

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 27/28 (1896)
Heft: 25

Artikel: Photogrammetrische Studien und deren Verwertung bei den Vorarbeiten für eine Jungfraubahn
Autor: Koppe, C.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-82358>

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: 16.01.2026

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

Es erschien mir in hohem Masse auffällig, dass die Geräusche, welche ich zu einer Zeit im Telephon wahrnehmen konnte, als der Umbau des Telephonnetzes noch nicht durchgeführt war, dieselben charakteristischen, mit der Bewegung der Motorwagen zusammenhängenden Tonvariationen aufweisen, welche man z. B. auch im Gebiete der Centralen Zürichbergbahn in Zürich beobachten kann; so war es möglich, von einer etwa 400 m von der Tramlinie abliegenden Telephonstation aus, deren Zuleitung von den Trolleydrähten aus nicht direkt induziert werden kann, deutlich zu unterscheiden, wenn ein Wagen rascher oder langsamer fuhr oder ganz anhielt, ob zwei oder ein Wagen sich mit verschiedener Geschwindigkeit auf der Linie bewegten; man unterschied ferner deutlich das Geräusch eines Wagens, dessen Motor zufällig nicht normal arbeitete von denjenigen der übrigen drei Wagen u. s. w., kurz Details, welche man bis jetzt bei Gleichstromtrams dem Einflusse der Kollektoren, der Art der Stromabnahme durch Rolle oder Bügel, und durch Vibrationen in den Schienen zu erklären versuchte. Es weist dies also darauf hin, dass wenigstens ein Teil der vorkommenden Tram-Telephonstörungen auf Ursachen zurückzuführen sind, die nicht vom Stromsystem abzuhängen scheinen, mit welchem der Tram betrieben wird.

Fasst man das Ergebniss dieser Erwägungen zusammen, so folgt, dass die Verwendung vom Mehrphasen-Wechselstrom für Traktionszwecke technisch ihre volle Berechtigung hat.

Die Konkurrenz, welche dem Gleichstrombetrieb daraus zukünftig erwachsen wird, kann natürlich noch nicht beurteilt werden.

Bei Neuanlagen, bei welchen es sich nur um Bahnbetrieb handelt, wird man eben die Vor- und Nachteile beider Systeme und die resultierenden Anlagekosten von Fall zu Fall gegen einander abwägen müssen, und es ist einleuchtend, dass die Chancen für die Mehrphasenstromsysteme um so günstiger werden, je länger die zu betreibende Linie und je grösser die Entfernung derselben von der Kraftstation ist, weil hier die Kosten der Fernleitung ausschlaggebend sein können.

Das Mehrphasen-Tramsystem dürfte aber namentlich auch dazu berufen sein, in Verbindung mit grossen Centralanlagen für Licht- und Kraftverteilung mit zwei und Dreiphasenstrom wertvolle Dienste zu leisten, sowohl beim Betrieb kleiner Strassenbahnen für den Lokalverkehr als auch für denjenigen von Sekundär- und Verbindungsbahnen zwischen grösseren Ortschaften und benachbarten Städten oder Eisenbahnstationen, soweit solche noch innerhalb des Bereichs des Leitungsnetzes der betreffenden Werke liegen. Es liesse sich nämlich an Hand von Beispielen leicht zeigen, dass zahlreiche Fälle denkbar sind, in denen ein elektrischer Tram nicht mehr lebensfähig ist, wenn der benötigte Strom in einer eigenen Kraftstation erzeugt werden muss, während umgekehrt das Unternehmen sich ohne Schwierigkeit über Wasser zu halten vermöchte, wenn die Kraftstation, welche den Bau und den Betrieb sehr oft unverhältnismässig verteuert, weg gelassen und dafür von den im Orte vorhandenen Kraftleitungen billiger Strom zum direkten Betrieb der Motorwagen erhalten werden könnte. Das Beispiel von Lugano lehrt, dass dies in der That in einfachster Weise möglich ist; ebenso ist es einleuchtend, dass in Gegenden, wo primäre Hauptleitungen oft stundenweit den Strassenzügen folgen, die Möglichkeit vorhanden ist, durch Abzweigung einzelner Transformatorenstationen an passenden Stellen eine die Strasse befahrende elektrische Bahn in rationellster Weise mit Strom zu versorgen.

Die Möglichkeit, von einer und derselben Kraftstation aus an verschiedenen Orten gleichzeitig stationäre und automobile Motoren für Bahnbetrieb speisen zu können, bildet zugleich auch einen Fortschritt in wirtschaftlicher Hinsicht, weil dieselbe den Elektricitätswerken, welche nur zu häufig nicht wissen, wo sie ihre überschüssige Kraft absetzen sollen, einen neuen Weg zeigt, diesen Absatz zu vergrössern, die Anlage besser auszunützen und das Betriebsergebnis günstiger zu gestalten.

Der Drehstrom-Tram in Lugano stellt somit nicht bloss eine hervorragende Neuerung auf dem Gebiete der elektrischen Bahnen dar, sondern es dokumentiert derselbe auch eine weitere bedeutsame Steigerung der Leistungsfähigkeit des Mehrphasen-Wechselstrom-Systems in technischer und wirtschaftlicher Beziehung.

Photogrammetrische Studien und deren Verwertung bei den Vorrarbeiten für eine Jungfraubahn.

Von Prof. Dr. C. Koppe in Braunschweig.

III. (Schluss.)

Einen Beweis, welche Genauigkeit mittelst der direkten Winkelmessung durch das Objektiv der Camera mit dem Phototheodoliten erreichbar ist, kann folgendes Beispiel geben, für welches die lineare Ausmessung in Potsdam und Braunschweig bereits erwähnt wurde.

Resultate der Ausmessung der am 7. Mai 1895 in Braunschweig mit dem Phototheodoliten gemachten Aufnahmen.

Platte	Doppelte Distanz	Braunschweig mm	Potsdam mm	Differenz mm	Mittel	Direkte Winkel- messung durch das Objektiv
I	Saturn - α Virginis	62,215	62,216	- 0,001	62,216	23° 5' 25"
		62,213	62,212	+ 0,001		
		62,219	62,221	+ 0,002		
»	Mond - α Virginis	56,225	56,227	- 0,002	56,270	20° 56' 7"
		56,277	56,274	+ 0,003		
		56,308	56,308	+ 0,003		
II	Saturn - α Virginis	62,219	62,213	+ 0,006	62,218	23° 5' 10"
		62,218	62,214	+ 0,004		
		62,226	62,221	+ 0,005		
»	Mond - α Virginis	57,446	57,448	- 0,002	57,479	21° 22' 14,5"
		57,482	57,484	- 0,002		
		57,508	57,508	0		
III	Saturn - α Virginis	62,239	62,239	0	62,237	23° 5' 3"
		62,234	62,233	+ 0,001		
		62,238	62,239	- 0,001		
»	Mond - α Virginis	58,451	58,443	+ 0,008	58,474	21° 43' 19,5"
		58,477	58,470	+ 0,007		
		58,507	58,495	+ 0,012		
IV	Saturn - α Virginis	62,219	62,211	- 0,002	62,216	23° 4' 53,5"
		62,211	62,210	+ 0,001		
		62,216	62,219	- 0,003		
»	Mond - α Virginis	59,901	59,898	+ 0,003	59,930	22° 15' 16,5"
		59,933	59,928	+ 0,005		
		59,962	59,958	+ 0,004		

Die Winkelmessung durch das Objektiv des Phototheodoliten, deren Resultate in der Spalte 7 mitgeteilt sind, wurde ausgeführt vom Landesvermessungs-Ingenieur Seiffert und zwar in je zwei Doppelsätzen auf dem Pfeiler im Auditorium für Geodäsie. Der mittlere Einstellungsfehler beim Bisektieren der kleinen Sternbildchen betrug nur wenige Bogensekunden.

Die obenstehende Tabelle lässt zunächst folgende Vergleichung zu: Für jede Platte sollen sich die linearen Massen der beiden Distanzen verhalten, wie die Tangenten der halben, direkt gemessenen Winkel, z. B. soll sein:

$$62,216 : 56,270 \equiv \tan \frac{23^{\circ} 5' 25''}{2} : \tan \frac{20^{\circ} 56' 7''}{2}$$

Anstatt der Tangenten vergleicht man übersichtlicher die Winkel, wenn man vorstehenden Ausdruck schreibt:

$$\text{arc. tg} \left(\tan \frac{23^{\circ} 5' 25''}{2} \cdot \frac{56,270}{62,216} \right) \equiv \frac{20^{\circ} 56' 7''}{2} \equiv 10^{\circ} 28' 3,5''$$

Auf diese Weise erhält man folgende Zusammenstellung:

Platte	berechnet	direkt gemessen	Differenz B-R.
I	10° 28' 3,3"	10° 28' 3,5"	+ 0,2"
II	10 41 6,1	10 41 7,2	+ 1,1
III	10 51 37,4	10 51 39,7	+ 2,3
IV	11 7 38,5	11 7 38,2	- 0,3

Die Abweichungen sind überraschend gering, und zeigen, einer wie grossen Genauigkeit die Winkelmessung durch das Objektiv fähig ist. Interessant ist ferner die regelmässige Winkel-Zunahme der vier Distanzen Saturn - α Virginis. Dieselben werden mit den zugehörigen Beobachtungszeiten und linearen Abmessungen:

Mittl. Bm. Zeit	Saturn - α Virginis
9 h 45,2 m	11° 32' 42,5" 31,108 mm
10 11,4	32 35,0 31,109
10 33,8	32 31,5 31,119
11 0,1	32 26,8 31,108

Die Resultate der Winkelmessung durch das Objektiv lassen die Eigenbewegung des Saturn deutlich erkennen. Dieselbe beträgt nach dem nautischen Jahrbuche am 7. Mai d. J. stündlich in Rektascension $-10,5''$ und in Deklination $-3,5''$. Da Saturn östlich von α Virginis stand, verringert sich die Distanz beider stündlich um $11''$, also von 9 h 45 m bis um 11 Uhr um $14''$, während die unmittelbare Messung durch das Objektiv der Camera eine Abnahme von $16''$ ergiebt. Die lineare Ausmessung der Platten zeigt eine solche Regelmässigkeit nicht. Es ist dies nur dadurch zu erklären, dass die Platten nicht vollständig eben sind.*). Die Ungleichheiten wirken auf die beiden Distanzen für eine und dieselbe Platte gleich, weil beide nahe gleich gross und gleich gerichtet sind. Bei der Winkelmessung durch das Objektiv hingegen heben sich die Unregelmässigkeiten der Platten direkt wieder auf, weil ja die Strahlen ebenso aus dem Objektiv wieder austreten, wie sie in dasselbe eintraten. Hierach ist somit das Ausmessen der Platten, bzw. Aufnahmen durch das Objektiv des Phototheodoliten der feinsten und genauesten linearen Messung überlegen. Ob und in wie weit man von dieser Art der Messung auch für andere Präzisionsarbeiten mit Vorteil Gebrauch machen kann, was ja unzweifelhaft nach vorstehenden Erfahrungen der Fall sein wird, hier eingehend erörtern zu wollen, würde zu weit führen.

Es kam mir vornehmlich darauf an, durch praktisch ausgeführte Messungen den Nachweis zu liefern, dass sich mit dem Phototheodoliten auf photogrammetrischem Wege eine Genauigkeit bis auf einzelne Bogensekunden in der Winkelmessung bei mässigen Dimensionen des Instrumentes erreichen lässt. Die abgebildeten Objekte, die Sterne, waren aber die für die Messung denkbar günstigsten, in Folge ihrer regelmässigen Gestalt etc., welche ein genaues Einstellen ermöglicht. Wird sich eine analoge Genauigkeit der Messung bei terrestrischen Objekten, z. B. steilen Felspartien mit natürlichen Terrainpunkten verwerten lassen? Die hauptsächlichste Fehlerquelle bei photogrammetrischen Terrainaufnahmen liegt in der Schwierigkeit, die von zwei oder mehreren Standpunkten aus aufgenommenen Punkte in den Bildern genau zu identifizieren, wenn die Schnitte der Visierstrahlen unter hinreichend grossen Winkeln stattfinden sollen. Bei kleiner Parallaxe ist die Identifizierung leicht genau auszuführen, aber es wird die Punktbestimmung unsicher wegen der spitzen Schnitte, wenn die Winkelmessung nicht sehr genau ist. Wird die Parallaxe grösser, so wächst die Unsicherheit sehr rasch wegen der Schwierigkeit, korrespondierende Punkte genau zu identifizieren. Mit einer guten Stegemannschen photogrammetrischen Messkamera, wie solche zu photographischen Aufnahmen benutzt werden, fand ich den mittleren Fehler einer Richtungsbestimmung zu $1-2$ Bogenminuten bei Abbildung scharfbegrenzter Signale, hingegen den mittleren Fehler einer Winkelbestimmung bei Aufnahme des Rosstrappe-Felsens zu 10 Minuten. Hierbei betrug die Parallaxe $50''$, die erreichte Genauigkeit der Punkt-Einschnitte somit rund $1:300$.

Mit einer solchen Genauigkeit hat man sich im allgemeinen bei photographischen Aufnahmen begnügt. Bei Vorarbeiten für eine Jungfraubahn würde dieselbe ganz unzureichend sein, auch abgesehen davon, dass z. B. bei den Aufnahmen der Eigerwand Neigungen der Achse von 30° bis 40° notwendig werden, bei welchen die Leistungen der

besten Objektive recht bedenklich sind, wenn man mit horizontaler optischer Achse arbeiten muss.

Der Phototheodolit bietet den Vorteil, bei allen Neigungen stets die Mitte des photographischen Gesichtsfeldes benutzen und dabei so kleine Parallaxen anwenden zu können, dass eine genaue Identifizierung identischer Terrainpunkte möglich ist. In Verbindung mit der genauen Winkelauflösung durch das Objektiv der Camera liefert er die Möglichkeit, Terrainaufnahmen im unzugänglichen Hochgebirge mit einer Genauigkeit auszuführen, welche sich mit den seither benutzten topographischen Methoden und Instrumenten auch nicht annähernd erreichen lässt. Mit der Camera von nur 15 cm Brennweite erreichten wir bei der Aufnahme der Eigerwand eine Genauigkeit der Punkt-Einschnitte, welche mehr wie zehn mal grösser war, wie bei der oben erwähnten Aufnahme des Rosstrappe-Felsens, und mit grösseren, speziell für solche Zwecke gebauten Instrumenten lässt sich unschwer eine Genauigkeit erzielen, welche für alle Anforderungen des Bahnbaues in solchen Gegenden ausreichend ist. Dies betrachte ich als das wichtigste Resultat unserer Aufnahmen am Eiger.

Miscellanea.

Schweizerische Eisenbahnen. Der Bundesrat beantragt der Bundesversammlung die Erteilung bzw. Abänderungen oder Erneuerung nachfolgender Eisenbahn-Konzessionen:

Drahtseilbahn von Luzern auf den Dietschenberg (Kleiner Rigi). Konzessionäre: HH. Ing. A. Trautweiler in Strassburg und Ing. M. Stocker in Luzern zu Handen einer zu bildenden Aktiengesellschaft. Sitz: Luzern. Die Anfangsstation liegt hinter dem Hôtel de l'Europe nahe der Haldenstrasse, Höhenquote 446,40, die Endstation in der Nähe des Landhauses auf Dietschenberg, Höhenquote 634. Höhenunterschied: 187,60 m, Spurweite: 1 m. Die Länge der eingelegisen Bahn beträgt bei einer mittleren Steigung von $14,71\%$ 1300 m, die Maximalsteigung $16,6\%$, der Minimalradius 150 m. Die Anlage ist ähnlich wie bei der Stanserhornbahn ohne Zahnstange. Die Betriebskraft liefert ein Elektromotor von 40 P.S. Baukosten: 290 000 Fr. Fristen: Finanzausweis etc.: 1 Jahr. Beginn der Erdarbeiten: 6 Monate nach der Plangenehmigung. Vollendung: 18 Monate nach dem Beginn der Erdarbeiten.

Drahtseilbahn vom Hotel Reichenbach zum obersten Reichenbachfall bei Meiringen. Konzessionäre: HH. Fr. J. Bucher in Kerns und Ing. Elias Flotron in Meiringen zu Handen einer zu bildenden Aktiengesellschaft. Sitz: Meiringen. Die Bahn nimmt ihren Anfang bei der projektierten Station der Zahnradbahn von Meiringen nach Grindelwald am Fusse der Reichenbachfälle (Kote 600), zieht sich in einer Kurve von 150 m Radius oberhalb des untersten Reichenbachfalles nach dem «Kesselfall», nachdem sie bei Hektometer 2 den Reichenbach überschritten hat. Vom «Kesselfall» folgt die Linie dem linken Ufer des Reichenbachs und führt dann durch einen Tunnel von 143 m Länge zur Endstation (Kote 832,84). Höhenunterschied: 232,84 m. Länge der Bahn: 530 m. Spurweite: 1 m. Maximalsteigung: 59 %. Betriebskraft: Wasserübergewicht oder Elektricität. Baukosten: 350 000 Fr. Fristen: Finanzausweis etc.: 1 Jahr. Beginn der Arbeiten: 6 Monate nach der Plangenehmigung. Vollendung: 2 Jahre nach dem Beginn der Erdarbeiten.

Drahtseilbahn bzw. Zahnradbahn von der Kleinen Scheidegg auf das Lauberhorn. Konzessionäre: HHL. Ing. X. Imfeld in Zürich und Ing. M. Stocker in Luzern zu Handen einer zu bildenden Aktiengesellschaft. Sitz: Interlaken. I. Variante: *Drahtseilbahn*. Die Anfangsstation Kleine Scheidegg (Station der Wengernalpbahn) liegt auf einer Höhe von 2066 m, die Endstation Lauberhorn auf einer Höhe von 2466 m. Höhenunterschied: 400 m. Länge der eingelegisen Bahn: 1300 m. Spurweite: 1 m. Mittlere Steigung: 35 %, Maximalsteigung 40 %. Auf der Station Kleine Scheidegg ist ein Aufnahmegebäude, auf dem Gipfel ein Stationsgebäude mit Aussichtsterrasse und Restaurierung, sowie eine Anlage für Kraftgewinnung zum Betrieb der Seilbahn in Aussicht genommen. Die Frage der motorischen Kraft ist noch nicht entschieden. Im Falle schwieriger Kraftbeschaffung ist deshalb als zweite Variante eine *Zahnradbahn* mit Lokomotivbetrieb vorgesehen. Baukosten: 500 000 Fr. Fristen: Finanzausweis etc.: 2 Jahre. Beginn der Erdarbeiten: 6 Monate nach der Plangenehmigung. Vollendung: $1\frac{1}{2}$ Jahre nach Beginn der Erdarbeiten. Nach der II. Variante (Zahnradbahn) würde die Linie eine Gesamtlänge von 2350 m erhalten, wovon zwei horizontale Strecken von je 150 m und eine Länge

*) Das Glas der Platten war sogenanntes «Spiegelglas», nicht geschliffenes Glas, wie es zur Aufnahme der neuen Himmelkarte benutzt wird.