

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 75/76 (1920)
Heft: 17

Artikel: Auslauf-Fahrlinien in vereinfachter und berichtigter Darstellung
Autor: Kummer, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-36540>

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: 15.05.2025

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

INHALT: Auslauf-Fahrlinien in vereinfachter und berichtiger Darstellung. — Grundsätzliches zum internationalen Wettbewerb für die Arsta-Brücke bei Stockholm. — Wettbewerb für ein Bankgebäude in Luzern der Schweizer Nationalbank. — Die Ausstellung „Baustoffe-Bauweisen“. — Miscellanea: Verband Deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine, Eidgenössische Technische Hochschule, Ausstellung von Flugzeug-

Motoren in Winterthur. Ein Forschungs-Institut für Aluminium und seine Legierungen. Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband. — Nekrologie: Julius Bircher. — Konkurrenzen: Protestantische Kirche in Châtard-Montreux. — Literatur. — Vereinsnachrichten: Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. Gesellschaft ehemaliger Studierender: Stellenvermittlung.

Band 76.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 17.

Auslauf-Fahrlinien in vereinfachter und berichtiger Darstellung.

Von Professor Dr. W. Kummer, Ingenieur, Zürich.

Zur Beurteilung der Arbeitsverhältnisse elektrischer Fahrzeuge, sowie besonders auch elektrischer Fördermaschinen werden graphische Darstellungen, bzw. Zeit-Geschwindigkeits-Diagramme in erster Linie, mit Recht geschätzt. Ausnahmsweise für elektrische Fahrzeuge, in der Regel jedoch für elektrische Fördermaschinen, bestehen solche Diagramme ausschliesslich aus geraden Linien. In Abbildung 1 zeichnen wir mit der Zeit t als Abszisse und der Geschwindigkeit v als Ordinate ein solches Diagramm, und zwar in derjenigen Ausführungsform, die für elektrische Fahrzeuge bei kurzen Abständen der Haltestellen von Interesse ist; unsere Abbildung gilt für elektrische Fördermaschinen mit konstantem Radius der Treibscheibe oder Trommel, sobald die leicht geneigte Gerade AB durch eine genau horizontale AB ersetzt wird.¹⁾ Es ist allgemein: OA die Anfahrline, AB die Auslaufline, BC die Bremsline; wir betrachten also die horizontale Freilaufline als Spezialfall der Auslaufline. Ueber den für elektrische Fahrzeuge besonders wichtigen Fall einer gekrümmten Anfahrline OA werden wir uns noch besonders äussern.

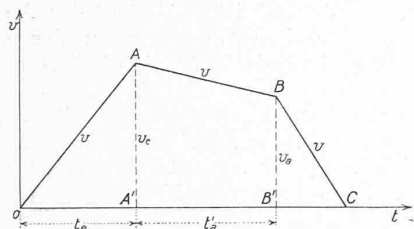


Abb. 1. Vereinfachte Zeit-Geschwindigkeits-Fahrlinie.

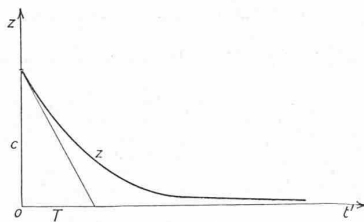


Abb. 2. Verlauf der Zugkraft beim Abschalten des Motors.

Beim Betrachten der Abb. 1 muss sich jedermann fragen, ob die scharfen Ecken bei A und bei B technisch überhaupt möglich sind, bzw. ob sie nicht richtiger durch Abrundungen ersetzt werden. Die durch eine entsprechende Berichtigung eintretende Diagramm-Veränderung ist ohne weiteres wichtiger für den Punkt A, an dem die Energie-Aufspeicherung ein Maximum ist, als für den Punkt B, der lediglich den Beginn einer Periode der Energiebeseitigung markiert. Im folgenden befassen wir uns mit der Abschätzung der quantitativen Bedeutung der Diagramm-Korrektur im Punkte A; es ist die Abbildung 1 für uns somit ein „vereinfachtes“ Diagramm, dem wir in der Folge ein im Punkte A „berichtiges“ Diagramm gegenüberstellen.

Die geradlinige Anfahrline OA der Abbildung 1 beruht auf der stillschweigenden Voraussetzung einer im Zeitabschnitt OA' wirkenden konstanten Zugkraft, die den ebenfalls konstant angenommenen Widerstand derart übertrifft, dass die durch das Verhältnis $\frac{AA'}{OA'} = \frac{v_e}{t_e}$ bestimmte Anfahrbeschleunigung γ_0 auftritt. Indem wir ein bewegtes Gewicht von 1 Tonne voraussetzen und die entsprechenden in kg/t gemessenen Grössen der Zugkraft mit z und des Widerstandes mit w bezeichnen, gilt für den Anfahrvorgang:

$$z = w + \frac{1000}{g} \cdot \frac{dv}{dt}$$

wenn v in m/sec , t in sek und $g = 9,81 m/sec^2$ eingeführt werden.

¹⁾ Vergl. beispielsweise die Fördermaschinen-Diagramme auf S. 95 und 96 von Band LXXIV der „Schweiz, Bauzeitung“ (23. August 1919).

Für die Anfahrgerade OA der Abbildung 1 gilt:

$$z = c = \text{konstant},$$

$$\frac{dv}{dt} = \gamma = \frac{g}{1000} \cdot (c - w) = \gamma_0 = \text{konstant}.$$

Im Punkte A fällt z von c auf null infolge Abschaltung des treibenden Elektromotors. Der Vorgang dieser Abschaltung ist nun massgebend für den Uebergang von $\frac{dv}{dt}$ vom Werte γ_0 auf null; dieser Uebergang kann in Wirklichkeit nicht in so kleiner Zeit erfolgen, wie Abb. 1 vortäuscht. Vielmehr erfolgt er auf Grund eines Zugkraft-Abfalls, für den wir gemäss Abbildung 2:

$$z = c \cdot e^{-\frac{t'}{T}}$$

setzen dürfen, wobei $e = 2,72$ (Basis des natürlichen Logarithmen-Systems) ist und T eine „Zeitkonstante“ darstellt, die mit der Zeitkonstanten der Ausschaltung der elektrischen Stromstärke des Motors in naher Beziehung steht. Indem wir diesen Ansatz in die allgemeine Beziehung

$$z = w + \frac{1000}{g} \cdot \frac{dv}{dt}$$

hinübernehmen, folgt

$$\frac{dv}{dt'} = \frac{g}{1000} \cdot (c \cdot e^{-\frac{t'}{T}} - w)$$

und durch Integration ergibt sich:

$$v = C_i - \frac{g}{1000} \cdot (c \cdot T \cdot e^{-\frac{t'}{T}} + w \cdot t').$$

Die Konstante C_i der Integration ergibt sich aus der Geschwindigkeit $v = v_e$ im Zeitpunkt $t' = 0$ des Abschaltens zu:

$$C_i = v_e + \frac{g}{1000} \cdot c \cdot T.$$

Also gilt für den ganzen Abschaltvorgang:

$$v = v_e + \frac{g \cdot c \cdot T}{1000} \cdot (1 - e^{-\frac{t'}{T}} - \frac{w}{c \cdot T} \cdot t').$$

Während dieses Vorgangs sinkt die Beschleunigung gemäss der Formel:

$$\frac{dv}{dt'} = \frac{g \cdot c}{1000} \cdot (e^{-\frac{t'}{T}} - \frac{w}{c}).$$

Sobald das ebenfalls sinkende z den Wert w erreicht hat, wird $\frac{dv}{dt'} = 0$ und muss:

$$z = w; \quad \frac{dv}{dt'} = 0; \quad e^{-\frac{t'}{T}} = \frac{w}{c}; \quad t' = T \cdot \lg \frac{c}{w}$$

sein. Dabei erreicht v ein Maximum¹⁾, das sich ergibt zu:

$$v_{\max} = v_e + \frac{g \cdot c \cdot T}{1000} \cdot \left[1 - \frac{w}{c} \cdot \left(1 + \lg \frac{c}{w} \right) \right] \quad (1)$$

und zur Zeit:

$$t'_m = T \cdot \lg \frac{c}{w} \quad (2)$$

stattfindet. Dieser neue Zeitpunkt markiert nun den Beginn der berichtigten Auslaufline, für die in der Gleichung:

$$v = v_e + \frac{g \cdot c \cdot T}{1000} \cdot (1 - e^{-\frac{t'}{T}} - \frac{w}{c \cdot T} \cdot t')$$

die Grösse:

$$e^{-\frac{t'}{T}}$$

¹⁾ Falls die unserer Rechnung zugrunde liegende Schalteroperation dazu dient, um vom Anlauf zum Freilauf zu gelangen, so ist $v_{\max}$ die Ordinate der horizontalen Freilaufgeraden anstelle der von AB in Abbildung 1.

sich mit wachsendem t' rasch dem Werte null nähert, sodass mit dem Wertepaar v_a und t'_a aus:

$$v_a = v_e' - \frac{g \cdot w}{1000} \cdot t'_a; \quad v_e' = v_e + \frac{g \cdot c \cdot T}{1000}$$

die konstante Auslaufverzögerung:

$$\gamma_a = \frac{v_e' - v_a}{t'_a} = \frac{g \cdot w}{1000}$$

folgt, wie sie für $T = 0$, $v_e' = v_e$ auch schon der Linie AB in Abbildung 1 zugrunde liegt.

Für die praktische Verwendbarkeit unserer Darlegung, insbesondere für die Brauchbarkeit unserer wichtigsten Formeln (1) und (2) ist massgebend die Kenntnis des Zahlenwertes der Zeitkonstanten T . Wir schätzen:

$$\begin{aligned} T &= 0,1 \text{ bis } 1,0 \text{ für Motoren von } 10 \text{ bis } 100 \text{ PS} \\ &= \sim 1,0 \text{ für Motoren von } 100 \text{ bis } 500 \text{ PS} \\ &= 1,0 \text{ bis } 3,0 \text{ für Motoren von } 500 \text{ bis } 2000 \text{ PS.} \end{aligned}$$

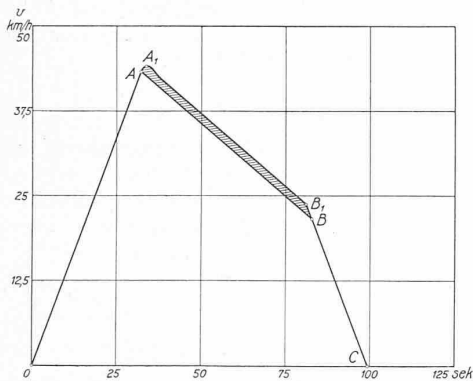


Abb. 3. Vereinfachte und berichtigte Auslauf-Fahrlinie nach Anfahrt mit konstanter Beschleunigung.

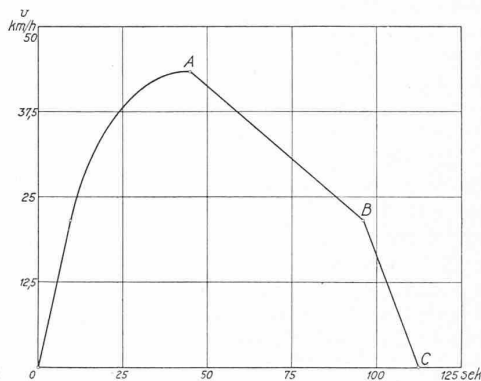


Abb. 4. Korrekturfrie Auslauf-Fahrlinie nach Anfahrt mit abnehmender Beschleunigung.

Wir betrachten nun das folgende Zahlenbeispiel. Es seien gegeben:

$c = 50 \text{ kg/t}$; $w = \sim 12 \text{ kg/t}$; $v_e = 12,0 \text{ m/sek}$, wodurch die Anfahrlinie unserer Abbildung 3, in der wir die Grössen v in km/h , statt in m/sek , auftragen, festgelegt ist; ihr entspricht ein $\gamma_0 = 0,375 \text{ m/sek}^2$ und ein Zeitpunkt $t_e = 32,0 \text{ sek}$ für das Ende der Anfahrt. Lässt man an diese Anfahrt nach dem Schema der Abbildung 1 einen Auslauf folgen und auf diesen von $v = 6 \text{ m/sek}$ an eine Bremsung, die durch eine Bremsverzögerung von $-\gamma_0 = -0,375 \text{ m/sek}^2$ gekennzeichnet ist, so findet das Ende des Auslaufs im Zeitpunkt $83,0 \text{ sek}$, und das Ende der Bremsung und damit der Fahrt überhaupt im Zeitpunkt $99,0 \text{ sek}$ statt; der Wert der Auslaufverzögerung beträgt bei unsern Annahmen:

$$\gamma_a = 0,12 \text{ m/sek}^2.$$

Zur Berichtigung des damit festgelegten Diagramms $OABC$ nach Abbildung 3 wählen wir nun:

$$T = 1,0 \text{ sek}$$

und finden damit den Auslaufpunkt A_1 mit den Koordinaten:

$$\begin{cases} v_{\max} = 12,22 \text{ m/sek} \\ t'_m = 1,43 \text{ sek}; \quad t = t_e + t'_m = 33,43 \text{ sek.} \end{cases}$$

Die anschliessende Auslauflinie zeichnen wir in Abbildung 3 bis zu einem Punkte B_1 , der den Schnittpunkt mit der alten Bremslinie BC bildet, die wir beibehalten, um die Gesamtfahrzeit, der Einfachheit halber, ungeändert zu lassen. Während dem ursprünglichen Diagramm $OABC$ ein zurückgelegter Weg von 594 m entspricht, ist das berichtigte Diagramm OA_1B_1C durch einen zurückgelegten Weg von 612 m gekennzeichnet. Die Korrektur, die in Abbildung 3 nach Massgabe der schraffierten Fläche anscheinlich erscheint, ist prozentual gemäss einem Werte von:

$$100 \cdot \frac{18}{594} = \sim 3 \%$$

doch nicht sehr erheblich. Bei Wahl grösserer Motoren, für die T wächst, wächst auch die Korrektur, während sie bei Wahl kleinerer Motoren, für die T abnimmt, an Bedeutung verliert.

Wir befassen uns endlich noch mit der gekrümmten Anfahrlinie OA , wie sie uns in Abbildung 4 entgegentritt; diese Linie entspricht der Verwendung des „Seriemotors mit Anlasser“, wie wir sie für den Fall eines konstanten Fahrwiderstandes vor 16 Jahren in dieser Zeitschrift¹⁾ beschrieben haben. Das in Abbildung 4 dargestellte Zahlenbeispiel ist zum Vergleich mit demjenigen gemäss Abbildung 3 übrigens besonders geeignet, da es ebenfalls die Konstanten:

$$w = \sim 12 \text{ kg/t}; \quad v_e = 12,0 \text{ m/sek}$$

aufweist und während der Anfahrt eine mittlere Beschleunigung von $0,375 \text{ m/sek}^2$ zeigt; auch für den Auslauf und für die Bremsung sind die Neigungen der Geraden AB und BC für die Abbildungen 3 und 4 jeweils dieselben. Da jedoch für den Punkt A der Abbildung 4 die Zugkraft z bereits auf den Betrag w gesunken ist, so wird beim Abschalten des Motors nur noch ein Zugkraftabfall gemäss:

$$z = w \cdot e^{-\frac{v}{T}}$$

eintreten, der keiner weiteren Geschwindigkeits-Steigerung mehr fähig ist und deshalb auch die Auslauflinie AB nicht mehr merkbar zu verändern vermag.

Zusammenfassung.

Unsere Untersuchung hat gezeigt, dass eine Berichtigung der üblichen vereinfachten Auslauf-Fahrlinien sehr wohl möglich ist und dass es dazu lediglich gewisser Annahmen über den zeitlichen Verlauf des Abschaltens der Motoren der in

Betracht gezogenen Triebwerke bedarf, für die die Elektrotechnik ohne weiteres die Grundlagen liefert. Es ist festzustellen, dass beim Vorhandensein einer gegebenen treibenden Beschleunigung im Zeitpunkte des Abschaltens der Motoren die Berichtigung der Auslauf-Fahrlinie umso mehr angezeigt ist, je leistungsfähigere Motoren benutzt werden.

Grundsätzliches zum internat. Wettbewerb für die Arsta-Brücke bei Stockholm.

Von Ing. M. Roß, Baden.

(Schluss von Seite 180.)

An Klappbrücken hat der Wettbewerb vier verschiedene Systeme gebracht: das normale, dann die Systeme Strauss, Scherzer und als viertes Escher Wyss & Cie. Alle weisen folgende gemeinsame Charakteristiken auf:

1. Aus Gründen grösster Betriebssicherheit und Einfachheit der maschinellen Einrichtung wurde der einarmigen Klappbrücke gegenüber der zweiarmigen der Vorzug eingeräumt.

2. Das Massensystem ist für die Drehbewegung durch Gegengewichte ausbalanciert. Der Schwerpunkt des zu bewegendes Massensystems fällt mit der Drehachse zusammen. Die Bewegungsmechanismen haben, abgesehen von Reibungs- und Trägheitswiderständen, hauptsächlich das Drehmoment aus Winddruck aufzunehmen.

3. Die Eisenkonstruktion und die Antriebsmechanismen sind der ruhigeren Wirkung wegen unter Fahrbahnhöhe angeordnet; die Hauptträger aller Klappbrücken sind vollwandige Blechträger.

4. Negative Auflagerdrücke an den Brückenenden werden sorgfältig vermieden.

5. Sämtliche Bewegungsoperationen, wie Freigabe der Brücke zum Aufklappen, das Aufdrehen selbst, Festhalten in der hoch geklappten Endstellung sind durch auto-

¹⁾ Vergl. Seiten 14 und 28 von Band XLIV (Juli 1904) der «Schweiz. Bauzeitung».