

Sonderdruck aus

# Elektrizitäts wirtschaft

Zeitschrift der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke – VDEW  
Jg. 97, H. 23, S. 1346 - 1348



**GA Hochspannung  
Leitungsbau GmbH**  
GAH  Gruppe

## **110 kV Freileitungsprovisorium über eine Länge von 1900 m mit freistehenden Masten und Portalen**

Von Andreas Fuchs

# 110-kV-Freileitungsprovisorium über eine Länge von 1 900 m mit freistehenden Masten und Portalen

Von *Andreas Fuchs, Erlangen* \*)

Die Siemens AG, Leitungsbau (seit 1997 werden die Leitungsbauaktivitäten der Siemens AG in Deutschland von der Freileitungsbau GmbH (FBG) fortgeführt), errichtete zum Umbau einer 110-kV-Doppelleitung der PreussenElektra AG ein Provisorium über die außergewöhnliche Länge von 1,9 km. Sehr enge Platzverhältnisse ließen bisherige Lösungen, bei denen die Maste mit Seilen abgespannt wurden, nicht zu. Es kamen wiederverwendungsfähige Tragkonstruktionen mit entsprechenden Gründungen, die Abspannseile und Anker nicht benötigten, zum Einsatz. Eine neu entwickelte Übergangskonstruktion diente als Verbindung von Rammgründung und Mastbauteilen.

## Summary of the report

### A temporary 110 kV-Overheadline 1 900 m in length with selfsupported auxiliary towers and gantries

The Siemens AG, department Overhead Power Lines erected a temporary power line over an extreme length of 1 900 m for PreussenElektra AG because a double circuit 110 kV-line had to be rebuilt. The situation on site did not allow an usual solution with guided auxiliary towers. Reusable tower sections and appropriate foundations without guys and anchors were applied. A new designed structure component ensured the connection between foundation and towers.

#### 1 Bisherige Verfahrensweise

Für Provisorien zum Einsatz bei Störungen an oder Umbauten von Freileitungen wurden bereits in der Vergangenheit Baukastenelemente entwickelt, die auf Lager liegend schnell verfügbar, leicht zu transportieren und zu montieren sind [1;2]. Bevorzugt wurden die aus den Elementen zusammengesetzten Maste auf Holzschwellen gestellt und mit Stahlseilen abgespannt. Eigene Gründungskörper waren nicht erforderlich, weil die unter einem Winkel von mindestens 30° ge-

gen die Mastachse abgehenden und im Erdboden verankerten Seile alle horizontal einwirkenden Lasten abtrugen (Bild 1). Der Mastschaft leitete nur Druckkräfte in den Untergrund, so daß einfache lastverteilende Unterlagen, z.B. direkt auf das Gelände aufgesetzte Schwellenroste, ausreichten.

Falls Verankerungen nicht möglich waren, wurden die Maste mindestens 2,0 m tief eingegraben. Das war für eine Trag-



Bild 1. Herkömmlicher Provisoriumsmast mit Abspannungen

funktion bei tragfähigem Boden ausreichend. Wenn zusätzlich zur Windlast noch ständig einwirkende horizontale Leiterseilkräfte, wie sie an vielen Winkeltragmasten auftreten, wirkten, war die Standsicherheit mit standortbezogenen statischen Nachweisen, die unter anderem die Nachgiebigkeit des eingefüllten und verdichteten Bodens beachteten, zu dokumentieren.

Hohe horizontale Leiterzugkräfte, die an Abspannmasten mit Trassenwinkel < 165° auftreten, konnten nicht mehr von eingegrabenen freistehenden Masten aufgenommen werden. Hierfür gab es auch keine Lösung, die wirtschaftlich im Sinne eines Provisoriums gewesen wäre.

#### 2 Das 110-kV-Provisorium UW Siems - UW Herrenwyk

In Lübeck wurde eine bestehende 110-kV-Doppelleitung der PreussenElektra AG durch eine 380/110-kV-Vierfachleitung ersetzt. Für den Zeitraum des Umbaus, der von der Siemens AG, Leitungsbau, ausgeführt wurde, mußten beide 110-kV-Stromkreise funktionstüchtig bleiben. Ein Stromkreis konnte mit einem Baueinsatzkabel aufrecht erhalten werden, für den zweiten entschied man sich für ein Freileitungsprovisorium mit einer Trassenlänge von fast 1 900 m. Das zu überspannende Gelände umfaßte mit Bäumen und Büschen bewachsene Flächen, Parkplätze und Lagerfläche mit den entsprechenden Zufahrten. Wegen der Platzverhältnisse und der zu gewährleistenden öffentlichen Befahrbarkeit unter der Leitung und unmittelbar neben den Maststandorten waren bis auf einen Standort keine Abspannungen und Verankerungen ausführbar. Da Erdbewegungen für Gründungen ebenfalls vermieden werden sollten, kamen nur Tiefgründungen in Frage.

An einem Leitungsende querte das Provisorium eine Straße, so daß eine Kabelverlegung an dieser Stelle mit vertretbarem Aufwand für den zweiten Stromkreis nicht möglich war. Deshalb mußten in diesem Abschnitt beide Stromkreise auf dem Provisoriumsgestänge geführt werden. Die verfügbare Trassenbreite erforderte, die Stromkreise vertikal übereinander anzuordnen. Erschwerend kam hinzu, daß auch an einem Standort dieses Abschnitts für Mastabspannungen kein Platz war.

#### 3 Beschreibung des Provisoriums

Für das Provisorium waren Stützpunkte sowohl für die Tragmast- als auch für die Winkelabspannmastfunktion notwendig. An den Winkelpunkten kamen nicht Einzelabspannmaste für jedes Leiterseil sondern zweistielige Portalkonstruktionen mit geringem Platzbedarf und Gründungsaufwand zum Einsatz (Bild 2). Vor-

\*) Dipl.-Ing. (TU) A. Fuchs, Engineering & Design Freileitungen, Energieübertragung und -verteilung Hochspannung, Siemens AG, Erlangen.



Bild 2. Winkelabspann-Portal

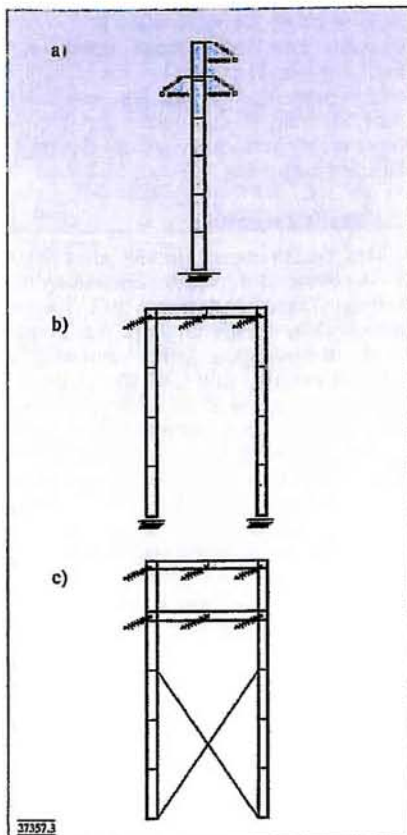


Bild 3. Provisoriumsgestänge aus freistehenden Masten und Portalen

- a) Tragmast
- b) Winkelabspann-Portal
- c) Winkelabspann-Portal für zwei Stromkreise

handene Baukastenelemente, mit den Abmessungen 2,65 m x 0,5 m aus Eckstie len L75 x 5 und Diagonalen L35 x 4 sowie mit an beiden Enden angeschweißten Stirnplatten, bildeten an allen Standorten die erforderlichen Konstruktionen (Bild 3). Vornehmlich Biegung anstelle von Druck beanspruchte die ohne Abspannungen aus den Schüssen zusammengesetzten Stützpunkte.

Aus den vorhandenen Teilen waren zunächst Maste und Portale zu entwickeln, die einerseits die Führung der Leiterseile im Gelände mit den vorgegebenen Abständen ermöglichten und andererseits die daraus resultierenden Belastungen aufnehmen konnten. Als Ergebnis der Abwägung von Leiterzugkräften, Durchhängen und Masthöhen wurden Tragmaste mit sechs Schüssen vorgesehen und zusätzlich zu den Windlasten für Leitungswinkel bis 176° ausgelegt. Dadurch traten am Fußpunkt Belastungen auf, die die vorhandenen Elemente nicht aufnehmen konnten. Auch bei den Portalen in den Winkelpunkten ergaben sich starke Überlastungen der Eckstiele. Die notwendige Lösung dieses Problems führte zu einem verstärkten Schuß gleicher Geometrie. Als Weiterentwicklung der bewährten Elemente erhielt der neue Unterschuß bei hohen Tragmasten und allen Portalen Eckstiele L90 x 9 und Diagonalen L55 x 5.

Gerammte Rohre erwiesen sich als vorteilhaft für die Gründung, da sie keinen Baugrubenaushub erforderten. Entsprechend den angetroffenen Baugrundverhältnissen wurden Rohrlängen bis zu 12,0 m verwendet, um die Fußmomente abzutragen. Die Rohre endeten rd. 500 mm über EOK. Als Verbindung zwischen Mast und Gründung wurde ein biegesteifes Adapterstück entwickelt (Bild 4).

Das Adapterstück hat eine Grundplatte mit Bohrungen zur Aufnahme der Mastschüsse, die mit ihren Stirnplatten angeschraubt werden. An die Grundplatte sind versteifende Stegbleche angeordnet, die ebenfalls mit dem Unterschuß verbunden werden. Unterhalb der Grundplatte ist ein rd. 600 mm langes Rohrstück angeschweißt, dessen Durchmesser kleiner ist als der des gerammten Rohres. Zusätzliche Stegbleche versteifen die Auflage rung der Grundplatte auf diesem Rohr. Das in das Rammrohr eingesteckte Adapterstück wird mit Schrauben gegen Verdrehung gesichert.

Für das Provisorium waren 15 Maststandorte erforderlich. Die kleinste Spannweite betrug 56,6 m, die größte 148,9 m. Die Leitungswinkel lagen zwischen 180° und 132,7°. Als Beseilung wurde 3 x 1 Al/St 185/30 verwendet. Dreiecksförmige Isoliertraversen dienten an den Tragmasten zur Leiterseilbefesti-



Bild 4. Adapterstück zwischen Rammrohr und Baukastenschuß



Bild 5. Isoliertraversen an freistehenden Tragmasten

gung (Bild 5). An den Portalen kamen herkömmliche 110-kV-Abspannketten und zur Schlaufenführung auch Stützer zum Einsatz (Bild 6).

#### 4 Statische Berechnung

Obwohl das Provisorium nur für begrenzte Zeit eingesetzt werden sollte, wurden als Grundlage für die Berechnung Lasten nach DIN VDE 0210 angewandt. Da zum Planungszeitpunkt die Möglichkeit bestand, daß das Provisorium auch über die Wintermonate betrieben werden

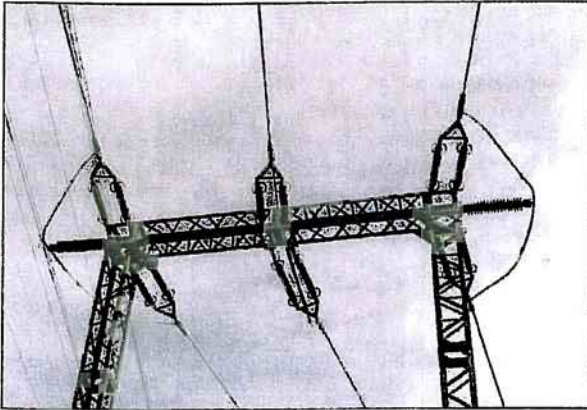


Bild 6. Abspannpunkte am Portal

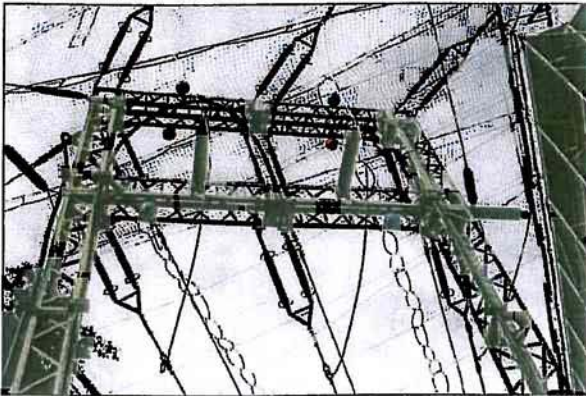


Bild 7. Zweistöckiges Portal

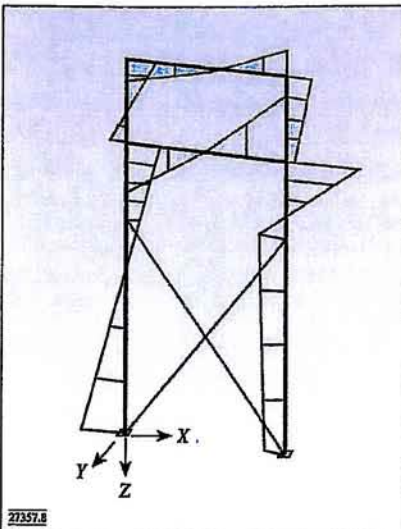


Bild 8. Biegemomente am zweistöckigen Portal mit innerer Abspannung

mußte, wurden auch Eislasten angesetzt. Die Seilzugspannung betrug bei  $-5\text{ °C}$  und Zusatzlast  $60,0\text{ N/mm}^2$ . Daraus leiteten sich die Seilzugkräfte für die Auslegung ab.

Der Nachweis der Tragmaste wurde für alle Lastfälle nach DIN VDE 0210, Tabelle 7, mit einem Leitungswinkel von

$176\text{ °}$  geführt. Maßgebend waren die Lastfälle »Wind senkrecht«, bzw. »Wind unter  $45\text{ °}$  zur Leitung«. Die Portale waren als Winkelabspannmaste nach DIN VDE 0210 einzustufen. Die Bemessungskräfte ergaben sich aus Lastfällen mit Differenzseilzugkräften in Richtung der angrenzenden Spannfelder.

Um bei den Portalen die Biegemomente an den Fußpunkten möglichst klein zu halten, wurden diese als eingespannte Rechteckrahmen ausgeführt. Es mußte gewährleistet werden, daß an den Ecken zwischen Riegel und Stütze Biegemomente übertragen werden können. Zusätzliche Bleche an den Stirnplattenstößen von Stiel- und Riegelementen garantierten steife Knotenpunkte.

Die zweistöckigen Portale (Bild 7) stellten statisch ein Stockwerksrahmensystem dar. Die zur Entlastung der Portalstützen vorgesehenen inneren Abspannungen reduzierten die Horizontallasten und damit die Biegemomente am Fußpunkt (Bild 8). Ein Programm zur räumlichen Stabwerksanalyse, zur Verformungsberechnung sowie zur Kräfteermittlung in den Spannseilen diente zur Berechnung der Konstruktion.

## 5 Montage

Da der Einsatzzeitraum für das Provisorium lange vorher bekannt war, konnte auch der Bauablauf ausreichend geplant werden. Zuerst wurden die Stahlrohre für die Gründung gerammt sowie anschließend die Adapterstücke in die Rammrohre eingesteckt, um vor Ort beide miteinander zu verbinden. Gleichzeitig mit dem Bohren durch die Wandungen der Rohre bestand die Möglichkeit, Grundplatte und Unterschüsse horizontal und vertikal einzurichten. Durch eine Öffnung in der Grundplatte waren diese Bohrungen leicht zugänglich und die Verschraubung von Rammrohr und Adapterstück konnte anschließend stattfinden. Auf der Grundplatte befand sich bereits der erste Mastschuß. Zur Übertragung der erwarteten Kräfte dienten hochfeste Schrauben der Güte 10.9. Bei der Mastmontage wurden zusätzlich zu den Stirnplattenstößen die Aussteifungsbleche am Fußpunkt sowie die Bleche zur Versteifung der Portalecken verschraubt. Für die Gesamtsteifigkeit der Konstruktion sprach, daß beim Seilzug keine Schwachstellen beobachtet wurden. Das Provisorium stand vom Frühjahr bis Herbst. Die Konstruktion wurde ebenfalls problemlos zurückgebaut. Auf ein Herausziehen der Rammrohre wurde verzichtet, obwohl dies möglich gewesen wäre.

## 6 Schlussfolgerung

Der beschriebene Umbau einer 110-kV-Leitung erforderte die Ergänzung bekannter Baukastenelemente für Leitungsprovisorien, um die im Zuge des Vorhabens notwendigen Leiteranordnungen, z.B. an Portalen mit zwei übereinanderliegenden Stromkreisen, ausführen und freistehende Maste vorübergehend auch an Winkelpunkten einsetzen zu können. Dazu wurden Mastschüsse höherer Tragfähigkeit und wiederverwendbare Adapterstücke zur Verbindung mit den verwendeten Rammrohren entwickelt. Das Vorhaben bewies die Vorteile von Baukastenelementen für Provisorien. Der erweiterte Baukasten läßt sich auch für zukünftige Aufgaben einsetzen, wenn Leitungsführung und örtliche Gegebenheiten dies erfordern.

## 7 Schriftum

- [1] Erb, H.: Hochspannungsleitungen für Provisorien und im Störfall. Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Heft 5, Mai 1971.
- [2] Fenz, J.; Kamm, W.: Freileitungsgestänge für vorübergehenden Einsatz: Einfache Montage und Demontage. Energie & Automation, Heft 1, 1987.