



Eidgenössisches Starkstrominspektorat
Inspection fédérale des installations à courant fort
Ispettorato federale degli impianti a corrente forte

Bericht

des Eidgenössischen Starkstrominspektorates an das Bundesamt für Energie

über die Leitertemperatur- und Durchhangsbe- rechnungen der Höchstspannungsleitungen in der Schweiz

17. September 2004

Inhaltsverzeichnis	Seite
I. Ausgangslage und Auftrag	3
II. Rechtsgrundlagen in Bezug auf den grössten Leiterdurchhang	3
A. Starkstromverordnung vom 7. Juli 1933	3
B. Leitungsverordnung vom 30. März 1994	4
III. Überprüfung der Lastflüsse und Bodenabstände	5
A. Daten	5
B. Lastflüsse	5
1. Überlandwerke	5
2. Übrige Betreiber	6
IV. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	6
Anhang: Liste der Betreiber von Höchstspannungsleitungen	8

I. Ausgangslage und Auftrag

Im November 2003 verfasste das Bundesamt für Energie (BFE) einen Bericht über den Stromausfall in Italien vom 28. September 2003. In Ziffer 4.3 dieses Berichtes ist folgendes festgehalten:

„Sämtliche Betreiber von Höchstspannungsnetzen (220- und 380-kV-Leitungen) werden vom Eidgenössischen Starkstrominspektorat (ESTI) angewiesen, die Lastflüsse der einzelnen Leitungen genau zu überprüfen. Insbesondere sind die Leitertemperaturen neu zu bestimmen. Die Durchhänge an den kritischen Stellen müssen, sofern die Leitertemperaturen im Normalbetrieb wesentlich mehr als 40 °C betragen, neu beurteilt werden.“

Der vorliegende Bericht gibt Auskunft über Stand und Ergebnisse der Abklärungen des ESTI. Die Details der technischen Untersuchung können beim ESTI eingesehen werden.

II. Rechtsgrundlagen in Bezug auf den grössten Leiterdurchhang

A. Starkstromverordnung vom 7. Juli 1933

Die meisten der heute in der Schweiz in Betrieb stehenden Höchstspannungsleitungen wurden nach den Vorschriften der Verordnung vom 7. Juli 1933 über die Erstellung, den Betrieb und den Unterhalt von elektrischen Starkstromanlagen (Starkstromverordnung; AS 49 631 und BS 4 798) erstellt.

Artikel 88 der Starkstromverordnung von 1933 regelt die Berechnung der Zugbeanspruchung der Leiter und des Durchhanges bei der grössten zulässigen Leiterbeanspruchung von Weitspannleitungen. Als Grundlagen für diese Berechnung gelten entweder die tiefste Ortstemperatur, ohne Zusatzlast und ohne Windbelastung, oder eine gleichmässig verteilte Zusatzlast von 2 kg pro Meter Länge bei einer Temperatur von 0 °C, ohne zusätzliche Windbelastung (Abs. 1). Die Kontrollstellen können allerdings die Berechnung auf Grund grösserer Zusatzlasten verlangen, wenn es sich um Leitungen an Orten handelt, wo erfahrungsgemäss höhere Belastungen auftreten (Abs. 2).

Für die zulässigen Bodenabstände gelten nach Artikel 86 Absatz 1 der Starkstromverordnung von 1933 die folgenden Werte:

Nicht befahrbares, wenig begangenes Gebiet (Alp- und Weidegebiet, Gebirge, nicht schiffbare Gewässer)

Spannung	Vertikalabstand	Direktabstand
220 kV	7,5 m	6,5 m
380 kV	9,1 m	8,1 m

Befahrbares Gebiet (Wiesen, Äcker und Feldwege)

Spannung	Vertikalabstand	Direktabstand
220 kV	8,0 m	6,5 m
380 kV	9,6 m	8,1 m

Ortschaften, Strassen und Plätze

Spannung	Vertikalabstand	Direktabstand
220 kV	8,5 m	6,5 m
380 kV	10,1 m	8,1 m

Nach Artikel 87 der Starkstromverordnung von 1933 sind Bäume in der Nähe von Freileitungen zu beseitigen oder so weit zurückzuschneiden, dass die Leitungen nicht gefährdet werden.

B. Leitungsverordnung vom 30. März 1994

Seit dem 1. Juli 1994 gelten für Erstellung, Betrieb und Instandhaltung von elektrischen Leitungen die Vorschriften der Leitungsverordnung vom 30. März 1994 (LeV; SR 734.31).

Nach Artikel 47 Absatz 1 LeV gelten für die Berechnung des maximal zu erwartenden Durchhangs eines Leiters die folgenden Annahmen:

- a. eine Leitertemperatur von 40 °C; oder
- b. eine Leitertemperatur von 0 °C und einer gleichmässig verteilten Zusatzlast von mindestens 20 N/m pro Leiter oder Teilleiter, ohne Wind;

Sind aufgrund der örtlichen Verhältnisse höhere Temperaturen oder grössere Zusatzlasten zu erwarten, so sind diese der Berechnung zugrunde zu legen (Abs. 2).

Leiter müssen gemäss Anhang 3 zur LeV beim grössten Durchhang die folgenden minimalen Bodenabstände aufweisen:

Spannung	Vertikalabstand	Direktabstand
220 kV	9,7 m	7,2 m
380 kV	11,3 m	8,8 m

Im Weiteren sind nach Artikel 15 LeV Bäume unter oder neben Leitungen zurückzuschneiden oder zu beseitigen, wenn dies zum Schutz der Personen, welche die Bäume besorgen, oder zur Gewährleistung der Sicherheit notwendig ist.

Der Vertikalabstand zwischen Bäumen und blanken Leitern muss gemäss Artikel 35 Absatz 4 Buchstabe b LeV bei grösstem Durchhang bei 220-kV-Leitungen mindestens 3,7 m und bei 380-kV-Leitungen mindestens 5,3 m betragen.

Die Bestimmungen der LeV für die Erstellung gelten für bestehende Leitungen, wenn sie vollständig umgebaut werden (Art. 2 Abs. 2 Bst. a). Folglich sind die seit dem 1. Juli 1994 erneuerten oder neu erstellten Höchstspannungsleitungen nach der LeV und die übrigen nach der Starkstromverordnung von 1933 zu beurteilen.

III. Überprüfung der Lastflüsse und Bodenabstände

A. Daten

Mit Schreiben vom 9. Januar 2004 forderte das ESTI die Überlandwerke sowie weitere Betreiber von Höchstspannungsleitungen in der Deutschschweiz und im Tessin (Liste im Anhang) auf, bis Ende Februar 2004 folgende Daten pro Leitung für die Jahre 2002 und 2003 einzureichen:

- Maximaler Spitzenstrom pro Monat;
- maximaler Stundenmittelwert pro Monat;
- Berechnung der Leitertemperatur für den maximal festgestellten Spitzenstrom und den maximal festgestellten Stundenmittelwert.

Gleichzeitig verlangte das ESTI von den Betreibern bis Ende März 2004 die Neubeurteilung der Durchhänge der Leiter an kritischen Stellen, falls die Leitertemperatur im Normalbetrieb wesentlich mehr als 40 °C beträgt. Eine gleich lautende Aufforderung erging Anfang Februar 2004 an die Betreiber von Höchstspannungsleitungen in der Westschweiz (Liste im Anhang).

Die Leitertemperatur von 40 °C ist eine auf der massgeblichen technischen Norm basierende Grundlage für die Berechnung des maximal zu erwartenden Durchhangs eines Leiters. Diese Temperatur darf im Betrieb überschritten werden. Die gesetzlich vorgeschriebenen Bodenabstände müssen aber stets eingehalten sein.

Die Daten bezüglich der Lastflüsse gingen beim ESTI fristgerecht ein. Die Beurteilung der Durchhänge der Leiter an kritischen Stellen erwies sich als aufwändig und konnte von den Betreibern innert der festgelegten Frist (Ende März 2004) nicht abgeschlossen werden. Inzwischen liegen auch diese Daten vor.

B. Lastflüsse

1. Überlandwerke

a. 220-kV-Leitungen

Bei der grossen Mehrzahl der mit 220 kV betriebenen Leitungsabschnitte wurde die Leitertemperatur von 40 °C in den Jahren 2002 und 2003 eingehalten oder nur punktuell und kurzzeitig um ein Geringes überschritten. In mehreren Leitungsabschnitten wurde während einzelner Monate eine Leitertemperatur von mehr als 40 °C erreicht. In anderen Abschnitten wurde die Leitertemperatur von 40 °C öfters überschritten und erreichte periodisch 50 °C. Vereinzelt wurden regelmässig Leitertemperaturen von mehr als 50 °C ausgewiesen. In einem Leitungsabschnitt schliesslich lag die Leitertemperatur im Jahre 2003 während fünf Monaten bei über 60 °C (max. 66 °C). Es betrifft dies die 220-kV-Leitung auf dem Abschnitt Lavorgo-Peccia.

Die gesetzlich vorgeschriebenen Bodenabstände wurden jedoch auch bei den Leitungsabschnitten mit erhöhten Leitertemperaturen eingehalten.

Zirka 40 Spannweiten (Leiter zwischen zwei Masten) von Leitungsabschnitten, in welchen die Leitertemperatur periodisch 50 °C erreicht oder regelmässig überschritten wird, müssen allerdings in Bezug auf die Einhaltung der gesetzlich vorgeschriebenen Bodenabstände als kritisch – aber nicht unter den gesetzlichen Vorgaben liegend – bezeichnet werden. Hier ist noch eine genaue Überprüfung erforderlich. Diese wird Ende 2004 abgeschlossen sein.

b. 380 kV-Leitungen

Bei den besonders stark belasteten Leitungsabschnitten (Verbindungen Nord-Süd) betrug die Leitertemperatur in den Jahren 2002 und 2003 mehrheitlich zwischen 50 °C und 75 °C. Für die Berechnung der Durchhänge und der daraus resultierenden Bodenabstände wurden daher – je nach Leitungsabschnitt – Leitertemperaturen von 50 bzw. 80 °C zu Grunde gelegt.

Bei einer Leitung im schweizerischen Mittelland wurde die Leitertemperatur von 40 °C mehrmals leicht überschritten. Im April 2003 betrug sie kurzzeitig 63 °C. Auch hier wurde bei der Berechnung der Durchhänge und der Ermittlung der Bodenabstände von einer Leitertemperatur von 80 °C ausgegangen.

Bei den übrigen 380-kV-Leitungen wurde die Leitertemperatur von 40 °C nicht oder nur geringfügig überschritten.

Die gesetzlich verlangten Bodenabstände wurden auch bei diesen Leitungen überall eingehalten.

Allerdings müssen 13 Spannweiten in Bezug auf die vorgeschriebenen Bodenabstände als kritisch – aber nicht unter den gesetzlichen Vorgaben liegend – bezeichnet werden. Hier ist noch eine genaue Überprüfung erforderlich. Diese wird Ende 2004 abgeschlossen sein.

2. Übrige Betreiber

Die nicht von den Überlandwerken betriebenen 220- und 380-kV-Leitungen dienen dem Abtransport der von Kraftwerksanlagen erzeugten elektrischen Energie. Hier kann der maximale Lastfluss genau berechnet werden. Die Leitertemperatur von 40 °C wurde in den Jahren 2002 und 2003 bei diesen Leitungen mit einer Ausnahme – 380-kV-Leitung auf dem Abschnitt Pradella-Filisur – nirgends überschritten. Beim erwähnten Leitungsabschnitt betrug die Leitertemperatur im April 2002 46 °C und im September 2003 43 °C.

Die gesetzlich verlangten Bodenabstände wurden auch hier überall eingehalten.

IV. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die meisten der heute in der Schweiz in Betrieb stehenden Höchstspannungsleitungen wurden nach den Vorschriften der Starkstromverordnung von 1933 erstellt. In Bezug auf den grössten Leiterdurchhang und die zulässigen Bodenabstände sind sie nach diesen Vorschriften zu beurteilen. Für die seit dem 1. Juli 1994 erneuerten oder neu erstellten Höchstspannungsleitungen gelten die Bestimmungen der Leitungsverordnung. Die in der Leitungsverordnung erwähnte Leitertemperatur von 40 °C ist eine Grundlage für die Berechnung des maximal zu erwartenden Durchhangs eines Leiters. Diese Temperatur darf im Betrieb überschritten werden. Die gesetzlich vorgeschriebenen Bodenabstände müssen aber stets eingehalten sein.

Das ESTI hat aufgrund der von den Betreibern eingereichten Daten rund 1'000 Spannweiten (Leiter zwischen zwei Masten) überprüft und dabei festgestellt, dass die gesetzlich vorgeschriebenen Bodenabstände sowohl nach der Starkstromverordnung von 1933 als auch nach der Leitungsverordnung von 1994 überall eingehalten sind. Ein zu geringer Abstand zwischen Leiter und Boden, welcher Personen oder Sachen gefährden kann, wurde nirgends festgestellt.

Von diesen 1'000 Spannweiten müssen allerdings rund 50 in Bezug auf die Einhaltung der gesetzlich vorgeschriebenen Bodenabstände als kritisch – aber nicht unter den gesetzlichen Vorgaben liegend – bezeichnet werden. Hier ist noch eine genaue Überprüfung erforderlich, welche Ende 2004 abgeschlossen sein wird.

Das ESTI zieht die folgenden Schlüsse:

1. Die Annahmen der Leitungsverordnung für die Berechnung des maximal zu erwartenden Durchhangs eines Leiters sind nach wie vor richtig. Bei der grossen Mehrzahl der mit 220 kV betriebenen Leitungsabschnitte wurde die für die Berechnung des maximal zu erwartenden Durchhangs eines Leiters massgebende Leitertemperatur von 40 °C in den Jahren 2002 und 2003 in der Regel nicht überschritten. Höhere Leitertemperaturen traten nur ausnahmsweise und kurzzeitig auf und hielten sich in relativ engen Grenzen. Für die Spannungsebene 380 kV ergibt sich grundsätzlich das gleiche Ergebnis, auch wenn hier erhöhte Leitertemperaturen häufiger und mit grösseren Abweichungen auftraten.
2. Die höheren Leitertemperaturen auf den Spannungsebenen 220 und 380 kV werden durch die gesetzlich vorgesehenen Ausnahmeregelungen aufgefangen (Art. 88 Abs. 2 Starkstromverordnung von 1933, Art. 47 Abs. 2 Leitungsverordnung von 1994), wonach für die Berechnung der Durchhänge und Bodenabstände die aufgrund der örtlichen Verhältnisse zu erwartenden höheren Temperaturen (oder grösseren Zusatzlasten) massgebend sind.
3. Die Vorschriften der Leitungsverordnung zur Berechnung der Durchhänge müssen nicht geändert werden.
4. Die gesetzlich festgelegten Bodenabstände sind ausreichend und müssen nicht angepasst werden.

EIDG. STARKSTROMINSPEKTORAT



Michel Chatelain
Chefingenieur

Anhang

Liste der Betreiber von Höchstspannungsleitungen (220 und 380 kV)

Anhang zum Bericht des ESTI an das BFE über die Leitertemperatur- und Durchhangsrechnungen der Höchstspannungsleitungen in der Schweiz

Betreiber von Höchstspannungsleitungen

A. Überlandwerke

Atel Netz AG

BKW FMB Energie AG

Centralschweizerische Kraftwerke AG

Elektrizitätsgesellschaft Laufenburg AG

Elektrizitätswerk der Stadt Zürich

Energie Ouest Suisse SA

Nordostschweizerische Kraftwerke AG

B. Weitere Betreiber von Höchstspannungsleitungen in der Deutschschweiz und im Tessin

AEK Energie AG

Engadiner Kraftwerke AG

Kraftwerke Hinterrhein AG

Kraftwerke Oberhasli AG

Officine Idroelettriche della Maggia SA

Rätia Energie AG

SN Energie

C. Betreiber von Höchstspannungsleitungen in der Westschweiz

Electricité d'Emosson SA

Energie Electrique du Simplon SA

ENSA Electricité Neuchâteloise SA

Forces Motrices de Mauvoisin SA

Forces Motrices Hongrin-Léman SA

Grande Dixence SA

Kraftwerke Mattmark AG

Rhonerwerke AG