Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer

Elektrizitätswerke

Band: 60 (1969)

Heft: 2

Artikel: Überguerung des Swina-Flusses durch eine 110-kV-Freleitung

Autor: Martini, L.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-916116

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Überquerung des Świna-Flusses durch eine 110-kV-Freileitung

Von *L. Martini*, Kraków 2305 – 2312 + 2427

621.315.1.027.811

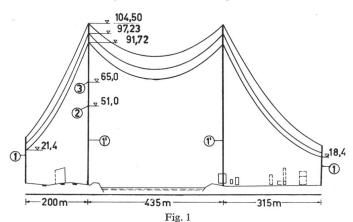
Der Artikel befasst sich mit Einzelheiten der Überquerung des Flusses Odra/Swina mittels einer Freileitung von 110 kV. Dabei wird besonders auf die technische Lösung der Masten hingewiesen, die aus gitterförmig zusammengefügten Streben, sog. «Nadeln», gebildet werden. Solche Gittermasten zeichnen sich durch geringes Gewicht sowie mühelosen Transport, Aufbau und Unterhalt aus. Vor der Planung dieser Gittermasten wurden eingehende Versuche an gitterförmig zusammengefügten und geschweissten Eisenstäben durchgeführt. Aus diesen Versuchen konnten die optimale Verbindung der Streben wie auch die Lösung weiterer Einzelheiten ermittelt werden.

L'article présente les détails du croisement du fleuve Odra/ Swina par une ligne de transmission de 110 kV. Une attention particulière est vouée à la solution technique des pylônes en treillis; pylônes formés par l'assemblage de barres dites «aiguilles». Des pylônes de ce genre sont légers et présentent des facilités au point de vue de leur transport, de leur montage et de leur entretien. Le projet d'exécution de ce type de pylône était précédé par des expériences effectuées sur des barres réunies et soudées en treillis. Ces recherches ont permis d'obtenir une méthode optimale de jonction des aiguilles, ainsi que les solutions appropriées aux autres détails d'exécution.

1. Einleitung

Zur Einspeisung der neuen 110-kV-Transformatorstation in Świnoujście wurde neuerdings eine 110-kV-Doppelleitung erbaut und in Betrieb genommen. Diese Freileitung wird die bisher im Betrieb befindlichen, aber unzuverlässigen Kabelverbindungen ersetzen.

Die neu errichtete Freileitung überquert den Świna-Fluss, welcher als wichtige Wasserverbindung zwischen dem See-



Längsprofil der Kreuzung

1 Abspannwinkelmast; 1' Tragmast; 2 Topphöhe des Segelschiffes «Dar Pomorza»; 3 vorgeschriebene Höhe

hafen Szczecin und der Ostsee benutzt wird. Die Flusskreuzung wird von zwei normalen Abspannmasten begrenzt, zwischen welchen zwei 106 m hohe Tragmaste aufgestellt wurden (Fig. 1). Die Konstruktion dieser Tragmaste darf als eine neuartige Lösung im Freileitungsbau betrachtet werden (Fig. 2).

2. Das Kreuzungsfeld

Die Spannweite des Kreuzungsfeldes beträgt 435 m, die Spannweiten der Nachbarfelder betragen 200 m und 315 m.

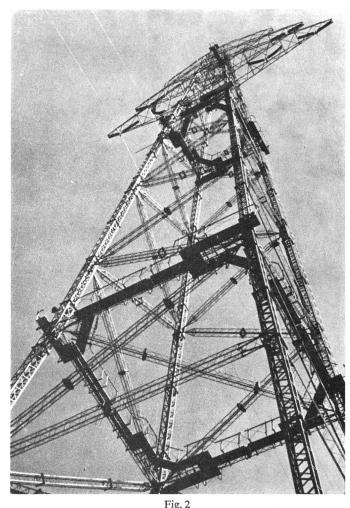
Belastungsannahmen

Tabelle I

	Belastungsannahmen			
	Eislast kp/m	Winddruck kp/m²		
Polleiter	0,9128	112,5		
Erdseil	0,6384	123,8		

Für die Polleiter wurden 6 Stahlaluminium-Seile, 240/60 mm², und für die Erdseile 2 Stahlaluminium-Seile, 97/70 mm², vorgesehen. Die Polleiter wurden für jeden Drehstromkreis in Dreieck-Anordnung, symmetrisch zu beiden Seiten des Mastes aufgehängt und mit 7 kp/mm² Ausgangsspannung gespannt. Die Spannung der Erdseile betrug 12 kp/mm² (Fig. 3). Die Belastungsannahme für Eislast und Winddruck zeigt Tabelle I.

Der Blitzschutzwinkel ist kleiner als 20 °.



Kreuzungstragmast von unten gesehen

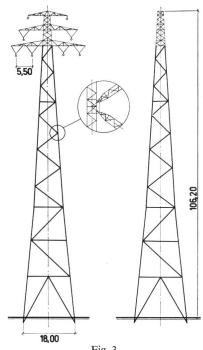
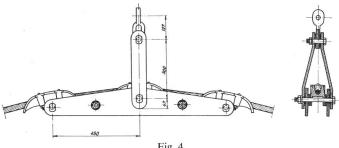


Fig. 3 Kreuzungstragmasten aus Gitterstabelementen

Für die Isolation wurden normale Kappenisolatoren verwendet. Auf den hohen Kreuzungsmasten wurden die Isolatorenketten in V-Aufhängung zur Verringerung der Kettenauslenkung quer zur Leitungsachse montiert. Die Abspannmaste dagegen erhielten Doppelabspannketten. Wegen Vergrösserung der Blitzanfälligkeit und wegen grosser Induktivität der Mastschaftkonstruktion wurde die Anzahl der Isolatoren auf den Kreuzungstragmasten verdoppelt. (Stosshaltespannung bei 1/50 μs 1191 kV.) Auf den Abspannmasten wurde die Isolation nur um 50 % (bezogen auf die normale Isolation von 110-kV-Freileitungen) verstärkt.

Infolge der grossen Masthöhendifferenz zwischen den Tragund Abspannmasten entstehen bei den verhältnismässig kurzen Spannweiten in den Aufhängepunkten des Kreuzungstragmasten zu kleine Leiterseil-Durchbiegungswinkel (ca. 36°). Diese wurden durch Anwendung von dreifachen Hängeklemmen üblicher Bauart vergrössert. Die Klemmen sind in eine besondere Aufhängeeinrichtung (Doppelabstandhalter) (Fig. 4) eingebaut. Zwecks Verminderung von Zugdifferenzen in benachbarten Spannfeldern verschiedener Spannweiten wurden die Erdseile mittels 60 cm langen Pendelaufhängungen auf den Tragmasten befestigt. Um die Schwingungsgefahr zu vermindern hat man alle Leiterseile mit Dämpfungsschleifen ausgerüstet und damit die Betriebssicherheit der Freileitung erhöht. Jeder Mast wurde geerdet. Die Masterdungen bestehen aus 4 Tiefenerdern aus verzinkten Winkeleisen, welche bei jedem Mastfuss in die Fundamentgrubensohle etwa 3 m tief eingetrieben



Dreifache Tragklemme

wurden. Ausserdem wurden rings um jeden Mast je zwei Banderdungen aus verzinktem Bandstahl in einer Tiefe von 0,6 und 1,2 m im Erdboden verlegt. Die Erdungen sind mit jedem Mastfuss elektrisch verbunden. Der Erdübergangswiderstand eines Mastes beträgt nicht mehr als 10 Ω .

Die Freileitungskreuzung erfüllt die Anforderungen der Seefahrt- und Luftfahrtsicherheitsvorschriften. Auf den Kreuzungstragmasten wurden Warnlampen für die Flugzeuge installiert. Zu diesem Zweck hat man zwei Lichtbühnen in Form von quadratischen Plattformen in der Höhe von 40 und 76 m vorgesehen (Fig. 5). Die Mastspitzen sind ebenfalls mit Warnlichtern ausgerüstet. Ausserdem sind die Kreuzungsmaste alle 5 m abwechselnd mit roter und weisser Farbe als Kennzeichen des Lufthindernisses gestrichen.

3. Konstruktion der Kreuzungstragmaste

Die wichtigsten Elemente der Überquerung sind die Kreuzungstragmaste. Diese sind 106,2 m hoch. Das Gewicht jedes Mastes beträgt 43,75 t. Die Mastschäfte wurden als grosse Raumfachwerke ausgebildet, deren Stäbe aus langen, schmalen Gitterträgern bestehen. Ihre Enden sind spitzenartig ausgebildet. Sie werden deswegen «Nadeln» und die Kreuzungsmaste «Nadelmaste» genannt. Im Gegensatz zu den bisherigen Kreuzungsmasten, die aus vielen kurzen Profileisen gebaut waren, wurden die Nadelmaste aus wenigen aber langen «Na-



Fig. 5 Lichtbühne

deln» konstruiert. Diese sind in den Knotenpunkten gelenkig miteinander verbunden. An dieser Stelle sei erwähnt, dass bereits in den Jahren 1957–1959 zwei Überquerungen des Wisła-Flusses unter Anwendung von «Nadelmasten» projektiert wurden [1; 2]¹). Wegen zu kurzer Baufrist sowie wegen Erfahrungsmangel im Bau von Nadelmasten wurde jedoch auf diese damals neuartige Lösung verzichtet.

Jede Nadel besteht aus vier parallelen Winkeleisen, welche durch Zick-Zack-Form angeschweisstes Fachwerk aus Rundstahl miteinander verbunden sind (Fig. 6a). Die Nadeln mit grösserem Gurtenabstand besitzen eine Vergitterung aus Winkelstahl (Fig. 6b). Als Mindestmass der Winkeleisen der Nadel wurde $30\times30\times4$ mm angenommen und für die Vergitterung Rundstahl von 12 mm Durchmesser. Die Eckstiele der Kreuzungsmaste wurden dagegen als mehrfach gestützte Gitterträger gelenkfrei vom Mastfuss bis zu dem Querträger ausge-

¹⁾ Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

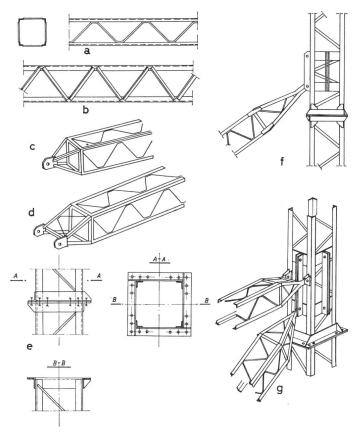


Fig. 6 Ausführungseinzelheiten von Gitterstäben («Nadeln»)

bildet. Sie wurden steif in den Fundamenten befestigt. Der obere Mastteil besteht aus einfachen Profilstäben. In der Höhe von 38 m über dem Erdboden bekommen die Masteckstiele einen Knick, so dass der Anzug im unteren Schaftteil stärker ist als im oberen.

Aus Fertigungs-, Transport-, Montage- und Verzinkungsgründen wurden die Gitterstäbe in Teilstücke aufgeteilt (Fig. 7) und die Verbindungen dieser Teilstücke als steife Flanschverbindungen ausgebildet (Fig. 6e). Die Prüfung der Nadeln auf Druckfestigkeit hat bewiesen, dass nur solche Verbindungen

eine korrekte, statische Beanspruchung der Gitterstäbe gewährleisten [3].

Die Knotenpunkte des Mastschaftes wurden nicht als flache, sondern als räumliche Gelenke ausgebildet. Aus diesem Grunde ist die Konstruktion der gegenüberliegenden Eckstiele identisch (Fig. 8). Die geometrischen Achsen der in einem Knotenpunkt zusammentreffenden Gitterstäbe schneiden sich in einem Punkt, was in üblichen Konstruktionen praktisch schwer realisierbar ist (Fig. 6f, g).

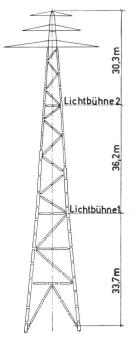
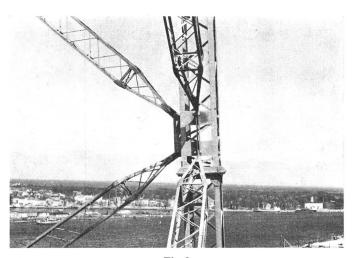


Fig. 7
Schema der Montagegliederung des
Kreuzungstragmastes

Bemerkenswert ist die Lösung der gelenkigen Verbindungen der Nadelenden. Die horizontalen Nadeln haben an jedem Ende zwei breit auseinandergestellte Knotenbleche, welche mit zwei Schrauben an der Mastkonstruktion befestigt werden und ein kinematisch flaches Scharniergelenk bilden (Fig. 6d). Durch diese Lösung wurde die Verdrehsteifigkeit der Eckstiele gesichert. Die Gelenke aller anderen Na-deln, das heisst der Diagonalen und der räumlichen Querverbände, sind beiderseits nur mittels einer einzigen Schraube mit den Eckstielen verbunden. Die Enden dieser Nadeln sind pyramidenförmig ausgebildet und mit einem ösenförmigen Knotenblech versehen (Fig. 6c). Alle Stahlelemente wurden feuerverzinkt.

Die regelmässige Form der Montageglieder, die sich aus der Teilung der Gitterstäbe ergeben, gestattet es, einfache Schweissschablonen zu verwenden. Das Resultat dieser Massnahme ist zwar eine geringe Erhöhung der Konstruktionskosten; es werden aber dafür bedeutende Ersparnisse an Feldarbeit erzielt, was besonders im Falle einer Hochbauweise wirtschaftlichen Nutzen bringt und den Freileitungsbau von den klimatischen Bedingungen in bedeutendem Masse unabhängig macht.



 $Fig.~8\\ \textbf{Der r\"{a}umliche Knotenpunkt des Kreuzungstragmastes}$

4. Auswahl der Nadelform

Folgende Faktoren haben wesentlichen Einfluss auf den wirtschaftlich begründeten Abstand der Nadelgurte:

- 1. Freie Nadellänge;
- 2. Druckkraft;
- 3. Querkraft;
- 4. Vergitterung;
- 5. Querschnitt der Versteifungsstäbe.

Bei der Festlegung der günstigsten Art der Vergitterung mit den verschobenen Knotenpunkten, bei geringen Querkräften, welche durch Winddruck, Eigengewicht und Montagebelastung hervorgerufen werden, verringert sich die Zahl der Faktoren um zwei. Es zeigt sich, dass der Querschnitt der Diagonalen verhältnismässig kleinen Einfluss auf die kritische Kraft hat.

Der Einfluss der Vergitterung auf die Verringerung der kritischen Kraft eines gedrückten Gitterstabes kann mittels folgenden Koeffizientes bestimmt werden [5]:

$$\psi = \frac{1}{1 + c \frac{A}{A_d} \left(\frac{\alpha}{l}\right)^2}$$

Profilquerschnitt der Nadelgurte	Freie Länge der Nadel in m											
	6		8		11		15		21		30	
	a	S	a	S	a	S	a	S	a	S	a	S
$35 \times 35 \times 4$ $40 \times 40 \times 4$ $45 \times 45 \times 5$ $50 \times 50 \times 5$ $60 \times 60 \times 6$	22 24 25 27 30	13,8 16,2 22,6 25,2 35,6	26 28 30 31 34	13,2 16,0 22,2 24,6 34,4	30 32 34 37 40	12,2 14,5 20,6 23,7 34,5	36 38 40 42 47	11,2 13,5 19,2 21,9 33,0	42 45 48 51 56	9,3 11,7 17,1 20,4 31,0	50 54 57 60 67	7,1 9,2 14,2 16,7 26,8

S Tragfähigkeit in t; a wirtschaftlicher Abstand (in cm) in Funktion der freien Länge der Nadel bei vorausgesetzten Profilen der Gurte. (Zulässige Spannung: 1600 kp/cm². Querschnitt der Diagonalen: 35×35×4.)

worin:

- A Querschnitt des Gurtes;
- Ad Querschnitt der Diagonale;
- a Abstand der Gurte;
- l freie Länge der Nadel (des Gitterstabes);
- c Faktor, welcher von dem Neigungswinkel α der Diagonalen zur Nadelachse abhängig ist:

$$c = \frac{\pi^2}{2\cos^2\alpha\sin\alpha}$$

Dieser Faktor ist Minimum bei c=12,85 für $\alpha=35^{0}16'$. Für $\alpha=45^{0}$ ist c=13,05.

Festigkeitsprüfungen der Nadelstäbe [3] bewiesen, dass das Verhältnis der Schlankheit der Nadel zu der Schlankheit des Gurtes nicht kleiner als 1,2 sein darf, was ebenfalls mit den theoretischen Ergebnissen übereinstimmt [4]. Wenn man für

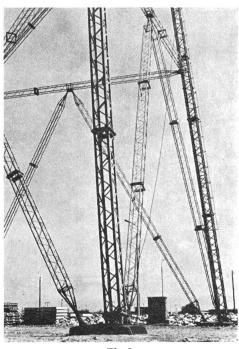


Fig. 9

Das Fundament des Kreuzungstragmastes

dieses Verhältnis den Grenzwert 1,2 und den Winkel $\alpha=45$ 0 für die Vergitterung annimmt, so ergibt sich für die Bestimmung des wirtschaftlichen Abstandes der Gurte einer Nadel folgende Formel:

$$a = 0.914 \, V li_{\rm x}$$

worin:

ix Trägheitsradius des Querschnitts eines gleichschenkeligen Winkeleisens, in Bezug auf eine zum Schenkel paralellaufende Achse [6]. In Tabelle I sind die Ergebnisse der Berechnungen für einige Nadellängen als auch für einige Gurtprofile zusammengestellt.

Auf Grund der Prüfergebnisse [3] wird empfohlen, die Schlankheit der Abschnitte zwischen den Knotenpunkten des Gurtes bis auf λ_x =50 zu begrenzen, um das Schrumpfen der Gurte während des Schweissens zu vermeiden.

5. Fundamente der Tragmaste

Die Fundamente der Tragmaste bestehen aus 4 separaten Füssen, welche auf der Baustelle betoniert wurden (Fig. 9). Die Fundierungstiefe der Mastfüsse beträgt 3,50 m, die Spreizung dagegen ca. 18 m.

Das Betonvolumen der 4 Mastfüsse beträgt 94 m³ – ohne Berücksichtigung der Betonkisten samt ihrer Verfüllung. Infolge schwefeliger Aggressivität des Grundwassers und schwieriger Fundierungsverhältnisse wurden die Mastfüsse in separaten Brunnen (Betonkisten) aufgestellt und sorgfältig mit Asphaltmasse und Asphaltpappe umhüllt. Zum Bau der Fundamente wurde Tonerdezement verwendet.

Die diagonalen Gitterstäbe sind gelenkig mit dem Fundament verbunden. Besondere Aufmerksamkeit wurde einer einwandfreien Ausführung der Mastfundamente, besonders aber einer präzisen Aufstellung der Mastanker vor dem Betonieren geschenkt. Dieses Ziel wurde mittels einer speziell angefertigten, fachwerkartigen Montageschablone erreicht. Diese hat nicht nur die erforderliche Spreizung der Mastfüsse, sondern auch ihren richtigen Neigungswinkel gewährleistet.

Literatur

- [1] S. Gorzelniaski, T. Loos, M. Łażewski: Zwei neue Überquerungen des Wisła-Flusses durch 110-kV-Freileitungen. — Kreuzung der 110-kV-Freileitung Toruń-Włocławek. Energoprojekt Kraków, Informationsbulletin, 1957, Nr. 5.
- [2] L. Martini, A. Drajewicz: Projekt der Überquerung des Wisła-Flusses durch die 110-kV-Freileitung Płock-Włocławek auf 110 m hohen Nadelmasten. Energoprojekt Kraków, Informationsbulletin, 1959, Nr. 6.
- [3] L. Martini: Festigkeitsprüfungen der Nadelstäbe. Energoprojekt Kraków, Informationsbulletin, 1959, Nr. 6.
- [4] T. Loos: Bemerkungen betreffend Beanspruchung der gleichschenkeligen Winkeleiseneckstiele in fachwerkartigen Mastschäften mit flachen Knotenpunkten. Energoprojekt Kraków, Informationsbulletin, 1966, Nr. 6.
- [5] S. P. Timoshenko and J. M. Gere: Theory of elastic stability. Second edition. New York/Toronto/London, McGraw-Hill, 1961.
- [6] PN-60/B-03205: Starkstromfreileitungen Stahlmaste Statische Berechnung und Entwurf. Wydawnictwa Normalizacyjne, Warszawa, 1960.

Adresse des Autors:

Dr.-Ing. L. Martini, Energoprojekt, Mickiewicza-Allee 47/10, Kraków 2 (Polen).