Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 93/94 (1929)
Heft: 24

Artikel: Spezifischer Energieverbrauch der Bergbahnen
Autor: Kummer, W.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-43360

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: 22.07.2025

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

INHALT: Spezifischer Energieverbrauch der Bergbahnen. — Neubau der Firma Gebr. Volkart Winterthur. — Zur Erhöhung der Nilstaumauer bei Assuan. — Von der Montage der neuen Hängebrücke über den Rhein in Köln-Mülheim. — Von der schweiz. Maschinenindustrie im Jahre 1928. — Mitteilungen: Ein Landesplanungs-Ausschuss für Gross-London. Die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft. Der Schweizerische Elektrotechnische Verein. Basler Rheinhafenverkehr. Die Fünf-Tage-Woche. Der Verband Deutscher Elektrotechniker. Der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband. Ein S. I. A.-Kurs für Eisenbetonbau. — Nekrologe: A. C. Bonzanigo. — Wettbewerbe: Neues Stadthaus Locarno. Protestant. Kirche Landeron. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Band 93 Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 24

Spezifischer Energieverbrauch der Bergbahnen.

Von Prof. Dr. W. KUMMER, Ing., Zürich.

Durch die elektrische Zugförderung ist der Gebrauch von Kennziffern des spezifischen Energieverbrauchs von Eisenbahnen, insbesondere der in Wattstunden pro Tonnen-Kilometer (Wh/tkm) ausgedrückten Kennziffer üblich geworden. Für Bergbahnen lässt sich nun, wie im folgenden gezeigt wird, eine andere, zweckmässigere Kennziffer des spezifischen Energieverbrauchs aufstellen, deren Bedeutung darin liegt, dass sie von Bahn zu Bahn viel kleineren Schwankungen unterliegt, als die in Wh/tkm ausgedrückte Kennziffer.

Für irgend eine Bahnanlage kann die der Transportarbeit $G \cdot l$ (Transportgewicht mal Streckenlänge) entsprechende mechanische Förderarbeit A am Radumfang in der Form

$$A = G \cdot l \, (w \cdot \cos \bar{\alpha} + \sin \bar{\alpha})$$

dargestellt werden, wobei w die *mittlere*, auch das Anfahren und Bremsen berücksichtigende Widerstandszahl, und $\bar{\alpha}$ den massgebenden *mittlern* Neigungswinkel der Strecke gegen den Horizont bedeuten. Als Mass des spezifischen Energieverbrauchs am Radumfang dient dann üblicherweise der Quotient:

$$\frac{A}{G \cdot l} = w \cdot \cos \bar{\alpha} + \sin \bar{\alpha}$$

Bei Messung von A in Wh, von $G \cdot l$ in tkm, folgt dann die gebräuchliche, in Wh/tkm ausgedrückte Kennziffer:

$$a = 2724 \cdot (w \cdot \cos \bar{\alpha} + \sin \bar{\alpha}).$$

Die grosse Veränderlichkeit, die diese Kennziffer von Bahn zu Bahn erleidet, ergibt sich daraus, dass sogar für Adhäsionsbahnen, für die nur Winkel $\bar{\alpha}$ von 0^0 bis 4^0 praktisch in Betracht fallen, ihr Zahlenwert a bei einer Widerstandszahl w von etwa 0,0055 von einem Minimum von 15 Wh/tkm bis zu einem Maximum von rund 200 Wh/tkm variiert. Für Bergbahnen, bei denen $\bar{\alpha}$ von 4^0 bis etwa 25^0 (im Falle des Zahnstangenbetriebs) bezw. bis etwa 35^0 (im Falle des Drahtseilbetriebs) schwanken kann, würde bei gleichem w die Ziffer a von 200 Wh/tkm bis auf 1160 Wh/tkm, bezw. bis auf 1575 Wh/tkm, variieren. Es ist ersichtlich, dass eine solche Ziffer für Bergbahnen keine grosse Bedeutung hat; ihre Bedeutung für Adhäsionsbahnen mit Werten $\bar{\alpha}$ unter 2^0 ist dagegen durchaus gerechtfertigt.

Zu einer den Verhältnissen der Bergbahnen wohl angemessenen Kennziffer des spezifischen Energieverbrauchs am Radumfang gelangen wir nun wie folgt. Die Arbeitsgleichung:

$$A = G \cdot l \cdot (w \cdot \cos \bar{\alpha} + \sin \bar{\alpha})$$

formen wir um, indem wir den von der Bergbahn zu bewältigenden Höhenunterschied:

$$h = l \cdot \sin \bar{\alpha}$$

einführen und:

$$A = G \cdot h \cdot (1 + w \cdot \operatorname{cotg} \bar{\alpha})$$

schreiben. Hieraus lässt sich der Quotient:

$$\frac{A}{G \cdot h} = 1 + w \cdot \operatorname{cotg} \bar{\alpha}$$

desjenigen spezifischen Energieverbrauchs am Radumfang bilden, der nun, im Gegensatze zum oben entwickelten, nicht mehr auf das längs der Strecke l gültige Produkt Gewicht mal Weg, sondern auf das längs der Höhe h gültige Produkt Gewicht mal Weg bezogen ist, und der also grundsätzlich den Reziprokwert eines Wirkungsgrades der Höhenerkletterung darstellt. Als bezügliche Kennziffer b möge bei der festen Annahme

$$h = 10 \text{ m} = 1 \text{ dam (1 Dekameter)}$$

die in Wattstunden pro Tonnendekameter (Wh/tdam) ausgedrückte Grösse:

$$b = 27{,}24 \cdot (1 + w \cdot \operatorname{cotg} \bar{\alpha})$$

dienen. Bei den für Bergbahnen in Betracht fallenden Grenzen des Winkels $\bar{\alpha}$ von 4^0 im Minimum, und von 25^0, bezw. von 35^0 im Maximum, variiert die Ziffer b von 29,3 Wh/tdam bei $\bar{\alpha}_{min}$ nur bis 27,5 bezw. bis 27,4 Wh/tdam bei $\bar{\alpha}_{max}$. Man erkennt also ohne weiteres die ausserordentliche Eignung der Ziffer b zur Kennzeichnung des spezifischen Energieverbrauchs am Radumfang der Bergbahnen. Indem wir die Ziffer b auf einen Höhenunterschied von 10 m beziehen, erlangt sie, in Wh/tdam, gerade die selben Zahlenwerte von 27,4 bis 29,3, die die Ziffer a, in Wh/tkm, für normalspurige Vollbahnen etwa aufweist, weshalb sie leicht in der Erinnerung bleibt. Bei der Anwendung der Ziffer b auf Seilbahnen mit Gewichtsausgleich ist zu beachten, dass das dabei in Betracht fallende Gewicht G nur als Gewichtsdifferenz bergfahrender und talfahrender Kompositionen erscheint [1]).

Die nahezu vollständige Invarianz der Ziffer b von Bergbahnen mit verschiedenen Neigungen $\bar{\alpha}$ erlaubt eine einfache Wirkungsgradvergleichung der für den Betrieb dieser Bahnen verwendeten elektrischen Einrichtungen, indem man die aus den Ablesungen der Elektrizitätszähler an der Energiebezugstelle ermittelten Wh/tdam vergleicht mit den aus den oben mitgeteilten Beziehungen sich ergebenden Wh/tdam am Radumfang der Fahrzeuge; da neben 1 die Grösse $(w \cdot \operatorname{cotg} \bar{\alpha})$ so wenig ausmacht, so ist eine genauere Kenntnis von w, die bei den Wirkungsgradbestimmungen der Normalbahnen notwendig und so ausserordentlich schwierig zu erhalten ist, praktisch ohne jede grössere Bedeutung. Wir können deshalb den Gebrauch der hier dargelegten Kennziffer b für die Beurteilung der Energieversorgung der Bergbahnen nachdrücklich empfehlen.

Für den Fall, dass verschiedene Bergbahntypen (Zahnradbahn, Seilbahn, Adhäsionsbahn) konkurrierend für die Erreichung einer gegebenen Höhe h beurteilt werden sollen, lässt sich zweckmässig der Quotient:

$$\frac{A}{G} = h \cdot (1 + w \cdot \operatorname{cotg} \bar{\alpha})$$

desjenigen spezifischen Energieverbrauchs am Radumfang bilden, der nur auf das gehobene Gewicht bezogen ist. Bei Angabe von h in m folgt dann die bezügliche, in Wh/t dargestellte Kennziffer:

$$c = 2{,}724 \cdot h \cdot (1 + w \cdot \operatorname{cotg} \bar{\alpha})$$

Diese Kennziffer hat aber, wie nochmals betont werden soll, nur für Bahnen mit gleicher Höhe h einen erheblichen praktischen Vergleichswert.

Es ist nun von Interesse, dass dieser Kennziffer auf einem Gebiete des Baumaschinenwesens eine relative Invarianz und damit eine etwas weiter reichende Bedeutung zugebilligt werden kann, nämlich auf dem Gebiete der *Baggereimaschinen*. Für solche sind nämlich die vertikalen Arbeitswege h nur in engen Grenzen veränderlich und kommen weiterhin die seitlichen Arbeitswege den vertikalen Arbeitswegen so nahe, dass $\operatorname{cotg} \bar{\alpha} = \sim 1$ gesetzt werden darf; endlich bedeutet dann w besonders *den* sehr hohen Widerstand, den die Bodenbeschaffenheit dem Baggereiwerkzeug (Schaufel, Greifer, Eimer oder Schürfkübel) entgegensetzt, sodass 1 neben w vernachlässigbar ist. Die in Wh/t (es handelt sich um 1 t Abraum-Material) ausgedrückte

[1]) Im Falle elektrischer Energierückgewinnung auf talfahrenden Fahrzeugen von Zahnradbahnen oder Adhäsionsbahnen ist diese Rückgewinnung nach besondern Gesichtspunkten zu beurteilen, die in der vorliegenden Darstellung nicht berücksichtigt sind.

Kennziffer *c* des Baggereibetriebs ist dann letzten Endes als kaum mehr vom Baggertypus, sondern nur noch von der *Bodenart* abhängig anzusehen, wobei sie, je nach der Bodenart, etwa in den Grenzen von 400 bis 800 Wh/t variiert. Wenn also verschiedenen Baggertypen vergleichsweise der selbe Boden zum Bearbeiten zugewiesen wird, soll ihr spezifischer Energieverbrauch in Wh/t so wenig variieren, dass er die Auswahl unter diesen Maschinentypen nicht etwa in entscheidender Weise beeinflussen darf; diese Auswahl hat vielmehr nach rein bautechnischen Gesichtspunkten zu erfolgen, während die Feststellung der Kennziffer *c* lediglich die Güte der Ausführung des Baggers in beschränktem Masse zu kontrollieren vermag. Wertvoll ist aber die Kenntnis von *c* für verschiedene Bodenarten im Vergleiche dieser untereinander.

Nach dieser Abschweifung vom eigentlichen Thema unserer Betrachtung kommen wir zurück auf die Verhältnisse der Bergbahnen, indem wir unter den verschiedenen, für die Beurteilung ihres Arbeitsverbrauchs in Betracht fallenden Kennziffern, der Kennziffer *b* nochmals entschieden den Vorzug geben.

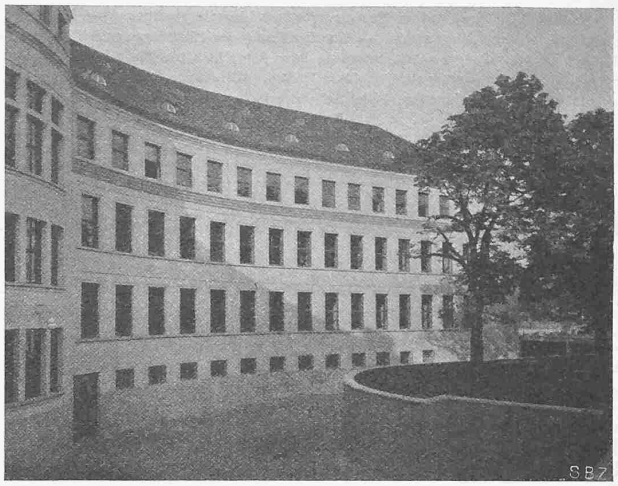

Abb. 5. Hofansicht, aus Südwest.

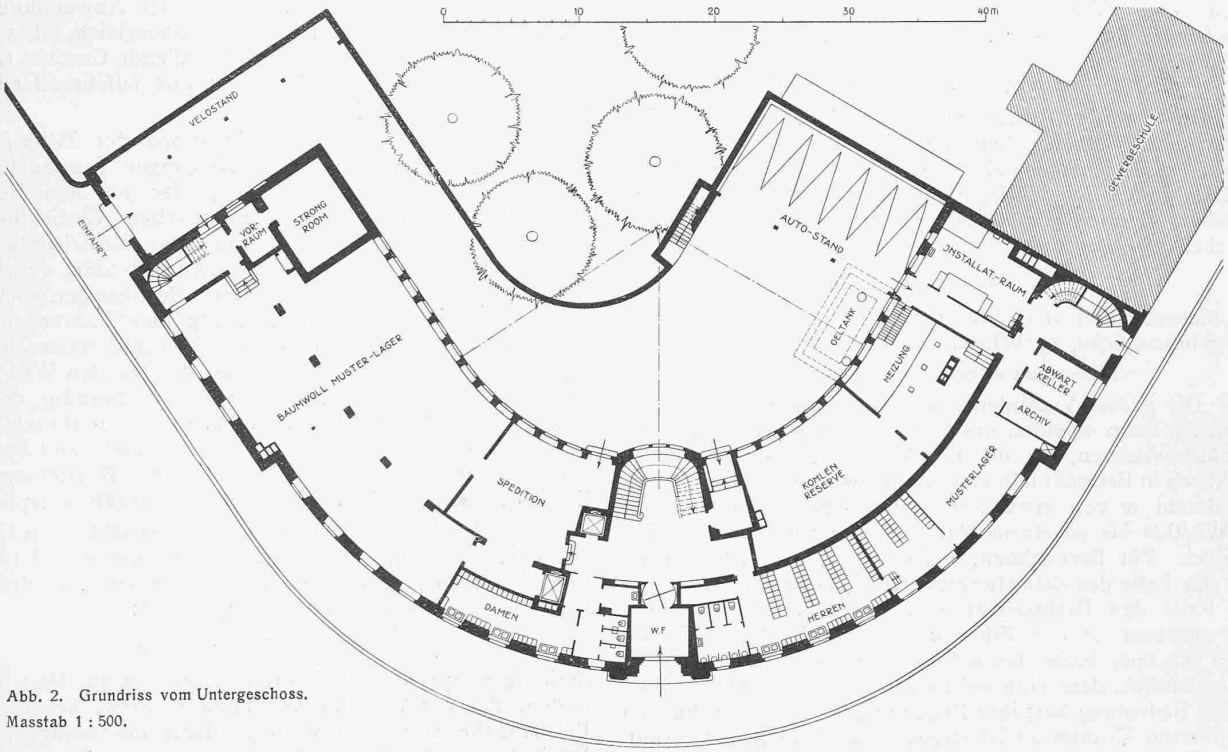

Abb. 2. Grundriss vom Untergeschoss.
Masstab 1 : 500.

Neubau der Firma Gebr. Volkart, Winterthur.

Architekten RITTMEYER & FURRER, Winterthur. (Mit Tafeln 23/24.)

Dieser Neubau beherbergt die Zentrale einer der ältesten und grössten kontinentalen Firmen im Export und Importhandel. Der Weltgeltung des Hauses entsprechend, war eine gewisse repräsentative Haltung erforderlich; durch Regelmässigkeit des Baukörpers und durch die Wahl vorzüglicher Baumaterialien ist ihr Rechnung getragen. Ueber die innere Organisation geben die Grundrisse Abb. 2 bis 4 Aufschluss: im Untergeschoss liegen die Garderoben, Lagerräume usw., im Hochparterre die Bureaux der Chefs (Abb. 8, Seite 295), Sekretariat, Konferenzzimmer (Tafel 2 unten), Sprechzimmer, Kasse, Buchhaltung (Tafel 2 oben). Der erste Stock enthält die Import- und Export-Abteilungen, der zweite im Ost-Flügel die Baumwollabteilung mit dem an seinem grossen Nordfenster kenntlichen Klassierungszimmer für Baumwollmuster (Abb. 6 und 9). Im andern Flügel liegt die Materialverwaltung, ein Raum mit achtzig Schränken für Muster, anschliessend ein Laboratorium, und an der Seite gegen den Hof die Abwartwohnung. Der

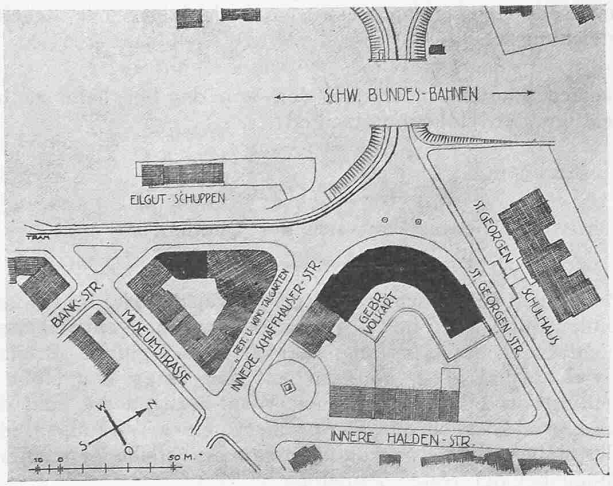

Abb. 1. Situationsplan. — Masstab 1 : 3000.