

Erdbeben- und Wintersturmrisko des Schweizer Stromübertragungsnetzes

Autor(en): **Raschke, Mathias / Kröger, Wolfgang / Bilis, Evangelos**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des associations Electrosuisse, AES**

Band (Jahr): **102 (2011)**

Heft 5

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-856812>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Erdbeben- und Wintersturmrisiko des Schweizer Stromübertragungsnetzes

Untersuchung komplexer Sachverhalte mit verknüpften Teilmodellen

Das Schweizer Hochspannungsübertragungsnetz ist das Rückgrat der Schweizer Stromversorgung und Teil des Europäischen Verbundnetzes; entsprechend wichtig ist die Sicherung dessen Funktionsfähigkeit. Dies gilt auch im Falle von extremen Naturereignissen wie Erdbeben und Sturm. Aber wie zuverlässig ist das Netz in solchen Fällen? Wie kann man das Risiko dieser Naturphänomene schätzen? Mit der Verknüpfung von Teilmodellen lässt sich das Risiko eines Ausfalls abschätzen.

der Ereignisse in Zeit und Raum, werden nicht sehr realitätsnah abgebildet. Für die Sturmriskiken wurden bisher nur Untersuchungen zu kleinräumigen Netzen veröffentlicht [3]. Vor diesem Hintergrund entwickelte ein von Swisselectric Research (4) und dem Bundesamt für Energie (5) unterstütztes Forschungsprojekt an der ETH Zürich ein komplexes Risikomodell, welches die verschiedenen Sachverhalte und Aspekte über Teilmolelle erfasst und dann miteinander verknüpft.

Mathias Raschke, Wolfgang Kröger und Evangelos Bilis

Das Schweizer Übertragungsnetz für Strom ist nicht nur ein wichtiger Bestandteil des Europäischen Verbundnetzes Entso-E (1), es bildet auch das Rückgrat der nationalen Stromversorgung. Entsprechend wichtig ist die hohe Funktionsfähigkeit dieses Netzes, die durch internes technisches Versagen beeinträchtigt werden kann [1]. Aber auch natürliche Einwirkungen wie Erdbeben und Winterstürme können zu einem Versagen von Netzelementen führen, was wiederum zu Versorgungsausfällen führen kann (2, 3). Da diese natürlichen Scha-

densereignisse selten auftreten, ist es schwer, das Risiko eines grossräumigen Ausfalls des Stromnetzes nur anhand empirischer Beobachtungen zu quantifizieren und möglichen Handlungsbedarf zu evaluieren.

Schätzungen anhand komplexer Modellierungen und Simulationen müssen Beobachtungen ersetzen, zumindest ergänzen. Bisherige Ansätze bezüglich des Erdbebenrisikos [2] werden der Problematik nur in Teilen gerecht. Verschiedene Details, wie die Physik des Stromflusses oder die Eintretenswahrscheinlichkeit

Risikoschätzung: verknüpfte Teilmodelle und Simulationen

Ein Risiko ist in den meisten Fällen ein Zusammenspiel aus Gefährdung und Empfindlichkeit. So ergibt sich das hier betrachtete Risiko einerseits aus dem Auftreten der Naturereignisse in Raum und Zeit und andererseits aus dem Übertragungsnetz mit der Empfindlichkeit seiner Elemente gegenüber den lokalen Ereignisintensitäten und seiner Reaktion auf lokale Ausfälle. **Bild 1** stellt das Gesamtmodell dar. Am Ende wird das Risiko mit seiner Häufigkeitsfunktion quantifiziert, welche die kumulierte Ereignishäufigkeit in Bezug auf die netzbezogene Ereignisgrösse ist; Letztere wird hier über den Umfang an ausgefallenen Netzelementen beschrieben, z. B. die Anzahl an ausgefallenen Leitungen oder die Summe verlorener Generatorleistung. Ermittelt wird die jeweilige Risikokurve über Monte-Carlo-Simulationen einzelner Ereignisse; der Simulationsablauf entspricht dabei den Modellverknüpfungen. Für jedes simulierte Naturereignis werden die Parameter wie Magnitude und Ort (Epizentrum, Zugbahn eines Sturms) simuliert, aus denen sich dann die lokalen Intensitäten ergeben. Diese bestimmen die lokale Versagenswahrscheinlichkeit der Netzelemente. Deren konkretes, direktes Versagen wird mithilfe der Monte-Carlo-Technik simuliert. Anschliessend wird mit einem Netzmodell dessen Reaktion auf dieses Naturereignis berechnet, unter Berücksichtigung des physikalischen Stromflusses, der Leitungsüberlast, des ver-

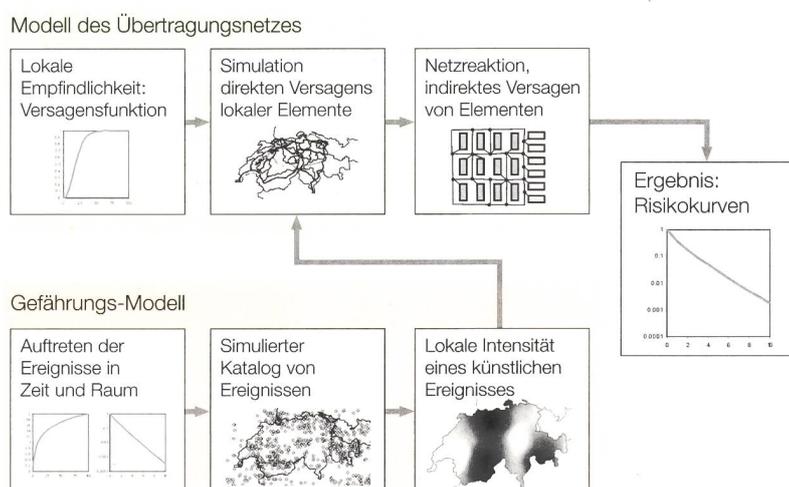


Bild 1 Teilmodelle und deren Verknüpfung bei der Modellierung und Simulation der Risiken.

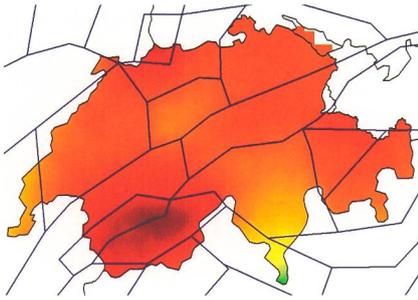


Bild 2 Erdbebengefährdungsmodell der Schweiz: Polygone der Quellregionen (blau) und resultierende, relative lokale Gefährdung (aufsteigend mit: grün, gelb, ocker, rot, braun).

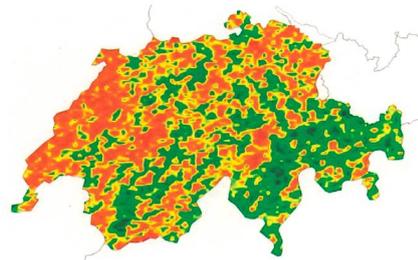


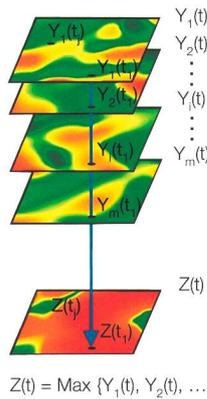
Bild 4 Beispiel für einen simulierten Sturm (Windspitzen, aufsteigend: dunkelgrün, grün, gelb, ocker, rot).

steckten Versagens und möglicher Fehler des Operators. Die verschiedenen Teile des Gesamtmodells werden nachfolgend beschrieben.

Modellierung der Erdbebengefährdung

Das implementierte Erdbebengefährdungsmodell lehnt sich weitgehend an die Annahmen und Untersuchungen des Schweizer Erdbebendienstes (6) an (s. [4, 5]). Die lokale Einwirkung wird darin mit makroseismischen Intensitäten beschrieben. Die verwendeten Quellregionen der Erdbeben sind in **Bild 2** ebenso dargestellt wie die resultierende seismische Gefährdung, die im Raum Basel und im Wallis am höchsten ist.

Die Empfindlichkeit der lokalen Netzelemente gegenüber den Erdbebeneinwirkungen wurde mit Versagensfunktionen modelliert, welche die Versagenswahrscheinlichkeit als mathematische Funktion der lokalen Ereignisintensität darstellen. Verschiedene Gesichtspunkte der Versagensfunktion wurden diskutiert [6], bevor für die Implementierung in das Modell die Funktionen von Oikawa et al. [7] ausgewählt wurden. Es sei nicht verschwiegen, dass es grosse, ergebnisrelevante Unterschiede und Widersprüche zwischen den verschiedenen veröffentlichten Versagensfunktionen gibt.



Zufallsfelder $Y_i(t)$ der Windspitzen

je Sturmereignis mit:

- Sturmamplitude
- Abnahmefunktion
- Gauss-Feld
- lokale Anpassung
- Korrelation zwischen den Standorten

Resultierendes Zufallsfeld $Z(t)$

der jährlichen Windspitzen:

- lokale Extremwertverteilung
- Korrelation zwischen den Standorten

Da in den gewählten Versagensfunktionen die lokale Ereignisintensität durch die Spitzengrundbeschleunigung quantifiziert ist, mussten die makroseismischen Intensitäten des Gefährdungsmodells in diese Beschleunigungen umgewandelt werden. Für diesen Zweck wurden unter Berücksichtigung verschiedener Publikationen zwei relativ konservative Übertragungsfunktionen definiert. Unabhängig davon hat sich gezeigt, dass die Transformatoren am empfindlichsten auf Erdbeben reagieren, gefolgt von Anschlusselementen der Leitungen an die Unterwerkschiene (Leistungsschalter usw.); Leitungsmasten und an ihnen hängende Leitungen sind gegenüber Erdbebeneinwirkungen sehr unempfindlich. Auch die Möglichkeit der automatischen Sicherheitsabschaltung von Kernkraftwerken wurde berücksichtigt, unter der Annahme, dass dies bei einer lokalen Einwirkung mit einer Wiederkehrperiode von 475 Jahren geschieht.

Modellierungen für Winterstürme

Bei der Modellierung der Wintersturmgefährdung konnte nicht auf vorhandene, publizierte Modelle zurückgegriffen werden, die in zeitlicher und räumlicher Auflösung den Anforderungen der Risikoschätzung entsprochen hätten. Aus diesem Grund wurde ein neues Modell auf der Basis der max-stabilen Zufallsfelder [8] entwickelt. Das Grundprinzip dieses Ansatzes stellt **Bild 3** dar. Die Parameter der Zufallsfelder der Windspitzen je Sturmereignis wurden entsprechend der jährlichen bzw. saisonalen Maxima der Windstationen des Bundesamtes für Meteorologie und Klimatologie (7) ermittelt. Die so geschätzten Parameter ergeben ein kleineres Bayes-Informationskriterium [9] als alter-

Bild 3 Modell der Sturmgefährdung: Schema des Wintersturmmodells.

native Varianten und sind deshalb das bessere Modell für die Sturmgefährdung. Es beinhaltet auch einen Katalog generierter Stürme mit ihren lokalen Windspitzen auf dem Gebiet der Schweiz. Der zeitliche Umfang beträgt 1000 mal 1 Jahr. Pro simuliertes Jahr enthält der Katalog 30 Ereignisse, wobei viele eher einem windigen Tag als einem schweren Sturm entsprechen. Ein Beispiel für einen simulierten Sturm zeigt **Bild 4**.

Das empfindliche Element des Übertragungsnetzes im Falle eines Wintersturms sind bekanntermassen die Leitungen an den Masten; die Unterwerke von Übertragungsnetzen sind gegenüber Windeinwirkungen sehr robust. Deshalb wurde im Wintersturmmodell nur die Empfindlichkeit der Leitungen berücksichtigt. In die entsprechende Versagensfunktion geht die Spitzenwindgeschwindigkeit mit der Potenz 2 ein, was mit den Ansätzen aus älteren Publikationen übereinstimmt. Als Alternative wurde eine Variante mit der Potenz 3 berücksichtigt. Skaliert wurde die Versagensfunktion an Beobachtungen in der Schweiz [10]; es wurde von durchschnittlich vier Leitungsausfällen im Jahr infolge von Sturm ausgegangen. Da die dokumentierten Ausfälle auch durch Gewitterstürme ausgelöst worden sein könnten, wurde die Empfindlichkeit des Übertragungsnetzes gegenüber Winterstürmen vermutlich zu konservativ modelliert.

Bei der Skalierung der Versagensfunktionen an die gewählte durchschnittliche Häufigkeit wurden zwei Varianten für die lokale Sturmgefährdung berücksichtigt: In der einen Variante sind die Windspitzen lokal angepasst und entsprechen somit den beobachteten Jahresmaxima; in der zweiten wird eine Standardverteilung der lokalen Sturmgefährdung angenommen. Die Standardverteilung kann

als mittlere Verteilung der Jahresmaxima aller Standorte in der Schweiz interpretiert werden. Die durchschnittliche jährliche Anzahl an ausgefallenen Leitungen infolge von Windeinwirkungen ist in beiden Varianten gleich.

Reaktion des Netzes auf lokale Ausfälle

Für die Modellierung der Reaktion des Übertragungsnetzes auf den einwirkungsbezogenen Ausfall von Elementen wurde der physikalische Stromfluss im Netz entsprechend unter Herausnahme dieser Elemente berechnet. Die Differenzialgleichungen des Stromflusses wurden für den Fall von stationärem Stromverbrauch und Stromerzeugung gelöst, unter Verwendung der Software Neplan und Einbezug des gesamten Entso-E-Netzes. In Absprache mit Swissgrid (8) wurde eine Netzsituation modelliert, in welcher der Netzstress höher ist als in etwa 90% aller im Netz beobachteten Situationen. Für den Erdbebenfall wurden das Sommerregime und das Winterregime modelliert, für das Wintersturmrisiko nur Letzteres. Weiterhin musste für die Simulation der lokalen Ausfälle von Netzelementen ein geografisches Modell erstellt werden (Bild 5), eine wichtige Grundlage dafür waren Daten des Bundesamtes für Raumentwicklung (9). Es wurden nur direkte Ausfälle des Schweizer Übertragungsnetzes und angrenzender Unterwerke und Leitungen berücksichtigt. Der direkte Ausfall von Elementen fand im Modell synchron statt, was für das Erdbebenrisiko plausibel ist. Im Falle der Winterstürme ist dies eine konservative Annahme. Allerdings würde ein grosser Wintersturm weitere Teile Mittel- und Westeuropas betreffen, was hier ausser Acht blieb.

Das Phänomen des «versteckten Versagens», mögliche Fehler des Operators und die automatische Abschaltung über-

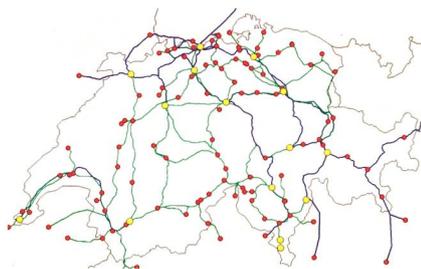


Bild 5 Geografisches Modell des Schweizer Übertragungsnetzes (blau: 380-kV-Leitungen, grün: 220-kV-Leitungen, rote Punkte: Unterwerke, gelbe Punkte: Transformatoren; Elemente überdecken sich teilweise).

lasteter Elemente wurden in Subroutinen berücksichtigt, die im Rahmen des Projekts in Neplan implementiert wurden (für Details siehe [11]). Die Netzreaktion wurde für alle Erdbeben mit mindestens einem direkten Ausfall berechnet, was je nach Modellvariante bei bis zu 800 Erdbeben der 100 000-mal-1-Jahres-Simulation der Fall war. Der Einfluss verschiedener, angenommener Parameter sowie möglicher Sicherheitsabschaltungen wurde ebenfalls untersucht. Am Ende wurden die Anzahl ausgefallener Leitungen, isolierter Unterwerke (Schiene) und die Summe verlorener Generatorleistung und konsumierter Leistung ermittelt. Die Anzahl ausgefallener Leitungen scheint dabei das anschaulichste Mass zur Quantifizierung der Ereignisgrösse aus der Perspektive der Netzzuverlässigkeit zu sein. Die gleichen Untersuchungen wurden für die generierten Winterstürme durchgeführt. Die simulierten 1000 mal 1 Jahre enthielten je nach Modellversion 3100 bis 3600 Sturmeignisse mit jeweils mindestens einem Leitungsausfall.

Ermitteltes Risiko

Die geschätzten Erdbeben- und Wintersturmrisiken des Übertragungsnetzes

unterscheiden sich erheblich. Winterstürme sind eher die Ursache für Ereignisse mit relativ wenigen ausgefallenen Elementen (Leitungen), wohingegen Erdbeben die wahrscheinlichere Ursache für grosse Ereignisse mit sehr vielen ausgefallenen Elementen sind. Diesen Sachverhalt stellt Bild 6 für die Häufigkeit ausgefallener Leitungen dar.

Für den Wegfall von Generatorleistung und Verbrauch kann Gleiches konstatiert werden. Allerdings wurden nur sehr wenige solcher Ereignisse mit dem Wintersturmmodell simuliert. Die Genauigkeit der Schätzung ist aufgrund der vielen getroffenen Annahmen nicht sehr hoch, dennoch sollte die Dimension des Risikos verlässlich eingegrenzt worden sein. Der Einfluss des Empfindlichkeitsmodells ist im Fall der Winterstürme recht hoch; die Potenz, mit der die Windspitzen eingeht, beeinflussen den grundsätzlichen Verlauf der Häufigkeitsfunktion. Dagegen unterscheiden sich die Ergebnisse für das Erdbebenrisiko nur um einen relativ kleinen Faktor. Der Sommer- und der Winterbetrieb weisen sehr ähnliche Erdbebenrisiken auf, und die Varianten der lokalen Anpassung der simulierten Winterstürme («Standardverteilung» in Bild 6) beeinflussen das Ergebnis kaum. Auch die untersuchten Parametervarianten für den Netzbetrieb sowie die Sicherheitsabschaltung von Kernkraftwerken im Erdbebenfall haben auf die Schätzungen keinen wesentlichen Einfluss. Bemerkenswert ist aber die relativ häufige synchrone Sicherheitsabschaltung von Generatoreinheiten der Kernkraftwerke in den Simulationen. Dies ist auf die geografische Nähe einiger Einheiten zueinander zurückzuführen.

Im Falle des Wintersturms kann keine geografische Konzentration des Ausfallrisikos für einzelne Netzelemente festgestellt werden. Im Gegenteil dazu folgt das Ausfallrisiko einzelner Leitungen und

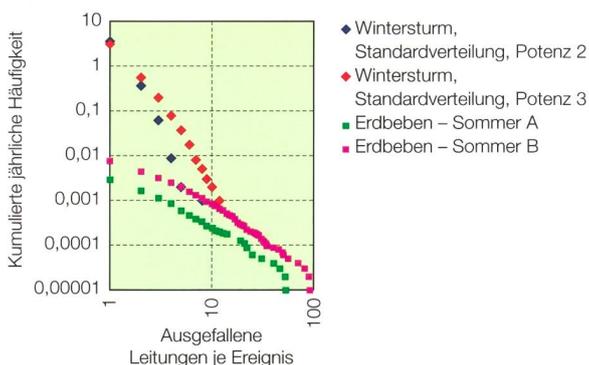


Bild 6 Das geschätzte Risiko des Leitungsausfalls im Schweizer Übertragungsnetz aufgrund von Erdbeben und Winterstürmen mit Varianten der Empfindlichkeitsmodelle.

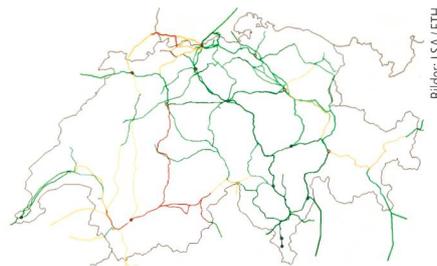


Bild 7 Das relative Risiko der einzelnen Netzelemente (Leitungen, Transformatoren) aufgrund von Erdbeben (aufsteigend mit: dunkelgrün, hellgrün, orange, rot).

Résumé

Risque sismique et météorologique hivernal du réseau suisse de transport d'électricité

Etude de relations complexes par interaction de modèles

Le réseau suisse d'acheminement électrique haute tension est l'épine dorsale de l'alimentation électrique en Suisse et partie intégrante du réseau européen interconnecté; par conséquent, il est primordial de garantir son parfait fonctionnement. Cette exigence reste valable en cas de catastrophes naturelles comme les tremblements de terre et les tempêtes. Mais quelle est la fiabilité du réseau si de tels événements viennent à se produire? Comment apprécier le risque posé par ces phénomènes naturels? En faisant interagir des modèles partiels décrivant dans le détail les différentes relations, nous sommes parvenus à élaborer un modèle général et à quantifier le risque d'une panne du réseau de transport. Pour y parvenir, nous avons réalisé des simulations poussées en faisant appel à la méthode de Monte-Carlo. La probabilité de la survenance d'un événement naturel dans l'espace et dans le temps a été prise en compte au même titre que la physique du flux de courant et le rapport stochastique entre l'intensité locale de l'événement et la panne d'éléments du réseau. No

Transformatoren der lokalen Erdbebengefährdung (vergleiche Bild 2 und 7).

Überraschend war die hohe Stabilität des modellierten Stromflusses im gesamten Entso-E-Netz. Nur in einzelnen Fällen sehr starker Beben kam es mathematisch zu keiner Lösung für das Stromflussmodell, was ein Indikator für Instabilitäten ist. Vereinfachungen im Neplan-Stromflussmodell könnten ein Grund dafür sein, weshalb in der Realität Instabilitäten viel häufiger auftreten könnten. Aber bei grösseren Erdbeben fallen nicht nur Leitungen aus, sondern es gehen auch Generatorleistung und Verbrauch vom Netz, der Netzstress muss also nicht unbedingt steigen. Weiterhin wurden keine Widersprüche zwischen den geschätzten Risiken und den dokumentierten Beobachtungen der letzten Jahrzehnte festgestellt. Dass die Transformatoren das empfindlichste Element im Erdbebenfall sind, wurde nicht nur im vorliegenden Projekt festgestellt, sondern auch in der Studie zur Erdbebensicherheit des Stromnetzes [12] für das Bundesamt für Umwelt (10).

Auch wenn das gesamte europäische Netz nach einem Erdbeben oder Wintersturm stabil arbeitet, bedeutet dies nicht, dass die Stromversorgung flächendeckend gewährleistet ist. Wie schon erwähnt, gingen vor allem im Erdbebenfall auch Generatorleistung und Verbrauch verloren. Dies wurde öfters als die Insta-

bilität des Netzes simuliert. Weiterhin spielt für die Zuverlässigkeit der Stromversorgung die Sicherheit der Verteilernetze eine grosse Rolle, was in vorliegendem Projekt nicht berücksichtigt werden konnte. Insgesamt zeugen die Forschungsergebnisse aber von einer hohen Zuverlässigkeit des Schweizer Übertragungsnetzes. Dies schliesst mögliche Erhöhungen der Zuverlässigkeit durch geeignete Massnahmen nicht aus, was jedoch nicht Gegenstand der Untersuchungen war.

Links

- (1) www.entsoe.eu
- (2) www.rms.com/publications/Taiwan_Event.pdf
- (3) www.verivox.de/nachrichten/sturm-kyrill-strom-ausfall-in-ueber-250000-haushalten-17178.aspx
- (4) www.swisselectric-research.ch
- (5) www.bfe.admin.ch
- (6) www.seismo.ethz.ch/index
- (7) www.meteoschweiz.admin.ch
- (8) www.swissgrid.ch
- (9) www.are.admin.ch
- (10) www.bafu.admin.ch

Referenzen

- [1] M. Schläpfer, T. Kessler und W. Kröger: Simulation komplexer Störungsabläufe – Ein objektorientierter Ansatz für die Ermittlung der Zuverlässigkeit von Übertragungsnetzen, Bulletin SEV/VSE 6/2008, pp. 21–25, 2008.
- [2] Shinozuka, M., Dong, X., Chen, T.C., und Jin, X.: Seismic performance of electric transmission network under component failure, Earthquake Eng. Struct. Dy. 36, pp. 227–244, 2007.
- [3] Winkler, J., Duerias-Osorio, L., Stein, R., und Subramanian, D.: Performance assessment of topolo-

- gically diverse power system subjected to hurricane events, Reliability Engineering and System Safety 95, 323–336, 2010.
- [4] Giardini, D., Wiemer, S., Fäh, D., und Deichmann, N.: Seismic Hazard Assessment of Switzerland, 2004, Swiss Seismological Service, ETH Zürich, 2004.
- [5] Rüttner, E.: Earthquake Hazard Evaluation for Switzerland. Geophysique, Nr. 29, Schweizer Erdbebendienst, 1995.
- [6] Raschke, M.: A model for the failure probability of components of electrical substations under seismic loads, 11th International Conference on Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering (ICASP11), Zurich, Switzerland, 2011 (Beitrag akzeptiert).
- [7] Oikawa, T., Fukushima, S., Takase, H., Uchiyama, T., und Muramatsu, K.: Seismic reliability Evaluation of Electrical Power Transmission Systems and its effect on core damage frequency, Conference transactions of Structural Mechanics in Reactor Technology 16 (SMIRT 16) Washington, DC August 12–17, 2001, paper 1569, 2001.
- [8] Kabluchko, Z., Schlather, M., und de Haan, L.: Stationary max-stable fields associated to negative definite functions, Ann. Probab., 37, pp. 2042–2065, 2009.
- [9] Schwarz, G.: Estimating the Dimension of a Model, Annals of Statistics 6, pp. 461–464, 1978.
- [10] Verband Schweizer Elektrizitätsunternehmen (VSE): Statistik 2006 über die Verfügbarkeit der Elektrizitätsversorgung der Schweiz, 2007.
- [11] Raschke, M., Bilis, V., und Kröger, W.: Vulnerability of the Swiss electric power grid against natural hazards, 11th International Conference on Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering (ICASP11), Zurich, Switzerland, 2011 (Beitrag akzeptiert).
- [12] RÉSONANCE Ingénieurs-Conseils SA: Erdbebensicherheit der elektrischen Energieverteilung in der Schweiz. 1. Zwischenbericht, Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, http://www.bafu.admin.ch/erdbeben/07657/, 2009.

Angaben zu den Autoren

Prof. Dr. **Wolfgang Kröger** leitete das Laboratorium für Sicherheitsanalytik der ETH Zürich im Departement für Maschinenbau und Verfahrenstechnik. Er ist spezialisiert auf die Modellierung und Beurteilung komplexer technischer Systeme bezüglich Zuverlässigkeit und Risiko und ist Gründungsrektor des International Risk Governance Councils, Genf.

ETH Zürich, Departement für Maschinenbau und Verfahrenstechnik, 8092 Zürich, kroeger@mavt.ethz.ch

Dr. Ing. **Mathias Raschke** hat das Forschungsprojekt im Laboratorium für Sicherheitsanalytik der ETH Zürich geleitet und arbeitet jetzt als freier Wissenschaftler. Sein Spezialgebiet ist die stochastische Modellierung von Naturrisiken.

Fa. M. Raschke, Gustav-Freytag-Str. 24, DE-04277 Leipzig, mathiasraschke@t-online.de

Dipl.-Ing. **Evangelos Bilis** war im Rahmen des Projekts Mitarbeiter im Laboratorium für Sicherheitsanalytik der ETH Zürich. Seine Spezialgebiete sind die Elektro- und Kommunikationstechnik.

empilis@hotmail.com

Errata Bulletin 2/2011

Article de Fabrice Bugnon: «Le concept Boostbus», p. 39.

Dans la référence [5], le nom du second auteur des deux articles cités est malheureusement erroné. La version correcte de la référence [5] est reproduite ci-dessous.

Nous prions nos lecteurs, et notamment Monsieur A. Rufer, de nous excuser pour cette confusion. CHe

- [5] P. Barrade, A. Rufer: Maquette de train alimenté par biberonnage: un outil d'enseignement et de recherche pluridisciplinaire. Colloque sur l'Enseignement des Technologies et des Sciences de l'Information et des Systèmes,

Toulouse, France, 13–14 novembre, 2003, http://leivwww.epfl.ch/publications/barrade_rufer_cetsis_03.pdf.

P. Barrade, A. Rufer: Power Smoothing and High Power Fast Energy Exchange Between Storage Systems. International Conference on Quality and Security of Electrical Supply, Surrey, UK, 26–27 February, 2001, http://leivwww.epfl.ch/publications/barrade_rufer_efs18_01.pdf.

Den Betrieb, die Instandhaltung und die Optimierung von Betriebsabläufen von Störungen bei Ihren Anlagen haben Sie mit

ESL-EVU

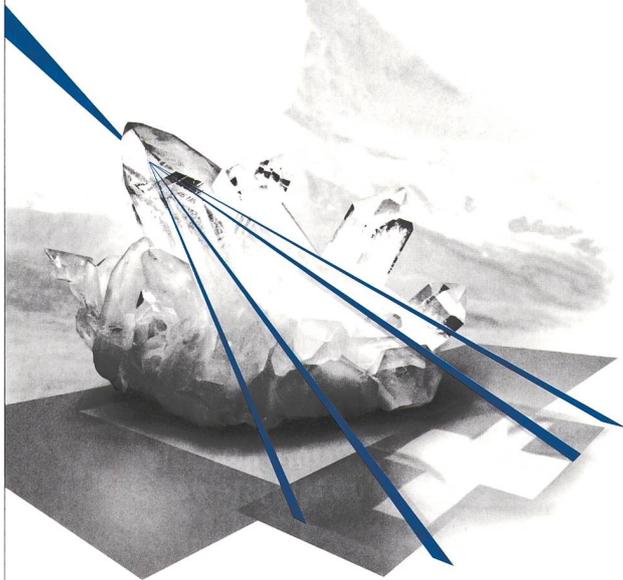
in Ihrem Energieversorgungsunternehmen im Griff. Unsere Gesamtlösung ermöglicht Ihnen:

- Planung und Instandhaltung der Anlagen
- Optimierung von Betriebsabläufen
- Kennwerte über Verfügbarkeit der Anlagen gemäss IEEE 1366 (SAIFI, SAIDI, CAIDI, ENS)
- Planung, Vergabe und Dokumentation von Schaltaufträgen mit Schalthandlungen
- Möglichkeit, die Daten über ein externes Tablet-PC vor Ort zu erfassen und anschliessend mit der Server-Datenbank zu synchronisieren



Encontrol AG
Bremgartenstrasse 2
CH-5443 Niederrohrdorf

Tel. +41 56 485 90 44
E-Mail info@encontrol.ch
www.encontrol.ch



LANZ für Verwaltungsgebäude:

Für die Verbindung Trafo-Hauptverteilung und für die Stockwerksanspeisung:

- LANZ Stromschienen IP 68 400 A – 6000 A 1000 V. Cu oder Alu.
- Neu: Mit 200% Neutralleiter, max. EMV-Abschirmung und vergossenen lösbaren Kupplungen (intl. pat. pending).

Zur Kabelführung, auch mit Funktionserhalt im Brandfall:

- LANZ G-Kanäle, U-Kanäle, Gitterbahnen, Flachgitter, Multibahnen, auch farbig und aus rostfreiem Stahl

Zur Zuführung von Strom- / Daten- / Telefonleitungen:

- LANZ modulare Brüstungskanäle, 150×200 bis 250×300 mm
- Brüstungskanal-Stromschienen: 230 V/63 A und 400 V/63 A mit steckbaren Abgangskästen. Leerkanäle für Daten-/Telefonkabel.
- LANZ Bodenanschlussdosen, Kabelaussätze 8- / 16-fach.

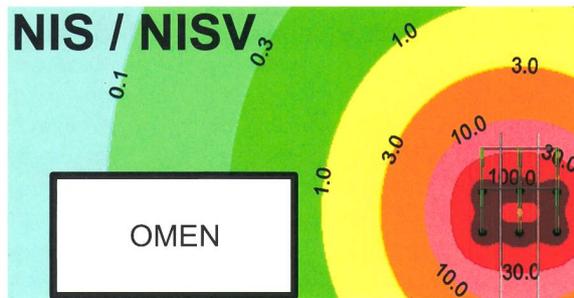
Beratung, Offerte, rasche und preisgünstige Lieferung von **lanz oensingen ag** CH-4702 Oensingen Tel. 062 388 21 21

Mich interessieren Bitte senden Sie Unterlagen.

Könnten Sie mich besuchen? Bitte tel. Voranmeldung!
Name / Adresse / Tel. _____

A5

LANZ **lanz oensingen ag**
CH-4702 Oensingen Südringstrasse 2
Telefon 062 388 21 21 Fax 062 388 24 24
www.lanz-oens.com info@lanz-oens.com



ARNOLD Engineering und Beratung ist Ihr kompetenter Ansprechpartner für NIS-Untersuchungen

Beratungen
Analysen
Messungen
Simulationen

ARNOLD

ENGINEERING UND BERATUNG

CH-8152 Opfikon/Glattbrugg, Wallisellerstrasse 75
Telefon 044/828 15 51, Fax 044/828 15 52
www.arnoldeub.ch