

Der schweizweite Bahnstromausfall vom 22. Juni 2005

Chronologie der Ereignisse, welche zum Zusammenbruch der Stromversorgung des Schweizerischen Bahnnetzes geführt haben¹⁾

Eine Überlast an einer Übertragungsleitung der SBB zwischen Amsteg und Rotkreuz, die als Kurzschluss gegen Erde in der zentralen Netzleitstelle in Zollikofen angezeigt wurde, verursachte am 22. Juni 2005 um 17.08 Uhr und 28 Sekunden einen knapp vierstündigen vollständigen Unterbruch der Energieversorgung auf dem Netz der Schweizer Normalspurbahnen²⁾.

Bei der ausgefallenen Übertragungsleitung handelt es sich um eine Gemeinschaftsleitung der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB), des Elektrizitätswerks

Roland Kallmann

Altdorf (EWA) und der Centralschweizerischen Kraftwerke (CKW). Parallel dazu verläuft die Übertragungsleitung Amsteg–Steinen(–Rotkreuz) der SBB mit zwei einphasigen Stromkreisen – so genannten Schleifen³⁾ – mit jeweils zwei Leitern, die den Energietransport aus den SBB-Kraftwerken in Amsteg, Wassen, Göschenen und Ritom in Richtung Norden sicherstellt (Bild 1). Diese Leitung wurde am 22. Juni um 13.07 Uhr ausgeschaltet und war zum Zeitpunkt der Überlast wegen Bauarbeiten für den Kanton Uri nicht in Betrieb. Um 17.17 Uhr gab das Aufsichtspersonal nach Räumung der Baustelle die Übertragungsleitung wieder frei.

Auf Grund der Überlastauslösung auf der von SBB, EWA und CKW gemeinsam betriebenen Übertragungsleitung scheiterten nachher aber die Einschaltversuche der beiden Schleifen, weil die beiden Netzteile der SBB nicht mehr synchron liefen.

Die Überlast führte schliesslich zu einer Schutzauslösung der einphasigen Übertragungsleitung Amsteg–Rotkreuz. In der Folge konnten die Kraftwerke Amsteg, Wassen, Göschenen und Ritom nur noch das Tessin mit Energie versorgen (Bilder 2 und 3). Im Übertragungsnetz der SBB südlich des Leitungsunterbruchs entstand daher ein Leistungsüberschuss, der zu einer Frequenzerhöhung führte, auf Grund derer 11 Sekunden nach dem

Unterbruch der Übertragungsleitung Amsteg–Rotkreuz Schutzabschaltungen für die Kraftwerke Göschenen und Ritom sowie für den Frequenzumformer Giubiasco erfolgten. Dies führte dazu, dass die Ursache der Störung in einer ersten Phase irrtümlicherweise im Tessin vermutet wurde.

Eine Generatorenüberlast führte ab 17.17 zu einer gestaffelten Abschaltung der Kraftwerke Amsteg und Wassen und somit zu einem Totalausfall der Bahnstromversorgung in der Region südlich des Leitungsunterbruchs Amsteg–Rotkreuz. Somit kam der Bahnbetrieb auf der Gotthardlinie vollständig zum Erliegen.

Als die einphasige Übertragungsleitung Amsteg–Rotkreuz ausfiel, lag die mittlere Transitleistung zwischen 190 und 200 MW. Die Übertragungsleitung lässt eine thermische Last von 210 MVA zu⁴⁾. Am Morgen des 22. Juni war ein Betrieb mit einer Transitleistung von 170 MW geplant.

Das Netz bricht zusammen

Das verbleibende Teilnetz nördlich des Leitungsunterbruchs Amsteg–Rotkreuz geriet in einen instabilen Bereich. Die betrieblich verfügbaren Produktionskapazitäten – u. a. der Frequenzumformer Rapperswil mit 25 MW und der Frequenzumformer Kerzers mit 30 MW – hätten zusammen mit den beiden Netzkupplungen mit der Deutschen Bahn (DB) Muttens–Halingen (75 MVA) und Etwilen–Singen (75 MVA) ausgereicht, um das Netz der Deutsch- und Westschweiz zu stabilisieren, wenn dies in der Leitstelle nur früh genug erkannt worden

wäre. Auf Grund dieser Unterlassung arbeiteten Teile der Anlage im Überlastbereich, die Spannung der Fahrleitung sank generell auf 12 kV (–20% gegenüber der Nennspannung von 15 kV). Diese instabile Versorgungslage führte schliesslich um 17.35 Uhr zu einem kompletten Zusammenbruch für die Schweizer Bahnen, weil die beiden Netzkupplungen mit der DB wegen Überlast nach 26 Minuten automatisch ausgeschaltet wurden. Die Übergabeleistung DB Richtung SBB betrug etwa 130 bis 170 MW, d. h. also 160 bis 200 MVA, also eine Überlast von 33%.

Die Energiespezialisten der SBB AG haben unmittelbar nach dem Zusammenbruch des Energienetzes mit dem Hochfahren der Generatoren begonnen. In einem ersten Schritt wurden in den Räumen Zürich–Ostschweiz, Wallis–West-

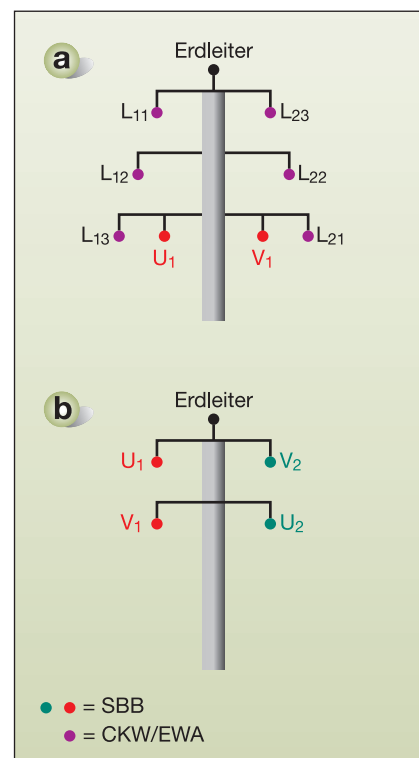


Bild 1 Mastbilder (schematische Darstellung)

Bild 1a: Gemeinschaftsleitung der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB), des Elektrizitätswerks Altdorf (EWA) und der Centralschweizerischen Kraftwerke (CKW) mit einer Schleife und zwei Strängen; Bild 1b: Übertragungsleitung der SBB mit zwei Schleifen.



Bild 2 Auszug der Übertragungsleitungen aus dem SBB-Netz im Raume Rapperswil/Seebach-Uri-Tessin
Die Leitungen mit 132 kV sind rot, die Leitungen mit 66 kV schwarz dargestellt.

schweiz und Tessin übergreifend Inselnetze aufgebaut, welche anschliessend synchronisiert und dann gekoppelt wurden. Nach knapp 2½ Stunden, um 20.00 Uhr, war das ganze Übertragungsnetz wieder betriebsbereit. Anschliessend wurden die Fahrleitungen Unterwerk für Unterwerk zugeschaltet, und die Züge konnten gestaffelt wieder anfahren. Der heikle Aufbau der Stromversorgung der Fahrleitungen war um 21.30 Uhr abgeschlossen, und der Betrieb konnte allmählich aufgenommen werden.

Wäre dieser Netzzusammenbruch vermeidbar gewesen?

Die Last war am 22. Juni um 17.08 recht hoch, um die 500 MW: es herrschte heisses Sommerwetter und die Klimaanlage der Reisezugwagen liefen auf voller Last (Bild 4). Um 17.08 waren etliche Züge gerade am Anfahren, wie es stündlich in den Minuten 04 bis 12 vorkommt (ebenso in den Minuten 34 bis 42, allerdings mit einer etwas weniger ausgeprägten Lastspitze). Zudem waren viele Schulklassen unterwegs, weshalb mehr Rollmaterial im Einsatz war.

Da die Laufkraftwerke reichlich mit Schmelzwasser versorgt waren, wurde ausserdem in den Frequenzumformern Kerzers und Rapperswil Energie vom einphasigen 16,7-Hz-Netz ins dreiphasige 50-Hz-Netz umgewandelt, was die Last des Netzes noch um etwa 20 bis 40 MW erhöhte.

An zwei Pressekonferenzen vom 23. Juni und 1. Juli 2005 gestanden die SBB ein, dass dieser einmalige und bisher erste komplette Zusammenbruch des Energieversorgungsnetzes mit Hausmitteln hätte vermieden werden können. Die Ursache ist sehr komplex, und sie wird eine Reihe sofortiger Massnahmen erfordern.

Info-Flut überschwemmt zentrale Netzleitstelle

Eine riesige Info-Flut prasselte auf die beiden Mitarbeiter der zentralen Netzleitstelle (ZLS) ein. Vor der Störung waren es von 16.00 bis 16.59 Uhr nur 54 Alarmmeldungen, in der Stunde davor 125. Von 17.00 bis 17.59 Uhr waren 3385 kritische Alarmer zu bewältigen, in der Stunde danach sogar 4590. Die Alarmer müssen jeweils quittiert werden, bevor der nächste Alarm auf den Bildschirmen angezeigt wird. Die ZLS konnte nicht innert nützlicher Frist, d.h. innerhalb von 15 bis 20 Minuten, die vorhandenen Reserven aktivieren. Der Lastfluss eines Frequenzumformers kann ferngesteuert innert Sekunden umgesteuert werden, aber die Kennlinien-Änderung muss von Hand in den Netzregler eingegeben werden. In 15 Minuten kann ein Frequenzumformer

Sicherheit n-1

Sicherheit n-1 bedeutet, dass der Ausfall eines Netzteiltes – auch desjenigen mit der grössten Leistung – keine negativen Auswirkungen auf den Netzbetrieb hat. Im vorliegenden Fall bewältigte die Übertragungsleitung Amsteg-Rotkreuz alleine 40% der Netzleistung. Wäre die Sicherheit n-1 eingehalten worden, hätte ihr Ausfall den Netzbetrieb nicht wesentlich beeinträchtigen dürfen.

hochgefahren und synchronisiert werden. Die kritische fehlende Leistung von 110 MW wäre vorhanden gewesen. Das Leitstellen-Personal erkannte den Ernst der Lage nicht rechtzeitig und konnte daher den Zusammenbruch des Netzes in der Deutsch- und Westschweiz nicht mehr abwenden.

Ernstfall war nicht eingeübt und die Alarmer waren nicht priorisiert

Dieser einmalige Gau im Netz zeigt, dass dieser Fall nie ernsthaft geübt worden ist. Das Unwahrscheinliche wurde plötzlich Realität. Dies hat zu neuen Erkenntnissen geführt.

Die Behandlung der Alarmer muss nach deren Wichtigkeit und Dringlichkeit erfolgen. Entsprechende Filter und weitere Einrichtungen sind notwendig; sie müssen erst neu geplant werden. Es sind besonders separate Anzeigen der wichtigen Leistungsflüsse auf den Übertragungslei-

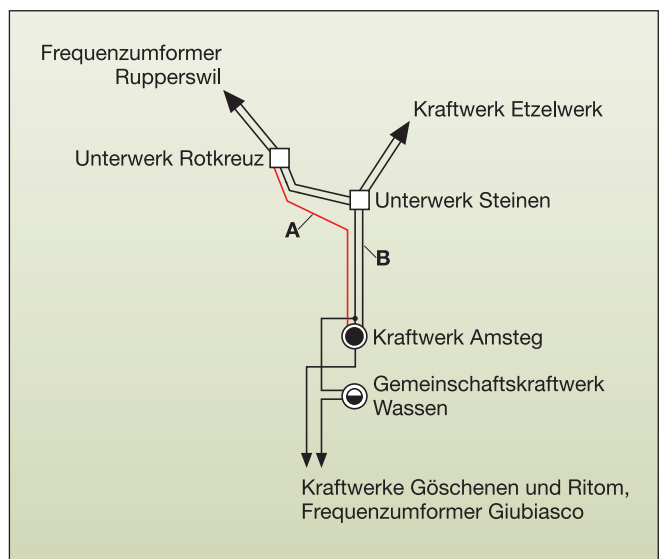


Bild 3 Schematische Darstellung der Übertragungsleitungen 132 kV des SBB-Netzes im Raume Amsteg-Rotkreuz

Die rote Übertragungsleitung mit einer Schleife Amsteg-Rotkreuz ist mit A bezeichnet. Sie fiel am 22. Juni 2005 um 17.08 und 28 s wegen Überlast aus. Die Übertragungsleitung mit zwei Schleifen Amsteg-Steinen ist mit B bezeichnet, sie war wegen Bauarbeiten am 22. Juni 2005 von 13.07 bis 17.17 ausgeschaltet.

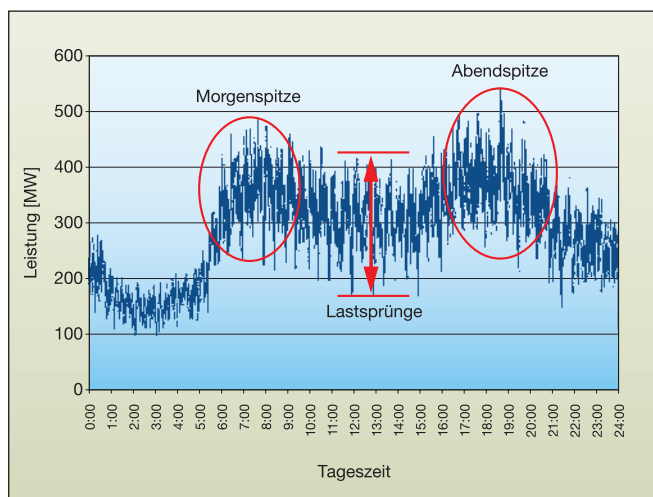


Bild 4 Lastprofil der SBB vom 15. Juni 2005, eine Woche vor dem Netzzusammenbruch

Lastschwankungen von bis zu 200 MW/min sind keine Seltenheit. Die Lastspitzen um die volle und die halbe Stunde sind ein Merkmal des integralen Taktfahrplans. Viele Züge kommen vor der vollen bzw. vor der halben Stunde in den Knotenbahnhöfen an (Zürich HB, Basel, Bern, Biel, Luzern usw.) und fahren wieder nach der vollen bzw. nach der halben Stunde ab. Es gibt auch kleinere Lastspitzen um die Minuten 15 und 45 (ebenfalls Ein- und Ausfahrten von weiteren Knotenbahnhöfen wie beispielsweise Lausanne oder Brig).

tungen auf grossen analogen Instrumenten erforderlich (wie noch vor 10 bis 15 Jahren). Neue Prioritäten müssen bei der Behebung von Störungen festgelegt werden. Die nachfolgend unter den Punkten 4 und 5 aufgeführten Schritte waren bei den SBB bisher ein Tabu. Nun werden sie neu Standard-Bestandteil der Störungsbewältigungs-Prozesse.

1. Priorität: Eingrenzung der Störungen
2. Priorität: Stabilisierung noch funktionierender Netzteile
3. Priorität: Möglichst rasches Hochfahren von zusätzlichen Produktionskapazitäten
4. Priorität (neu): Sofern notwendig müssen die Lasten aktiv über die Betriebsführung reduziert werden (mittels Zugfunk Lokführer kontaktieren und Signale auf Rot stellen)
5. Priorität (neu): Selektiver Lastabwurf benachbarter Speisebereiche.

Sicherheit n-1 nicht gewährleistet

Warum haben die SBB bei der geplanten Ausschaltung der beiden Übertragungsleitungen zwischen Amsteg und Rotkreuz keine Massnahmen getroffen, um die Sicherheit n-1 zu gewährleisten (siehe Kasten)? Waren Sparbestrebungen am Werk? Hat man die Gefahren unterschätzt? Braucht es dezentral mehr Personal? Braucht es weitere 2 bis 3 bediente dezentrale Anlagen, um Krisenfälle schneller bewältigen zu können? Diese

Fragen müssen vorläufig noch offen bleiben.

Energie nicht thematisiert

Die SBB haben seit über 10 Jahren eine breite Kommunikation rund um die Energie vernachlässigt. Bereits vor mehreren Jahren zeigte eine nicht veröffentlichte Studie, welche Massnahmen notwendig wären, um den Bau der Übertragungsleitung endlich zu beschleunigen.

Netzausbauten sind dringend notwendig

Das Übertragungsnetz der SBB besteht immer noch aus zu wenigen geschlossenen Ringen: hätte die einschleifige Übertragungsleitung Massaboden–Airolo über den Nufenenpass als Gemeinschaftsleitung mit der Atel rechtzeitig gebaut werden können, wäre ein Ring Gotthard–Mittelland–Wallis vorhanden gewesen. Damit hätte der Netzzusammenbruch sicher vermieden werden können. Seit Jahren kämpfen die SBB vergebens, um den Bau etlicher Übertragungsleitungen zu beschleunigen.

Wie zu Beginn der Elektrifizierung in den Jahren 1920 bis 1930 weist das Übertragungsnetz der SBB auch heute noch eine sternförmige Struktur auf, was die Betriebsführung erschwert und die Sicherheit stark vermindert. Weitere Übertragungsleitungen, die dringend notwendig wären, um Ringe schliessen zu können, sind die Strecken Mitholz BLS–

Gampel durch den Lötschbergbasistunnel (kommt 2007 in Betrieb), Kerzers–Yverdon als Gemeinschaftsleitung mit der EOS/BKW⁵) (Bau durch eine Reihe Optionen gestoppt) und Sihlbrugg–Zürich (Bau geplant bis 2009) sowie schliesslich Gossau–Rüthi (Bau geplant bis 2009). Eine Netzkupplung Rüthi–Feldkirch mit den Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB, Bau geplant bis 2009) ist ebenfalls vorgesehen. Der detaillierte Bericht der SBB über den Netzzusammenbruch soll bis Ende August 2005 vorliegen.

Weiterführende Literatur

Bernard Guillemon, Andreas Marti, Jean-Pierre Pfander, Jon Riatsch: Geschäftseinheit Energie und Bahnstromversorgung der SBB AG – Teil 1. Elektrische Bahnen, Oldenburg Industrieverlag, München, 102 (2004) Heft 1–2, S. 50–57, ISSN 0013-5437

Andreas Eggimann, Nicolas Fasel, Bernard Guillemon, Andreas Marti, Jon Riatsch: Geschäftseinheit Energie und Bahnstromversorgung der SBB AG – Teil 2. Elektrische Bahnen, Oldenburg Industrieverlag, München 102 (2004) Heft 3, S. 123–126, ISSN 0013-5437.

Angaben zum Autor

Der dipl. El-Ing. ETHL und Fachjournalist BR SFJ, Roland Kallmann (Jg. 1952), arbeitet als selbständig Erwerbender seit 1993 in den Gebieten Verkehr und Energie. Seine Tätigkeiten umfassen Ingenieurarbeiten, Redaktionen und Übersetzungen. In den letzten sechs Jahren hat er sich einen Namen in Sache Terminologie gemacht. Zurzeit arbeitet er an einer grossen mehrsprachigen Terminologie aus dem Eisenbahnwesen. Seit 1997 ist er Sekretär für die Schweiz des Europäischen Verbandes für die Entwicklung des Schienenverkehrs (Association Européenne pour le Développement du Transport Ferroviaire, AEDTF, www.aedtf.org). Vor zwei Jahren gründete er mit Ingenieur- und Übersetzerfreunden die Groupe helvétique de terminologie ferroviaire et énergétique (GHTFE), welche nun als Arbeitsgruppe der AEDTF gilt. Sein Fundus an Fachwörtern (Deutsch, Französisch und Englisch) umfasst die Zeit von 1900 bis heute mit jeweils mehr als 250 000 Termini. Er befasst sich seit Jahrzehnten nebenberuflich mit der Geschichte des öffentlichen Verkehrs (Eisenbahnen, Schiffe und Nahverkehr) rund um den Lac Léman.
Gewerbstrasse 12, 3012 Bern, tigris @ access.ch

¹ Der Bericht berücksichtigt Informationen, welche bis zum 3. Juli 2005 vorlagen.

² Als Normalspurbahnen gelten: Schweizerische Bundesbahnen (SBB), BLS Lötschbergbahn AG (BLS), Regionalbahnen Mittelland AG (RM), Südostbahn (SOB), Transports publics fribourgeois (TPF) und Chemin de fer du Jura (CJ). Vom Netzzusammenbruch waren auch folgende Meterspurbahnen, welche mit 1-, 16,7 Hz gespeist sind, betroffen: Matterhorn–Gotthard-Bahn (MGB), Rhätische Bahn (RhB) und Zentralbahn (ZB), welche am 1. Januar 2005 durch Fusion der Brünig-Bahn der SBB und der Luzern–Stans–Engelberg-Bahn (LSE) entstanden ist.

³ Als *Schleife* wird ein Stromkreis (mit jeweils zwei Leitern) einer einphasigen Übertragungsleitung bezeichnet (Französisch: un *lacet*). Ein Stromkreis (mit jeweils drei Leitern) einer dreiphasigen Übertragungsleitung wird als *Strang* bezeichnet (Französisch: un *terne*).

⁴ Die Übertragungsleitung ist für 240 MVA ausgelegt, aber die Schutzeinrichtung in Rotkreuz lässt nur eine Leistung von 210 MVA zu.

⁵ EOS: Energie Ouest Suisse; BKW: Bernische Kraftwerke.