Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 91 (2000)

Heft: 11

Artikel: Sturmtief Lothar und seine Folgen

Autor: Chatelain, Michel

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-855554

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Sturmtief Lothar und seine Folgen

Hohe Zuverlässigkeit des Schweizer Elektrizitätsnetzes

Das Sturmtief Lothar, das in den Weihnachtstagen 1999 über Westeuropa hinwegfegte, hat vor allem der französischen Elektrizitätsversorgung grosse Schäden beigebracht. Wie sieht die Situation in der Schweiz aus? Der folgende Bericht des Eidgenössischen Starkstrominspektorats (EStI) zeigt, dass dank grösseren Sicherheitsmargen im Schweizer Netz und einer redundanten Netzauslegung nur geringfügige Beeinträchtigungen der Elektrizitätsversorgung zu verzeichnen waren.

In der Weihnachtszeit 1999 wurden Teile Westeuropas, darunter auch die Schweiz, kurz hintereinander von zwei schweren Stürmen heimgesucht: In Zürich wurde der Orkan «Lothar» am 26. Dezember kurz vor der Mittagszeit registriert; in der Nacht auf Dienstag, den 28. Dezember, folgte der Orkan «Martin».

Bild 1 zeigt den Verlauf der über zehn Minuten gemittelten Windgeschwindigkeiten und Böenspitzen, die von der Messstation Üetliberg (ZH) gemessen worden sind. Auffällig am Orkan Lothar ist die extrem schnelle Zunahme der Windgeschwindigkeit innert kürzester Zeit und die Heftigkeit der Böen im Vergleich zur mittleren Windgeschwindigkeit. Die höchste Böenspitze auf dem Üetliberg bei Zürich betrug 241,2 km/h.

In Bild 2 ist der zeitgleich von der Station Luzern gemessene Luftdruck dargestellt. Beide Orkane machten sich durch einen Druckabfall bemerkbar. Obwohl der Druckabfall bei Lothar weniger ausgeprägt als bei Martin war, ist er durch einen grösseren Druckgradienten und damit durch heftigere Böen gekennzeichnet.

Von grosser Bedeutung für die extremen Windgeschwindigkeiten bei Lothar ist also vor allem die extrem schnelle Änderung des Luftdruckes. So zeigt die Kurve eine Druckänderung von rund 30 hPa innerhalb von sechs Stunden am 26.12.99 zwischen 6.00 und 12.00 Uhr. Sie setzt sich aus einem Druckabfall und einem Druckanstieg von jeweils etwa 15 hPa zusammen. Dies führt zu der so extremen sogenannten isallobarischen Verstärkung der Windgeschwindigkeit und besonders auch der Böigkeit. Eine vergleichbare Druckänderung findet man bei Martin in etwa 13 Stunden, das heisst in mehr als der doppelten Zeitspanne.

Die viel grösseren Schäden, die Lothar im Vergleich zu Martin angerichtet hat, finden ihre Erklärung in diesen Unterschieden. Neben der reinen kinetischen Energie der Luftströmung, die, mit dem Quadrat der Windgeschwindigkeit wachsend, den sogenannten Winddruck verursacht, ist für die durch den Wind hervorgerufene mechanische Beanspruchung von Bauwerken oder Baumbeständen auch die Windpulsation verantwortlich. Diese hängt entscheidend von der Böigkeit des Windes ab, und zwar in Betrag und Richtung. Ihre Gefahr beruht darauf, dass sie dem Wind ausgesetzte Gegenstände zu Schwingungen anregen kann. Erreichen solche Windpulsationen mit grosser Amplitude die Eigenfrequenz der getroffenen Bauwerke, so können selbst an massiv erscheinenden Bauten grösste Schäden entstehen.

Am Vorabend des ersten Sturmes (25.12.99) waren Meteodaten und Aufzeichnungen vorhanden, die auf den sich anbahnenden Sturm Lothar deuteten. Die Heftigkeit des Ereignisses konnte jedoch nicht prognostiziert werden. Bei den Netzbetreibern ist daher kaum realisiert worden, dass die Systeme der elektrischen Energieversorgung gefährdet sein könnten. Ohnehin wären zu diesem Zeitpunkt ausser einem verstärkten Pikettdienst keine vorsorglichen Massnahmen und Schutzvorkehrungen mehr möglich gewesen.

Sturmschäden an elektrischen Freileitungen

Die Wirkung des Orkans Lothar hat dem elektrischen Freileitungsnetz Schaden in Millionenhöhe zugefügt. Für eine

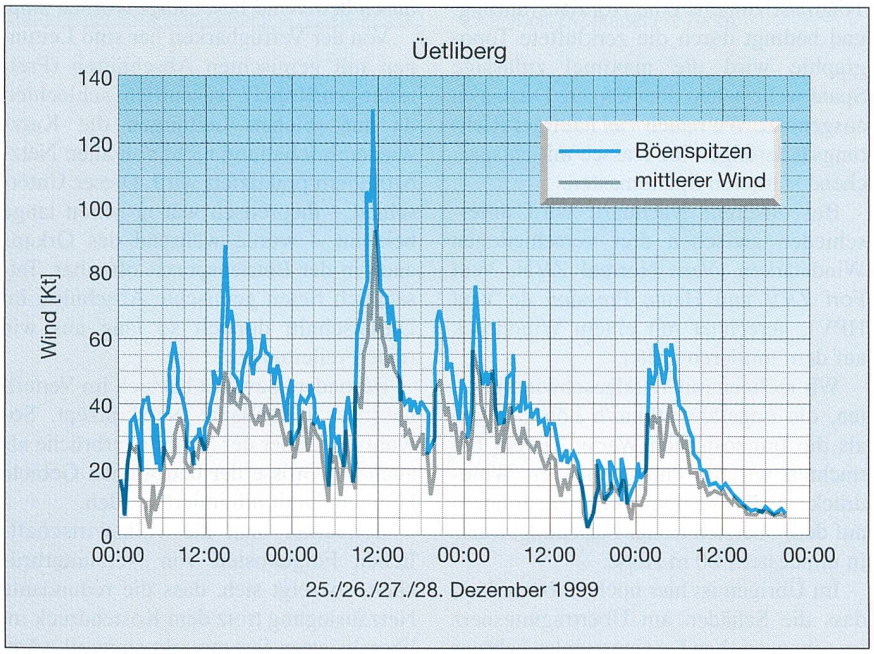

Bild 1 Windgeschwindigkeiten auf dem Üetliberg. Grau: mittlerer Wind, blau: Böenspitzen

Adresse des Autors
Michel Chatelain, Chefingenieur
Eidgenössisches Starkstrominspektorat
8320 Fehraltorf

tiefere Analyse muss man unterscheiden zwischen dem Übertragungsnetz mit Gittermasten und Leitungen von 220 bis 400 kV, dem Verteilnetz mit vorwiegend Betonmasten und Leitungen zwischen 50 und 132 kV und schlussendlich den Freileitungen mit Holzmasten, wie zum Beispiel den Regelleitungen 16 kV und denjenigen aus dem Niederspannungsnetz für 230/400 V.

Übertragungsnetz

Im Übertragungsnetz sind im Verhältnis zu der Netzausdehnung relativ wenig Unterbrüche und Störungen aufgetreten. Der Anteil der betroffenen HS-Masten beträgt weniger als ein Prozent des gesamten Bestandes. Die meisten Schäden sind durch Fremdkörper, insbesondere durch Bäume und Baumteile, die in die Leitungen gefallen sind, verursacht worden.

Beim Übertragungsnetz stellt sich die Frage, warum die Schäden in der Schweiz und in Frankreich so unterschiedlich sind. Eine Arbeitsgruppe der EDF und eines Schweizer Werkes hat die verschiedenen Situationen und Auslegungen verglichen. Daraus sind zusammengefasst folgende Erkenntnisse hervorgegangen:

Die HS-Leitungen (220 und 400 kV) werden in Frankreich feiner optimiert und eher an der Grenze ausgelegt. Bedingt durch die Grösse des Landes werden die berechneten Maximalspannweiten häufiger ausgenutzt. Es gab auch mehrere Fälle, wo der ganze Mast inklusive Betonfuss und Verankerung umgekippt ist.

In der Schweiz verwenden wir als Tragmast zumeist eine Normausführung, und bedingt durch die zerklüftete Topographie wird die maximal zulässige Spannweite selten über längere Distanzen ausgenutzt. Wir haben viel häufiger Richtungsänderungen im Trassee mit entsprechend stärkeren Spannmasten.

Bei unserem Nachbarn wird unterschieden zwischen drei verschiedenen Windstärken (Vent Normal ZVN, Vent Fort ZVF und Haute Pression de Vent HPV), gerechnet mit einem Winddruck auf dem mittleren Leiter.

Wir rechnen mit Windgeschwindigkeiten, die ungefähr 20 km/h höher liegen als die französischen Werte. Zudem betrachten wir die entsprechenden Winddrücke nicht auf dem mittleren, sondern auf dem obersten Leiter beziehungsweise in mindestens 80 m Höhe.

Im Übrigen ist hier noch zu bemerken, dass die Schäden am Übertragungsnetz im schneereichen Lawinenwinter Februar 1999 um ein Mehrfaches grösser waren als die jetzigen Sturmschäden. Entsprechende Schutzmassnahmen gegen Lawinen sind beim Wiederaufbau punktuell realisiert worden.

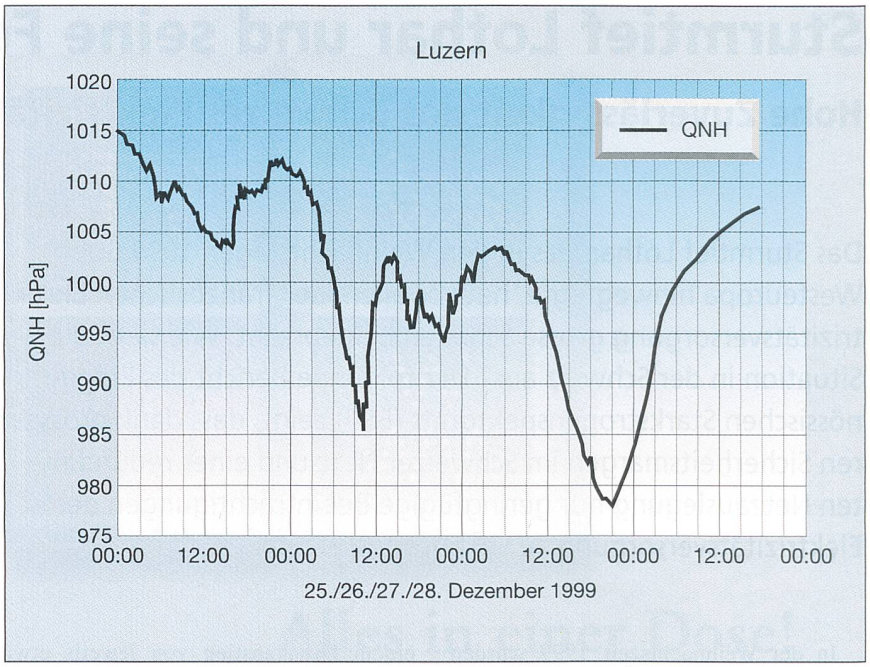

Bild 2 Verlauf des Luftdrucks zwischen dem 25. und dem 28. Dezember 1999

Verteilnetz

Im Verteilnetz (50 bis 132 kV) sind die Schäden (Bild 3) prozentual zur Anzahl Masten höher, schätzungsweise zwischen 2,5 und 5%. Auch hier sind die meisten Schäden durch in Leitungen geflogene Fremdkörper verursacht worden. Es sind wenige Einzelfällen bekannt (z.B. sehr hohe Masten von SBB-Trassee-Überführungen), bei denen Betonmasten allein durch den Wind beschädigt worden sind.

Von der Verfügbarkeit her sind Leitungen mit gemischten Abschnitten (Freileitungen/Kabel) wesentlich schlechter, da auf solchen Leitungen die Kurzwiedereinschaltung nicht von allen Netzbetreibern praktiziert wird. Dieser Unterschied – theoretisch war er schon lange bekannt – wurde während des Orkans auch in der Betriebspraxis offenbar. Tatsächlich fielen gemischte Abschnitte im Durchschnitt doppelt so lang aus wie reine Freileitungen.

Besonders bewährt hat sich im Verteilnetz das redundante Netzkonzept. Sowohl die Dauer der Stromunterbrüche als auch die Grösse der betroffenen Gebiete konnten damit minimiert werden.

Betrachtet man die volkswirtschaftlichen Folgekosten von Netzunterbrüchen, so zeigt sich, dass die redundante Netzauslegung trotz dem Kostendruck im liberalisierten Strommarkt sinnvoll wäre. Wo ein redundantes Netz aus betriebswirtschaftlichen Gründen kaum vertretbar erscheint (z.B. bei abgelegenen Pumpstationen), sollten vorsorglich Anschlüsse für Notstromaggregate eingebaut werden.

Niederspannungsnetz

Im Fall des Freileitungs-Niederspannungsnetzes gelten grundsätzlich die gleichen Bemerkungen wie für das Verteilnetz. Zusätzlich sind Schäden nur durch Winddruck ohne Fremdkörpereinwirkung an Holzmasten und Regelleitungen entstanden. Dies war auch an sogenannten gesunden Holzmasten festzustellen, insbesondere wenn die Leitung quer zur Windrichtung stand.

Auch hier hat sich das redundante Netzkonzept wie Ringeinspeisung oder vorsorgliche Anschlüsse für Notstromgruppen sehr bewährt. Beim Wiederaufbau wird versucht, im NS-Netz auf Kabel umzustellen, da hier die höheren Kosten auf Grund der wachsenden Verfügbarkeit vertretbar sind. Dies gilt nicht uneingeschränkt bei Freileitungen mit Hausanschlüssen, weil die Verkabelung der Hausanschlüsse die Wirtschaftlichkeit eventuell einschränken kann.

Nebenbemerkungen

Der Abstand zwischen Freileitungen und Bäumen ist aus Landschaftsschutz- und ökonomischen Gründen immer mehr reduziert worden. Die Direktabstände sind in der Leitungsverordnung Art. 35 Ziff 1 festgehalten. Der Vertikalabstand zwischen Bäumen und blanken Leitern

einer HS-Leitung von 150 kV muss an der Stelle des grössten Durchhangs mindestens 4 m für Obstbäume und 3 m für übrige Bäume betragen.

Das Thema Baumabstand ist im Falle dieser ausserordentlichen Stürme kaum relevant, da nach Auskunft von Augenzeugen die Fremdkörper über grössere Distanzen in die Leitungen geflogen sind. Auf Grund dieser Erfahrungen drängen sich an windgefährdeten Stellen also keine Änderungen auf.

Auch die betrieblichen Kommunikationsmittel sowie Störschreibererfassungen genügen nach Auffassung des Starkstrominspektorats den aktuellen Erfordernissen. Obwohl einige dieser Systeme während des Sturms überlastet waren, konnten die wichtigsten Aufgaben nicht zuletzt dank dem Mobiltelefon erfüllt werden.

Ein besonderes Erschwernis war nach dem Sturm die Zugänglichkeit zu den Schadenplätzen. Etliche Zufahrten und Wege waren mit Bäumen und/oder Fremdkörpern versperrt. Ein Begehen der Leitungsstrecken war praktisch unmöglich, was insbesondere die Verfügbarkeit der gemischten Strecken mit Freileitungen und Kabeln beeinträchtigte. Trotz den zum Teil schwierigen Reparaturarbeiten mussten jedoch keine Elektrounfälle registriert werden. Auch dies spricht für die Zweckmässigkeit der Sicherheitskonzepte.

Bild 3 Beschädigter NOK-Mast beim Unterwerk Triesen

Schlussfolgerungen

Auf Grund der geschilderten Erfahrungen drängen sich keine Änderungen der Dimensionierung der Freileitungen auf. Die Annahmen und Hypothesen bezüglich der Windbelastungen sind genügend. Ereignisse wie die Stürme im letzten Dezember lassen sich kaum zuverlässig voraussagen – zumal der Effekt der Windpulsationen den Schadenumfang beträchtlich beeinflussen kann.

Wichtig ist, dass die Elektrizitätsversorger auch in Zukunft ein redundantes Netzkonzept erhalten.

*

Der Autor dankt den Unternehmen Atel, Olten; BKW, Bern; EKZ, Zürich; EOS, Lausanne; EDF Division Pylônes, NOK, Baden und SMA Zürich für die Unterstützung beim Verfassen dieses Artikels.

Le cyclone Lothar et ses conséquences

Haute fiabilité du réseau électrique suisse

Le cyclone Lothar, qui a déferlé sur l'Europe occidentale durant la période de Noël 1999, a provoqué des dommages importants surtout dans le réseau électrique français. Et quelle est la situation en Suisse? Le présent rapport de l'Inspection fédérale des installations à courant fort (IFICF) montre que grâce à de grandes marges de sécurité et à la conception redondante du réseau suisse, on n'a enregistré que des entraves mineures à l'approvisionnement en énergie électrique.

Literatur

[1] Millennium-Misere ein Unsegen der Natur – nicht der Maschinen. Bulletin SEV/VSE 91(2000)2, S. 75–76.

[2] Redundantes Netzkonzept ist volkswirtschaftlich sinnvoll. EKZ-Pressestelle Zürich.

Einer **überbrückt,**
wenn der Strom mal reißt:

MASTERGUARD schützt Rechner, Maschinen, Prozesse

Wenn in Produktionsanlagen oder Rechenzentren, in Telekommunikations- oder Verkehrssystemen die Stromzufuhr einmal abreißt, und sei es nur für Augenblicke, lauern viele Gefahren. Für Hardware, Daten und Kosten.

Seit Jahren schon sorgt MASTERGUARD weltweit für sicheren Strom – mit ausgereifter, innovativer Technik und über alle Leistungsbereiche, bis hinauf in den MVA-Bereich.

Einer gibt hier Schutz: MASTERGUARD – die On-line USV mit Siemens-Technik. MASTERGUARD ist immer zur Stelle: Er glättet jede Spannungsschwankung und überbrückt selbst Stromausfälle über längere Zeit. On-line, mit Siemens-Technik, ohne den kleinsten Aussetzer.

Weitere Infos unter **Tel. 01-749 15 43**

Siemens Schweiz AG
Querstrasse 17
8951 Fahrweid ZH

oder besuchen Sie uns im Internet:
www.siemens.ch/td

MASTER GUARD