

Die Fundierung von Freileitungstragwerken und ihre Berechnung

Autor(en): **Salzberger, G.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Technische Mitteilungen / Schweizerische Telegraphen- und Telephonverwaltung = Bulletin technique / Administration des télégraphes et des téléphones suisses = Bollettino tecnico / Amministrazione dei telegrafi e dei telefoni svizzeri**

Band (Jahr): **1 (1923)**

Heft 4

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-873079>

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.

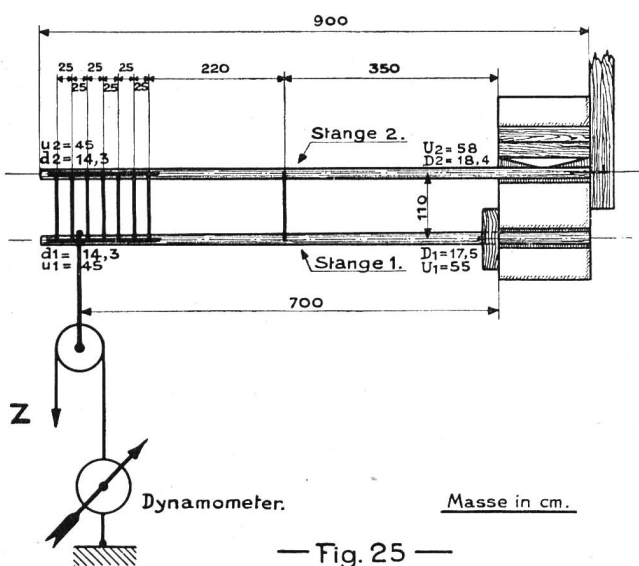
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen 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.

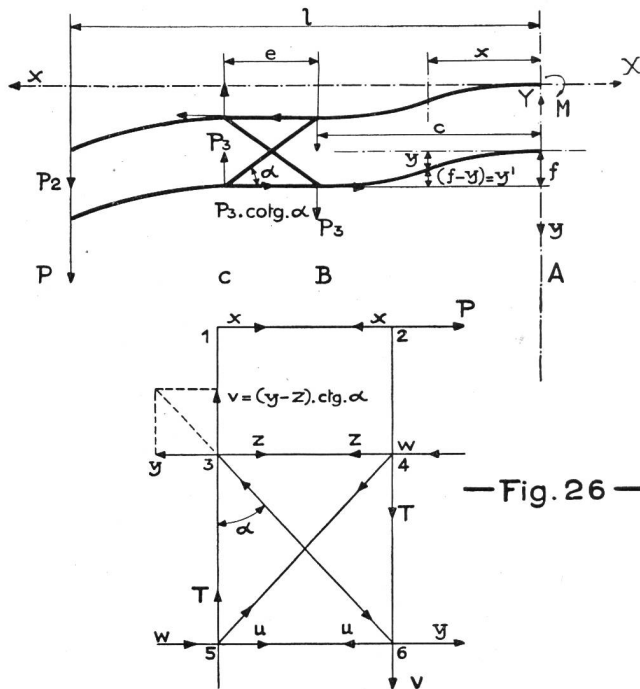
Haftungsausschluss

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.

derselben erhält man, wenn y total nach c differenziert wird. Es ergeben sich sehr komplizierte Formeln. Näherungswerte erhält man, wenn das Trägheitsmoment konstant angenommen wird.



— Fig. 25 —



— Fig. 26 —

No.	Zug am Dynamom. kg	Stangenzug in kg	Ausbiegung in cm	Verschiebung d. Stange Nr. 1 V_1 mm	Verschiebung d. Stange Nr. 2 V_2 mm	Bemerkungen
1	150	120	4	0	0	
2	200	220	21	0	0	
3	250	340	27	0	0	
4	300	430	30	0	2	
5	350	530	40	0	3	
6	450	670	40,5	0	4	
7	500	740	58	0	5	
8	550	820	65	0	6	
8	600	890	74	0	6	
10	650	960	80	0	6	
11	700	1040	92	0	8	
12	750	1110	104	0	10	
13	790	1180	131	0	10	
14	800	1180	—	0	—	Bruch der Druckstange 1 m ob Einspannung (Ast).

(Schluss folgt.)

Die Fundierung von Freileitungstragwerken und ihre Berechnung.¹

Von G. Sulzberger, Ingenieur, Bern.

Eine Untergruppe der Kommission für die Revision der Bundesvorschriften betreffend Starkstromanlagen vom 14. Februar 1908 beschäftigt sich mit der Revision der Bestimmungen über die Fundierung der Freileitungstragwerke und ihrer Berechnung. Die nachfolgenden Zeilen geben ein Referat wieder, das der Verfasser auf Wunsch der genannten Untergruppe abgefasst hat und dessen Veröffentlichung gewünscht wurde, um weitere Kreise für diese Frage zu interessieren.

¹ Mit Ermächtigung des Verfassers und des Sekretariates des S. E. V. aus dem „Bulletin des Schweiz. Elektrotechnischen Vereins“ abgedruckt.

Unser Herr Präsident hat unsere Aufgabe ganz allgemein folgendermassen umschrieben: « Unsere Gruppe soll die Unterlagen für eine den tatsächlichen Verhältnissen möglichst entsprechende Berechnungsart von Tragwerksfundamenten schaffen, wobei neben der Bearbeitung der einschlägigen Literatur auch die Durchführung von Versuchen an Mastfundamenten ins Auge gefasst wurde. »

In näherer Ausführung dieser Formulierung unserer Aufgabe möchte ich folgende Forderungen, die bei der Verfolgung unseres Zieles wegleitend sein müssen, aufstellen:

1. Die Sicherheit der Tragwerksfundamente gegen

Umsturz soll unter übereinstimmenden Belastungsannahmen nicht kleiner sein als diejenige des Tragwerkes gegen Bruch.

2. Tragwerksfundierungen müssen so beschaffen sein, dass bei den höchsten wirklich zu gewärtigenden Beanspruchungen der Tragwerke keine nennenswerte Schiefstellung derselben eintritt.

3. Die Fassung der Vorschriften soll erlauben, das unter 1. und 2. genannte Ziel mit einem geringsten Kostenaufwand zu erreichen.

4. Die Vorschriften, in Verbindung mit den in Aussicht genommenen Erläuterungen, sollen so abgefasst sein, dass sie auf alle gebräuchlichen Fundierungsarten anwendbar sind.

Vor dem Eintreten auf Einzelfragen empfiehlt es sich, unsere Aufgabe näher zu umschreiben. Die Grundlage dafür geben einerseits die jetzigen Vorschriften, welche nur soweit geändert werden sollen als es nötig erscheint, und andererseits die praktischen Bedürfnisse des jetzigen Leitungsbaues.

Die in Betracht fallenden Bestimmungen der jetzt gültigen Vorschriften¹⁾ lauten:

«Art. 55. Alle Tragwerke sind der Bodenbeschaffenheit entsprechend solid zu fundieren . . .

Art. 56. Wenn Tragwerke besonderer Fundationen bedürfen, so sind letztere unter den in Art. 60 gemachten Rechnungsannahmen und unter Berücksichtigung allfällig vorhandener Verankerungen oder Verstrebenungen so zu berechnen, dass die Tragwerke ohne Berücksichtigung des Erddruckes nach jeder Richtung mindestens einfache Sicherheit gegen Kippen bieten».

Die Vorschriften unterscheiden also zwischen Fundierungen, deren Tragwerke unmittelbar im Boden befestigt sind (Holzstangen, Eisenbetonmaste und dgl.) und Tragwerken mit «besonderen» Fundationen. Eine Berechnungsvorschrift besteht nur für diese letzteren Fundierungen und es wird auch nur für diese ein Sicherheitsnachweis verlangt.

Fassen wir zunächst die Tragwerke ohne besondere Fundationen ins Auge, so entsteht die Frage, ob die jetzige Vorschrift als genügend zu betrachten ist oder nicht. Es handelt sich dabei um Holzmaße ohne oder mit den schon vielverbreiteten Untersätzen aus Eisenbeton, um Eisenbeton- und ausnahmsweise auch um ungegliederte Eisenmaße, die lediglich zur Verhütung der Rostbildung im Boden leicht einbetoniert werden. Der Freileitungsbau, unter Verwendung solcher Tragwerke, ist schon so alt, dass sich auf Grund langjähriger Erfahrung dafür bestimmte praktische Regeln ausgebildet haben, die mehr oder weniger gewissenhaft befolgt werden. Von einer «soliden» Fundierung dieser Art ist zu verlangen, dass die Länge des im Boden steckenden Teiles des Tragwerkes einen gewissen, von der Natur des Bodens abhängigen Bruchteil seiner gesamten oder freien Länge betragen, und dass dieser Teil mit mehr oder weniger ausgedehnten Steinpackungen im Boden verkeilt, oder durch andere gleichwertige Mittel gegen Verschiebungen infolge von grosser Pressungen auf das anliegende Erdreich gesichert werde. Ist auch ein eigentliches Umfallen so fundierter Tragwer-

werke eine Seltenheit, so sind doch Tragwerke, die sich wegen zu geringer Eingrabetiefe oder ungenügender Steinpackung schief gestellt haben, hier und da zu sehen. Es ist schon die Ansicht geäussert worden, Steinpackungen seien entbehrlich, es genüge das Einstampfen mit Erde. Wie Versuche erwiesen haben, entsprechen so fundierte Maste im allgemeinen der eingangs unter Ziffer 2 aufgestellten Forderung nicht. Dass diese Ansicht aber überhaupt ernstlich vertreten worden ist, könnte als Beweis für die Notwendigkeit der Aufstellung gewisser Regeln aufgefasst werden, wie sie z. B. die neuesten Freileitungsnormalien des V.D.E. enthalten.¹⁾ Die übrigen ausländischen Vorschriften enthalten meines Wissens keine näheren Bestimmungen hierüber.

Wir haben es bei diesen einfachen, auf Biegung beanspruchten Tragwerken mit einem *Foundationstyp* zu tun, dessen Widerstandsfähigkeit im Boden auf reiner seitlicher Einspannung beruht. Dem Moment äusserer, am Tragwerk angreifender Kräfte, hält ein vom passiven Erddruck herrührendes Kräftepaar das Gleichgewicht. Die Einzelkräfte dieses Paares sind die Resultierenden aus Druckkräften, die wir auf den cm^2 des gepressten Bodens beziehen können und die für jede Bodenart eine gewisse Grösse nicht überschreiten dürfen, wenn kein Umfallen und keine Schiefstellung der Tragwerke eintreten soll. Die Feststellung dieser zulässigen Pressungen fällt mit in unseren Aufgabenkreis.

Um einen Begriff zu bekommen, welche Bedeutung hierbei den einzelnen Faktoren zukommt, genügt folgende einfache Ueberlegung. Es gilt, unter Hinweis auf Fig. 1, wenn σ_0 bzw. σ_u die grössten Bodenpressungen in kg/cm^2 in der Nähe der Bodenoberfläche, bzw. am untern Tragwerksende bedeuten:

$$Z \left(l + \frac{2}{3} h \right) = M \quad M = H_1 \frac{4}{9} h + H_2 \frac{2}{9} h$$

$$H_1 = \sigma_0 b \frac{h}{3}; \quad H_2 = \sigma_u b \frac{h}{6} \quad M = b h^2 \left(\frac{\sigma_0}{7} + \frac{\sigma_u}{27} \right)$$

Hierbei ist b die mittlere Tragwerksbreite senkrecht zur Papierebene. Sei

$$\sigma_u = c \times \sigma_0,$$

wobei c das Verhältnis der Druckfestigkeit des Bodens am untern Tragwerksende zu derjenigen in der Nähe der Bodenoberfläche bedeutet, so wird

$$M = \sigma_0 \times b h^2 \left(\frac{1}{7} + c \times \frac{1}{27} \right) = c_1 \times \sigma_0 b h^2.$$

Wenn auch diese Ableitung nur als Annäherung an die Wirklichkeit zu betrachten ist, so zeigt sie doch den grossen Einfluss der Eingrabetiefe. Durch künstliche Vergrösserung von b mittels Steinpackungen, Druckplatten und dergl. hat man es in der Hand, bei beschränkter Eingrabetiefe oder kleinen zulässigen Pressungen auf die Flächeneinheit doch eine gute Fundierung herzustellen.

¹⁾ Die Masten und Gestänge sind ihrer Art und Länge sowie der Bodengattung entsprechend tief einzugraben. Im allgemeinen wird für einfache Holzstangen eine Eingrabetiefe von mindestens ein Sechstel der Mastlänge, jedoch nicht weniger als 1,6 m gefordert. Sie sind gut zu verammen (in weichem Boden der Beanspruchung entsprechend zu sichern).

¹⁾ Vorschriften betr. Erstellung und Instandhaltung der elektrischen Starkstromanlagen vom 14. Februar 1908.

Es kommen die *Tragwerke mit « besonderer » Fundierung* zur Besprechung. Zur Zeit der Aufstellung der Vorschriften von 1908 kamen fast ausschliesslich Blockfundamente für verhältnismässig kleine Tragwerke und mit dementsprechend geringer Breite in Betracht. So ergab sich von selbst eine im Verhältnis zur Breite des Fundamentes grosse Eingrabbtiefe. Die

Vorschrift Art. 56 ist durchaus auf diesen Fall zugeschnitten, denn nur so ist es erklärlich, dass man sich mit der Forderung bloss einfacher Sicherheit gegen Kippen begnügte, während unter gleichen Belastungsannahmen von den Tragwerken selbst drei- bis vierfache Sicherheit gegen Bruch gefordert wurde. Es liegt also diesem Artikel die stillschweigend gemachte Annahme zugrunde, es handle sich um Fundamente mit so beträchtlicher Eingrabbtiefe, dass durch die seitliche Einspannung des Fundamentkörpers die sonst gänzlich ungenügende Sicherheit gegen

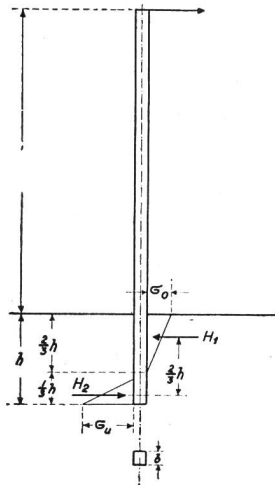


Fig. 1.

« Kippen » wenigstens auf das Mass der wirklichen Bruchsisicherheit der Tragwerke erhöht werde, da ja sonst die Festigkeit der letztern nur zu ein Drittel bis ein Viertel ausgenützt werden könnte. Wie gross der Einfluss der seitlichen Einspannung, namentlich bei satter Anbetonierung an nicht gelockerte Grubenwände mit der vollen, natürlichen Bodendruckfestigkeit ist, geht zur Genüge aus den früheren Ausführungen und aus den alltäglichen Beobachtungen an Baukonstruktionsteilen aller Art, die überhaupt nur durch seitliche Einspannung gehalten werden, hervor. Da dies in den Vorschriften selbst nicht zum Ausdruck kommt, hat sich die irrtümliche Ansicht verbreitet, es genüge, auch Fundamente ohne nennenswerte seitliche Einspannung, wie breite Platten von geringer Dicke, mit nur einfacher Sicherheit gegen Kippen zu berechnen. Solche Fundamente würden tatsächlich bei annähernd ein Drittel oder ein Viertel der Bruchbelastung der Tragwerke umstürzen.

Nach unserer eingangs (Ziffer 2) aufgestellten Forderung soll nun nicht bloss der Umsturz der Tragwerke, sondern auch deren Schiefstellung verhindert werden. Ein rechnerischer Sicherheitsgrad gegen Kippen gibt aber in allen Fällen, wo eine beträchtliche seitliche Einspannung eines Fundamentkörpers vorhanden ist, kein Mass für das « Nachgeben » des Fundamentes unter dem Einfluss am Tragwerk angreifender Kräfte. Bei gegebener Bodenart ist die Grösse des Nachgebens einzig und allein abhängig von den grössten, von den Fundamentflächen auf den anliegenden Erdboden ausgeübten Pressungen. Da wir « eine den tatsächlichen Verhältnissen möglichst entsprechende Berechnungsart » schaffen wollen, so genügt somit die bisherige Vorschrift nicht, sobald es sich um Fundamente mit nennenswerter seitlicher Einspannung handelt. Wir werden vielmehr für diese Fälle eine Lösung suchen

müssen, welche erlaubt, die grössten auftretenden Erdpressungen zu berechnen und durch geeignete Abmessungen der Fundamente dafür zu sorgen, dass das Mass der grössten Bodenpressungen, bei welchem noch kein beträchtliches Nachgeben stattfindet, nicht überschritten wird.

Es sei nun vorerst der Grenzfall solcher « besonderen » Fundamente besprochen, die entweder frei auf dem Boden aufliegen oder nur wenig tief darin versenkt sind, wo also keine oder nur unbedeutende seitliche Einspannung vorhanden ist. Hier tritt bei zunehmender Zugbeanspruchung des Tragwerkes ein labiler Gleichgewichtszustand und bei weiterer Belastungszunahme ein eigentliches, plötzliches Umkippen ein. Es scheint selbstverständlich, dass für solche Fundamente, die der Voraussetzung des Wortlautes der jetzigen Vorschriften allein ganz entsprechen, wenigstens die gleiche wirkliche Sicherheit gegen Kippen wie gegen wirklichen Bruch der Tragwerke gefordert werden muss. Unter diesem Vorbehalt (Erhöhung der Sicherheitsziffer von 1) könnte die jetzige Vorschrift für *solche* Fundamente beibehalten werden. Was das « Nachgeben » anbelangt, so gibt für den Beginn desselben die sogenannte Kantenpressung, deren Bedeutung und Berechnungsweise als bekannt vorausgesetzt werden darf, den Massstab. Sobald diese Pressung das zulässige Mass überschreitet, fängt die Kante, um welche bei weiterer Belastung das Kippen erfolgt, an, in den Boden einzusinken, womit die Schiefstellung des Tragwerkes eingeleitet wird.

Aehnlich wie solche, ganz oder annähernd freistehende Blockfundamente verhalten sich in Bezug auf Kippgefahr alle weiteren Fundamente, deren Standfestigkeit auf reiner Gewichtsstabilität beruht, z. B. Tragwerke mit aufgelöster Fusspartie mit Einzelfundamenten.

Zwischen den besprochenen Grenzfällen derjenigen Fundamente, deren Standfestigkeit einerseits auf reiner seitlicher Einspannung, andererseits auf ganz oder fast reiner Gewichtsstabilität beruht, liegt die grosse Zahl der Fundierungen, deren Standfestigkeit von einer Summe dieser beiden Faktoren herrührt. Das ist der Fall bei der Mehrzahl der üblichen Bauarten. Dass die Berechnungsweise unserer jetzigen Vorschriften für solche Fundamente unzulänglich ist, steht zur Genüge fest. Die deutschen Vorschriften des V. D. E. — die andern ausländischen Vorschriften enthalten meines Wissens hierüber keine näheren Anhaltspunkte — stellten ursprünglich nur auf die Kantenpressung ab, berücksichtigten also, wie unsere jetzigen Vorschriften, die seitliche Einspannung gar nicht. Später wurde dieser letztern in der Weise Rechnung getragen, dass zum Gewicht des Fundamentblockes noch dasjenige eines innerhalb eines bestimmten Böschungswinkels seitlich daran anliegenden Erdkeiles hinzugerechnet werden durfte. Um die in Frage kommenden Verhältnisse näher

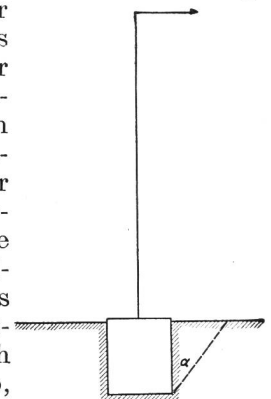


Fig. 2.

abzuklären, wurden 1913 Versuche mit Blockfundamenten angestellt, deren Ergebnis Dr. ing. H. Fröhlich verarbeitet und veröffentlicht hat. Dr. Fröhlich hat seine Arbeit zu einer eigentlichen Anleitung zur Berechnung von Tragwerksfundamenten erweitert.¹⁾ Er und die Versuchsveranstalter haben sich damit ein grosses Verdienst erworben, denn die Fröhlich'sche

Berechnungsweise bedeutet entschieden einen grossen Fortschritt. Wie Sie wissen, hat der V.D.E. sie in seinen letzten Freileitungsnormalien zur Vorschrift erhoben. Wir müssen uns aber fragen, ob sie unserm Programmpunkt « die Berechnung möglichst unter Berücksichtigung der tatsächlichen Verhältnisse aufzubauen », genügend entspricht. (Schluss folgt.)

Die Marconi-Radiostation in Münchenbuchsee.

A. Die Sendestation.

Die Radiostation Münchenbuchsee liegt ungefähr 10 km nordostwärts von Bern. Zwei Türme von 92 Meter Höhe tragen eine sogenannte Reusenantenne. (Eine Reuse ist bekanntlich ein Fischnetz, das in der Regel trommelförmig aussieht. Auch der französische Ausdruck « cage d'écureuil » kennzeichnet die Form der Antenne treffend). Um die Türme herum stehen ausserdem 20 kleine Gittermaste von 9,5 m

La station radiotélégraphique Marconi à Munchenbuchsee.¹⁾

A. Le poste de transmission.

La station de Munchenbuchsee est située à environ 10 km au nord-est de Berne. Deux tours de 92 mètres de hauteur supportent une antenne en forme de cage d'écureuil. En outre une vingtaine de petits pylônes de 9,50 mètres de haut, placés de chaque côté et au-dessous des grandes tours supportent les 18 fils formant le contre-poids électrique.

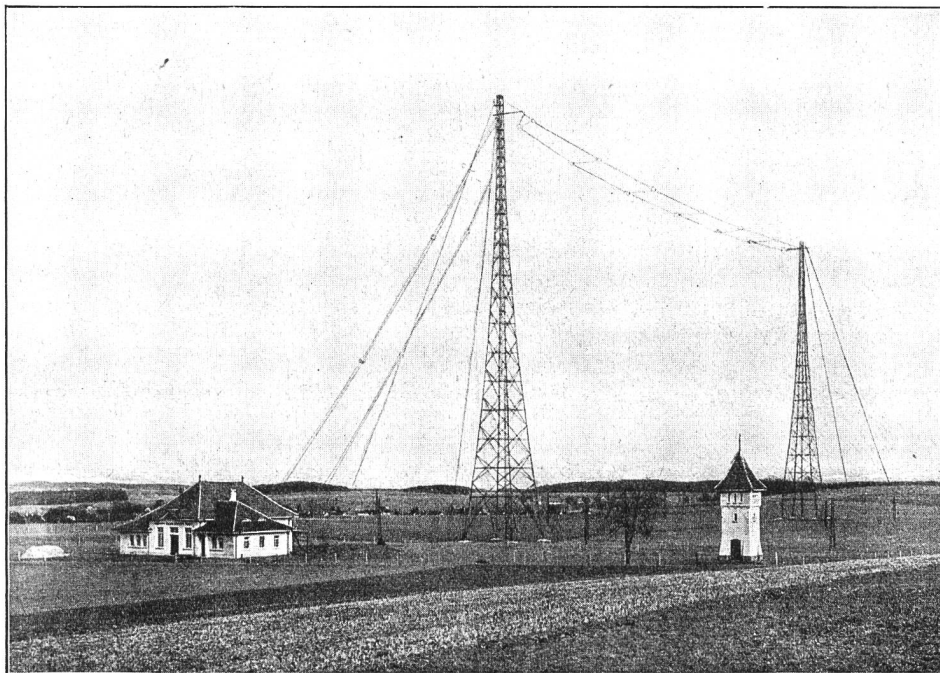


Fig. 1. Sendestation Münchenbuchsee

Höhe, an denen die 18 Drähte des elektrischen Gegengewichtes hängen.

Die Station Münchenbuchsee ist von mittlerer Stärke und arbeitet als Röhrensender. Der zur Betätigung der Station erforderliche Strom wird als Dreiphasenstrom von 16,000 Volt in eine Transformatorstation eingeführt und verlässt diese als Dreiphasenstrom von 500 Volt Spannung. Dieser Wechselstrom wird alsdann über ein unterirdisches Kabel zu der in der Station aufgestellten Schalttafel geleitet, an welcher sämtliche Messinstrumente angebracht sind. Von da weg fliesst der Hauptstrom zu einer Gruppe von drei Einphasentransformatoren

¹⁾ Beitrag zur Berechnung von Mastfundamenten. Von Dr. ing. H. Fröhlich. Zweite, erweiterte Auflage. Berlin 1921. Verlag von Wilh. Ernst & Sohn.

Le poste de Munchenbuchsee est de puissance moyenne et fonctionne au moyen de lampes d'émission à 3 électrodes. Le courant servant au fonctionnement du poste est amené sous forme de courant triphasé à 16,000 volts dans un poste transformateur, d'où il en ressort sous forme de courant triphasé à 500 volts. Ce courant alternatif est alors amené dans le poste au moyen d'un câble souterrain qui aboutit au tableau de distribution sur lequel sont montés tous les instruments de mesure. De là, le courant principal est conduit à un groupe de trois

¹⁾ Cet article, dont l'original est en français, a été obligeamment mis à notre disposition par la Société Marconi, à Berne. Vu l'intérêt qu'il présente, nous l'avons traduit en allemand et avons, en outre, assuré la confection des dessins. Réd.