**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 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:** 03.12.2025

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

INHALT: Auslauf-Fahrlinien in vereinfachter und berichtigter 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 Châtelard-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 berichtigter Darstellung.

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

Zur Beurteilung der Arbeitsverhältnisse elektrischer Fahrzeuge, sowie besonders auch elektrischer Förder-Maschinen werden graphische Darstellungen, bezw. 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 I 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 Anfahrlinie, AB die Auslauflinie, BC die Bremslinie; wir betrachten also die horizontale Freilauflinie als Spezialfall der Auslauflinie. Ueber den für elektrische Fahrzeuge besonders wichtigen Fall einer gekrümmten Anfahrlinie OA werden wir uns noch besonders äussern.

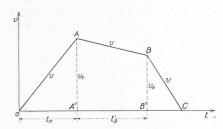


Abb. 1. Vereinfachte Zeit-Geschwindigkeits-

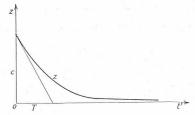


Abb. 2. Verlauf der Zugkraft

beim Abschalten des Motors.

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  $rac{dv}{dt}$  vom Werte  $\gamma_0$  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 Ci der Integration ergibt sich aus der Geschwindigkeit  $v=v_{\epsilon}$  im Zeitpunkt t'=0 des Abschaltens zu:

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

Also gilt für den ganzen Abschaltvorgang:

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

Während dieses Vorgangs sinkt die Beschleunigung gemäss der Formel:

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

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

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

sein. Dabei erreicht v ein Maximum<sup>1</sup>), das sich ergibt zu:

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

und zur Zeit:

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

stattfindet. Dieser neue Zeitpunkt markiert nun den Beginn der berichtigten Auslauflinie, 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:

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

somit ein "vereinfachtes" Diagramm, dem wir in der Folge ein im Punkte A "berichtigtes" Diagramm gegenüberstellen.
Die geradlinige Anfahrlinie 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  $\frac{AA'}{OA'} = \frac{v_e}{l_e}$  bestimmte Anfahrbeschleunigung 70 auftritt. Indem wir ein bewegtes Gewicht von I Tonne voraussetzen und die entsprechenden in kg/t gemessenen Grössen der Zugkraft mit z und des

Beim Betrachten der Abb. 1 muss sich jedermann

fragen, ob die scharfen Ecken bei A und bei B technisch

überhaupt möglich sind, bezw. 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 Ab-

schätzung der quantitativen Bedeutung der Diagramm-Korrektur im Punkte A; es ist die Abbildung I für uns

Widerstandes mit 
$$w$$
 bezeichnen, gilt für den Anfahrvorgang:  $z=w+rac{1000}{g}\cdotrac{dv}{dt}$ 

wenn v in m/sek, t in sek und  $g = 9.81 m/sek^2$  eingeführt werden.

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

<sup>1)</sup> Vergl. beispielsweise die Fördermaschinen-Diagramme auf S. 95 und 96 von Band LXXIV der «Schweiz, Bauzeitung» (23. August 1919).

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

$$v_a = v_{\epsilon}' - \frac{g \cdot v}{1000} \cdot t_a'; \qquad v_{\epsilon}' = v_{\epsilon} + \frac{g \cdot c \cdot T}{1000}$$

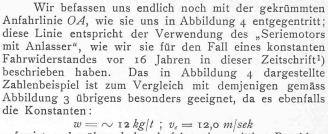
die konstante Auslaufverzögerung: 
$$\gamma_a = \frac{v_c' - v_a}{t_{a'}} = \frac{g \cdot w}{1000}$$
 folgt, wie ein für  $T_c$ 

folgt, wie sie für T=0,  $v_{\epsilon}'=v_{\epsilon}$  auch schon der Linie ABin 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:

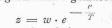
T = 0,1 bis 1,0 für Motoren von 10 bis 100 PS=  $\sim$  1,0 für Motoren von 100 bis 500 PS

= 1,0 bis 3,0 für Motoren von 500 bis 2000 PS.



aufweist und während der Anfahrt eine mittlere Beschleunigung von 0,375  $m/sek^2$  zeigt; auch für den Auslauf und für die Bremsung sind die Neigungen der Geraden ABund BC für die Abbildungen 3 und 4 jeweils dieselben. Da jedoch für den Punkt  $\overline{A}$  der Abbildung 4 die Zugkraft zbereits auf den Betrag w gesunken ist, so wird beim Ab-

schalten des Motors nur noch ein Zugkraftabfall gemäss:



eintreten, der keiner weitern 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 Ab-

schaltens 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

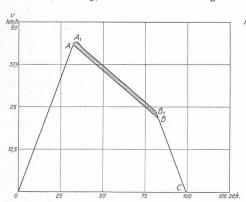
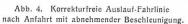


Abb. 3. Vereinfachte und berichtigte Auslauf-Fahrlinie nach Anfahrt mit konstanter Beschleunigung.



Wir betrachten nun das folgende Zahlenbeispiel. Es seien gegeben:

c=50 kg/t;  $w=\sim$  12 kg/t;  $v_e=$  12,0 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  $m/sek^2$  und ein Zeitpunkt  $t_e=$ 32,0 sek für das Ende der Anfahrt. Lässt man an diese Anfahrt nach dem Schema der Abbildung I einen Auslauf folgen und auf diesen von v = 6 m/sek an eine Bremsung, die durch eine Bremsverzögerung von  $-\gamma_0=$ — 0,375 m/sek³ gekennzeichnet ist, so findet das Ende des Auslaufs im Zeitpunkt 83,0 sek, und das Ende der Bremsung und damit der Fahrt überhaupt im Zeitpunkt 99,0 sek statt; der Wert der Auslaufverzögerung beträgt bei unsern Annahmen:

$$\gamma_a = 0.12 \ m/sek^3$$
.

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

$$T = 1,0 sek$$

und finden damit den Auslaufpunkt A1 mit den Koordinaten:

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

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 ansehnlich erscheint, ist prozentual gemäss einem Werte von:

$$100 \cdot \frac{18}{100} = \sim 3^{0/0}$$

 $100 \cdot \frac{18}{594} = \sim 3 \, \%_0$  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.

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

Von Ing. M. Roš, 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 Betriebsicherheit und Einfachheit der maschinellen Einrichtung wurde der einarmigen Klappbrücke gegenüber der zweiarmigen der Vorzug ein-

2. Das Massensystem ist für die Drehbewegung durch Gegengewichte ausbalanziert. Der Schwerpunkt des zu bewegenden 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 Antriebmechanismen 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-

<sup>1)</sup> Vergl. Seiten 14 und 28 von Band XLIV (Juli 1904) der Schweiz. Bauzeitung ..