Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik = Revue technique suisse des mensurations et améliorations foncières

Herausgeber: Schweizerischer Geometerverein = Association suisse des géomètres

Band: 17 (1919)

Heft: 2

Artikel: Statik der Luft-Seilbahnen

Autor: Zwicky, C.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-185563

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: 16.07.2025

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

Berechnung der Arbeitstage.

	Unternehmer		Angestellter	
Jahrestage		365		365
abzüglich:				
Sonn- und Feiertage . .	62		62	
Militärdienst	16		16	
Ferien und Krankheit . .	20		20	
Acquisition etc.	12	110	—	98
Arbeitstage		255		267

Berechnung der Regietaglöhne.

	Unternehmer	Grundbuchgeometer		Techniker		Gehilfen	
Jahresgehalt . .	Fr. 7000	4500—	6000	3000—	5000	8—	12
Geschäftsunkosten 25 %	„ 1750	1125	1500	750	1250	2	3
Gewinn und Risiko 25 %	„ —	1125	1500	750	1250	2	3
	Fr. 8750	6750—	9000	4500—	7500	12—	18
Regietaglöhne (Bureau) .	„ 34	25—	34	17—	28	12—	18
Feldzulage (Minimum) . .	„ 6	6	6	5	5	—	—

In der Differenzierung der Taglohnpreise ist die Qualifikation der Angestellten zu berücksichtigen.

Die Taxationskommissionen werden Gelegenheit erhalten, die Berechnung der Regie- und Akkordpreise in einer mehrtägigen Konferenz mit Vertretern des Grundbuchamtes zu besprechen und eventuell zu regeln. Da diese Konferenz voraussichtlich noch diesen Monat stattfindet, werden alle Kreise des Schweizerischen Geometervereins ersucht, ihre Aeußerungen zu vorstehendem Ergebnis umgehend an Unterzeichneten einzusenden. Diese Berechnungen bilden die Grundlage für zukünftige Taxationen von Regie- und Akkordarbeiten.

Baden, den 1. Februar 1919.

Im Auftrage der Konferenz,
Der Schriftführer: *E. Schärer,* Baden.

Statik der Luft-Seilbahnen.

Von *C. Zwicky,* Professor an der Eidgen. Technischen Hochschule Zürich.

Einleitung.

Eine immer mehr um sich greifende Abwanderung der Bevölkerung vom Lande nach den Städten — und ganz besonders eine Abnahme der Bevölkerungszahl in den Gebirgsgegenden —

ist eine Erscheinung im heutigen Wirtschaftsleben, welche vom Gesichtspunkte des allgemeinen Staatsinteresses zu ernsten Besorgnissen Veranlassung gibt. Daher ist es dringend notwendig, allen den Maßnahmen, durch welche jene Abwanderung, wenn auch nicht ganz verhindert, so doch zum großen Teil eingeschränkt werden kann, die volle Aufmerksamkeit zu schenken.

Als wirksamstes Mittel hiefür ist nun jedenfalls die Verbesserung der Erwerbs- und Lebensbedingungen auf dem Lande zu bezeichnen, und hiefür kommt in erster Linie eine Vervollkommnung der dortigen Verkehrsverhältnisse in Betracht.

Das leistungsfähigste Verkehrsmittel — die Eisenbahn — kann im allgemeinen nur für die noch ziemlich stark bevölkerten Talgegenden in Frage kommen. Im Gebirge dagegen sind Eisenbahnen meistens ausgeschlossen, weil einerseits die Anlage- und Betriebskosten infolge des kupierten und steilen Geländes sehr hoch ausfallen würden, während anderseits die Einnahmen wegen des geringen Verkehrs sehr mäßig sein würden. Eine Ausnahme bilden nur vereinzelte Gegenden mit einem stark entwickelten Fremdenverkehr, sowie Gebirgstäler, welche für eine internationale Eisenbahnroute in Betracht kommen.

Abgesehen von diesen günstigen Ausnahmefällen bilden für die Gebirgsgegenden die Straßen das wichtigste Verkehrsmittel, welche gegenüber den Eisenbahnen den Vorteil besitzen, an jedem ihrer Punkte Verkehr aufnehmen zu können. Sehr häufig sind aber die vorhandenen Wege äußerst mangelhaft, und zwar nicht nur hinsichtlich ihrer Anzahl, sondern auch bezüglich ihrer Linienführung und ihres baulichen Zustandes. Dies hat eine Erhöhung der Transportkosten zur Folge, weil die Zugkraft der Zugtiere schlecht ausgenutzt und das Wagenmaterial stark abgenutzt wird.

Je mehr sich das Eisenbahnnetz auch in weniger dicht bevölkerte Landesgegenden ausdehnt, desto mehr bleiben diejenigen Gebiete im Nachteil, welche auf die Wohltat einer Bahn noch für längere Zeit verzichten müssen. Um so mehr muß es dann Aufgabe des Staates sein, nicht nur die Ausführung von Eisenbahnen, sondern auch diejenige von Straßen in den ungünstiger gelegenen Gegenden durch finanzielle Beiträge zu unterstützen; denn in beiden Fällen äußert sich die Verkehrsverbesserung nicht nur als Vorteil für den Verkehr der be-

treffenden Gegend mit der Außenwelt, sondern auch für den Verkehr der letztern nach jener Gegend; an einem guten Alpweg profitieren z. B. nicht nur die Alpbesitzer, sondern auch der Arzt, der Tierarzt, der Bauhandwerker und das Heer der Touristen.

* * *

Nicht selten sind die Berggüter, Wälder und Alpweiden von den Talgegenden durch steile, zum Teil felsige Abhänge getrennt. Hier läßt sich dann wohl ein für den Personenverkehr hinreichender Fußweg mit verhältnismäßig geringen Kosten anlegen, während ein Fahrweg nicht nur sehr teuer zu stehen käme, sondern infolge der großen Steigung auch wenig leistungsfähig sein würde. Es kann sich dann unter Umständen empfehlen, den Lastenverkehr und den Personenverkehr räumlich zu trennen. Für den Verkehr von Fußgängern, sowie für den Auftrieb und Abtrieb des Viehes genügt ein schmaler Fußweg, der Lastenverkehr — Holz und Alpprodukte talwärts, Lebensmittel und Baumaterialien bergwärts — kann in bequemer und billiger Weise durch eine Luftseilbahn vermittelt werden.

Drahtseilbahnen für den Holztransport sind schon seit längerer Zeit häufig zur Ausführung gelangt, in der Schweiz wohl am meisten im Kanton Tessin und im bündnerischen Misoxertal. Anlagen dieser Art für den mehr landwirtschaftlichen Verkehr wurden dagegen hauptsächlich erst in der neuesten Zeit ausgeführt, und die günstigen Erfahrungen, die mit denselben gemacht wurden, lassen erwarten, daß zahlreiche weitere Ausführungen folgen werden. Im fernern finden Drahtseilanlagen auch immer mehr Anwendung für den Transport der Baumaterialien für große Bauwerke, wie z. B. weitgespannte Viadukte.

Der Umstand, daß die Projektierung von Verkekrswegen im Gebirge vorzugsweise dem Kulturingenieur obliegt, bringt es mit sich, daß demselben dann in der Regel auch die Vorarbeiten und die Bauleitung von Luftseilbahnen übertragen werden. Daher dürfte es gerechtfertigt sein, derartigen Anlagen auch in dieser Zeitschrift eine gewisse Aufmerksamkeit zu schenken.

Die nachfolgende Abhandlung befaßt sich nun ausschließlich nur mit den statischen Verhältnissen bei Luftseilbahnen. Wenn die konstruktiven Details dabei fast ganz außer acht gelassen werden, soll damit natürlich deren Bedeutung für die praktische Ausführung in keiner Weise bestritten werden.

A.

Allgemeine Grundlagen.

I.

Die maßgebenden Faktoren für die statische Berechnung.

Die Form eines gespannten Seiles, sowie dessen Zugbeanspruchung ist bedingt durch die folgenden Verhältnisse:

1. die *Unterstützungspunkte* des Seiles in Bezug auf ihre Anzahl, ihre horizontale Entfernung und ihren Höhenunterschied;

2. die Art der *Befestigung* des Seiles bei den Stützpunkten (Verankerung im Boden, Ausbalancierung durch ein Gegengewicht, oder durch die Gegenspannung einer weitern Spannweite);

3. *Länge* des Seiles im Verhältnis zur direkten schiefen Entfernung der Stützpunkte;

4. *Belastung* des Seiles durch sein eigenes Gewicht, durch Schneedruck oder durch Winddruck, sowie durch bewegliche Verkehrslasten;

5. *Deformationen* des Seiles durch Aenderungen der Temperaturen oder der Belastungen;

6. *Festigkeitsverhältnisse* des Seilmaterials.

Schon aus der großen Anzahl dieser bei der Statik eines Seiles mitspielenden Faktoren läßt sich vermuten, daß es sich dabei um ziemlich komplizierte Verhältnisse handeln wird, daß aber gerade deswegen eine kritische Erfassung dieser Faktoren für die Praxis von großem Werte sein wird.

Um den Ergebnissen der theoretischen Untersuchungen eine reellere Unterlage zu verschaffen, werden wir dieselben jeweils auf ein numerisches Beispiel anwenden. Und um dieses letztere für den Praktiker interessanter zu gestalten, legen wir demselben solche Daten zugrunde, welche den Verhältnissen bei einer ausgeführten Anlagen sehr nahe kommen.

Eine solche Anlage ist nun

II.

Die Drahtseilbahn bei Starkenbach.

1. *Allgemeines.* Die im Jahre 1908 unter Leitung des kulturtechnischen Bureaus des Kantons St. Gallen ausgeführte Anlage hat den Zweck, den Transport von Lasten aus dem Toggenburgertal nach der Alp Selun im Churfirstengebiet und umgekehrt von

dieser ins Tal zu vermitteln; ein Transport von Personen ist dagegen nicht beabsichtigt und zur Zeit sogar direkt verboten.

2. *Längenprofil.* Die gesamte Bahn hat eine horizontale Länge von rund 1450 m und überwindet auf dieser einen Höhenunterschied von rund 650 m. Das Seil ist an fünf Punkten unterstützt. Ueber die Lage und Höhe der Stützpunkte, sowie über die einzelnen Spannweiten gibt die nachfolgende Tabelle Aufschluß.

Unterstützungspunkte					Spannweiten			
Nr.	Stationierung L m	Koten			Entfernungen			Mittlere Seilneigung $p = \frac{h}{l}$ %
		Terrain T m	Seil S m	Differenz S—T m	horizontal $l = \Delta L$ m	vertikal $h = \Delta S$ m	schief $d = \sqrt{l^2 + h^2}$ m	
A	0	908.0	910.0	2.0				
					935.0	366.9	1004.4	39.24
B	935.0	1264.9	1276.9	12.0				
					134.9	74.1	153.9	54.93
C	1069.9	1347 0	1351.0	4.0				
					156.9	88.1	179.9	56.15
D	1226.8	1431.1	1439.1	8.0				
					221.8	120.4	252.4	54.28
E	1448.6	1556.5	1559.5	3.0				

Die sehr ungleiche Größe der vier Spannweiten ist durch das Längenprofil der Terrainlinie motiviert; dieselbe könnte sich aber auch durch Richtungsänderungen im Grundriß erklären. Bei der Ausführung ist die Stütze C weggelassen worden.

Am 9. Oktober 1913 haben wir bei der untersten Station A die Neigung des Seiles zu 26,5 % ermittelt. Dabei war das Seil nur durch sein eigenes Gewicht belastet und es betrug die Temperatur der Luft zirka + 10° C.

3. *Das Tragseil.* Dasselbe besteht aus zwei parallel verlaufenden Drahtseilen aus Gußstahl. Jedes Drahtseil besitzt einen Durchmesser von 16 mm und ist aus sechs Litzen zu je sieben Drähten mit 1,8 mm Durchmesser zusammengesetzt. Die Drahtlitzen sind um eine Hanfseele gewunden.

Der Eisenquerschnitt des Drahtseiles mißt $F = 1{,}07\ cm^2$
und es beträgt das Gewicht des Drahtseiles $g = 1{,}03\ kg/m^1$.
Die Zugfestigkeit dieses Seiles wurde ermittelt zu $K_z = 15000\ kg/cm^2$

so daß die Tragkraft desselben beträgt $F \cdot K_z = T_z = 16050$ kg.

Der statischen Berechnung legt man im allgemeinen als Sicherheit $S = K_z : \sigma$ zugrunde:

für die Tragseile $\sigma = 4 \div 6 \div 8$
für die Zugseile $\sigma = 8 \div 10 \div 12$

Bei der Starkenbacher Anlage wurde für das Tragseil eine drei- bis vierfache Sicherheit als ausreichend erachtet mit Rücksicht darauf, daß hier eine Beförderung von Personen nicht in Frage kommt.

4. *Verkehrslast.* Als Nutzlast ist eine maximale Belastung mit 200 kg in Aussicht genommen, so daß sich einschließlich des Gewichtes des leeren Wagens von 70 kg die maximale Bruttobelastung auf 270 kg beläuft.

5. *Beförderungsmittel.* Für den Bergtransport kleinerer Lasten dient ein von Hand betriebenes Zugseil.

III.

Dimensionsannahmen für die Rechnungsbeispiele.

Wir setzen voraus, es handle sich um eine Luftseilbahn mit nur einer Spannweite, so daß das Seil nur in seinen beiden Endpunkten A und B unterstützt ist; ferner nehmen wir die Dimensionen in der Weise an, daß sie einer ausgeführten Anlage tunlichst entsprechen und dabei derart kritisch sind, daß eine genauere Untersuchung in statischer Beziehung besonders geboten erscheint.

Dies würde nun bei den Verhältnissen in der untersten Spannweite der Starkenbacher Anlage vollauf zutreffen. Für die Zwecke einer theoretischen Anleitung empfiehlt es sich indessen, die Dimensionsdaten etwas abzurunden; dadurch gestalten sich nämlich die numerischen Rechnungen etwas einfacher und die Ergebnisse lassen sich besser überblicken, während anderseits die Rechnungsmethoden in ihrer allgemeinen Gültigkeit doch keine Einbuße erleiden.

Dem entsprechend legen wir den Rechnungen folgende einfachen Dimensionsdaten zugrunde:

Spannweite: $A B' = l = 800$ m
Steigung: $B' B = h = 320$ m
Seilgewicht: $g = 1{,}0$ kg/m[1]

Damit ergibt sich als Neigung $\bar{p}$ der Sehne A B: $p = \frac{h}{l} = 40\,\%$, was mit der Neigung $\bar{p} = 39{,}24\,\%$ bei der Starkenbacher Anlage fast genau übereinstimmt, so daß die der letztern entsprechenden statischen Verhältnisse sehr leicht aus den Resultaten der Rechnungsbeispiele ermittelt werden können.

IV.

Allgemeines über die Seilformen.

Den Querschnitt des Drahtseiles setzen wir im Verhältnis zur Seillänge als so klein voraus, daß die Annahme zulässig ist, das Seil besitze keine Druckfestigkeit und infolge dessen auch keine Biegungsfestigkeit. Die äußern Kräfte denken wir uns nach Größe und Richtung als fest gegeben, während ihre Angriffspunkte in bestimmten Punkten der Seilachse liegen, mit diesen letztern aber im Raume beliebig verschiebbar sind.

Ein gewichtlos gedachtes Seil, das nur in seinem Anfangspunkt A befestigt und in einem Punkte P durch eine im Raum beliebig gerichtete Kraft K belastet ist, wird sich strecken, bis die Achse des Seilstückes A P in die Gerade der Kraft K zu liegen kommt; letztere wirkt dann als eine zentrische Zugkraft.

Wird das gewichtlose, in P durch K belastete Seil in seinen beiden Endpunkten A und B aufgehängt, so wird es nach zwei Geraden A P und B P deformiert, welche mit der Kraft K in einer Ebene liegen; das Seil wird daher seitlich verschoben, bis die Kraft K die Sehne A B schneidet. Durch Zerlegung der Kraft K in die Richtungen P A und P B erhält man die in diesen zwei Seilstücken auftretenden Zugkräfte, welchen die in A und B auftretenden Reaktionen S_A und S_B das Gleichgewicht halten. — Ist die Kraft K speziell ein Gewicht — also eine vertikal abwärts gerichtete Kraft — dann liegt die Seillinie A P B in der Vertikalebene durch die Sehne A B.

Greifen in mehreren Seilpunkten P_1, P_2, P_3 ... Kräfte K_1, K_2, K_3 von beliebiger Richtung im Raume an, dann erhält die Seilachse die Form eines Polygonzuges A P_1 P_2 P_3 ... B, wobei die Seilstücke P_i P_{i-1} und P_i P_{i+1} mit der Kraft K_i je in einer Ebene liegen, so daß K_i durch die Sehne P_{i-1} P_{i+1} geht; die Kräfte P_1 P_2 ... bilden zusammen mit den Reaktionen S_A und S_B ein geschlossenes Kräftepolygon. Seilpolygon und Kräftepolygon

sind speziell ebene Figuren, wenn sämtliche Kräfte K_i die Sehne A B schneiden. Für Gewichte G_1, G_2 . . . liegt das Seilpolygon in der Vertikalebene durch A B.

Wenn das Seil durch unendlich viele, unendlich kleine, unendlich nahe Kräfte d K belastet ist, deren Richtung sich stetig ändert, dann geht das Seilpolygon in eine Seilkurve und das Kräftepolygon in eine Kräftekurve über. Diese beiden Kurven werden ebene Kurven, sofern alle Kräfte d K die Sehne A B schneiden; für Gewichte d G liegt die Seilkurve — die alsdann als *Kettenlinie* bezeichnet wird — in der Vertikalebene durch A B, während die Kräftekurve nun in eine vertikale Gerade zusammenschrumpft.

Bei Luftleitungen für Elektrizität kommt nur eine kontinuierliche Belastung mit Kräften d K in Betracht, welche sich aus dem konstant wirkenden Eigengewicht des Seiles und einer zufälligen Belastung durch Schneedruck und seitlichen Winddruck zusammensetzt.

Bei Luftseilbahnen kommt außer diesen kontinuierlichen Lasten auch noch eine zufällige Belastung durch einzelne größere Verkehrslasten K zur Geltung.

Außerdem sind die Form und die Zugbeanspruchung des Seiles auch noch von der jeweiligen Lufttemperatur abhängig, wobei die Art der Aufhängung des Seiles eine maßgebende Rolle spielt.

Bei der Bestimmung der Form eines gespannten Seiles, sowie der in demselben auftretenden Zugspannungen sind nun in Betracht zu ziehen:

A. das Eigengewicht des Seiles;
B. die Stützpunkte;
C. Temperaturänderungen;
D. Schneedruck;
E. Winddruck;
F. Verkehrslasten.

(Fortsetzung folgt.)