

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 17/18 (1891)  
**Heft:** 19

**Artikel:** Wirkungsgrad der Fuhrwerke  
**Autor:** Autenheimer, Fr.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-86182>

#### 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:** 13.02.2026

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

Wir fühlten uns hiezu um so mehr veranlasst, als einerseits die officielle Ausgabe des Berichtes nur in verhältnissmässig kleiner Auflage erschienen ist und nur Wenigen zugänglich sein wird, und als anderseits auch — soviel wir erfahren haben — ein Erscheinen desselben im Buchhandel von vornherein ausgeschlossen ist.

Wenn durch diese Veröffentlichung der übrige Text unserer Zeitschrift etwas zurücktreten muss, so hoffen wir auf gütige Nachsicht unserer Leser.

Zum Schluss erlauben wir uns noch allen denjenigen, welche uns durch ihr Entgegenkommen die rasche und vollständige Veröffentlichung des Gutachtens ermöglicht haben, hier unseren verbindlichen Dank auszusprechen.

## Wirkungsgrad der Fuhrwerke.

Von Prof. Fr. Autenheimer in Winterthur.

Ein Fuhrwerk als Transportmittel hat ebenso einen Wirkungsgrad wie ein Kran, ein Flaschenzug, eine Pumpe. Bei diesen letztern Transportmitteln ist der Wirkungsgrad das Verhältniss zwischen der Nettokraft zur Bruttokraft.

Beim Transport mittelst Fuhrwerk unterscheidet man die nützliche von der todten Last. Also wird hier der Wirkungsgrad sein das Verhältniss der Kraft, welche zum Fortschaffen der nützlichen oder Nettolast nöthig ist, zur Kraft, welche zum Fortschaffen der nützlichen und todten Last zugleich verwendet wird.

Der Widerstand, den ein Fuhrwerk auf horizontaler Bahn seiner Bewegung entgegensezt, hängt von verschiedenen Factoren ab, so von der Beschaffenheit der Bahn, der Fahrgeschwindigkeit, von Reibungen, gewissen Dimensionen der Theile des Fuhrwerkes u. s. w. Es wird hier nicht heabsichtigt, diese Einflüsse abzuwagen und in die Rechnung aufzunehmen; wir setzen einfach voraus, der Gesammtwiderstand des Fuhrwerkes während der Bewegung wachse proportional zum Drucke, den die Räder auf die Bahn ausüben. Sodann wollen wir noch die beiden Fälle auseinander halten, wo das Fuhrwerk die nützliche Last trägt und wo es sie nachzieht.

### a. Tragfuhrwerk.

Es sei  $P$  die todte,  $Q$  die nützliche Last und  $f$  der Widerstand, welchen das Fuhrwerk pro Einheit des Druckes der Räder auf horizontaler Bahn der Bewegung entgegensezt. Dann ist der Widerstand der todten Last  $= Pf$ , derjenige der todten und nützlichen Last zusammen  $= (P + Q)f$ ; folglich derjenige, welcher auf die nützliche Last allein verwendet wird  $= Qf$ ; mithin der gesuchte Wirkungsgrad

$$\frac{Qf}{(P+Q)f} = \frac{1}{1 + \frac{P}{Q}} \quad (1)$$

Damit dieses Verhältniss günstig, also gross ausfällt, muss  $P$  im Verhältniss zu  $Q$  klein sein. Für ein Fuhrwerk ohne Gewicht wäre der Wirkungsgrad  $= 1$  und für den unbeladenen Wagen ist er  $=$  Null.

Es sei das Verhältniss von  $P : Q$  für Luxuswagen  $= 2$ ; Frachtwagen  $= \frac{1}{2}$ ; Velocipede  $= \frac{1}{4}$ ; so beträgt der Wirkungsgrad dieser Fuhrwerke in gleicher Reihenfolge

0,33; 0,66; 0,80.

Durch den Luxuswagen werden daher 33, den Frachtwagen 66 und das Velociped 80 Procente der aufgewendeten Kraft nützlich.

Bewegt sich das Fuhrwerk auf einer *schiefen Ebene*, welche mit dem Horizont den Winkel  $\alpha$  bildet, so wird der Widerstand bei der Bewegung aufwärts: für den leeren Wagen  $= P(f \cos \alpha + \sin \alpha)$ , für die nützliche Last  $= Q(f \cos \alpha + \sin \alpha)$ ; daher der Wirkungsgrad

$$\frac{Q(f \cos \alpha + \sin \alpha)}{(Q+P)(f \cos \alpha + \sin \alpha)} = \frac{1}{1 + \frac{P}{Q}}$$

also genau wie oben unter (1). Die Steigung ist also ohne Einfluss auf den Wirkungsgrad.

### b. Schleppfuhrwerk.

Die Last  $Q$ , welche befördert werden soll, kann entweder auf der Bahn schleifen oder rollen. Im letztern Fall

kann sie auf Walzen liegen, die nicht mit der Last  $Q$  verbunden sind, deren Gewicht wir daher ausser Betracht lassen, oder sie kann auf Fuhrwerken ruhen.

Im ersten Fall, wo die nützliche Last  $Q$  ohne todte Last nachgezogen wird, sei der Widerstand der Last auf horizontaler Bahn  $= Qf_1$ ; folglich der gesammte zu überwindende Widerstand  $Qf_1 + Pf$  und der Wirkungsgrad

$$\frac{Qf_1}{Qf_1 + Pf} = \frac{1}{1 + \frac{P}{Q} \cdot \frac{f}{f_1}} \quad (2)$$

Für eine geneigte Bahn geht dieses Verhältniss über in

$$\frac{1}{1 + \frac{P}{Q} \cdot \frac{f \cos \alpha + \sin \alpha}{f_1 \cos \alpha + \sin \alpha}} \quad (3)$$

Wenn  $f_1 = f$ , so stimmt der Ausdruck (3) mit (2) überein.

Liegt die Last  $Q$  auf einem Fuhrwerk vom Gewichte  $P_1$  und verursacht dieses pro Einheit des Druckes auf die Unterlage einen Widerstand  $= f_1$ , so wird der Wirkungsgrad für eine geneigte Bahn

$$\frac{1}{1 + \frac{P_1}{Q} + \frac{P}{Q} \cdot \frac{f \cos \alpha + \sin \alpha}{f_1 \cos \alpha + \sin \alpha}} \quad (4)$$

Dieser Ausdruck lässt sich auf *Locomotiven* anwenden. In diesem Fall bezeichnet  $P$  das Gewicht der Locomotive,  $P_1$  dasjenige des Tenders sammt den angehängten Wagen,  $Q$  das mit diesem beförderte Gewicht. Es sei noch  $P_0$  der Druck der Triebräder der Locomotive auf die Schienen und  $P_0 f_0$  der Widerstand, den diese Räder dem Gleiten auf den Schienen entgegensem, so ist die an die Locomotive angehängte Last  $Q + P_1$  bedingt durch die Gleichung

$$P_0 f_0 = P(f \cos \alpha + \sin \alpha) + (Q + P_1)(f_1 \cos \alpha + \sin \alpha). \quad (5)$$

Für trockene Schienen ist der höchste Werth von  $f_0 = \frac{1}{7}$ . Verwendet man diesen Werth in (5), so liefert diese Gleichung auch den höchsten Betrag von  $Q + P_1$ , der nachgezogen werden kann, ohne dass die Triebräder ausgleiten. Für kleinere Werthe von  $Q + P_1$  wird auch  $f_0$  kleiner sein.

Es soll nun der Wirkungsgrad einer Locomotive für folgende Fälle numerisch ausgewertet werden.

*I. Güterzuglocomotive.* Die nützliche Last aufs höchste zu steigern; Bahn horizontal.

Hier ist  $P_0 = P$ ;  $\alpha = 0$ ;  $f_0 = \frac{1}{7}$ . Ferner seien  $Q = P_1$ ;  $f = \frac{1}{70}$  und  $f_1 = \frac{1}{250}$ ; so wird unter Anwendung von Gleichung (5)

$$Q + P_1 = 32 P; \text{ folg. } Q = 16 P$$

und unter Anwendung des Ausdrückes (4) der Wirkungsgrad

$$\frac{1}{1 + 1 + \frac{1}{16} \cdot \frac{250}{70}} = 0,45.$$

Es werden also 45 Procente der aufgewendeten Kraft nützlich.

*II. Schnellzuglocomotive.* Der Druck der Triebräder auf die Schienen sei 0,6 vom Gewicht der Locomotive, so könnte diese Locomotive nach (5) unter sonst gleichen Voraussetzungen auf horizontaler Bahn ein Gewicht nachziehen

$$Q + P_1 = 19,3 P.$$

Allein man nehme dafür nur 15  $P$  und zwar sei  $Q = 6 P$  und  $P_1 = 9 P$ ; so wird der Wirkungsgrad

$$\frac{1}{1 + \frac{9}{6} + \frac{1}{6} \cdot \frac{250}{70}} = 0,32.$$

*III. Locomotive auf starker Steigung.* Die Steigung betrage 4 Procent, so wird sehr nahe  $\sin \alpha = 0,04$  und  $\cos \alpha = 1$ . Daher unter Anwendung von Gleichung (5) mit Beibehaltung der Werthe unter I für  $f_0$ ,  $f$  und  $f_1$  und für  $P_0 = P$ ;  $Q = P_1$  die nützliche Last

$$Q = P,$$

und somit der Wirkungsgrad

$$\frac{1}{1 + 1 + \frac{0,0543}{0,045}} = 0,31.$$

*IV. Strassenlocomotive.* Beanspruchung möglichst gross; Steigung 4 Procente, so wird  $P_0 = P$  und für feuchten

Boden  $f_0 = \frac{1}{5}$ ; ebenso wie unter (III)  $\cos \alpha = 1$  und  $\sin \alpha = 0,04$ . Ferner seien  $f = \frac{1}{15}, f_1 = \frac{1}{35}$  und  $Q = 1,5 P_1$ ; so wird zunächst nach (5)

$$Q + P_1 = 1,36 P.$$

Man nehme nun, um sicher zu sein, dass die Räder auf dem Boden nicht gleiten,  $Q + P_1 = 1,25 P$  und zwar  $Q = 0,75 P$  und somit  $P_1 = 0,5 P$ ; so wird der Wirkungsgrad

$$\frac{1}{1 + \frac{2}{3} + 0,207} = 0,27.$$

Man erkennt hieraus, dass der Wirkungsgrad der Lokomotiven zu den niedrigen gehört und zwar wesentlich deshalb, weil die todten Lasten im Verhältniss zur nützlichen gross sind.

### Miscellanea.

**Fern-Photographie.** Unter diesem Titel erschienen in der jüngsten Nummer des „Prometheus“ Mittheilungen über eine Erfindung des Herrn Dr. A. Miethe in Potsdam, die geeignet sind, allgemeines Interesse zu erregen.

Die Erfindung des Hrn. Dr. Miethe besteht darin, ein Hülfsmittel der Photographie zu schaffen, welches die direct vergrösserte Aufnahme entfernter Gegenstände, etwa wie uns dieselben durch ein Handfernrohr erscheinen, zu gestatten, und zwar wird dies mit Apparaten geschehen, welche nicht unhandlicher, nicht grösser und nicht kostbarer sind, als eine gemeine Touristen-camera mit aplanatischem Objectiv. Bei der gewöhnlichen photographischen Linse können wir uns leicht eine Vorstellung von der Grösse der Bilder entfernter Gegenstände, welche sie entwirft, machen, wenn wir erwägen, dass das Original sich zu seinem Bilde in der Grösse so verhält, wie seine Distanz von der Camera zur Brennweite der Linse. Ein Beispiel wird dies verdeutlichen. Gesetzt ein Mensch von 2 m Höhe marschiere in 100 m Entfernung von der Camera; unser Objectiv habe 0,2 m Brennweite, so ist sein Bild nur 4 mm hoch, wird also bereits kaum noch die Umrisse der Figur, aber keinerlei sonstige Details erkennen lassen. Oder wir sollten mit einer grossen Camera von  $\frac{3}{4}$  m Objectivbrennweite (eine solche ist schon recht unhandlich!) eine 10 km entfernte Befestigung von 10 m Höhe und 150 m Länge aufnehmen, so würde unser Bild nur 0,75 mm hoch und 11 mm lang ausfallen, mithin einen detaillosen horizontalen Strich darstellen. Das einzige Mittel, welches man bis dahin besass, die Dimensionen des Bildes zu vergrössern, war Annäherung an den zu photographirenden Gegenstand und Vergrösserung der Brennweite; wo Ersteres unmöglich, half Letzteres wenig, denn die Herstellung, der Preis, der Transport und der Gebrauch von Linsen von mehreren Metern Brennweite verhindern vollkommen deren praktische Verwendung. Dieser grosse Mangel der Photographie ist für viele Zwecke bereits lebhaft empfunden worden; einige Heisssporne haben auch schon versucht, gewaltsame Mittel anzuwenden, um ihm abzuhelpfen. So haben englische und französische Amateure sich der terrestrischen Fernröhre bedient, um damit zu photographiren. Dieselben wurden mit Hülfe eigener Unterstützungsgerüste an der Camera vorn befestigt und dann die Aufnahme wol oder übel gemacht. Dass hierbei nichts Brauchbares herauskam, bedarf keines Beweises, ja es haben sich sogar die hin und wieder als solche Fernrohraufnahmen ausgegebenen Kunstbeilagen in photographischen Journals gelegentlich als Fälschungen erwiesen. Viel vollkommenere Resultate haben Aufnahmen mit ausnahmsweise langbrennweiten Linsen ergeben; die astronomischen Photogramme, deren Vollkommenheit eine wahre Umwälzung unserer astronomischen Anschauungen verursachten, sind im Brennpunkt von Linsen von 5—10 m Brennweite entstanden.

Ein Instrument aber, welches wirklich practisch nutzbar sein soll, müsste folgende Eigenschaften verbinden. Geringe Dimensionen und Brennweiten, beliebige Wahl der Grösse der Focalbilder ohne Wechsel des Standpunktes und der Linsen, möglichste Lichtstärke. Alle diese Vortheile vereinigt das neue Objectiv, welches in den letzten Wochen von Dr. Adolf Miethe zum Patent angemeldet wurde. Aeußerlich unterscheidet sich dasselbe von einem gewöhnlichen Aplanaten nur durch eine etwas grössere Länge und durch eine Vorrichtung, welche gestattet, die Entfernung der beiden Linsen innerhalb gewisser Grenzen zu verändern. Der optische Theil besteht prinzipiell aus einer Convexlinse von ziemlich langer Brennweite und einer Concavlinse von kurzem Focalabstand. Beide Linsen stehen etwa um die Differenz der Brennweiten

auseinander. Es folgt nun aus bekannten optischen Prinzipien, dass ein solches System verkehrte reelle Bilder von Gegenständen entwirft, welche sich jenseits der Convexlinse in grosser Entfernung befinden. Die Grösse dieser Bilder variiert einerseits mit der Entfernung der beiden Linsen und wächst mit ihrer Annäherung, anderseits ist sie von dem Brennweitenverhältniss der beiden Linsen abhängig: je verschiedener deren Brennweiten, um so grösser unter sonst gleichen Umständen das Bild. Gesetzt, die Brennweiten verhielten sich wie 25:1, so entwürfe dies System Bilder, welche bei jeder Cameraauszugslänge etwa 25 Mal so gross wären, wie das von einer gewöhnlichen Linse in derselben Distanz entworfene.

Selbstverständlich machen gewisse optische Forderungen an die Qualität des Bildes eine bestimmte Form der Linsen, die natürlich einzeln oder zusammen durch Combination aus Crown- und Flintglas chemisch zu achromatisieren sind, nothwendig, jedoch stehen hier keine ernsten Hindernisse der Ausführung entgegen, und die Aufgabe, ein solches System nach allen Regeln der rechnerischen Optik für den vorliegenden Zweck zu construiren, ist prinzipiell einfacher als die Berechnung eines gewöhnlichen photographischen Linsensystems, bei dem viel grössere Bildwinkel zu berücksichtigen sind. Auf die Theorie der Abbildung durch ein solches Instrument einzugehen, ist nicht angebracht. Der ganze Apparat ähnelt im Prinzip einem Galilaeischen Fernrohr, nur dass es in diesem Fall zur Bildung eines reellen Bildes und zur Ausnutzung verhältnismässig grosser Gesichtsfelder kommt.

Das Gebiet der Anwendungen des neuen Objectives wird voraussichtlich ein sehr weites sein. Er wird überall da benutzt werden, wo sich eine Annäherung an das Aufnahmegerüst aus irgend einem Grunde verbietet. Also z. B. im Kriege in der Belagerungstechnik, auf Forschungsreisen und Expeditionen, zu Distanzmessungen und topographischen Aufnahmen, für die Zwecke der photogrammetrischen Arbeiten, zu Detailstudien von Bauwerken, Fassaden, Denkmälern etc.

**Temperatur des Erdinnern.** Der amerikanische Regierungs-Ingenieur Hollock hat in einem 1372 m tiefen Schacht in Boggs Run Messungen über die Wärmegrade im Innern der Erde angestellt, die von den sonst üblichen Angaben über die Steigerung der Temperatur bei Eindringen ins Erdinnere ganz wesentlich anweichen. In kupfernen und mit Wasser gefüllten Eimern von etwa 1/2 m Tiefe wurden Maximal-Thermometer, die je 150 m von einander entfernt waren, an einem Seile so in die Tiefe versenkt, dass die Eimer sich an die Schachtwand anlehnten, so dass während der zwölfstündigen Expositionszeit das darin befindliche Wasser mit Sicherheit die Wärme des Erdbodens in der jeweiligen Tiefe annehmen musste. Die Ablesung der wieder emporgezogenen Maximalthermometer hat ergeben, dass in der Tiefe von 1372 m nur eine Wärme von 29,1° C. herrscht und dass die Wärmezunahme um je 1° C. erst durch eine Mehrtiefe von 42,90 m bedingt wird.

**Brandschaden infolge Glühendwerdens des „Widerstandes“ für eine electrische Bogenlampe.** Am 10. September d. J. wurde in den sog. Colonnaden des Kroll'schen Etablissements der Dachstuhl in Brand gesetzt, von der Stelle aus, an der die Widerstände für die Bogenlichtlampen des Gartens angebracht sind; die Ursache liegt darin, dass ein Widerstand infolge mehrmaligen Aussetzens einer Bogenlichtlampe, an welcher die Kohlenstückchen zu weit übereinander geschoben waren, rothglühend wurde; die Hitze theilte sich dem Holzwerke mit, an dem mittelst Porzellanrollen in Zwischenlagern aus Asbest die sämmtlichen Widerstände der Bogenlichtlampen befestigt sind. Die Bleisicherung zeigte sich für die in Betracht fallende Lampe unversehrt und fehlerlos. Die Wiederholung ähnlicher Vorkommnisse wird durch Dislocation der Widerstände an die massive Rückwand der Halle vermieden werden.

Centralblatt 1891, Nr. 39, S. 383.

**Rentabilität der Wasserstrassen Englands.** England besitzt Canäle in einer Gesamtlänge von 6100 km. Davon zahlten 81% ausser der vorgeschriebenen Amortisation des Anlage-Capitals noch Dividenden und zwar waren 25% befähigt 2 bis 3% zu bezahlen, während 47% der Canäle 3—4% und 9% der Canäle von 4—10% Dividenden verausfolgen konnten. Ungefähr ein Drittel aller Canäle ist Eigentum der Bahnlinien, welche sie ankaufen in der Absicht, sich durch Verfall der Wasserstrassen ihrer Concurrenz zu entledigen. Die Erfahrungen der neuern Zeit haben aber bewiesen, dass Canäle und Eisenbahnen ganz gut nebeneinander bestehen können und den Verkehr gemeinsam und im gegenseitigen Interesse zu heben im Stande sind.

Redaction: A. WALDNER

32 Brandschenkestrasse (Selinau) Zürich.