

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 111/112 (1938)
Heft: 5

Artikel: Apparat zur Konstruktion von Fahrdiagrammen
Autor: Grossmann, K.H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-49892>

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: 01.04.2025

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

bei Wagner.⁴⁾ Da das Selzacher Passionsspielhaus, was die Zuschauerzahl betrifft, gar nicht so viel kleiner wird als das Bayreuther Haus, schien uns dieser Hinweis auf den älteren Bruder interessant, nicht zuletzt auch deshalb, weil Wagner und Semper auch nicht vom «Architektonischen» her, sondern vom *innern Zweck* aus an ihre grosse Aufgabe herangetreten sind und sie so gut gelöst haben.

C. J.

Apparat zur Konstruktion von Fahrdiagrammen

Im Massachusetts Institute of Technology ist unter Leitung und Antrieb von V. Bush eine — seither vervielfältigte — Integrationsmaschine entwickelt worden¹⁾, deren Vaterschaft unverkennbar ist an dem untenstehend nach «General Electric Rev.» vom Dezember 1937 schematisch dargestellten Apparat zur Ausführung von eisenbahntechnisch wichtigen Integrationen, so zur Aufzeichnung der Wegleitung für den Lokomotivführer, des *v, s*-Diagramms²⁾. Die Funktion der Maschine, an der zitierten Stelle von T. F. Perkinson beschrieben, beruht auf einer gesetzmässigen Regelung der Uebersetzungsverhältnisse von Reibradpaaren. Ein solches bilden z. B. die beiden Kreisscheiben P_1, G_1 , deren Axen einander senkrecht schneiden. Das Rad G_1 (wie auch G_2) ist nicht nur um seine Axe verdrehbar, sondern auch längs ihr verschiebbar. Dreht sich die Scheibe P_1 mit der Winkelgeschwindigkeit ω um ihre Axe, so rollt die Scheibe G_1 vom Radius r auf P_1 mit der Winkelgeschwindigkeit $\Omega = \omega x_1/r$ ab; in der Zeit t dreht sich G_1 um den Winkel $\Phi = \int_0^t \Omega d\tau = \frac{1}{r} \int_0^t \omega x_1 a \tau$.

Ist nun ω konstant und wird der Abstand x_1 mit der Zeit getreu einem bestimmten zeitlichen Ablauf der Zugsbeschleunigung a verändert — $x_1(t) = ka(t)$ —, so ändert sich Φ mit der Zeit wie die Zugsgeschwindigkeit v : $\Phi(t) = c \int_0^t a(\tau) d\tau = cv(t)$, sofern $v(0) = 0$. Befindet sich ferner zur Zeit $t = 0$ der Mittelpunkt der Scheibe G_2 über jenem von P_2 , so ist der Vorschub x_2 , über ein Zahnstangengetriebe von G_1 aus reguliert, proportional zu Φ , also auch zu v : $x_2(t) = hv(t)$. Rotiert auch die Scheibe P_2 gleichförmig um ihre Axe, so dreht sich, analog wie soeben, die Rolle G_2 in der Zeit t um einen Winkel, der dem in dieser Zeit vom Zug zurückgelegten Weg $s = \int_0^t v(\tau) d\tau$ proportional ist; auf der von G_2 angetriebenen Trommel D_2 zeichnet die starr mit der Radgabel von G_2 verbundene Feder somit das aus dem angenommenen Verlauf der Zugsbeschleunigung $a(t)$ folgende *v, s*-Diagramm auf.

Werden die Bewegungen von rotierenden Zugteilen wie üblich durch einen festen Zuschlag zum Zugsgewicht berücksichtigt, so wird die Zugsbeschleunigung a der jeweiligen Nettuzugkraft (motorische Zugkraft weniger Widerstände) proportional. Die bei gegebener Lokomotive, Zugskomposition und Steigung höchstmögliche Beschleunigung a_{max} hängt von der Ge-

schwindigkeit v ab. Solange möglich, soll $a = a_{max}(v)$ sein. Vor den Haltestellen und vor Geleisestrecken mit verminderter zulässiger Höchstgeschwindigkeit ist der Zug mit einer bestimmten Verzögerung a_1 abzubremsen; auf jedem Streckenabschnitt soll $a = 0$ sein, sobald die dort erlaubte Höchstgeschwindigkeit erreicht ist. Diesen Forderungen gemäss hat a von v und s abzuhängen: $a = F(v, s)$.

Die bei einem *willkürlich* angenommenen Verlauf $a(t)$ durch Integration eindeutig bestimmten Funktionsverläufe $v(t)$ und $s(t)$ weisen zu jedem Zeitpunkt, wie der Geschwindigkeit v und dem Weg s , so auch dem Ausdruck $F(v, s)$ einen bestimmten Wert $F\{v(t), s(t)\} = G(t)$ zu. Nach der eben ausgesprochenen Forderung ist der Verlauf $a(t)$ so zu wählen, dass in jedem Augenblick $G(t) = a(t)$ wird. $a(t)$ hat also fortwährend der Bedingung zu genügen:

$$a(t) = F(v, s), \text{ worin } v = \int_0^t a(\tau) d\tau \text{ und } s = \int_0^t v(\tau) d\tau \quad (1)$$

Dass es einen ganz bestimmten Beschleunigungsverlauf $a(t)$ gibt, der diese Bedingung erfüllt, behauptet die Analysis, und unsere Maschine bestätigt es. Diesen zeitlichen Verlauf, und keinen andern, gilt es der axialen Bewegung der Rolle G_1 aufzutragen.

Der Operateur, der, während ein Motor die Scheiben P_1 und P_2 dreht, die Stellung x_1 von G_1 gemäss der Vorschrift (1) mit einer Handkurbel zu regulieren hat, verfügt über die folgenden Hilfen: Erstens eine (in der Skizze weggelassene) Skala, auf der die x_1 entsprechende Beschleunigung abzulesen ist.

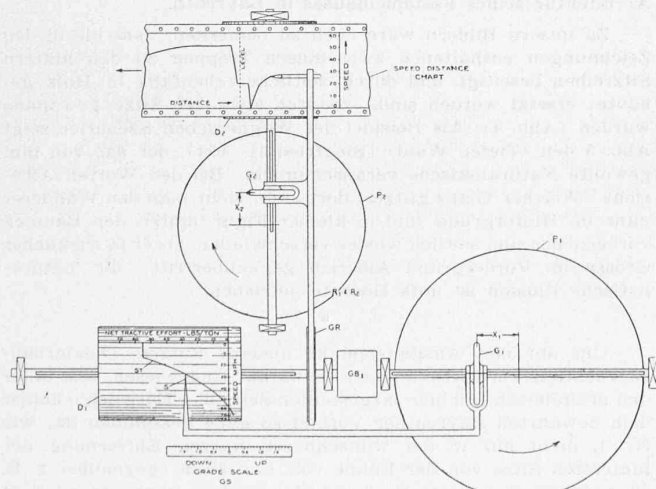
Zweitens sind auf dem um die Trommel D_2 gewickelten *v, s*-Blatt eine Anzahl von horizontalen und von abfallenden Strichen (diese mit einem Kurvenlineal von geeignetem Profil) eingezeichnet, die die genannten, durch Fahrplan und Geleise der Beschleunigung auferlegten Beschränkungen markieren. Die zu einem Haltepunkt oder zum Anfang einer Strecke verminderter Höchstgeschwindigkeit führenden abfallenden Linien sind Parabelstücke mit der Neigung $\frac{dv}{ds} = \frac{a_1}{v}$, längs denen also

$\frac{dv}{dt} = \frac{dv}{ds} v = a_1$. Die horizontalen Striche geben die auf dem betreffenden Wegstück zulässige Höchstgeschwindigkeit an. Ausserdem sind auf dem *v, s*-Diagramm die Streckenabschnitte verschiedener Steigung durch vertikale Striche voneinander getrennt.

Drittens treibt das Rad G_1 ausser dem Zahnstangengetriebe für G_2 die Trommel D_1 an. Deren Verdrehungswinkel ändert sich also mit der Zeit wie die Geschwindigkeit $v(t)$. Auf dem um D_1 gewickelten Blatt ist in passendem Masstab die mit der gegebenen Zugskomposition auf horizontaler Schiene zu erreichende Höchstbeschleunigung a_{max} in Funktion der Geschwindigkeit aufgetragen. Die Trommel kann längs ihrer Axe z. B. so verschoben werden, dass in der Stellung $x_1 = 0$ der mit der Radgabel von G_1 starr verbundene Zeiger S mit der Abszissenaxe $a_{max} = 0$ koinzidiert. Bei ansteigender Schiene gehört zu einer bestimmten Geschwindigkeit eine kleinere, bei abwärts geneigter Schiene eine grössere Höchstbeschleunigung a_{max} . Die der Steigung g entsprechende Kurve $a_{max}(v)$ wird aus der für $g = 0$ gültigen Kurve hinreichend genau durch eine zu g proportionale Verschiebung der Abszissenaxe gewonnen. Eine axiale Fixierung der Trommel D_1 längs der in der Skizze angegebenen Steigungsskala liefert somit aus der Schar der für die verschiedenen Steigungen gültigen Kurven $a_{max}(v)$ die jeweils gewünschte.

Nach diesen Vorbereitungen ist die Bedienung der Maschine ein Leichtes. In der Anfangstellung hat auf der Trommel D_1 die Zeigerspitze S die Abszisse $v = 0$, auf D_2 die Federspitze die Abszisse $s = 0$. D_1 ist axial gemäss der anfänglichen Steigung fixiert; x_2 ist $= 0$; mit der Handkurbel wird S zur Koinzidenz mit der Kurve $a_{max}(v)$ gebracht, sodass $x_1 = a_{max}(0)$. Auf einen Knopfdruck hin rotieren die Scheiben P_1 und P_2 ; damit setzen sich auch die Rollen G_1 und G_2 und die beiden Trommeln in Bewegung, und der Operateur hat zunächst nur die Drehung von D_1 mittels seiner Kurbel durch eine axiale Bewegung der Zeigerspitze S so zu parieren, dass S beständig der Kurve $a_{max}(v)$ folgt. Der Zug läuft an: x_1 nimmt ab, x_2 nimmt zu. Auf D_2 zeichnet die Feder die Kurve $v(s)$ auf... Nun kann dreierlei erfolgen: 1) Stösst die Feder auf einen vertikalen Trennungsstrich zwischen zwei Strecken verschiedener Steigung, so stellt der Operateur den Motor ab, fixiert die Trommel D_1 axial in der der neuen Steigung entsprechenden Stellung, kurbelt die Zeigerspitze S auf die verschobene Kurve $a_{max}(v)$ und verfährt wie vorher. 2) Erreicht die Feder einen horizontalen Strich $v = v_{max}$, so darf der Zug nicht länger mit der höchstmöglichen Beschleunigung $a_{max}(v)$ fahren, sondern mit $a = 0$: Nach Abstellen des Motors kurbelt der Operateur den Zeiger S und damit die Rolle G_1 in die Stellung $x_1 = 0$, die nach Wiedereinschalten

¹⁾ Dabei war den Verfassern die Bayreuther Lösung nicht bekannt.
²⁾ Siehe «Journal Franklin Institute», Bd. 212 (1931), Nr. 4.
³⁾ Vergl. zum Folgenden: E. Meyer: Die Ermittlung der Fahrkurven und Fahrdiagramme bei Diesel-elekt. Zugförderung, «SBZ», Bd. 103, Nr. 17, S. 195*.



D_1 Trommel	GS Steigungsskala	P_2 Reibscheibe
ST a_{max}, v -Diagramm	D_2 Trommel	R_1, R_2 Zahnstangen
S Zeiger	G_2 Reibrad	GR Vorgelege
GB_1 Getriebekasten	P_1 Reibscheibe	G_1 Reibrad

bis auf weiteres beibehalten wird. 3) Aehnlich, wenn die Feder auf einen Parabelbogen stösst. Dann wird für das Folgende x_1 statt auf 0, auf den negativen Wert a_1 festgelegt; nach Wiedereinschalten folgt die Feder von selbst der vorgezeichneten Bremskurve bis zu dem vorgesehenen Haltepunkt oder Anfang eines neuen Streckenabschnitts, wo wieder ein Ab- und Umstellen der Integrationsmaschine nötig wird.

Auf der Skizze weggelassen ist eine dritte, gleichförmig rotierende Trommel D_3 , die wie D_2 unter einer Feder umläuft, deren axiale Verschiebung der Geschwindigkeit proportional ist, die also auf D_3 ein v, t -Diagramm entwirft. Ausserdem sind Zählwerke zur ständigen Kontrolle von Zeiten und Wegen angebracht. Ferner erlaubt eine weitere (von einem zweiten Operateur zu bedienende) Integrationsvorrichtung den zeitlichen Verlauf der im Motor entwickelten Joule'schen Wärme, oder der dem Fahrrad entnommenen Energie von einem Zähler abzulesen.

Voraussetzung für ein einwandfreies Funktionieren der Maschine ist, dass die Rollen G auf ihren Scheiben P schlupffrei abrollen, d. h. dass die Haftreibung zwischen Scheibe und Rolle den Widerständen des durch die Rolle angetriebenen Mechanismus gewachsen ist. In der beschriebenen Maschine scheint dies der Fall, denn sie arbeitet dem angeführten Aufsatz zufolge mit praktisch der selben Genauigkeit, die durch graphische, jedoch viel zeitraubendere Integrationsverfahren zu erzielen ist.

K. H. G.

Méthode graphique générale de calcul des propagations d'ondes planes

On rencontre fréquemment, en technique, des relations différentielles de la forme:

$$\frac{\partial u}{\partial x} = A \frac{\partial v}{\partial t}, \text{ et } \frac{\partial v}{\partial x} = B \frac{\partial u}{\partial t} \dots (1)$$

auxquelles on a donné le nom «d'équations des cordes vibrantes.» La solution générale de ces équations est de la forme:

$$u = u_0 + F(x - at) + f(x + at) \\ v = v_0 - K[F(x - at) - f(x + at)] \dots (2)$$

Dans le cas d'une corde vibrante, u représentera l'effort tranchant et v la vitesse transversale; dans une conduite forcée, u sera la pression en un point et v la vitesse longitudinale du liquide en ce point; si nous avons affaire à des ondes le long de conducteurs électriques, u représentera une tension et v une intensité. Dans tous les cas, a est la vitesse de propagation du phénomène, d'un point à un autre, et K une constante qui caractérise le phénomène, mais qui est toujours indépendante des fonctions F et f d'intégration. F et f représentent des ondes de déformation, de pression ou encore des ondes électriques, qui courent le long du support: corde vibrante, conduite forcée, ligne électrique etc.

Malgré l'identité des formules mathématiques, tous ces phénomènes physiques différents ont été traités par des méthodes analytiques ou graphiques différentes. Nous venons de lire, dans un travail qui a été présenté au deuxième congrès du coup de bélier, à New York (8 et 9 décembre 1937) que F. M. Wood, auquel on doit d'ailleurs de beaux travaux sur cette question, propose de traiter les problèmes de coup de bélier au moyen du calcul de Heaviside, appliqué couramment aux ondes électriques. Cette proposition est ingénieuse, mais conduit à des séries exponentielles, dont le calcul n'est pas plus simple que l'application des théories d'Allievi, de Sparre et Jaeger.

Le Prof. Bergeron, dont on connaît bien en Suisse les beaux travaux sur la méthode graphique de calcul du coup de bélier, fait, au contraire de Wood, la proposition d'étendre au calcul des cordes vibrantes, des déformations de prismes, des rencontres de corps élastiques, des déformations brusques par variation d'un moment de torsion, des ondes électriques enfin, la méthode de calcul graphique qu'il a mise au point pour le calcul des ondes de coup de bélier. Nous rappelons très brièvement en quoi consiste ce calcul:

En partant des équations (2), on voit aisément que tout observateur partant au temps t d'un point M et qui suit

l'onde F avec la vitesse a voit que cette onde conserve sa valeur. Nous écrirons pour lui que:

$$(u_{tM} - u) = \frac{1}{K} (v_{tM} - v), \dots (3)$$

u_{tM} et v_{tM} étant les valeurs respectives en M au temps de départ t . On établit, pour un observateur suivant l'onde f , que:

$$(u_{tM} - u) = \frac{1}{K} (v - v_{tM}). \dots (4)$$

Or chacune de ces équations représente une droite, d'inclinaison $1/K$ ou $-1/K$, droites qui se coupent au point M , à l'instant t . On dessinera donc un plan des (v, u) ; les conditions aux limites du problème nous donneront un point M_0 , au temps t_0 ; la valeur K détermine l'inclinaison des droites que nous suivrons avec la vitesse de propagation a des ondes F et f , jusqu'à la rencontre soit d'une autre droite, représentative d'une autre onde, soit jusqu'à une courbe $u(v)$ représentant une des conditions aux limites données par le problème. Les travaux de Schnyder et de Bergeron en Europe, de Wood et d'Angus en Amérique ont illustré le mode d'application de cette méthode au calcul du coup de bélier.

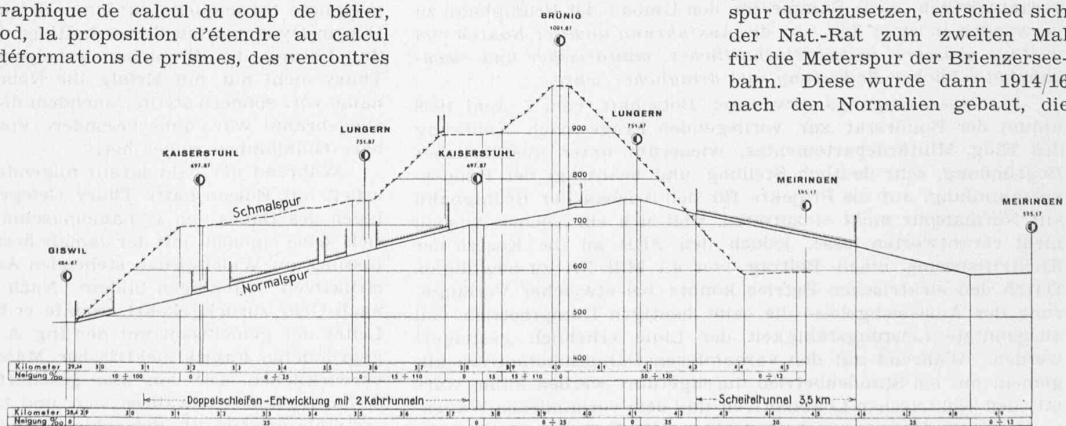
Dans deux travaux parus, l'un dans les «Mémoires de la Société des Ingénieurs civils de France» (juillet-août 1937), l'autre dans le «Bulletin de la Société française des électriciens» (octobre 1937), M. Bergeron montre comment on applique sa méthode aux problèmes les plus divers de la physique des ondes: ondes de déformations de corps élastiques, ondes électriques, etc. Il traite le cas où l'arbre de torsion, muni ou non de masses concentrées à ses extrémités, est brusquement détendu. Etudiant les cordes vibrantes, il examinera, grâce à la méthode graphique, le cas de la corde pincée (harpe) ou percutée (piano) ou encore le cas du fouet, qui n'est autre qu'une corde vibrante de section régulièrement décroissante, animée à l'une de ses extrémités d'un mouvement sinusoïdal, mouvement qui se transmet de proche en proche. Il examinera aussi le cas de deux prismes qui se heurtent ou encore d'un prisme qui heurte une paroi plane indéfinie. En électricité, Bergeron calculera une ligne munie d'un alter-nateur ou d'un accumulateur que l'on ferme, alors que la ligne est branchée, en un point quelconque, sur une résistance ohmique, une self ou une capacité. Il traitera enfin le cas d'un coup de foudre sur une ligne électrique.

Ce bref commentaire de la méthode Bergeron convaincra chacun de son intérêt. Nous ne doutons pas qu'elle fera sous peu l'objet d'un enseignement régulier dans les cours de mécanique appliquée. Son domaine d'application est tel que chacun trouvera profit à l'étudier.

Dr. Ing. Charles Jaeger.

Umbau oder Elektrifikation der Brünigbahn

In seiner Botschaft über den Ausbau der Landesverteidigung u. s. w. (Nr. 3730, vom 7. Juni d. J.) beantragt der Bundesrat u. a. die Elektrifikation der vor 50 Jahren (16. Juni 1888) in Betrieb gesetzten Brünigbahn Luzern-Brienz (58 km, Meterspur, gemischter Betrieb mit Adhäsion max. 18‰ und Zahnstange max. 120‰). Die Frage ihrer Spurweite war von Anfang an lebhaft umstritten, wurde aber zugunsten der Schmalspur mit Zahnrampen entschieden. Als die Bahn vor 30 Jahren von Brienz bis Interlaken verlängert werden sollte, lebte die gleiche Diskussion wieder auf: ob die Brienzseebahn als eine Verlängerung der Brüniglinie oder der normalspurigen Thunerseebahn aufzufassen sei. Die Bundesversammlung entschied mit grossem Mehr zugunsten der Schmalspur; als kurz vor Baubeginn (1913) durch Nat.-Rat Michel (Interlaken) nochmals alle Hebel in Bewegung gesetzt wurden, um die Normalspur durchzusetzen, entschied sich der Nat.-Rat zum zweiten Mal für die Meterspur der Brienzseebahn. Diese wurde dann 1914/16 nach den Normalien gebaut, die



Vergleichs-Längenprofil der bestehenden Brünigbahn (Schmalspurbahn) mit einer Normalspur-Adhäsionsbahn