

Anaesthesist 2021 · 70:507–514
<https://doi.org/10.1007/s00101-021-00930-x>
 Angenommen: 27. Januar 2021
 Online publiziert: 23. Februar 2021
 © Der/die Autor(en) 2021



Florian Breuer^{1,2} · Paul Brettschneider¹ · Per Kleist¹ · Stefan Poloczek^{1,2} ·
 Christopher Pommerenke¹ · Janosch Dahmen^{1,2,3}

¹ Berliner Feuerwehr, Berlin, Deutschland

² Ärztliche Leitung, Rettungsdienst im Land Berlin, Berlin, Deutschland

³ Fakultät für Gesundheit, Universität Witten Herdecke, Witten, Deutschland

Erkenntnisse aus 31 Stunden Stromausfall in Berlin Köpenick – medizinische Schwerpunkte und Herausforderungen

Hintergrund

Zwar gilt das deutsche Stromnetz insgesamt als sehr stabil und zuverlässig, jedoch sind Blackout-Szenarien auch in Deutschland möglich. Auch wenn die meisten Stromausfälle lokal begrenzt sind und binnen weniger Stunden behoben werden können, besteht die besondere Problematik dennoch darin, dass derartige Szenarien in Abhängigkeit von der Ursache großräumig und lang andauernd sein können und somit insbesondere vulnerable Gruppen gefährden.

Ursächlich sind insbesondere Extremwetterereignisse sowie instabile Netze, beispielsweise aufgrund von Überlastung. Auch Hackerangriffe stellen zunehmend eine potenzielle Bedrohung dar. So kam es beispielsweise im September 2020 zu einem Hackerangriff auf die Uniklinik Düsseldorf, wodurch es zu einem Komplettausfall der Informationstechnik (IT) kam, was dazu führte, dass die Notaufnahme schließen musste, Operationstermine verschoben wurden und Behandlungstermine abgesagt werden mussten. Das Krankenhaus musste in der Folge für 13 Tage von der Versorgung abgemeldet werden [13]. Bereits 2016 war über einen abgewehrten Hackerangriff auf ein Krankenhaus in Neuss berichtet worden, der mit massiven Einschränkungen des Betriebes einherging. Regelmäßig kommt es darüber hinaus nahezu täglich zu Beschädigungen von

Leitungen durch Tiefbauarbeiten. Diese können jedoch durch Schaltmaßnahmen der Netzbetreiber in der Regel auf wenige Minuten begrenzt werden. In den USA werden immer wieder großflächige und teilweise lang andauernde Stromausfälle infolge von Unwetterereignissen wie Hurrikannen beschrieben [9, 19, 31].

Nach Angaben der Versorgungs- und Zuverlässigkeitsstatistik des Forum Netztechnik/Netzbetrieb betrug die durchschnittliche Stromunterbrechungsdauer in Deutschland im Jahr 2018 13,3 min/Kunde (2019: 12,0 min); unter Berücksichtigung von Fällen höherer Gewalt lag diese bei 17,1 min. Hiernach verfügt Deutschland auch im Vergleich zu anderen Ländern sowohl innerhalb als auch außerhalb Europas über eine hohe Stabilität der Stromnetze [17].

Dennoch muss nach der Einschätzung des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) auch in Deutschland mit Stromausfällen über längere Zeiträume gerechnet werden. Dies zeigte sich eindrücklich im Jahr 2005 im Münsterland, als, bedingt durch den Wintereinbruch, teilweise bis zu 20.000 Haushalte 5 Tage oder mehr ohne Strom auskommen mussten [6].

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass auch die Funktionalität der Informations- und Kommunikationsnetze beeinträchtigt sein kann. Zwar halten die Telekommunikationsanbieter Reservekapazitäten vor, dennoch sind auch diese im Rahmen der Abhängigkeit von Netzersatzanlagen oder Notstromaggregaten nur begrenzt verfügbar. Weiterhin ist damit zu rechnen, dass es aufgrund

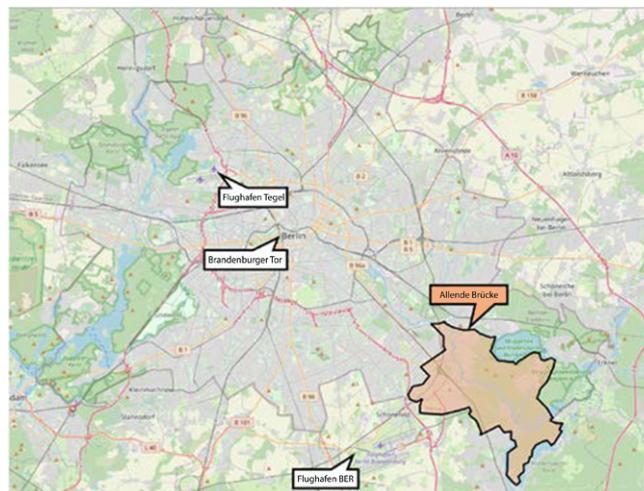


Abb. 1 ◀ Durch den Stromausfall betroffenen Gebiet im Bezirk Köpenick. (© All rights reserved, erstellt mit OpenStreetMap)

Tab. 1 Einsatzschwerpunkte und strategische Ziele Stromausfall Berlin-Köpenick	
Phase 1 (erste 2 h)	Vermeehrt Notrufe aus dem Schadensgebiet Hilfeseuchen einer ambulanten Intensivpflegeeinrichtung
Phase 2 (Stunden 2–8)	Sicherstellung des Notrufs im Schadensgebiet Sicherstellung der Kommunikations- und Alarmierungswege Sicherstellung der medizinischen Versorgung im Schadensgebiet und Aufrechterhaltung der Betriebsfähigkeit beider Krankenhäuser Information der Bevölkerung und Hilfe zur Selbsthilfe
Phase 3 (Stunden 8–24)	Einrichtung von Anlaufstellen für Betroffene durch das Bezirksamt Kostenloser Transport durch die Berliner Verkehrsbetriebe im bzw. aus dem Schadensgebiet heraus Identifikation von vulnerablen Patienten Aufsuchen von Pflegeheimen und Privatadressen durch Erkunder und Unterstützung vor Ort Verlegung von 23 Intensivpatienten (18 beatmet) aus dem betroffenen Krankenhaus in umliegende Krankenhäuser
Phase 4 (mehr als 24 h)	Aufsuchen von vulnerablen Patientengruppen Sicherstellung der Heizungsversorgung in verschiedenen Einrichtungen (z. B. Pflegeheime) Einrichtung einer Notunterkunft für 250 Personen durch das Bezirksamt Herausgabe von Verpflegung an 6 Standorten durch das Bezirksamt, unterstützt durch Hilfsorganisationen Sicherung der Abwasserentsorgung Wiederherstellung der Stromversorgung

eines vermehrten Informations- und Kommunikationsbedarfs aufgrund von Überlastung zu Ausfällen kommt. Es ist zu bedenken, dass bei der Festnetztelefonie die Basisstationen für die Schnurlostelefone auf eine funktionierende Stromversorgung angewiesen sind und es somit hier schnell zu Ausfällen kommt. Ortsvermittlungsstellen und Fernvermittlungsstellen sind ebenfalls von einer kontinuierlichen Stromversorgung abhängig, wobei hier Reservekapazitäten von 15 min bis zu 8 h (Ortsvermittlungsstellen) sowie von 8 h bis zu 3 bis 4 Tagen (Fernvermittlungsstellen) möglich sind. Beim Mobilfunk ist eine Einwahl in eine Basisstation notwendig, die nach 15 min bis 8 h ausfällt. Vermittlungsstellen halten Reservekapazitäten von 8–48 h vor [27]. Auch wenn Notrufe zwar im Telefonvermittlungssystem privilegiert behandelt werden, so ist es dennoch zwingend Voraussetzung, dass das Endgerät eine Verbindung zum Telefonnetz aufbauen kann.

Auch der bei den Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) genutzte Digitalfunk ist auf ausreichende Akkureserven und auf eine funktionierende Notstromversorgung angewiesen. Eine Notstromversorgung

kann den Betrieb für eine Dauer bis zu 72 h sicherstellen.

Im Ratgeber für Notfallvorsorge und richtiges Handeln in Notsituationen des BBK wird die Bevölkerung aufgerufen, individuelle Vorkehrungen für einen Stromausfall zu treffen; weiterhin werden Verhaltenstipps insbesondere bei ausgefallener Heizung oder fehlendem Licht gegeben [5]. Es muss jedoch klar sein, dass eine derartige Selbsthilfe nur von einem bestimmten Anteil der Bevölkerung geleistet werden kann und insbesondere vulnerable Gruppen sowohl im Rahmen der Vorplanungen als auch bei einem derartigen Ereignis einer erhöhten Aufmerksamkeit bedürfen.

Stromausfall in Berlin-Köpenick – Szenario

Im Rahmen von Bauarbeiten auf der Salvador-Allende-Brücke in Berlin-Köpenick wurde am Dienstag, den 19.02.2019 um 14:10 Uhr ein 110-kV-Kabel des Mittelspannungsnetzes durchtrennt. Betroffen war in der Folge der hinter der Brücke liegende Netzbereich des Bezirkes Trepow-Köpenick (Abb. 1). Dieser umfasst eine Fläche von 75 km², ca. 30.000 Haushalte, wobei wiederum ca. 70.000 Men-



Abb. 2 ▲ Hinweise für die Bevölkerung über soziale Medien. (© All rights reserved, mit freundlicher Genehmigung der Berliner Feuerwehr)

schen betroffen waren. Neben einer Vielzahl von Gewerbebetrieben sind in dem Gebiet 2 Krankenhäuser der Grund- und Regelversorgung, aber auch eine Vielzahl von Pflegeeinrichtungen angesiedelt. Die Temperatur schwankte an dem Tag zwischen 2 und 10 °C.

Erste Informationen erhielt der Lage-dienst der Feuerwehr durch den örtlichen Netzbetreiber telefonisch um 14:20 Uhr. Bereits um 14:21 Uhr (11 min nach Ereignisbeginn) kam es in einer Intensivpflegeeinrichtung zum ersten ereignisassozierten Einsatz.

Der Einsatz lässt sich retrospektiv in 4 Phasen beschreiben (Tab. 1; [1]).

In der Phase 1 (erste 2 h) wurde ein genaues Lagebild beim Netzbetreiber angefordert, der dann mitteilte, dass die Reparaturarbeiten voraussichtlich bis zu 24 h andauern würden. Somit wurde um 16 Uhr (1 h 50 min nach Ereignisbeginn) durch den Gesamteinsatzleiter nach Rücksprache mit der Behördenleitung ein operativ-taktischer Stab (Stab Feuerwehr) einberufen.

In der Phase 2 (Stunden 2–8) übernahm zunächst um 17:00 Uhr (2 h 50 min nach Ereignisbeginn) der Stab Feuerwehr den Gesamteinsatz, sodass in Abstimmung mit dem A-Dienst (höchster

Einsatzleiter der Feuerwehr) strategische Ziele definiert wurden. Zuvor war aufgrund des Einsatzstichwortes „Stabsalarm“ zunächst übergangsweise eine Stabsbesetzung aus Funktionen, die sich bereits im Einsatzdienst befinden, erfolgt.

Es wurden dann zunächst Kräfte der Freiwilligen Feuerwehren (6 Freiwillige Feuerwehren), des Technischen Hilfswerks (THW) (2 Fachgruppen Elektroversorgung, eine Fachgruppe Infrastruktur, 2 Bergungsgruppen, eine Fachgruppe Wasserschaden/Pumpen) und der Hilfsorganisationen (4 Patiententransportzüge für jeweils 10 Patienten, 2 Betreuungsplätze für jeweils 500 Personen) zur Bereitstellung in ihren Unterkünften alarmiert. Weiterhin erfolgte unter Zuhilfenahme der sozialen Medien die Information der Bevölkerung. Die Kommunikation erfolgte über Nachrichtendienste wie Twitter oder Facebook. Hierbei handelte es sich insbesondere um Handlungsempfehlungen, aber auch um den Hinweis, dass Hilfesuchen an die nächstgelegene Feuer- oder Polizeiwache gerichtet werden sollen (Abb. 2). Zusätzlich wurden auch Fahrzeuge zur Erkundung entsendet oder als mobile Wachen als Anlaufstelle für die Bevölkerung zentral aufgestellt (insgesamt 9 mobile Anlaufstellen). Darüber hinaus dienten Feuerwehrrhäuser im Schadensgebiet als Anlaufpunkte für die Bevölkerung.

Es erfolgte dann die Identifizierung von vulnerablen medizinischen Einrichtungen im Schadensgebiet: Hierbei konnten 2 Krankenhäuser der Grund- und Regelversorgung (525 und 441 Betten), 5 Pflegeheime, ein Hospiz sowie eine Dialyseeinrichtung identifiziert werden. Zu allen Einrichtungen wurden Erkunder entsendet.

Es gab des Weiteren umfangreiche Bemühungen, aufgrund der Abhängigkeit vom Stromnetz besonders gefährdete Patienten im Schadensgebiet zu identifizieren. Hierzu gehören u. a. Patienten mit Kunstherz, Heimbeatmungsgerät oder Heimdialyse, aber auch andere organisierte Wohnformen (Alten-Wohnen, private Intensivpflege), die nicht unter das Wohn- und Teilhabegesetz fielen und deshalb nicht zentral über die landesweite

Anaesthesist 2021 · 70:507–514 <https://doi.org/10.1007/s00101-021-00930-x>
© Der/die Autor(en) 2021

F. Breuer · P. Brettschneider · P. Kleist · S. Poloczek · C. Pommerenke · J. Dahmen

Erkenntnisse aus 31 Stunden Stromausfall in Berlin Köpenick – medizinische Schwerpunkte und Herausforderungen

Zusammenfassung

Am 19.02.2019 kam es nach Durchtrennung eines 110-kV-Kabels zu einem großflächigen Stromausfall im Berliner Bezirk Treptow-Köpenick. Nachfolgend waren ca. 30.000 Haushalte ohne Strom; betroffen waren ca. 70.000 Menschen. Der Stromausfall dauerte mehr als 24 h an und stellte alle Beteiligten vor eine Vielzahl von Herausforderungen. Es wurde der Führungsstab (operativ-taktisch) einberufen, in dem auch medizinische Schwerpunkte fortlaufend identifiziert und reevaluiert werden mussten. Hierbei handelte es sich mitunter um die Identifikation von besonders gefährdeten Patienten wie beispielsweise heimbeatmeten Patienten oder Patienten mit Kunstherz. Weiterhin mussten einzelne

Pflegeheime evakuiert werden. Im Verlauf war es notwendig, aufgrund des Ausfalls der Stromversorgung im Schadensgebiet, eine Intensivstation bzw. „Intermediate-care“-Station mit 23 Patienten zu evakuieren. Krankenhäuser müssen sich im Rahmen von Vorplanungen auf derartige Szenarien einstellen. Weiterhin müssen seitens der zuständigen Behörden Vorplanungen erfolgen, die die besonderen Bedürfnisse von vulnerablen Gruppen beinhalten.

Schlüsselwörter

Vulnerabilität · Großschadensereignis · Vorplanung · Vorsorge · Selbsthilfe

Knowledge gained from a 31-h power outage in Berlin Köpenick—medical problems and challenges

Abstract

On 19 February 2019 the severance of a 110kV cable caused an extensive electrical power cut in the Treptow-Köpenick district of Berlin. Subsequently, ca. 30,000 households were without electricity and ca. 70,000 people were affected. The power cut lasted more than 24h and all those involved were faced with a multitude of challenges. An operational command post was set up in which medical problems had to be continuously identified and re-evaluated. These included the identification of patients particularly at risk, such as home-ventilated patients and patients with artificial hearts. Furthermore, individual nursing homes had

to be evacuated. During the procedure it was necessary to evacuate an intensive care ward or intermediate care ward with 23 patients due to the loss of power supply in the affected area. Hospitals must be prepared for such scenarios within the framework of preliminary planning. Furthermore, preliminary planning containing the special needs of vulnerable groups must be carried out on the part of the responsible authorities.

Keywords

Vulnerability · Major disaster · Preliminary planning · Prevention · Self-help

Heimaufsicht identifiziert werden konnten. Die Identifikation von Patienten mit Kunstherz gelang mithilfe des Deutschen Herzzentrums Berlin (DHZB), da dieses über eine medizinische und technische Hotline für dringende Fragen von entsprechend angebundenen Patienten oder behandelnden Ärzten verfügt. Darüber hinausgehende Informationen zu weiteren hilfsbedürftigen Patienten waren nicht ohne Weiteres herauszubekommen. Nahezu vollumfänglich war eine telefonische Kontaktaufnahme (Festnetz, Mobilfunk, Hausnotruf) mit Menschen

im Schadensgebiet nicht möglich. Hierdurch erfolgte einerseits eine Vielzahl von Anrufen besorgter Angehöriger aus anderen Bezirken in der Leitstelle, weiterhin war konsekutiv auch eine Vielzahl von Erkundungen notwendig.

Gegen 7 h 10 min nach Ereignisbeginn erfolgte sodann die Meldung eines der beiden Krankenhäuser, dass die Stromversorgung instabil ist. Daraufhin wurde unverzüglich eine Fachgruppe des THW dorthin entsendet, um eine Notstromversorgung aufzubauen. Um 21:45 Uhr (7 h 35 min nach Ereignisbeginn) erfolgte

Tab. 2 Zu verlegende Patienten im Rahmen des Stromausfalls aus dem betroffenen Krankenhaus in Berlin-Köpenick

Lfd. Nr.	Uhrzeit	Station	Geschlecht/Alter	Anamnese	Transport durch
1	22:45–04:00 Uhr	Kreißsaal	w	Beginnende Geburt zur Sectio	RTW
2	22:45–04:00 Uhr	ITS	w/66 J	ARDS (Pneumonie), intubiert	ITW
3	22:45–04:00 Uhr	ITS	w/57 J	ARDS (Pneumonie), intubiert	ITW
4	22:45–04:00 Uhr	ITS	w/68 J	Peritonitis, intubiert	ITW
5	22:45–04:00 Uhr	ITS	m/83 J	Exazerbierte COPD, intubiert	ITW
6	22:45–04:00 Uhr	ITS	w/68 J	Sepsis (nekrotisierende. Pankreatitis), intubiert	NEF+RTW
7	22:45–04:00 Uhr	ITS	w/81 J	Akutes Nierenversagen, intubiert	NEF+RTW
8	22:45–04:00 Uhr	ITS	w/77 J	Exazerbierte COPD, intubiert	NEF+RTW
9	22:45–04:00 Uhr	ITS	w/78 J	Zustand nach Oberschenkelhalsfraktur, Dysphagie, tracheotomiert	NEF+RTW
10	22:45–04:00 Uhr	ITS	m/80 J	Kardiale Dekompensation, intubiert	NEF+RTW
11	22:45–04:00 Uhr	ITS	m/64 J	Nekrotisierende Pankreatitis, intubiert	NEF+RTW
12	22:45–04:00 Uhr	ITS	w/85 J	Zustand nach Reanimation, intubiert	NEF+RTW
13	22:45–04:00 Uhr	ITS	w/74 J	Peritonitis, intubiert	NEF+RTW
14	22:45–04:00 Uhr	ITS	m/74 J	Autoimmunvaskulitis, High-Flow-Ventilation	NEF+RTW
15	22:45–04:00 Uhr	ITS	w/33 J	Pneumonie, intubiert	NEF+RTW
16	22:45–04:00 Uhr	ITS	w/82 J	Dekompensierte Herzinsuffizienz, intubiert	Arzt+RTW
17	22:45–04:00 Uhr	ITS	w/78 J	Akutes Koronarsyndrom, heimbeatmet	ITW
18	22:45–04:00 Uhr	IMC	w/73 J	Äthyltoxisches Leberversagen, tracheotomiert	KTW
19	22:45–04:00 Uhr	IMC	m/60 J	Oropharynx-CA (palliativ)	RTW
20	22:45–04:00 Uhr	IMC	w/77 J	Gastrointestinale Blutung unter oralen Antikoagulanzen	RTW
21	22:45–04:00 Uhr	IMC	w/68 J	Pneumonie	RTW
22	22:45–04:00 Uhr	IMC	m/76 J	Kardiale Dekompensation/COPD	RTW
23	22:45–04:00 Uhr	IMC	m	Tachyarrhythmia absoluta/Vorhofflimmern	RTW



Abb. 3 ▲ Rettungsmittelhalteplatz vor dem teilweise stromlosen Klinikum in Köpenick. (© All rights reserved, mit freundlicher Genehmigung der Berliner Feuerwehr)

schließlich die Meldung an den Stab, dass die Notstromversorgung des Krankenhauses ganz zusammengebrochen war. Eine alternative Einspeisung war zu diesem Zeitpunkt noch nicht absehbar.

In der Phase 3 (Stunden 8–24) wurde im operativ-taktischen Stab unter Einbeziehung der Krankenhauseinsatzleitung sowie der Senatsverwaltung für Gesundheit, Pflege und Gleichstellung entschieden, dass die 23 Intensivpatienten (18 be-

atmet) aus dem betroffenen Krankenhaus in umliegende Krankenhäuser verlegt werden müssen. Dies erfolgte dann ab 22:21 Uhr (8 h 11 min nach Ereignisbeginn). Die Transportorganisation vor Ort erfolgte durch einen leitenden Notarzt (LNA), sodass nach 3 h alle Intensivpatienten verlegt waren (Tab. 2). Hierzu war die zusätzliche Indienststellung von Fahrzeugen des Spitzenbedarfs (= zusätzlicher kurzfristiger Bedarf an Rettungs-

mitteln bei besonderen Schadenslagen) notwendig, weiterhin erfolgte die zusätzliche Gestellung von Ärzten durch ärztliche Einsatztrupps, die seitens der Krankenhäuser zur Unterstützung bei derartigen Schadensereignissen vorgehalten werden müssen (Abb. 3).

In der Phase 4 (mehr als 24 h) war seitens des Netzbetreibers angekündigt, dass an diesem Tag die Stromversorgung wiederhergestellt werden soll. Schlussendlich war der Netzstrom allerdings erst am Folgetag um 21:30 Uhr (31 h 20 min nach Ereignisbeginn) wieder vollumfänglich verfügbar. Weiterhin erfolgten die Vorplanung der Rücktransporte der Patienten in das betroffene Krankenhaus.

Krankenhäuser als kritische Infrastruktur beim Stromausfall

Krankenhäuser sind im Kritische-Infrastruktur (KRITIS)-Sektor Gesundheit dem Bereich medizinische Versorgung zugeordnet und sind somit neben Arzneimitteln und Impfstoffen sowie Laboren besonders schützenswert. Hierbei

Infobox 1 Notstromversorgung im Krankenhaus. (Modifiziert nach [12])

- Not-OP, inklusive Lüftung
- Intensivstationen (Beatmungsgeräte)
- Kühlung von Blutkonserven und Organen
- Heizungs- und Wasserpumpen
- Notbeleuchtung
- Aufzüge zum Patiententransport
- Belüftung in sensiblen Bereichen
- Sterilisation

Infobox 2 Vulnerable Gruppen bei einem Stromausfall. (Modifiziert nach [18])

- Alte Menschen
- Behinderte Menschen
- Psychisch Kranke/chronisch Kranke
- Drogenabhängige
- Mütter mit Neugeborenen
- Obdachlose
- Geflüchtete
- Fremdsprachige Touristen

Infobox 3 Medizinische Geräte, die stromabhängig bzw. akkubetrieben sind

- Heimbeatmungsgerät
- Kunstherz
- Inhalationsgerät
- Heimdialysegerät
- Ernährungspumpe
- (Blutzuckermessgerät)
- (Insulinpumpe)

gibt es eine Vielzahl von Schnittstellen und Abhängigkeiten, insbesondere zum Rettungsdienst, der dem KRITIS-Sektor „Staat und Verwaltung“ zugehörig ist, aber auch zu dem KRITIS-Sektor „Transport und Verkehr“.

Es ist davon auszugehen, dass Krankenhäuser unter Zuhilfenahme von Notstromaggregaten bei einem Stromausfall bis zu 24h autark weiterarbeiten können, danach ist die Funktionsfähigkeit aufgrund der Erschöpfung der eigenen Notstromversorgung (eingeschränkte Treibstoffversorgung) erheblich beeinträchtigt. Hierbei erfolgen die konkreten Festlegungen durch landesrechtliche Regelungen, wobei weitergehende Vorsorgemaßnahmen wie die Vorhaltung von größeren Tanks auf freiwilliger Basis vorgenommen werden. Ausfälle weiterer KRITIS wie Transport und Versorgung verstärken die Problematik. Bei Andauern von mehr als einer Woche muss damit gerechnet werden, dass bei einem großflächigen Stromausfall trotz regionaler Unterstützung die Versorgungsstrukturen und die Infrastruktur zusammenbrechen.

Hierbei spielt die gestörte Produktion von Arzneimitteln genauso eine Rolle wie die Tatsache, dass Produkte wie Blutkonserven und Plasma bei nichtsachgerechter Lagerung verderblich sind. Weiterhin kommt es zu massiven Einschränkungen aufgrund der gestörten Kommunikationsinfrastruktur und der nicht mehr vorhandenen Transportdienstleistungen (Zusammenbruch des Straßenverkehrs, keine Verfügbarkeit von Kraftstoff an Tankstellen aufgrund fehlender Notstromversorgung). In dieser Phase ist es denkbar, dass einzelne, zentrale Krankenhäuser zu „zentralen Knotenpunkten

der medizinischen Versorgung“ werden [12]. Diese müssen sich sodann darauf einstellen, eine Vielzahl von Patienten aus den umliegenden Krankenhäusern, aber auch aus Pflegeheimen und vergleichbaren Einrichtungen zu übernehmen.

Diejenigen Bereiche, die von der Notstromversorgung umfasst sind, zeigt **(■ Infobox 1)**. Hierbei ist zu beachten, dass bei einem Stromausfall insbesondere das Rechenzentrum, die Küche, aber auch die Warmwasserversorgung nicht mehr funktionsfähig sind.

Die zu erwartenden Beeinträchtigungen in Krankenhäusern in Abhängigkeit von der vorangeschrittenen Zeit bei einem Stromausfall zeigt **■ Tab. 3**.

Vulnerable Gruppen

In einer Umfrage im Nachgang zum Stromausfall im Münsterland wurden mit einem Zeitverzug von einem Jahr 591 Haushalte im Schadensgebiet bezüglich der Selbsthilfefähigkeit und des Bevorratungsverhaltens befragt. Inzwischen wird seitens des BBK empfohlen, einen 10-tägigen Grundvorrat von Getränken und Lebensmitteln sowie insbesondere eine Hausapotheke, Hygieneartikel sowie Vorkehrungen für einen Energieausfall vorzuhalten. Im Ergebnis zeigte sich u. a., dass trotz des erlebten Stromausfalls nur 27,7% der befragten anders bevorraten als zuvor. Somit wurde von 72% der Betroffenen keine Notwendigkeit einer eigenen Bevorratung gesehen, was zeigt, dass sich ein Großteil der Bevölkerung komplett auf die öffentliche Daseinsvorsorge und Gefahrenabwehr verlässt [24].

Im Auftrag des BBK wurde im Jahr 2012 eine umfassende Bevölkerungsbe-

fragung durchgeführt, an der 2000 Haushalte teilgenommen haben. Es konnte gezeigt werden, dass sich 69% aller Haushalte bislang noch nicht mit einem Stromausfallszenario befasst haben. 1,4% aller Haushalte gaben darüber hinaus an, auf netzstrombetriebene, lebensnotwendige Geräte angewiesen zu sein (Sauerstoff-/Beatmungsgerät 29,2%, Sonstiges 22,2%, Inhalationsgerät 9,7%, Heimdialysegerät 7,9%). In 32% verfügen die Geräte über eine Notstromversorgung [29].

Eine Untersuchung in den USA ergab, bezogen auf die Anzahl derjenigen Menschen, die auf netzstrombetriebene Geräte angewiesen sind, eine Prävalenz von 218,2/100.000 Einwohner. Allerdings waren weniger als 1% auf Heimbeatmungsgeräte angewiesen; die meisten waren abhängig von einer externen Sauerstoffzufuhr [25]. Auch in den USA konnte gezeigt werden, dass gerade vulnerable Gruppen unzureichend auf derartige Ereignisse vorbereitet sind und insbesondere damit einhergehende Risiken nicht hinreichend ernst genommen werden [15].

Die Betrachtung von vulnerablen Gruppen im Zusammenhang mit Stromausfällen zeigt, dass die Herausforderungen sehr komplex sind. Auch wenn eine Vielzahl von alten und pflegebedürftigen Menschen, die zu Hause oder in Heimen leben, besonders gefährdet ist, so handelt es sich dennoch um eine sehr heterogene Gruppe mit ganz unterschiedlichen Bedürfnissen [14]. Viele Menschen, insbesondere solche, die ohnehin schon im Alltag auf externe Hilfe angewiesen sind, benötigen bei einem Stromausfall umgehend personelle und materielle Unterstützung **(■ Infobox 2)**. Hierbei stehen bei den einzelnen Grup-

Tab. 3 Zeitlicher Ablauf von Beeinträchtigungen im Krankenhaus bei einem Stromausfall. (Modifiziert nach Deutscher Bundestag [12])

Bis 2 h	Ausfall der Informations- und Kommunikationsstrukturen Organisatorische Beeinträchtigungen Apparative Diagnostik eingeschränkt
2–8 h	Ausfall der Bürotätigkeiten Arbeitsabläufe zunehmend behindert Patientendaten nicht mehr einsehbar bzw. bearbeitbar Überlastung der Telefonzentrale Ordnungsgemäße Lagerung von Arzneimitteln und Medizinprodukten gefährdet Küche nicht mehr funktionsfähig Trinkwasserknappheit
8–24 h	Deutliche Beeinträchtigung der medizinischen Versorgung Notwendigkeit der Entlassung von Leichtverletzten/Genesenen Notwendigkeit der Einrichtung von Behelfskrankenhäusern Patientendokumentation nur noch manuell Zahl der Selbsteinweiser steigt Gestörte Speiseversorgung
Mehrere Tage	Engpässe bei der Versorgung mit Blutprodukten, Insulin, Spezialnahrung Einzelne Medikamente knapp Hygienische Probleme aufgrund von beeinträchtigter Entsorgung

pen jeweils ganz spezielle Bedürfnisse im Vordergrund. Hierbei ist auch zu berücksichtigen, dass viele ältere Menschen oder anderweitig immobilisierte oder mobilitätseingeschränkte Menschen nicht eigenständig mobil sind und somit auf Hilfsmittel sowie Aufzüge angewiesen sind. Auch ist die Vorratshaltung in Bezug auf Lebensmittel gerade in Großstädten sehr unterschiedlich und kann bei einem Vorratsmangel für diese vulnerable Gruppe schnell bedrohlich werden. Die Kommunikation ist auch sehr schnell eingeschränkt, da zum einen ein kompletter Ausfall vom Telefonnetz denkbar ist, zum anderen haben Akkus auch nur eine begrenzte Kapazität. Es ist zu berücksichtigen, dass viele Menschen auf ambulante Pflegedienste angewiesen sind. Dabei spielen sowohl die Körperhygiene als auch die Nahrungsaufnahme und die Medikamentengabe eine wichtige Rolle im Alltag. Somit müssen insbesondere diejenigen Menschen, die in der Häuslichkeit leben und von lebensnotwendigen Geräten abhängig sind, identifiziert werden (■ **Infobox 3**). Da es hierzu keine regionalen Melderegister gibt, gestaltet sich dies als besonders schwierig. In den USA konnte über die Meldedaten bei entsprechenden Versicherungsträgern eine Identifizierung von Personen, die ein Beatmungsgerät oder Sauerstoffgerät nutzen, erfolgen [11]. Aufgrund von datenschutzrechtlichen

Vorgaben sind hier jedoch hierzulande Grenzen gesetzt.

Teilweise verfügen Pflegeheime oder vergleichbare Einrichtungen über eine Notstromversorgung für einige Stunden. Problematisch ist der Ausfall von Aufzügen und Türöffnern. Schnell kommt es zum Ausfall der Warmwasserversorgung und der Versorgung mit Lebensmitteln. Zeitnah werden insbesondere Verlegungen von denjenigen Bewohnern notwendig sein, die auf externe stromversorgte Geräte angewiesen sind.

Diskussion

Bei dem Stromausfall in Berlin-Köpenick wurden die Berliner Feuerwehr und damit einhergehend die Berliner Notfallrettung vor eine Vielzahl von Herausforderungen gestellt. Neben 1346 Einsätzen am 19.02.2020 und 1313 Einsätzen am 20.02.2020 wurden insgesamt 112 Einsätze der Feuerwehr in Verbindung mit dem Stromausfall registriert.

Entscheidend war die frühzeitige Einberufung des Führungsstabs mit Etablierung einer Einsatzleitung, sodass von Beginn an auch medizinische Schwerpunkte identifiziert werden konnten. Dies wurde dadurch sichergestellt, dass der Oberarzt vom Dienst der Berliner Feuerwehr [4], neben den Sachgebietsleitern sowie Fachberatern und Verbindungsbeamten, dauerhaft im operativ-taktischen Stab der Feuerwehr anwesend war. Hierbei muss

bei einem derartigen Szenario frühzeitig ein Schichtdienstplan erstellt werden, um dauerhaft über die Lage die entsprechende Ressource in die Entscheidungsfindungen einbinden zu können.

Die medizinischen Herausforderungen sind vielfältig und komplex. Ein großflächiger Stromausfall bedingt eine erhöhte Mortalität in der Bevölkerung durch die eingeschränkte Versorgung und damit einhergehend vermehrte Notlagen [2].

Infolge eines Stromausfalls muss damit gerechnet werden, dass es zu einer vermehrten Hospitalisierung, insbesondere von chronisch Kranken, kommt. Bei COPD-Erkrankten konnte nach einem Stromausfall sogar eine signifikant erhöhte Hospitalisierungsrate festgestellt werden [32]. Insbesondere im Nachgang zu einem derartigen Ereignis kann es zum vermehrten Aufsuchen von Notaufnahmen, aber auch zur erhöhten Auslastung bestimmter Funktionsbereiche, wie beispielsweise Dialysen kommen [21].

Aus lang andauernden Stromausfällen kann eine Vielzahl von gesundheitlichen Folgen resultieren, mitunter temperaturbedingte Erkrankungen, Magen-Darm-Erkrankungen, aber eben auch Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems, der Atemwege oder Nierenerkrankungen mit der Notwendigkeit zur stationären Versorgung [8]. Somit ist damit zu rechnen, dass es auch schon in der Akutphase zu einem vermehrten Aufsuchen von Notaufnahmen kommt, da beispielsweise bei entsprechenden Patienten die Sauerstoffversorgung zu Hause nicht mehr sichergestellt ist, die entsprechenden Versorgungsdienste nicht erreicht werden können und somit Krankenhäuser zurate gezogen werden. Aufgrund des zunehmenden Informationsbedarfs muss in der Rettungsleitstelle mit einer massiven Steigerung des Anrufvolumens, insbesondere in den ersten Stunden nach Ereignisbeginn, gerechnet werden. So konnte im Nachgang eines Stromausfalls in Ohio gezeigt werden, dass in den ersten 10 h ein signifikant erhöhtes Anrufvolumen (durchschnittlich 250 % erhöht) insbesondere aufgrund von Anfragen bezüglich eines möglichen Ausfalls von elektrisch betriebenen medizinischen Geräten vorlag [28]. Auch mit einer er-

höhten Auslastung des Rettungsdienstes muss gerechnet werden [20]. Hierbei sind aufgrund unsachgemäßer Nutzung von Notstromaggregaten, gasbetriebenen Heizungen und Grills auch wiederholt Kohlenmonoxidvergiftungen in Wohnungen beschrieben worden [22].

Problematisch ist, dass es keinerlei Melderegister gibt, welches Informationen zu besonderen Bedarfen von hilfsbedürftigen Personen enthält. Auch ist unklar, wo sich Pflegeheime mit speziellen Patientengruppen befinden (z.B. heimbeatmete Patienten). Hierbei ist auch zu berücksichtigen, dass sich diese Patientengruppe nicht nur in Pflegeheimen befindet, sondern auch in entsprechenden Pflegewohngemeinschaften oder aber in Privatwohnungen. Im Rahmen der Vorplanungen muss sich auf diese speziellen Bedürfnisse eingestellt werden, indem beispielsweise Pläne vorgehalten werden, die Informationen zu pflegebedürftigen Menschen und deren Bedarfen beinhalten.

In einer Umfrage aus dem Jahr 2019 gaben 68,4 % der zu Pflegenden und 80 % pflegender Angehöriger an, dass nach ihrer Ansicht bei einem Stromausfall Informationen durch die Feuerwehr zur Verfügung gestellt werden sollten. Bezogen auf die Sicherstellung der medizinischen Versorgung sahen pflegende Angehörige die Feuerwehr und den Rettungsdienst zu 59,1 % in der Pflicht. 45 % aller pflegenden Angehörigen gaben an, eine Notstromversorgung für die zu pflegende Person zu benötigen. Auch hier wurden in 65,6 % Feuerwehr und Rettungsdienst in der Pflicht gesehen. Von den zu Pflegenden gaben 13 % an, auf Strom betriebene medizinische oder andere Hilfsmittel angewiesen zu sein. Genannt wurden hierbei insbesondere Beatmungshilfen (36,8 %), Bett und Patientenlifter (22,4 %), Hausnotruf (9,1 %) sowie der elektrische Rollstuhl (7 %). 0,7 % gaben an, dass ein Stromausfall in Konsequenz zu einer lebensbedrohlichen Situation führen würde [30].

Krankenhäuser müssen als Bestandteil der KRITIS Notfallpläne für derartige Szenarien vorhalten. Hierbei sind die Herausforderungen und Besonderheiten auch innerhalb eines Krankenhauses ganz unterschiedlich. Somit sollten bei-

spielsweise in der Anästhesie neben entsprechenden Checklisten Taschenlampen, geladene Akkus für die entsprechenden Medizingeräte sowie Back-up-Medizinprodukte- und -geräte vorgehalten werden, aber auch Experten kurzfristig erreichbar sein, die bei derartigen Szenarien technisch unterstützen können [16]. Auch die Verwendbarkeit von Medikamenten, Impfpräparaten oder Blutersatzprodukten kann nach Unterbrechung der Kühlkette eingeschränkt sein [23].

Auch sind Ausfälle von Notstromaggregaten in Krankenhäusern mit der Notwendigkeit von einer externen Notstromversorgung bis hin zu Evakuierungen nicht ausgeschlossen und wurden wiederholt beschrieben [3, 26].

In Umfragen konnte weiterhin gezeigt werden, dass auch nach einem erlebten Stromausfall die private Vorratshaltung mangelhaft war. Dies betrifft auch die Informiertheit der Bevölkerung und deren Risikobewusstsein [10, 25]. Somit bleibt festzustellen, dass ein Stromausfall mit einer Vielzahl von Herausforderungen einhergeht und gleich zu Beginn medizinische Schwerpunkte identifiziert werden müssen. Hier muss dann in Abhängigkeit von den regionalen Gegebenheiten entsprechend reagiert werden. Im Rahmen der Vorplanungen spielt einerseits die Hilfe zur Selbsthilfe eine Rolle, andererseits kann es sinnvoll sein, entsprechende Pläne zu erstellen, die Informationen zu speziellen Pflegeheimen oder besonders hilfsbedürftigen Patienten beinhalten. Hier konnte gezeigt werden, dass von zu Pflegenden 79 % bereit wären, ihre Daten bei einer Behörde zu hinterlegen [30]. Die Möglichkeit zur kurzfristigen Schaffung temporärer Pflegeeinrichtungen kann sinnvoll sein.

Entsprechende Projekte, die die Vernetzung von Behörden, Pflegeinfrastrukturen, Angehörigen und zivilgesellschaftlichen Akteuren im Hinblick auf derartige Schadensereignisse erproben, sind bereits etabliert („Kontexte von Pflege und Hilfsbedürftigen Stärken“ [7]); vergleichbare Ansätze sollten auch im großstädtischen Raum erfolgen.

Fazit für die Praxis

- Ein großflächiger Stromausfall erfordert eine professionelle, interdisziplinäre Zusammenarbeit aller beteiligten Akteure. Neben der Einberufung eines operativ-taktischen Stabes müssen in diesem v. a. auch frühzeitig durch fachlich adäquat besetzte Funktionen medizinische Schwerpunkte identifiziert werden. Umfangreiche Krisenkommunikation mit Anleitungen zur Selbsthilfefähigkeit der Bevölkerung ist notwendig.
- Die schnelle Verfügbarkeit von zusätzlichen materiellen und personellen Ressourcen der Notfallrettung ist entscheidend für die Systemstabilität bei derartigen Schadenslagen.
- Vulnerable Gruppen müssen im Schadensgebiet identifiziert werden. Gerade netzstromabhängige pflegebedürftige Menschen, die in der Häuslichkeit oder in Wohngemeinschaften versorgt werden, sind nur unzureichend registriert.
- Ein besonderes Augenmerk muss auf den Funktionserhalt von Krankenhäusern als Bestandteil der kritischen Infrastruktur gelegt werden.

Korrespondenzadresse



Dr. med. Florian Breuer
Berliner Feuerwehr
Voltairestr. 2, 10179 Berlin,
Deutschland
Florian.Breuer@berliner-
feuerwehr.de

Funding. Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. F. Breuer, P. Brettschneider, P. Kleist, S. Poloczek, C. Pommerenke und J. Dahmen geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jegli-

chem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

- Ahrens C (2019) Berlin-Köpenick: 31 Stunden Stromausfall – 30.000 Haushalte ohne Strom. *Brandschutz* 6:486–472
- Anderson GB, Belle ML (2012) Lights out: impact of the August 2003 power outage on mortality in New York, NY. *Epidemiology* 23:189–193
- Beatty ME, Phelps S, Rohner MC, Weisfuse MI (2006) Blackout of 2003: public health effect and emergency response. *Public Health Rep* 121:36–44
- Breuer F (2019) Einführung Oberarzt vom Dienst und Neuorganisation von Notverlegungen. <https://www.berliner-feuerwehr.de/fileadmin/bfw/dokumente/Publikationen/Jahresberichte/jahresbericht2018.pdf>. Zugegriffen: 25. Jan. 2021 (Berliner Feuerwehr Jahresbericht 2018, S 56–57)
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (2018) Ratgeber für Notfallvorsorge und richtiges Handeln in Notfallsituationen. https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Broschueren_Flyer/Buergerinformationen_A4/Ratgeber_Brosch.pdf?__blob=publicationFile. Zugegriffen: 25. Jan. 2021
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (2019) Stromausfall – Vorsorge und Selbsthilfe. https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Broschueren_Flyer/Buergerinformationen_A4/Stromausfall_Vorsorge_und_Selbsthilfe.pdf?__blob=publicationFile. Zugegriffen: 25. Jan. 2021
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (2020) Kontexte von Pflege und Hilfsbedürftigen Stärken (KOPHIS). <https://www.sifo.de/de/kophis-kontexte-von-pflege-und-hilfsbeduerftigen-staerken-2335.html>. Zugegriffen: 25. Jan. 2021
- Casey JA, Fukurai M, Hernández D, Balsari S, Kaing MV (2020) Power outages and community health: a narrative review. *Curr Environ Health Rep* 7:371–383
- Centers of Disease Control and Prevention (2006) Public health response to hurricanes Katrina and Rita—Louisiana, 2005. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 55:29–30
- Damm S, Seyferth J (2016) Stromausfall: Ergebnisse einer Bürgerbefragung. In: Fekete A, Hufschmidt G (Hrsg) Atlas der Verwundbarkeit und Resilienz, S 120–121
- DeSalvo K, Lurie N, Finne K, Worrall C, Bogdanov A, Dinkler A, Babcock S, Kelmann J (2014) Using Medicare data to identify individuals who are electrically dependent to improve disaster preparedness and response. *Am J Public Health* 104:1160–1164
- Deutscher Bundestag (2011) Gefährdung und Verletzbarkeit moderner Gesellschaften am Beispiel eines großräumigen und langdauernden Ausfalls der Stromversorgung. <https://dipbt.bundestag.de/dip21/btd/17/056/1705672.pdf>. Zugegriffen: 25. Jan. 2021 (17. Wahlperiode Drucksache 17/5672 – Bericht des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung (18. Ausschuss) gemäß § 56a der Geschäftsordnung TA-Projekt)
- Deutsches Ärzteblatt (2020) Nach Hackerangriff: Notaufnahme der Uniklinik wieder im Betrieb. <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/116750/Nach-Hackerangriff-Notaufnahme-der-Uniklinik-wieder-in-Betrieb>. Zugegriffen: 25. Jan. 2021
- Deutsches Rotes Kreuz e.V. Generalsekretariat (2018) Die vulnerable Gruppe „ältere und pflegebedürftige Menschen“ in Krisen, Großschadenslagen und Katastrophen – Wissenschaftliche Erkenntnisse und Herausforderungen aus der Praxis. https://www.drk.de/fileadmin/user_upload/Forschung/schriftenreihe/Band_6/Schriften_der_Forschung_6.1_Wissenschaftliche_Erkenntnisse_und_Herausforderungen_aus_der_Praxis.pdf. Zugegriffen: 25. Jan. 2021 (Schriften der Forschung Band 6)
- Dominiani C, Ahmed M, Johnson S, Blum M, Ito K, Lane K (2018) Power outage preparedness and concern among vulnerable New York City residents. *J Urban Health* 95:716–726
- Eichhorn JH, Hessel EA (2010) Electrical power failure in the operating room: a neglected topic in anesthesia safety. *Anesth Analg* 6:1519–1521
- Forum Netztechnik (2018) Netzbetrieb im VDE. Durchschnittliche Stromunterbrechungsdauer im Ländervergleich (in Minuten). <https://www.vde.com/resource/blob/1914862/33b3de5a86fc31d1578dad76905ea881/stoerungsstatistik2018-nichtverfuegbarkeit-laendervergleich-data.jpg>. Zugegriffen: 25. Jan. 2021
- Geißler S (2015) Vulnerable Menschen in der Katastrophe. <https://opus4.kobv.de/opus4-hwr/files/490/Vulnerable+Personen+im+Stromausfall+2015+08+03.pdf>. Zugegriffen: 27. Jan. 2021
- Issa A, Ramadugu K, Mulay P, Hamilton J, Siegel V, Harrison C, Campbell CM, Blackmore C, Baylayegen T, Boehmer T (2017) Deaths related to Hurricane Irma—Florida, Georgia and North Carolina, September 4–October 10, 2017. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 67:829–832
- Kearns RD, Wigal MS, Fernandez A, Trucker MA Jr, Zuidgeest GR, Mills MR, Cairns BA, Cairns CB (2012) The 2012 derecho: emergency medical services and hospital response. *Prehosp Disaster Med* 29:542–545
- Kelman J, Finne K, Bogdanov A, Worrall C, Margolis G, Rising K, MaCurdy TE, Lurie N (2015) Dialysis care and death following hurricane Sandy. *Am J Kidney Dis* 65:109–115
- Klinger C, Landeg O, Murray V (2014) Power outages, extreme events and health: a systematic review of the literature from 2011–2012. *PLoS Curr*. <https://doi.org/10.1371/currents.dis.04eb1dc5e73dd1377e05a10e9edde673>
- Kosari S, Walker EJ, Anderson C, Peterson GM, Naunton M, Castillo Martinez E, Garg S, Thomas J (2018) Power outages and refrigerated medicines: the need for better guidelines, awareness and planning. *J Clin Pharm Ther* 43:737–739
- Menski U, Gardemann J (2009) Schneechaos und Stomausfall im Münsterland vom November und Dezember 2005: Auswirkungen auf den Ernährungs- und Gesundheitssektor sowie die private Katastrophenvorsorge und Bevorratung. *Gesundheitswesen* 71:349–350
- Molinari NA, Chen B, Krishna N, Morris T (2017) Who's at risk when the power goes out? The at-home-electricity-dependent population in the United States, 2012. *J Public Health Manag Pract* 23:152–159
- O'Hara JF Jr, Higgins TL (1996) Total electrical power failure in a cardiothoracic intensive care unit. *Crit Care Med* 20:840–845
- Petermann T, Bradke H, Lüllmann A, Poetzsch M, Riehm U (2010) Gefährdung und Verletzbarkeit moderner Gesellschaften am Beispiel eines großräumigen Ausfalls der Stromversorgung. *Arbeitsbericht Nr. 141*. https://www.tab-beim-bundestag.de/de/pdf/publikationen/zusammenfassungen/TAB-Arbeitsbericht-ab141_Z.pdf. Zugegriffen: 25. Jan. 2021
- Rand DA, Mener DJ, Lerner EB, DeRobertis N (2005) The effect of an 18-hour electrical power outage on an urban emergency medical services system. *Prehosp Emerg Care* 9:391–397
- Rhein S (2019) Kapazitäten der Bevölkerung bei einem Stromausfall – Empirische Untersuchung für das Bezugsgebiet Deutschland. https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/Praxis_Bevoelkerungsschutz/PIB_12_Kapazit_Bevoelkerung_bei_Stromausfall.pdf?__blob=publicationFile. Zugegriffen: 25. Jan. 2021 (Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe Band 12 – Praxis im Bevölkerungsschutz)
- Schulze K, Schander J, Jungmann A, Voss M (2019) Bedarfe und Ressourcen in Extremsituationen mit Fokus auf hilfs- und pflegebedürftige Menschen. Deskriptive Darstellung der Ergebnisse einer deutschlandweiten Befragung. https://refubium.fu-berlin.de/bitstream/handle/fub188/23802/15_WP_KFS_Schulze_et_al_2019_Bedarfe_und_Ressourcen.pdf?sequence=2&isAllowed=y. Zugegriffen: 25. Jan. 2021
- Tonn GL, Guikema SD, Ferreira CM, Quiring SM (2016) Hurricane Isaac: a longitudinal analysis of storm characteristics and power outage risk. *Risk Anal* 36:1936–1947
- Zhang W, Sheridan SC, Birkhead GS, Croft DP, Brotzge JA, Justino JG, Stuart NA, Du Z, Romeiko XX, Ye B, Dong G, Hao Y, Lin S (2020) Power outage: an ignored risk factor for COPD exacerbations. *Chest* 158:2346–2357