

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 23/24 (1894)
Heft: 8

Artikel: Ueber die Grenzen der erreichbaren Fahrtgeschwindigkeit der Eisenbahnzüge
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-18711>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 03.04.2025

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

INHALT: Ueber die Grenzen der erreichbaren Fahrtgeschwindigkeit der Eisenbahnzüge. — Der mechanische Wirkungsgrad des Diesel'schen Motors bei Durchführung des vollkommenen Carnot'schen Kreisprozesses.

— Miscellanea: Statistisches über das Telephon in Europa und Amerika. Die XXXV. Hauptversammlung des Vereins deutscher Ingenieure. — Konkurrenzen: Postgebäude in Winterthur. — Nekrologie: † Dr. Johannes Wild.

Ueber die Grenzen der erreichbaren Fahrtgeschwindigkeit der Eisenbahnzüge.

Anlässlich der Uebernahme des Präsidiums der „Société des Ingénieurs civils“ in Paris hatte Herr G. du Bousquet, Oberingenieur der französischen Nordbahn, die viel erörterte Frage der erreichbaren Fahrtgeschwindigkeit der Eisenbahnzüge zum Gegenstand des bei dieser Gelegenheit üblichen Vortrages gewählt. Folgendes entnehmen wir den aktuellen und vielfach recht interessanten Ausführungen seines Vortrages, indem wir als Grundlage das Sitzungsprotokoll vom 5. Januar d. J. genannter Gesellschaft benutzen.

Die wahrhaft grossartigen Fortschritte auf dem Gebiete des Verkehrswesens innerhalb der letzten 60 Jahre d. h. seit Benutzung der Lokomotive, haben die Illusion einer unaufhörlich sich vergrössernden Geschwindigkeit der Eisenbahnfahrt hervorgerufen. So hat man neuerdings die Behauptung aufgestellt, dass eine Geschwindigkeit von 200 bis zu 250 km pro Stunde mit unsern Eisenbahnzügen erzielt werden könnte.

Um vorerst die durch die Lokomotive herbeigeführten Fortschritte mit Bezug auf die Fahrtgeschwindigkeit bestimmen zu können, ist eine Vergleichung der fahrplanmässigen Geschwindigkeiten der Eisenbahnzüge zu verschiedenen Zeiten zwischen den Stationen, also ohne Berücksichtigung des Aufenthalts, notwendig. Es betrug die Fahr- geschwindigkeit in Kilometer pro Stunde.

Im Jahre	1873	1883	1889	1893
In England	71,6	79,4	82,6	86,0
„ Frankreich	62,0	69,6	72,0	82,0
„ Deutschland ¹⁾	—	—	—	83,0
„ Amerika ²⁾	—	—	—	89,0

Die mittlere Fahrtgeschwindigkeit stellt jedoch nicht ganz genau die von der Lokomotive verrichtete Arbeitsleistung dar. Denn thatsächlich kann von einer Gleichmässigkeit der Fahrt der Lokomotive keine Rede sein. In obigen Geschwindigkeiten sind deshalb auch die unausbleiblichen Verzögerungen beim Abfahren, Anhalten, sowie während der Fahrt beim Ueberschreiten von Brücken, Abzweigungen, beim Durchfahren von Kurven und steilen Rampen inbegriffen. Zur Ermöglichung der angeführten Durchschnitts-Geschwindigkeiten zwischen zwei Stationen muss auf hindernislosen Streckenteilen bei der Thalfahrt 110—120 km pro Stunde gefahren werden. In der That wird diese Geschwindigkeit alle Tage und zwar seit einer Reihe von Jahren erreicht, ohne die Sicherheit der Fahrt dadurch im mindesten zu gefährden. Die Frage drängt sich auf, warum man auf solchen Strecken nicht fortlaufend diese Geschwindigkeit einhält, da doch während der Thalfahrt die Lokomotive wahrscheinlich eine nur ganz unwesentliche Arbeit verrichtet. Diese letztere Annahme beruht eben auf einem grossen Irrtum; denn die Lokomotive bedarf, um ein Gefälle von 5 ‰ bei einem Zugsgewicht von 150 bis 180 t mit einer Geschwindigkeit von 120 km in der Stunde hinabzufahren, ihrer höchsten Arbeitsleistung. Es steht also fest, dass man ohne Gefahr auf den grossen Strecken, bei unbedeutenden Steigungen und weiten Kurven, eine Geschwindigkeit von 110—120 km erreichen kann. Wenn man diese Geschwindigkeit nicht konsequent während der ganzen Fahrtdauer des Zuges beibehält, so muss dies

¹⁾ Linie Berlin-Hamburg.

²⁾ Linie New-York-Chicago zwischen Syracuse und Rochester.

doch wohl an der Unvollkommenheit der heutigen Lokomotive liegen. Nun ist zwar die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, die unangenehmen Wirkungen des Wankens und Galoppierens der Lokomotive durch eine rationelle Konstruktion derselben und durch weitere Vervollkommnung des Oberbaus auf ein Minimum herunterzubringen, und es wird ferner möglich sein, die übrigen Ursachen der Fahrtverzögerung nach dem Beispiel der englischen Bahnen ebenfalls ohne Beeinträchtigung der Sicherheit zu vermindern. Den Zeitverlust des Anhaltens verringern eventuell die kontinuierlichen Bremsen um ein bedeutendes, und die Anfangsgeschwindigkeit beim Abfahren von der Station könnte durch erhöhte Kraftanspannung der Maschine und vermittels Nachschublokomotive beschleunigt werden.

Es ist aber nicht blos die Sicherheit der Fahrt, mit welcher wir bei der Geschwindigkeitsfrage zu rechnen haben. Der Mangel an motorischer Kraft fällt ebenso schwer ins Gewicht.

Denn wir verfügen heute noch nicht über eine Lokomotive, welche auch ausserhalb des Gefälles unsere Züge mit derselben Geschwindigkeit (120 km) fortbewegen könnte.

Als Hauptfeind der Geschwindigkeit müssen wir die Steigung betrachten, selbst wenn sie wie auf den grossen Linien nur unbedeutend ist, und etwa 5 ‰ beträgt.

Eine schiefe Ebene von 5 ‰ Steigung ruft eine Komponente der Schwerkraft hervor, die $\frac{1}{200}$ d. h. 5 kg per t beträgt, mit andern Worten eine Steigung von 5 ‰ bedingt für die Beförderung von 200 t eine Kraftergänzung der Maschine um 1000 kg, bei einer Geschwindigkeit von 120 km per Stunde, d. i. 33,33 m per Sekunde, demnach eine Steigerung der Arbeitsleistung um 33 330 Meterkilogramm in der Sekunde = 444 P. S. Für diese Berechnung wurde jedoch das Eigengewicht der Lokomotive garnicht in Betracht gezogen. Sonst würden wir 622 P. S. ermittelt haben, um bei dieser unbedeutenden Steigung die gleiche Geschwindigkeit einzuhalten.

Man hat nun durch zahlreiche Dynamometerversuche bei Geschwindigkeiten zwischen 60—120 km per Stunde, die Gesamtwiderstände des Zuges in der Horizontalen festgestellt. Nach der aus diesen Versuchen abgeleiteten Formel kann man auch die Widerstände darüber hinaus berechnen. Man erhält dementsprechend folgende Resultate:

Tabelle I. Zugwiderstand per Tonne in Kilogramm.

Geschwindigkeit km	Im. Gefälle v. 5 ‰	In der Horizontalen	In der Steigung v. 5 ‰
50	—2	3	8
60	—1	4	9
70	0	5	10
80	1	6	11
90	2,6	7,6	12,6
100	4,16	9,16	14,16
110	6	11	16
120	8	13	18
130	10	15	20
140	12,5	17,5	22,5
150	15	20	25
160	17,66	22,66	27,66
170	20,5	25,5	30,5
180	23,5	28,5	33,5
190	26,6	31,6	36,6
200	30	35	40

Jene Widerstände beschränken sich wohlverstanden nur auf den Zug. Weder der Widerstand der Maschine selbst, noch der sehr wesentliche Luftwiderstand kommen in diesen Zahlen zum Ausdruck.

Man ersieht aus dieser Zusammenstellung welche Geschwindigkeit bei einer bestimmten Zugkraft in den drei verschiedenen Fällen erreicht wird. Bei einem Widerstand von 8 kg per t z. B. erreicht ein Zug eine Geschwindigkeit von 120 km im Gefälle von 5 ‰, von 92 km in der Horizontalen, von 50 km in der Steigung von 5 ‰. Die Arbeitsleistung der Maschine ist übrigens in diesen drei Fällen sehr verschieden, da sie sich zur Geschwindigkeit proportional hält. Es ist darum weit interessanter, an Stelle der Vergleichung der Tonnen-Widerstände auf abweichenden Profilen und bei verschiedenen Geschwindigkeiten, eine Vergleichung der Anzahl der für Beförderung einer Tonne erforderlichen Pferdekkräfte unter den gleichen Bedingungen vorzunehmen. Nun ergibt sich die sekundliche Arbeitsleistung der Lokomotive in Meterkilogramm per Tonne ganz einfach aus der Multiplikation der durch Tabelle I. bekannten Zugwiderstände mit der entsprechenden Geschwindigkeit (Meter in Sekunde). Dividiert man das Ergebnis durch 75, so hat man das Resultat in Pferdekkräften, wie aus nachfolgender Tabelle zu ersehen ist:

Tabelle II.

Geschwindigkeit in km per Stunde	Erforderl. Arbeit in P. S. zur Beförderung einer Tonne bei direktem Luftwiderstand		
	im Gefälle v. 5 ‰	in der Horizontalen	in der Steigung v. 5 ‰
50	negativ	0,555	1,5
60	»	0,89	2
70	0	1,3	2,6
80	0,30	1,77	3,22
90	0,86	2,53	4,19
100	1,55	3,4	5,24
110	2,44	4,47	6,5
120	3,55	5,77	8
130	4,81	7,21	9,6
140	6,50	9	11,6
150	8,33	11	14
160	10,46	13,4	16,4
170	12,90	16	19
180	15,66	19	22,33
190	18,70	22,22	25,7
200	22	26	29,6

Vorstehende Tabelle zeigt:

1. Eine Arbeitsleistung der Lokomotive von 3,4 P. S. per t erzielt die Geschwindigkeit von etwas mehr als 80 km in der Steigung von 5 ‰, von genau 100 km in der Horizontalen und von annähernd 130 km im Gefälle von 5 ‰.

2. Man braucht die volle Arbeitsleistung der Maschine, um die Geschwindigkeit von 120 km per Stunde auch im Gefälle von 5 ‰ zu erreichen. Ein Zug von 200 t z. B. erforderte demnach (die Lokomotive nicht inbegriffen) eine Arbeitsleistung von 200 · 3,55 P. S. = 710 P. S.

3. Zur Erhöhung der Geschwindigkeit um nur wenige Kilometer in der Stunde bedarf man einer beträchtlichen Verstärkung der Arbeitsleistung.

Um die Geschwindigkeit von 110 km auf 120 km in der Stunde zu erhöhen, um also im ganzen 10 km per Stunde schneller zu fahren, ist schon ein Mehraufwand an Arbeit von 1 P. S. per t notwendig. Für ein Zugsgewicht von 200 t verbraucht man demnach 200 P. S. mehr bei der Thalfahrt und 1,5 P. S. per t bzw. 300 P. S. mehr bei der Bergfahrt.

Die Arbeitsvermehrung infolge gesteigerter Geschwindigkeit führt darum naturgemäss zu einer entsprechenden Verminderung des Zugsgewichts. Eine solche Reduktion des Zugsgewichts dürfte aber in der Praxis bei 100 t Haltmachen. Wenn man den Reisenden nicht gerade alle Bequemlichkeiten nehmen will, wie Schlaf-, Restaurations- und Salonwagen, von denen jeder allein schon etwa 30 t

wiegt, so wird eine Erleichterung des Zugsgewichts darüber hinaus wohl illusorisch bleiben.

Die Beförderung eines Zuges mit einem Gewicht von 100 t (exklusive Eigengewicht der Maschine) benötigt auf einer Steigung von 5 ‰

bei einer Geschwindigkeit von 80 km	322 P. S.
„ „ „ „ 100 „	524 „
„ „ „ „ 120 „	800 „
„ „ „ „ 150 „	1400 „
„ „ „ „ 170 „	1900 „
„ „ „ „ 200 „	2960! „

Nun ist zu beachten, dass bei allen vorhergehenden Berechnungen einzig und allein das Zugsgewicht und keineswegs auch das Eigengewicht der Maschine berücksichtigt wurde, deren Widerstände über diejenigen des Zuges noch hinausgehen. Denken wir uns einmal eine ideale Lokomotive von so vervollkommener Konstruktion, dass innere Reibungswiderstände überhaupt nicht vorkommen, eine Maschine, welche auch den Luftwiderstand spielend überwindet. Es kämen dann bei der Maschine ausschliesslich dieselben Widerstände zur Wirkung, die wir bei dem von ihr beförderten Zuge kennen gelernt haben und wir dürfen deshalb die Widerstands-Koeffizienten des letzteren auch für die Maschine gelten lassen. Es ist hierbei ganz gleichgültig, mit welcher Triebkraft diese ideale Maschine in Aktion tritt, da wir ja vorläufig den Eigenwiderstand der Lokomotive ausser Acht lassen wollen. Ein Umstand ist noch von Bedeutung, nämlich der: Wieviel von dem Gewicht der Maschine auf die einzelne Pferdekraft fällt; denn wir sind uns wohl darüber klar, dass die leichteste Maschine bei gleicher Kraft sich in der Praxis auch als die schnellste bewähren wird.

Daraus folgt, dass man vorzüglich darauf hinarbeiten hat, das Eigengewicht der Maschine, welches sich auf die geleistete Pferdekraft verteilt, möglichst zu verringern.

Wir wollen vier verschiedene Lokomotiv-Typen für unsere Betrachtung zusammenstellen.

Type A. 100 kg Gewicht auf die P. S.

„ B. 75 „ „ „ „ „

„ C. 50 „ „ „ „ „

„ D. 35 „ „ „ „ „

Die Frage spitzt sich jetzt darauf zu: Sind diese Maschinen im Stande, allein die Geschwindigkeit von 200 km in der Stunde zu erreichen, und falls dies nicht zutrifft, bis zu welcher Geschwindigkeit können sie es überhaupt bringen? Die Antwort ist nicht schwer.

Wir haben vorher die Widerstände pro Tonne festgestellt — und wollen nun auch die auf die Tonne entfallende Pferdekraft hinzufügen.

Eine Tonne der Lokomotive von der Type

A erzeugt 10 P. S.

B „ 13,33 „

C „ 20 „

D „ 28,50 „

Blicken wir an Hand dieser Zahlen in die Tabelle II., so finden wir sofort, dass keine unserer idealen Lokomotiven allein, ohne jede Zuglast, bei einer Steigung von 5 ‰ die Geschwindigkeit von 200 km nahezu erreichen kann. Ihre Maximal-Geschwindigkeiten stellen sich vielmehr:

Für die Type A auf 132 km

„ „ „ B „ 148 „

„ „ „ C „ 175 „

„ „ „ D „ 195 „

Verbinden wir noch diese verschiedenen Maschinen mit einem Zuge von nur 100 t Gewicht; die Resultate, die wir dann erhalten, sind überraschend.

Wir wollen versuchen, das Gewicht einer jeden dieser vollkommenen Lokomotiven zu bestimmen, welches die Beförderung eines 100 t Zuges bei verschiedenen Geschwindigkeiten auf einer Steigung von 5 ‰ erfordert und ferner die Gesamtzahl der Pferdekkräfte, welche die Maschine dabei wird entfalten müssen. Um dies zu ermitteln, bedienen wir uns einfach zweier kleiner Gleichungen ersten Grades

mit zwei unbekanntem Grössen¹⁾. Man wird finden, dass das um das Eigengewicht der Maschine vermehrte Gewicht des Zuges, multipliziert mit der Zahl der auf eine Tonne fallenden Pferdekräfte, gleich ist der Gesamtzahl der Pferdekräfte. Und andererseits, dass die Gesamtzahl der Pferdekräfte, multipliziert mit dem Gewicht der Maschine per Pferdekräft in Kilogrammen, gleich ist dem Kilogramm-Gewicht der Maschine.

Man erhält sodann folgende Resultate:

zurück. Aber wohlgemerkt: Das Gewicht eines jeden dieser Züge betrug nur 88 bzw. 100 *t*.

Die Frage, ob wir Chancen haben, eine derartige ausnahmsweise erreichte Geschwindigkeit zur fahrplanmässigen Regel zu machen, wird — aus den vorerwähnten Gründen — verneint werden müssen.

Der französische alte Wagen 1. Klasse wog 7,5 *t* und enthielt 24 Plätze, das tote Gewicht betrug demnach auf den Platz 312 *kg*. Der heutige Wagen 1. Klasse,

Tabelle III.

Geschwindigkeiten <i>km</i>	Zugsgewicht: 100 <i>t</i> . Steigung: 5 ‰											
	Type A			Type B			Type C			Type D		
	Maschinen-Gewicht 100 <i>kg</i> per P. S.			Maschinen-Gewicht 75 <i>kg</i> per P. S.			Maschinen-Gewicht 50 <i>kg</i> per P. S.			Maschinen-Gewicht 35 <i>kg</i> per P. S.		
	Lokomotiv- gewicht <i>t</i>	Total- gewicht <i>t</i>	Zahl der P. S.	Lokomotiv- gewicht <i>t</i>	Total- gewicht <i>t</i>	Zahl der P. S.	Lokomotiv- gewicht <i>t</i>	Total- gewicht <i>t</i>	Zahl der P. S.	Lokomotiv- gewicht <i>t</i>	Total- gewicht <i>t</i>	Zahl der P. S.
100	110	210	1110	65,5	165,5	867	35,5	135,5	710	22	122	640
110	185	285	1852	92,6	192,6	1252	48	148	1042	30	130	845
120	400	500	4000	150	250	2000	66,6	166,6	1333	39	139	1112
130	2400	2500	24000	259	357	3446	92	192	1843	50	150	1440
140	∞	∞	∞	670	770	8932	135	235	2726	70	170	1927
150	»	»	»	∞	∞	∞	233	333	4662	96	196	2744
160	»	»	»	»	»	»	444	544	8920	132	232	3705
170	»	»	»	»	»	»	1900	2000	38000	200	300	5700
180	»	»	»	»	»	»	∞	∞	∞	346	446	9939
190	»	»	»	»	»	»	»	»	»	∞	∞	∞
200	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

Die Zusammenstellung in Tabelle III. zeigt bis zur Evidenz, dass je mehr man das Gewicht der Maschine per P. S. reduziert, desto grössere Geschwindigkeiten man erzielen kann, vorausgesetzt, dass das Zugsgewicht konstant bleibt.

Welche Resultate sind nun nach dieser Richtung bis heute erreicht worden? Ist eine Gewichts-Reduktion oder eine Gewichts-Vermehrung (per P. S.) zu konstatieren?

Während die ursprüngliche Crampton-Lokomotive 50 *t* bei einer Arbeitsleistung von etwa 400 P. S. d. h. 125 *kg* per P. S. wog, wiegen die neuen Lokomotiven etwa 80 *t* bei einer Leistung bis 1100 P. S. d. h. also 72 *kg* per P. S. Würde man alle modernen Verbesserungen vereinigen und ausserdem das Tendergewicht durch Wasseraufnahme während der Fahrt verringern, so könnte man eventuell das Lokomotivgewicht auf 65 *kg* pro P. S. reduzieren.

Leider scheinen dahingehende Bestrebungen unter den gegebenen Verhältnissen keine Aussicht auf Erfolg zu haben, da die Belastung der Züge fortwährend zunimmt. Wie weit man es etwa schon heute bringen könnte in der Erhöhung der Fahrtgeschwindigkeit, lehrt der interessante Wettkampf, der im August 1888 zwischen zwei englischen Eisenbahn-Gesellschaften auf der Linie London—Edinburg ausgefochten wurde. Beide Züge, gleichzeitig auf verschiedenen Strecken von London abdampfend, legten die Entfernung von 635 *km* in 7 1/2 Stunden, also mit einer mittleren Geschwindigkeit von etwa 83 *km* in der Stunde

komplettiert durch Toilettenkabinet, mit 27 Plätzen, erreicht ein Gewicht von 16 *t* d. h. auf den Platz kommen 600 *kg* totes Gewicht. Gleichzeitig mit dem Gewicht wurde der Querschnitt der Fahrbetriebsmittel umfangreicher, der Luftwiderstand infolgedessen stärker, sodass man sagen kann, die totalen Zugswiderstände haben sich verdoppelt.

Hier liegt der Stein des Anstosses, und man kann es nicht eindringlich genug betonen, dass um die Fahrgeschwindigkeit der Eisenbahnzüge zu erhöhen, es vor allem darauf ankommt, sämtliches überflüssige tote Gewicht zu beseitigen und das Problem der Widerstands-Verminderungen eingehend zu erforschen.

Der mechanische Wirkungsgrad des Diesel'schen Motors bei Durchführung des vollkommenen Carnot'schen Kreisprozesses.

Herr Ing. Diesel in Berlin hat die Theorie und Konstruktion eines neuen Wärmemotors angegeben, dessen Brennstoffverbrauch für die indizierte Leistung nur noch 1/7 bis 1/10 der heutigen besten Dampfmaschinen betragen wird, dessen Cylinderwandungen nicht zu kühlen sind, und dessen Cylinderdimensionen ganz erheblich kleiner werden als diejenigen der jetzigen Wärmemotoren (s. sein Buch: „Theorie und Konstruktion eines rationellen Wärmemotors“).

Es wird in einem Cylinder mit einer gewissen Luftmenge der vollkommene Carnot'sche Kreisprozess durchgeführt, wobei die Wärmemittelung der oberen Isotherme durch allmähliche Verbrennung fein verteilten Brennstoffes geschieht. Der Brennstoff wird in die durch die adiabatische Kompression des Prozesses hoch erhitze Luft eingeführt und die Zufuhr desselben durch ein steuerndes Organ so geregelt, dass Verbrennung nach einer Isotherme stattfindet.

In dem oben erwähnten Buche liegen dem gezeichneten Diagramme (Fig. 1) folgende Werte zu Grunde:

¹⁾ *x*. Total-Gewicht der Lokomotive in *t*.

n. Zahl der zur Beförderung einer *t* erforderlichen P. S.

M. Gesamtzahl der zur Beförderung des Zuges und der Maschine notwendigen P. S.

p. Gewicht der Maschine per P. S. in *kg*.

$$(100 \text{ t} + x) n = M$$

$$Np = 1000 x$$

Daraus zieht man:

$$x = \frac{100 n}{\frac{1000}{p} - n}$$

$$x \text{ wird unendlich gross für } n = \frac{1000}{p}$$