

# Explosionsunglück vom 10. Juni 1983 auf der Sihlbrücke in Zürich

Autor(en): **Hubmann, M. / Hofmann, W. / Buchmann, E.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **75 (1984)**

Heft 9

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-904397>

## **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.

# Explosionsunglück vom 10. Juni 1983 auf der Sihlbrücke in Zürich

M. Hubmann, W. Hofmann, E. Buchmann

Der Ablauf und die Ursachen des Explosionsunglücks vom 10. Juni 1983 auf der Sihlbrücke in Zürich werden beschrieben. Dieses ungewöhnliche Ereignis ist durch das Zusammenwirken folgender unglücklicher und seltener Umstände ausgelöst worden:

- Unbemerkt gebliebene Beschädigung von Gleichstromkabeln bei einer Brückeninspektion im Vorjahr
- Defekt in der Kabelmantelisolierung im anschließenden Kabelabschnitt
- Ausströmen der durch den Erdschlussstrom bei der Schadenstelle erzeugten Zersetzungsgase in den nicht durchlüfteten Brücken-Hohlkörper, in welchem sich ein explosionsfähiges Gas-Luft-Gemisch entwickeln konnte.

Le déroulement et les causes de l'explosion qui s'est produite le 10 juin 1983 sur le pont de Sihl, à Zurich, sont décrits. Cet événement insolite était dû aux effets conjugués de circonstances malheureuses et exceptionnelles:

- Endommagement de câbles à courant continu demeuré inaperçu, lors d'une inspection du pont l'année précédente.
- Défectuosité dans l'isolation du tronçon de câble adjacent.
- Echappement des gaz de décomposition produits par le courant de défaut à la terre à l'endroit endommagé, ces gaz circulant dans les corps creux du pont non ventilés où un mélange explosif de gaz et d'air a pu se former.

## 1. Beschreibung und Ablauf des Unglücks

In einem Kabelkanal, welcher in der Sihlbrücke in Zürich eingebaut ist, kam es wegen eines Erdschlusses zum Verschmelzen der Kabelisolierung sowie des Polyäthylen-Schutzrohres. Schliesslich explodierten die entstandenen Schwelgase, wodurch der Belag eines Trottoirs in die Höhe geschleudert wurde. Es entstand beträchtlicher Sachschaden. Auch waren vier zum Teil schwer verletzte Personen zu beklagen (Fig. 1).

Die Sihlbrücke in Zürich führt über den gleichnamigen Fluss und verbindet die City mit Aussenquartieren und Ausfallstrassen in Richtung Westen. Es handelt sich um eine etwa 60 m lange, gemauerte Bogenbrücke mit zwei Tramstrassen und je zwei Fahrbahnen und Gehsteigen. Unter dem Gehsteig flussaufwärts sind Kabel für die allgemeine Elektrizitätsversorgung und Speisekabel für die städtischen Verkehrsbetriebe eingelegt. Daneben sind auch Verkehrssteuerungsleitungen für die computergesteuerten Signalanlagen verlegt. Im flussabwärts liegenden Gehsteig sind Gas- und Wasserleitungen installiert. In unmittelbarer Nähe

des östlichen Brückenkopfes liegt flussaufwärts ein Unterwerk des städtischen Elektrizitätswerkes (EWZ), aus welchem die genannten Elektrokabel gespeist werden. Normalerweise herrscht auf dieser Brücke ein sehr lebhafter Verkehr.

Zur Planung einer Brückensanierung wurde etwa ein Jahr vor dem Ereignis der Belag teilweise entfernt, um Unterlagen über den Zustand des Bauwerkes zu erhalten. Dieser Belag überdeckte die in Kunststoffrohren verlegten und mit einer Magerbetonschicht abgeschlossenen Kabelstränge und bestand aus etwa  $1,3 \times 1,3$  m grossen, 15 cm dicken Granitplatten. Am Morgen des Unglückstages (10. Juni 1983), etwa um 10 Uhr, bemerkten Angestellte des Unterwerkes Selnau des EWZ einen Gasgeruch. Man konnte sogar die Herkunft orten, es war die Stelle, an welcher die Kabel aus dem teilweise begehbaren Schacht in das Unterwerk eingeführt sind. Der Geruch wurde offenbar immer intensiver, so dass um etwa 11.15 Uhr der Piktetdienst der städtischen Gasversorgung alarmiert wurde. Gleichzeitig öffnete man Fenster und Türen, um die Schalträume zu lüften. Beim Eintreffen des Betriebsmeisters der Gasversorgung konnte in den Räumen des Unterwerkes weder sinnesphysiologisch noch instrumentell Gas festgestellt werden. Hingegen waren nach Ansicht des Gasfachmannes auf dem Kabelboden im Erdgeschoss des Unterwerkes Brandgase zu riechen.

Wie später verschiedene Zeugen aussagten, beobachteten sie etwa ab 12.20 Uhr, wie in Brückenmitte ein gelblich-brauner bis gelb-schwarzer Rauch aus einem Schacht aufstieg. Ebenso wurde von diesen Passanten ein intensiver Gasgeruch wahrgenommen. Erst um 12.27 Uhr wurde die Funk- und Notrufzentrale der Stadtpolizei Zürich über diese Erscheinung orientiert. Sofort wurde die Feuerwehr

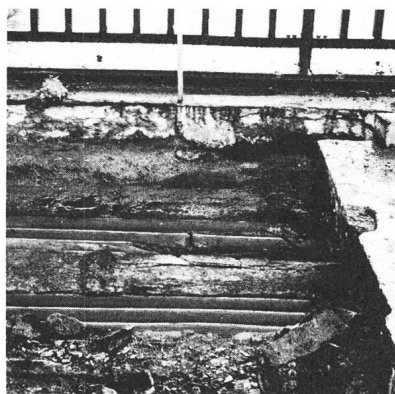


Fig. 1 Kabeltrasse im Gehsteig nach der Explosion

### Adresse der Autoren

Dr. M. Hubmann, Wissenschaftlicher Dienst der Stadtpolizei Zürich, Zeughausstrasse 11, 8004 Zürich.  
Dr. W. Hofmann, Kabelwerke Brugg AG, 5200 Brugg.  
E. Buchmann, Kabelwerke Brugg AG, 5200 Brugg

alarmiert, doch kam es um etwa 12.28 Uhr zur Explosion.

Ein Autofahrer, welcher von Westen her auf die Brücke fahren wollte, erlebte diese Explosion unmittelbar vor sich. Er konnte seinen Personwagen noch auf dem Fussgängerübergang auf dem westlichen Brückenkopf anhalten. Er schildert das Ereignis folgendermassen: «Ich befand mich mit meinem Auto etwa 10 m von der Explosion entfernt. Beim Knall konnte ich den Wagen anhalten und sah, wie die schweren Steinplatten wie Karton durch die Luft flogen.»

Zur Zeit der Explosion befand sich offensichtlich kein weiteres Fahrzeug, auch keine Tramkomposition, auf der Brücke. Auch hielten sich zu diesem Zeitpunkt nur etwa fünf bis zehn Personen auf der Brücke auf, von denen leider vier, zwei Männer und zwei Frauen, zum Teil schwer verletzt wurden. Die schwersten Verletzungen, einen Schädelbruch, eine offene Oberschenkelfraktur, beidseitige Armbrüche sowie einen Beckenbruch erlitt der Mann, welcher mit Teilen einer Granitplatte über das etwa 1,1 m hohe Brückengeländer gehoben und in die 8 m tiefer fliessende Sihl geschleudert wurde. Ein weiterer Mann wurde unter Teilstücken der Granitplatte eingeklemmt. Er erlitt eine Schädel- sowie eine Oberschenkelfraktur. Mit einer Gehirnerschütterung sowie Rippen- und Unterschenkelbrüchen kam eine junge Frau davon. Nur leicht verletzt (Brandwunden an den Füßen und Unterschenkeln) wurde eine weitere Frau.

Bis gegen die Brückenmitte hin, auf einer Länge von 30,5 m, waren die etwa 700 kg schweren Granitplatten zum Teil geborsten und zum Teil einfach nur verschoben worden. Aus der Kabeltrasse drang dichter Rauch. Der ausgebrochene Kabelbrand konnte durch die Feuerwehr mit Staub gelöscht werden. Während der Bergungsarbeiten und ersten Untersuchungshandlungen brachen immer wieder kleinere Kabelbrände aus, so dass sämtliche Kabel stromlos gemacht werden mussten. Zur Sicherung des Unfallplatzes wurden von der städtischen Gasversorgung, der Feuerwehr und dem Wissenschaftlichen Dienst Explosimeter der verschiedensten Fabrikate sowie die substanzspezifischen Träger-Gasspürröhrchen eingesetzt. Innert kurzer Zeit war in den umliegenden Schächten nur noch eine weit unter der unteren Explosionsgrenze liegende Konzentration von zündfähigen Gasen feststellbar. Auch

wurde die in der Brücke verlegte Gasleitung auf ein allfälliges Leck untersucht, wobei sehr rasch erkannt wurde, dass keine Gasquelle mehr vorhanden war.

Nachdem die Schadenstelle von den Trümmern geräumt und kein weiterer Gasausbruch mehr zu erwarten war, wurden nach einer visuellen Kontrolle die nicht beschädigten Kabel wieder ans Netz geschaltet und schliesslich etwa acht Stunden nach dem Ereignis auch der Verkehr wieder freigegeben.

## 2. Ursache und Ablauf der elektrischen Kabelstörung

Um in den Innenhohlkörper der Brücke gelangen zu können, wurden bei einer technischen Brückeninspektion im Jahre 1982 eine Anzahl Deckplatten des Gehsteiges in den Stossfugen aufgetrennt und entfernt. Dabei sind offenbar die darunter liegende Magerbeton-Deckschicht, die Polyäthylen-Schutzrohre und auch das darin enthaltene 600-V-Gleichstrom-Speisekabel ( $1 \times 400 \text{ mm}^2$ ) der Verkehrsbetriebe beschädigt worden, wie nachträglich vom Wissenschaftlichen Dienst der Stadtpolizei festgestellt wurde. Aufgrund der nach dem Unglück gesicherten Spuren kann mit grösster Wahrscheinlichkeit angenommen werden, dass durch ein Fugentrenngerät die Bleimäntel zweier Gleichstromkabel perforiert und damit undicht gemacht wurden (Fig. 2).

Durch die Öffnung in der Magerbetonschicht, im PE-Schutzrohr und im Bleimantel konnte im Verlaufe der Zeit soviel Feuchtigkeit in die masseimprägnierte Papierisolation des Kabels eindringen, dass der Isolationswiderstand zwischen Leiter und Kabelmantel in der Schadenzone mas-

siv reduziert wurde. Bei ungehemmtem Feuchtigkeitszutritt ist für die genannte Isolationsart mit einem Gleichgewichtszustand (Sättigung) von etwa 8 % Feuchtigkeitsgehalt zu rechnen. Der Isolationswiderstand sinkt dadurch im Vergleich zum Ausgangszustand um 5 bis 6 Zehnerpotenzen. In der Regel bilden sich dann zwischen Leiter und Mantel Kriechströme aus, welche zu kleinen Lichtbögen und zu Russbrücken führen. Es ist dann nur noch eine Frage der Zeit und der Umstände, bis stromstarke Erdschlusslichtbögen die Kabelisolation niederohmig durchbrennen.

Bei den mit Gleichspannung betriebenen Kabeln der Verkehrsbetriebe ist der Bleimantel aus verschiedenen Gründen absichtlich nicht fest geerdet, sondern auf freiem Potential belassen. Aus Kontrollmessungen nach dem Unglück geht jedoch hervor, dass der fragliche Kabelmantel-Restabschnitt ausserhalb der Brücke auf der Seite Zweierstrasse gegenüber der geerdeten Fahrdrath-Rückleitung lediglich einen Isolationswiderstand von  $3 \Omega$  aufwies. Es kann daraus geschlossen werden, dass bei einem Leiterwiderstand von ungefähr  $0,03 \Omega$  auf der Seite des speisenden Unterwerkes Selnau bis zur Fehlerstelle und bei einer Lichtbogenbrennungsspannung von einigen 10 V ein Fehlererdschlussstrom von etwa 150 bis 200 A geflossen sein dürfte.

In Figur 3 ist die entsprechende Situation dargestellt. Daraus kann auch erklärt werden, dass der Lichtbogen von der Fehlerstelle aus, selbst bei weggeschmolzenem Bleimantel, zum Brückenende Richtung Zweierstrasse gewandert ist.

In Richtung Unterwerk Selnau wurde am verbleibenden Kabelabschnitt auch nach dem Unglück noch ein guter Isolationswiderstand des Kabelmantels gegen Erde gemessen. Dieser Abschnitt ist auch völlig intakt geblieben. Beim wahrscheinlichen Fehlerstrom von 150 bis 200 A konnte die auf 2000 A eingestellte Überstromauslösung am Gleichstrom-Schnellschalter im Unterwerk Selnau nicht in Funktion treten. Andererseits genügte die am Fehlerort ganz lokal wirksame Leistung im Erdschlusslichtbogen, um eine pyrolytische Zersetzung der imprägnierten Kabelisolation und des umgebenden PE-Schutzrohres einzuleiten. Eine Verbrennung der Isolation und der Zersetzungsprodukte des PE-Rohres konnte wegen der auftretenden Luftverdrängung in der Kabelbettung nicht mehr stattfinden. In der Schluss-

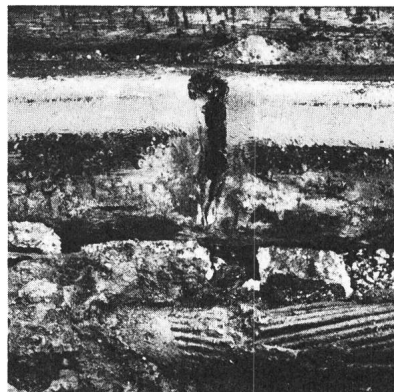
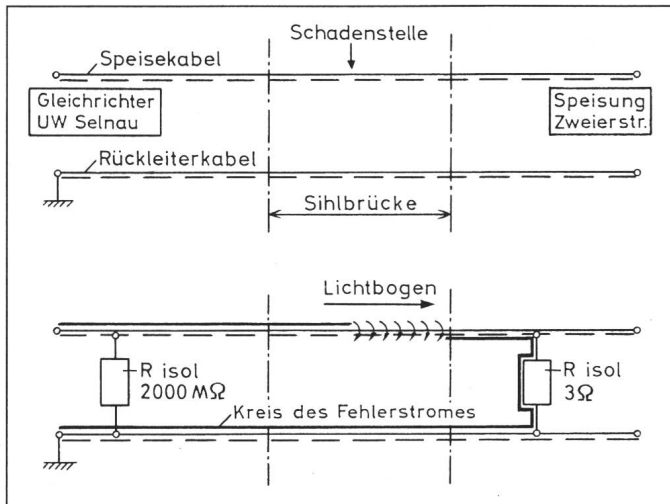


Fig. 2 Durch das Fugentrenngerät beschädigte und abgebrannte Kabel sowie das beschädigte PE-Rohr des Nachbarkabels



**Fig. 3**  
**Situation des**  
**VBZ-Kabels**  
 a im Sollzustand  
 b während des  
 Kabelbrandes

phase wurde die Zersetzungsreaktion vermutlich durch ein Ansteigen des Erdschlussstromes noch beschleunigt.

### 3. Ursache der Gasexplosion

Die Untersuchung der Unfallstelle hat ergeben, dass ungefähr 4 kg Papierisolation und 16 kg Polyäthylen zersetzt wurden. Nach *R. Müller, H. Schliesing* und *K. Soldner* [1] entstehen

beim Abbau eines Öl-Papier-Dielektrikums unter Teilentladungen vorwiegend Wasserstoff und Methan. Bei der pyrolytischen Zersetzung von Polyäthylen entstehen nach *B. Dolezel* [2] zwischen 360 und 475 °C die verschiedensten Kohlenwasserstoffe bis Hexan. Quantitative Angaben über entstehende Zersetzungsprodukte sind abhängig von den Versuchsbedingungen. Es muss davon ausgegangen werden, dass genügende Mengen gasför-

miger Substanzen entstanden sind, welche ein explosionsfähiges Gemisch verursacht haben. Durch praktische Versuche und theoretische Überlegungen entstehen pro Kilogramm Polyäthylen bis zu 400 l gasförmige Zersetzungsprodukte. Das von den Zersetzungsbedingungen abhängige Gemisch zündbarer Stoffe besitzt Zündgrenzen, die grössenordnungsmässig mit etwa 2 bis 12 Volumenprozent angegeben werden können. Dadurch kann ein explosionsfähiges Gemisch mit Luft von etwa 3 bis 20 m<sup>3</sup> entstehen.

Aus dieser Überlegung kann gesagt werden, dass der entstandene Schaden energetisch erklärt werden kann. Die Zündtemperaturen der einzelnen niedrigen Kohlenwasserstoffe liegen wesentlich unterhalb der Lichtbogentemperatur.

#### Literatur

- [1] *R. Müller, H. Schliesing* und *K. Soldner*: Prüfung und Überwachung von Transformatoren durch Analyse der im Öl gelösten Gase. *Elektrizitätswirtschaft*, 73(1974)23, S. 683...687.
- [2] *B. Dolezel*: Beständigkeit von Kunststoffen und Gummi. München/Wien, Carl Hanser, 1978.