

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 28 (1937)
Heft: 23

Artikel: Beziehungen zwischen Höchstgeschwindigkeit und Reisezeit
Autor: Bodmer, C.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1059885>

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: 11.05.2025

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

SCHWEIZERISCHER ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

REDAKTION:

Generalsekretariat des Schweiz. Elektrotechn. Vereins und des
Verbandes Schweiz. Elektrizitätswerke, Zürich 8, Seefeldstr. 301

ADMINISTRATION:

Zürich, Stauffacherquai 36 ♦ Telefon 51.742
Postcheck-Konto VIII 8481

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet

XXVIII. Jahrgang

N° 23

Mittwoch, 10. November 1937

Beziehungen zwischen Höchstgeschwindigkeit und Reisezeit.

Von C. Bodmer, Zürich-Oerlikon.

656.027.1

Die Erhöhung der Höchstgeschwindigkeit als Mittel zur Reisezeitverkürzung wird mit den andern Mitteln in Beziehung gebracht. Der Einfluss der die Reisezeit bildenden Elemente wird geklärt durch den Aufbau derselben als Mehrzeiten auf der allein durch die Höchstgeschwindigkeit bedingten Minimalzeit. Zahlenbeispiele zeigen die praktische Anwendung dieses Verfahrens. Eines der Beispiele beleuchtet neben der zeitlichen auch die wirtschaftliche Wirkung der Reisezeit-Verkürzungsmittel in der Nähe der Minimalzeit. 10 Schlussätze enthalten Winke zu wirtschaftlicher Zeiteinsparung.

L'augmentation de la vitesse maxima pour réduire la durée des parcours est comparée avec les autres moyens d'atteindre ce but. Si l'on considère le temps minimum résultant de l'emploi de la vitesse maxima, les temps supplémentaires qu'entraînent ces moyens donnent une idée claire de leur influence. Quelques exemples numériques montrent l'emploi du procédé. L'un d'eux indique l'influence économique des diverses méthodes pour réduire la durée du parcours lorsqu'elle tend vers son minimum. Pour terminer, des directives pour la réduction économique des temps sont résumées en 10 paragraphes.

Im Streben nach Geschwindigkeitssteigerung im Verkehr wird der Zusammenhang der verschiedenen, die Reisezeit bestimmenden Grössen in ihrer Bedeutung oft unrichtig eingeschätzt. Ziel der Geschwindigkeitserhöhung ist, von Rekordsucht abgesehen, die Verkürzung der Reisezeit. Die Mittel dazu sind bekanntlich nicht allein Erhöhung der Höchstgeschwindigkeit, sondern der Geschwindigkeit auf der ganzen Linie, Verkürzung der Anfahrs- und Bremswege, Verminderung und Verkürzung der Halte. Die Beziehung dieser Grössen zur Reisezeit ist äusserst einfach und daher leicht übersichtlich darstellbar, was in dieser Abhandlung gezeigt werden soll.

Die Uebersicht wird erreicht durch Aufbau der Reisezeit auf der theoretischen Minimalzeit mit Addition sämtlicher Mehrzeiten.

Gegeben sei eine Fahrbahnstrecke S mit verschiedenen Abschnitten $S_1, S_2 \dots S_n$ und ein Fahrzeug, das für eine Maximalgeschwindigkeit v_m vorgesehen ist. Die theoretisch minimale Reisezeit ist $t_0 = \frac{S}{v_m}$. Halte, endliche Beschleunigung, endliche Verzögerung und Geschwindigkeitsbeschränkungen auf den verschiedenen Streckenabschnitten bewirken Mehrzeiten Δt , die zur Minimalzeit t_0 addiert die Reisezeit ergeben.

Die Mehrzeit beim Befahren der Strecke S_1 mit v_1 statt v_m bewirkt eine Mehrzeit

$$\Delta t_1 = \frac{S_1}{v_1} - \frac{S_1}{v_m} = S_1 \frac{v_m - v_1}{v_m \cdot v_1}.$$

Bei veränderlicher Geschwindigkeit wie Anfahrt

und Bremsung ist der Mittelwert der Geschwindigkeit

$$v_1 = \int_0^{t_1} \frac{v \cdot dt}{t_1} = \frac{S_1}{t_1}$$

zu setzen. Auf Strecken mit konstanter Beschleunigung wird

$$v_1 = \frac{v_e + v_a}{2} \quad \begin{array}{l} v_a = \text{Anfangsgeschwindigkeit,} \\ v_e = \text{Endgeschwindigkeit} \end{array}$$

d. h. gleich der mittleren Geschwindigkeit.

Allgemein wird nun die Mehrzeit

$$\Delta t = \frac{1}{v_m} \left\{ S_1 \frac{v_m - v_1}{v_1} + S_2 \frac{v_m - v_2}{v_2} + \dots S_n \frac{v_m - v_n}{v_n} \right\} + \sum t_h$$

wo $\sum t_h$ = Zeit aller Halte zusammen.

$$\text{Für } \alpha = \frac{v_1}{v_m} \text{ und } \frac{v_m - v_1}{v_1} = \frac{1 - \alpha}{\alpha} = \gamma$$

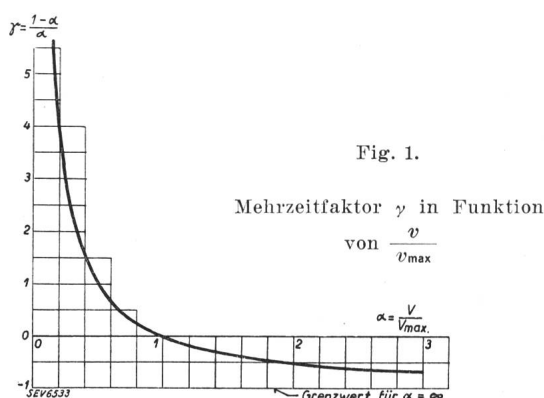
geschrieben, wird

$$\Delta t = \frac{1}{v_m} \{ \gamma_1 S_1 + \gamma_2 S_2 + \gamma_3 S_3 + \dots \gamma_n S_n \} + \sum t_h$$

Jeder Streckenabschnitt ist also mit einem Mehrzeitfaktor zu multiplizieren, der ihn in eine fiktive Strecke verwandelt. Diese, mit Höchstgeschwindigkeit befahren, benötigt gleiche Fahrzeit wie die wirkliche Strecke mit der wirklichen Geschwindigkeit.

γ in Abhängigkeit von α gibt, wie Fig. 1 zeigt, eine gleichseitige Hyperbel. Ein Blick auf diese Kurve zeigt den Mehrzeitfaktor γ für beliebige Ver-

hältnisse, und die Anwendung der Gleichung zeigt sofort den Beitrag der einzelnen Posten zur gesamten Reisezeit.



Ein Beispiel: Eine Strecke mit 50 statt 100 km/h ($\alpha = 0,5$) befahren, gibt Mehrzeitfaktor 1. Dieselbe Strecke mit 16,7 statt 20 km/h befahren, gibt auf $v_m = 100$ km/h bezogen denselben Faktor $5 - 4 = 1$, also dieselbe Mehrzeit. Dieselbe Strecke

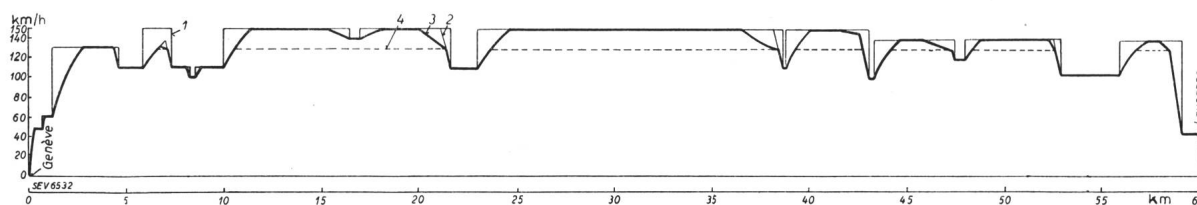


Fig. 2.
Geschwindigkeitsdiagramm für die Strecke Genf-Lausanne.

mit 90 statt 100 km/h befahren, gibt Mehrzeitfaktor 0,1. Stillstand gibt Faktor ∞ , weil dann kein Weg zurückgelegt wird.

Ein weiteres Beispiel: Mehrzeit durch verschiedene Anfahrbeschleunigungen b .

Anfahrzeit für $b = 0,2$ m/s² von 0 auf 20 m/s (72 km/h): $t = 100$ s. Anfahrweg $= \frac{20}{2} \cdot 100 =$

1000 m. Minimalzeit für 1000 m: $t_0 = \frac{1000}{20} = 50$ s; α ist 0,5 und $\gamma = 1$

b	$S_1 = \frac{v^2}{2b}$	Mehrzeit $\Delta t = \frac{\gamma \cdot S_1}{v_m}$	Gewinn
m/s ²	m	s	s
0,2	1000	50	30
0,5	400	20	10
1	200	10	5
2	100	5	5
∞	0	0	

Die Mehrzeit wird vorwiegend im Anfang der Anfahrt verzehrt, bzw. am Ende der Bremsung, wie die Zerlegung der Mehrzeit zeigt. Es sei das Beispiel mit $b = 0,5$ in 10 s-Abschnitte zerlegt:

v	t	S_1	α	γ	$\frac{\gamma \cdot S_1}{v_m}$
m/s	s	m			s
0...5	10	25	0,125	7	8,75
5...10	10	75	0,375	1,67	6,25
10...15	10	125	0,625	0,6	3,75
15...20	10	175	0,875	0,143	1,25
					20

Das Zahlenbeispiel zeigt, dass der Reisezeitgewinn durch relativ hohe Beschleunigung nahe der Höchstgeschwindigkeit gering ist.

Der Wert der neuen Darstellung zeigt sich am besten bei der Anwendung auf ganze Fahrprogramme, weil dann die absolute Grösse jeder Mehrzeit vorliegt und richtig einschätzbar ist. Die richtige Einschätzung ist aber sehr wichtig, weil sie zu wirtschaftlich besten Fahrzeugen und Fahrplänen führt.

Als *Beispiel* ist in Fig. 2 ein Fahrprogramm der SBB-Strecke Genf-Lausanne gezeigt. Für 150 km/h Höchstgeschwindigkeit ist die Grenzzeit für vollkommene Geleiseanlage

$$t_0 = \frac{S}{v_m} = 60 \frac{60}{150} = 24 \text{ Minuten.}$$

Die bestehende Anlage erlaubt nur Geschwindigkeiten gemäss Linienzug 1. Dadurch entstehen

die in Tabelle I berechneten Mehrwege; Strecken gleicher Geschwindigkeit sind zusammengezogen.

Tabelle I.

v km/h	α	γ	S km	γS km
48	0,32	2,1	0,65	1,37
60	0,4	1,5	0,5	0,75
130	0,87	0,15	3,4	0,51
110	0,73	0,36	5,3	1,91
100	0,67	0,5	0,53	0,27
140	0,93	0,07	12,9	0,92
120	0,8	0,25	0,5	0,12
105	0,7	0,43	2,9	1,25
45	0,3	2,3	1,0	2,3
				9,4

$$\Delta t = 60 \frac{9,40}{150} = 3,76 \text{ Minuten.}$$

In analoger Weise ergibt sich die Mehrzeitsumme zufolge endlicher Beschleunigung und endlicher Bremsverzögerungen nach Linienzug 2 zu 1,00 Minuten bzw. 0,51 Minuten. Wenn mit Auslauf bis auf je 130 km/h herunter gefahren wird (Linienzug 3), tritt eine weitere Mehrzeit von 0,27 Minuten ein. Tabelle II zeigt die Mehrzeiten und damit auch die geringen Möglichkeiten weiterer Zeiteinsparung in diesem Beispiel. Sie lehrt sofort, dass beispielsweise die Beschleunigung, die durchschnittlich 0,5 m/s² beträgt, bei Vergrößerung nur noch unmerklichen Zeitgewinn bringen könnte.

Tabelle II.

	Mehrzeit min	Fahrzeit min
Fahrzeit für $v_{\text{konst}} = 150$ km/h	—	24
$b = \pm \infty$		
Grenzzeit für bestehendes Geleise	3,76	27,76
$b = \pm \infty$		
Mehrzeit für Beschleuni- gung	1,0	
Mehrzeit für Bremsung . .	0,51	29,26
Mehrzeit für Auslauf auf 130 km/h	0,27	29,53

Aenderungen am Fahrtdiagramm sind durch Mehrzeitberechnung ebenfalls leicht zu erfassen. Am Beispiel sei die Wirkung der Höchstgeschwindigkeitsänderung von 150 auf 130 km/h zu prüfen, Linienzug 4 gegen 2. Die Abschnitte sind ohne merklichen Fehler zu wenigen Gruppen zusammenlegbar.

Tabelle III.

km/h	v statt km/h	α	γ	S km	γS km	Mehrzeit min
130	150	0,87	0,15	24,0	3,6	1,44
130	140	0,93	0,075	8,0	0,6	0,258
130	130...150	0,92	0,087	2,7	0,23	0,098
130	130...140	0,96	0,042	1,4	0,06	0,027
130	140...150	0,9	0,11	1,1	0,12	0,05
130	150...140	0,9	0,11	0,1	0,01	0,041
130	150...130	0,93	0,075	0,75	0,06	0,026
130	140...130	0,96	0,042	0,35	0,01	0,004
						1,944 ~ 1,95

Reisegeschwindigkeit und ihr Verhältnis zur Höchstgeschwindigkeit ist in den 3 Fällen:

Tabelle IV.

Höchst- geschw. v_m km/h	Auslauf bis km/h	Fahrzeit min	Reise- geschw. v_R km/h	$\frac{v_R}{v_m}$
150	—	29,26	123	0,82
150	130	29,53	122	0,815
130	—	31,21	115,42	0,89

Die Fahrzeitänderung bedingt Aenderung des Arbeitsaufwandes, der leicht zu übersehen ist. Die Mehrzeit infolge viermaligen Auslaufs statt Bremsen von 150 auf 130 km/h gibt 0,3 kWh pro Tonne Energieersparnis, am Rad gemessen, nämlich:

$$\frac{(v_2^2 - v_1^2)}{2} = \frac{(41,7^2 - 36,2^2)}{2} =$$

$$215 \text{ kW s} = 0,06 \text{ kWh}$$

$$4 \cdot 0,06 = 0,24 \text{ kWh am Rad}$$

$$\text{rund } \frac{0,24}{0,8} = 0,3 \text{ kWh am Fahrdrabt}$$

Bei Fahrt mit 130 statt 150 km/h Höchstgeschwindigkeit wird eine Strecke von 24 km mit 130 statt

150 und rund 14 km mit 130 statt 140 km/h befahren. Auf den neuen SBB-Schnelltriebzug bezogen, mit spezifischem Bahnwiderstand von 9,3 kg bzw. 8,4 bzw. 7,6 kg/t resultiert daraus eine Arbeitsdifferenz von

$$(9,3 - 7,6) \cdot 24000 + (8,4 - 7,6) \cdot 14000 = 52000 \text{ mkg}$$

$$= 0,142 \text{ kWh pro Tonne am Rad,}$$

$$\text{am Fahrdrabt } \frac{0,142}{0,8} = 0,18 \text{ kWh pro Tonne.}$$

Unter Annahme von 140 t Zuggewicht und eines Energiepreises von 5 Rp./kWh erspart man durch 0,27 min Fahrzeitverlängerung mit Auslauf auf 130 km/h $0,3 \cdot 140 \cdot 0,05 = 2,1$ Fr. oder 7,80 Fr. pro Minute, und mit $v_m = 130$ statt 150 km/h ohne Auslauf $(0,18 + 0,3) \cdot 140 \cdot 0,05 = 3,36$ Fr. oder $\frac{3,36}{1,95} = 1,72$ Fr. pro Minute.

Mit andern Worten kostet jede Minute Halt, die durch Preisgabe des Auslaufes einzuholen ist, Fr. 7.80 oder durch Geschwindigkeitserhöhung Fr. 1.72 an Energie.

Die wirtschaftliche Betrachtung der Bewegungsgesetze führt zu nachstehenden Sätzen.

1. Die Reisezeit wird durch Einsparung an Mehrzeit und durch Erhöhung der Höchstgeschwindigkeit gekürzt.
2. Es gibt, wirtschaftlich gesprochen, Einsparungen «in allen Preislagen». Sie sind am billigsten und wirksamsten an den kleinsten Geschwindigkeiten, besonders am Stillstand.
3. Auch Erhöhung der Beschleunigung wirkt im Bereich kleiner Geschwindigkeit am meisten; in der Nähe der Höchstgeschwindigkeit ist sie teuer (Vergrößerung der Leistung und der kinetischen Energie) und wenig wirksam.
4. Je höher die Höchstgeschwindigkeit, um so wertvoller ist jede Sekunde Mehrzeit-Einsparung.
5. Erhöhung der Höchstgeschwindigkeit ist erst wirtschaftlich, wenn die billigeren Mittel ausgenützt sind.
6. Je höher die Höchstgeschwindigkeit ist, um so lohnender wird die Beseitigung, bzw. Verbesserung von Langsamfahrstrecken.
7. Je höher die Höchstgeschwindigkeit, um so teurer jeder Halt oder je mehr Halte, um so unwirtschaftlicher hohe Geschwindigkeit.
8. Für gegebene Verhältnisse führt eine bestimmte Abstimmung der verschiedenen Bewegungsgrößen und nicht die Beeinflussung bloss einer oder zweier Größen zur wirtschaftlichen Fahrweise.
9. Das Verhältnis Höchstgeschwindigkeit zu Reisegeschwindigkeit inkl. Zwischenhaltzeiten ist ein Mass der Wirtschaftlichkeit von Fahrbetrieben.
10. Die kinetische Energie ist fahrtechnisch verloren, soweit sie durch Bremsen in Wärme umgesetzt wird. Deshalb ist Bremsen aus hoher Geschwindigkeit kostspielig.

So selbstverständlich diese Forderungen sind, so ist es nicht leicht, sie gegenseitig richtig einzuschätzen und auszunützen. Im Hinblick auf die oft unwirtschaftliche Anwendung der bekannten Bewegungsgesetze zur Reisezeitverminderung schien der Versuch zu einer anschaulichen Darstellung angezeigt. Die für Fahrzeuge gemachten Betrachtungen lassen sich sinngemäss auf andere Gebiete übertragen, so etwa auf die maschinelle oder auf die menschliche Tätigkeit in verschiedensten Formen.