sie sich nicht mehr auf die moderne Versorgungsinfrastruktur verlassen können. Ohne Strom funktionieren die Haushaltsgeräte, die Wasserversorgung, das Internet, das Telefonnetz und die Tankstellen nicht mehr.

Während ein solches Ereignis fast alle Menschen gleichermaßen betrifft, sind Verwundbarkeiten ungleich verteilt. So sind zum Beispiel Menschen, die auf lebenserhaltende oder lebensunterstützende Geräte angewiesen sind, akut vom Tod bedroht, wenn beispielsweise die Reservebatterien von Heimbeatmungsgeräten nach wenigen Stunden leer sind. Generell sind Kinder, ältere Menschen und Menschen mit medizinischen Problemen stärker gefährdet als der Durchschnitt.

Allgemein können die Betreiber kritischer Infrastrukturen den Zeitpunkt eines Infrastrukturausfalls hinauszögern, wenn sie vorbereitet sind. Auch für Privathaushalte



bietet die Vorsorge die Möglichkeit den Wegfall von Infrastrukturdienstleistungen (teilweise) zu kompensieren. Dennoch werden Reserven und Vorräte irgendwann erschöpft sein.

Je länger ein Blackout andauert, desto grösser sind das Schadensausmass und die Wiederherstellungszeit nach dem plötzlichen Verlust der «Normalität». Die Beziehung zwischen Schadensausmass, Erholungszeit und Ereignisdauer ist in der Regel exponentiell (siehe Abbildung). Aufgrund der Komplexität der Infrastruktur und ihrer Wechselwirkungen ist der genaue Verlauf der Ausfallkaskaden aber schwer vorherzusagen.

Im Falle eines grossflächigen und langanhaltenden Blackouts liegt eine kritische Schwelle bei 72 Stunden beziehungsweise drei Tagen. Kann die Stromversorgung innerhalb dieses Zeitraums nicht wiederhergestellt werden, ist keine massive Hilfe von aussen möglich, und liegen keine weiteren günstigen Umstände vor, wie zum Beispiel ein hoher Vorsorgegrad der Bevölkerung, ist mit einer raschen Verschlechterung der Situation für die Betroffenen zu rechnen. In Umfragen geben die meisten Deutschen und Schweizer an, über Lebensmittel- und Wasservorräte für etwa drei Tage zu verfügen. Darüber hinaus sind sie jedoch auf funktionierende Infrastrukturen oder gegebenenfalls auf Hilfslieferungen angewiesen.

Allgemein wird gesagt, dass eine Gesellschaft nur drei Tage oder neun Mahlzeiten von der Anarchie entfernt ist. Wenn Le-

bensmittel, Trinkwasser, Medikamente oder Säuglingsnahrung knapp werden, kann sich der gesellschaftliche Zusammenhalt schnell verschlechtern. Die Geschichte der Stromausfälle in Nordamerika zeigt, dass der allgemeine Zustand der Gesellschaft eine entscheidende Rolle dabei spielt, wie schnell eine solche Situation eskaliert. Ist der gesellschaftliche Zusammenhalt gut, sind Extremsituationen erträglicher, und die Auswirkungen werden meist konstruktiv bewältigt. Ist der soziale Zusammenhalt geschwächt oder macht sich Panik breit, eskalieren die Situationen schneller und heftiger.

Abgesehen vom Zustand der Gesellschaft sind drei Tage auch der Zeitraum, für den die meisten Betreiber kritischer Infrastrukturen Vorkehrungen getroffen haben sollten, um einen Notbetrieb zu gewährleisten. Dauert ein Blackout länger und trifft keine Hilfe aus nicht betroffenen Gebieten ein, verstärken sich die Ausfälle der voneinander abhängigen kritischen Infrastrukturen und können zu irreversiblen Schäden führen. Ein längerer Ausfall der Wasserversorgung oder -entsorgung beeinträchtigt beispielsweise die Hygiene, vor allem in den Städten, und belastet damit ein im Notbetrieb arbeitendes Gesundheitssystem zusätzlich. Mit der Ausbreitung von Infektionskrankheiten müsste also während eines länger andauernden Blackouts gerechnet werden und verdeutlicht die möglichen kaskadenartigen Folgen zweiter und dritter Ordnung.

Das schiere Ausmass eines Blackouts erschwert die Hilfe- und Wiederherstellungsbemühungen der Einsatzorganisationen, des unterstützenden Militärs und der Betreiber kritischer Infrastrukturen. Sie alle werden mit der Aufgabe, sich selbst und der Bevölkerung zu helfen und zumindest einen gewissen Notbetrieb zu organisieren, überfordert sein. Die Bevölkerung kann sich daher nicht auf die unmittelbare und individuelle Hilfe und Unterstützung der staatlichen Stellen verlassen.

Vorsorge

Das zu erwartende Schadensausmass eines grossflächigen und langanhaltenden Blackouts ist extrem und stellt ein unwahrscheinliches, aber mögliches Szenario dar. Gerade wegen dieser Möglichkeit sollten der Staat, die Betreiber kritischer Infrastrukturen, einzelne Bürgerinnen und Bürger und der Privatsektor darauf vorbereitet sein.

Vorsorge ist eine Art Versicherung, die einer initialen Investition und steter Auf-

merksamkeit bedarf. Im Gegensatz zu einer Versicherung kann die Vorsorge jedoch greifbare Bewältigungskapazitäten und -fähigkeiten während eines Ereignisses bereitstellen, um die Auswirkungen zu mildern, anstatt nur bei der Wiederherstellung zu helfen.

Die Vorsorge zielt darauf ab, die Auswirkungen von plausiblen und möglichen Szenarien, wie die eines Blackouts, zu minimieren. Sie sollte es dem Staat ermöglichen, seine Bevölkerung kontinuierlich mit einem Mindestmass an lebenswichtigen Gütern zu versorgen und so ihre Überlebensfähigkeit auch in Extremsituationen wie einem Blackout zu gewährleisten. Für den Privatsektor, einschliesslich der Betreiber kritischer Infrastrukturen, verringert die Vorsorge ihre Ausfallwahrscheinlichkeit und verschafft Zeit, um im Ereignisfall die Leistungserbringung zu reduzieren, Systeme koordiniert abzuschalten oder die Auswirkungen zu minimieren. Die Bereitschaft des Einzelnen und des Privatsektors zur Vorsorge verringert zusätzlich den Hilfeleistungsdruck auf die staatlichen Einsatzorganisationen.

Die Blackout-Vorsorge ist fragmentiert und Sicherheit eine Koproduktion von Staat, Privatsektor und Bevölkerung. Die Vorsorge wird über ein unvollständiges Geflecht aus verbindlichen Gesetzen, Rechtsvorschriften, Empfehlungen und internationalen Standards organisiert, welche Mindestanforderungen darstellen. So will die Schweiz beispielsweise ihre mobile Telekommunikation bis zu 72 Stunden gegen Störungen in der Stromversorgung absichern, während für andere Bereiche klare und verbindliche Standards fehlen. Darüber hinaus bereitet sich der Staat mit «All-Gefahren-Ansätzen», Risikoanalysen und Szenariomodellierungen, Bevölkerungsschutz und Vorratshaltung vor, zum Beispiel durch das Bundesamt für wirtschaftliche Landesversorgung in der Schweiz (BWL) oder dem Deutschen Erdölbevorratungsverband (EBV).

Eine gründliche Vorbereitung ist auch für Rettungsdienste, Mitarbeitende in kritischen Infrastrukturen, das Militär und Beamte wichtig. Die Bevölkerung verlässt sich auf ihre Bereitschaft, einen Notbetrieb aufrechtzuerhalten, insbesondere über längere Zeiträume. Dies kann nur gelingen, wenn die Mitarbeitenden und ihre Familien vorbereitet sind. Sind sie unvorbereitet, ist davon auszugehen, dass die Arbeits- und Bewältigungsfähigkeit dieser Organisationen aufgrund von Personalengpässen

rasch abnimmt. Die von der Bundeswehr erstellte Kaltstartakte kann auch zivilem Personal Rat, Orientierung und einen Leitfaden für die Vorbereitung auf längere Einsätze im Krisenfall geben.

Die Krisen der letzten Jahre haben gezeigt, dass Extremszenarien möglich sind, dass es sich aber auch lohnt, auf kleinere, lokal begrenzte Ereignisse vorbereitet zu sein. Für die Bevölkerung bedeutet dies, aktive Vorsorge zu betreiben. Dazu gehören neben materiellen (Not-)Vorräten und Ausrüstungen auch Verfahren, Absprachen und der Aufbau von Wissen. Erste Hinweise zur Notfallvorsorge und -vorbereitung fin-

Vorsorge ist eine Art Versicherung, die einer initialen Investition und steter Aufmerksamkeit bedarf.

den sich unter anderem auf den Internetseiten des Bundesamtes für wirtschaftliche Landesversorgung (BWL) in der Schweiz oder des deutschen Bundesamtes für Bevölkerungsschutz (BBK). Vorsorge ist kein Alarmismus, sondern eine nüchterne Vorbereitung auf alle Eventualitäten durch das Durchdenken verschiedener Szenarien und «Was-wäre-wenn-Situationen».

Die Energiewende eröffnet auch neue Chancen. Die Möglichkeit, die Stromversorgung selbst in die Hand zu nehmen, ist mit den sinkenden Kosten für Solarenergie und Heimspeichersysteme, realisierbarer geworden. Allerdings sind Solaranlagen bei einem Blackout meist nutzlos, da sie sich aus Sicherheitsgründen abschalten, sobald das öffentliche Stromnetz ausfällt. Durch die Umrüstung auf Insel- und schwarzstartfähige Solaranlagen könnten

der Staat, die Bevölkerung sowie der Privatsektor besser vorsorgen. Dazu sind spezielle Netztrennschalter, Inselwechselrichter und idealerweise ein Batteriesystem erforderlich, das sich wieder auflädt und einschaltet, sobald die Sonne wieder scheint. Bei einem Stromausfall wären diese Systeme immer noch betriebsfähig und könnten andere Not-/Ersatzstromsysteme, «Notfall-Treffpunkte» oder «Notfall-Leuchttürme» unterstützen.

Ausblick

Als grossflächiger und langanhaltender Stromausfall ist der Blackout ein «maximal glaubwürdiges Ereignis». Die Wahrscheinlichkeit eines solchen Ereignisses kann nicht berechnet werden, aber es liegt im Bereich des Möglichen. Da unsere moderne Gesellschaft zunehmend von funktionierenden kritischen Infrastrukturen wie dem Stromnetz abhängig ist, werden wir reflexiv anfälliger. Die zunehmende Komplexität des Systems erhöht die Möglichkeit, dass interne oder externe Ereignisse zu einem eskalierenden oder kaskadenartigen Versagen führen können. Je abhängiger eine Gesellschaft von einer funktionierenden Energieversorgung ist, desto katastrophaler sind die Folgen eines möglichen Blackouts. Ein langfristiger und grossflächiger Ausfall der Stromversorgung stellt eine existenzielle und katastrophale Bedrohung für den Staat, seine Bevölkerung und den Privatsektor dar.

Aufgrund des möglichen Schadensausmasses sollte das Blackout-Szenario nicht vernachlässigt werden. Es liegt in der gemeinsamen Verantwortung des Staats, des Privatsektors und der Bevölkerung, sich

auf Extremereignisse wie einen Blackout vorzubereiten. Auch wenn dieses Szenario geringer Wahrscheinlichkeit und hohe Auswirkung zunächst überwältigend erscheinen mag, bietet eine nüchterne, ehrliche Analyse der Folgen einen ersten Ansatzpunkt zur Vorsorge.

In der Schweiz wie auch in anderen Ländern können die potenziell katastrophalen Auswirkungen eines Blackouts nicht durch Versicherungen ausgeglichen werden, sondern erfordern eine entsprechende Vorsorge. Während die Schweiz und Deutschland auf „grosse“ Ereignisse einigermaßen vorbereitet sind, ist ihre Vorsorge auf potenziell katastrophale Ereignisse, wie einen Blackout, verbesserungswürdig. Eine stärkere Sensibilisierung könnte der Unterschätzung des Risikos von Stromausfällen entgegenwirken und die Akzeptanz von Vorsorgemassnahmen erhöhen. Aufgrund der zahlreichen geopolitischen Krisen und der gleichzeitigen Notwendigkeit, sich an den Klimawandel anzupassen, gibt es ein opportunes Zeitfenster Vorsorgemassnahmen für Extremereignisse, wie den Blackout, anzupacken.

Für mehr zu Sozio-technischer Resilienz und Katastrophenvorsorge, siehe [CSS Themenseite](#).

Leonard Schliesser ist Senior Researcher im Team Risiko und Resilienz am Center for Security Studies (CSS) der ETH Zürich.

Die **CSS Analysen zur Sicherheitspolitik** werden herausgegeben vom Center for Security Studies (CSS) der ETH Zürich. Das CSS ist ein Kompetenzzentrum für schweizerische und internationale Sicherheitspolitik. Jeden Monat erscheinen zwei Analysen auf Deutsch, Französisch und Englisch.

Herausgeberin: Névine Schepers
Lektorat: Leonard Schliesser, Simon Aebi
Layout und Grafiken: Miriam Dahinden-Ganzoni

Feedback und Kommentare: css.info@sipo.gess.ethz.ch
Weitere Ausgaben und Abonnement: www.css.ethz.ch/cssanalysen

Zuletzt erschienene CSS-Analysen:

Vertrauen in die Regierung in Krisenzeiten Nr. 351
Schweizer Neutralitätsdebatte: Eine Auslegeordnung Nr. 350
Georgien am Scheideweg Nr. 349
Partnerschaftsmodelle von EU und NATO im Wandel Nr. 348
Japans Ansatz zur Friedensförderung Nr. 347
Mediation als Staatsaufgabe in Türkiye Nr. 346

© 2024 Center for Security Studies (CSS), ETH Zürich
ISSN: 2296-0236; DOI: 10.3929/ethz-b-000711405