

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 103/104 (1934)
Heft: 17

Artikel: Die Ermittlung der Anfahrkurven und Fahrdiagramme bei Diesel-elektrischer Zugförderung
Autor: Meyer, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-83201>

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: 07.05.2025

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

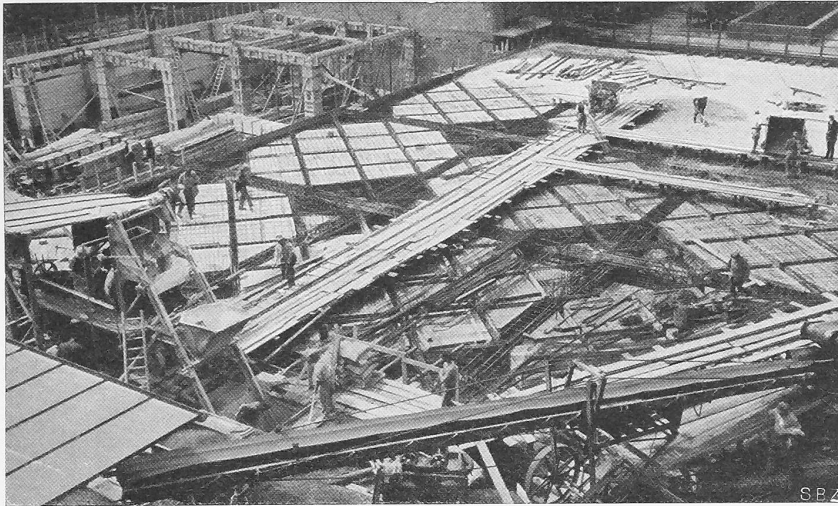
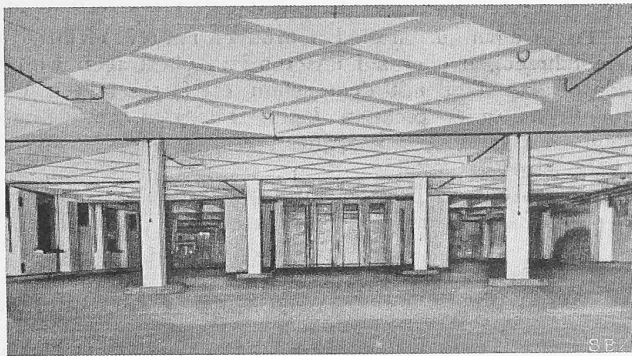


Abb. 7. Bauausführung einer Decke im Neubau des Konsumvereins Leipzig-Plagwitz (Abb. 8).

Abb. 8. Durchlaufende Felder im Neubau des Konsumvereins in Leipzig-Plagwitz. Durchweg 60 cm Bauhöhe, Spannweiten > 10 m, Nutzlast 1800 kg/m^2 .

die Möglichkeit zur Beschränkung der Bauhöhe, und schliesslich eine nur geringe Durchbiegung. Erfahrungsgemäss kann gesagt werden, dass man auch bei durchlaufenden Tragkonstruktionen durch Anwendung des Kreuzeckrostes etwa $\frac{1}{3}$ der Konstruktionshöhe und gleichzeitig etwa 30 % des Materials spart. Aus Vorstehendem geht auch hervor, dass der Kreuzeckrost zur Aufnahme von Einzellasten ganz besonders geeignet ist.

*

Weitere Veröffentlichungen über die Kreuzeckrost-Bauweise sind u. a. zu finden in „Beton und Eisen“, 1932, Hefte 7, 8 und 22; „Zement“ 1931, Hefte 19/21, 1932, Hefte 48/50.

Die Ermittlung der Anfahrkurven und Fahr-diagramme bei Diesel-elektrischer Zugförderung.

Von Dr. Ing. E. MEYER, Baden.

Die Zeit, die ein Triebfahrzeug braucht, um sich selbst oder einen von ihm gezogenen Wagenzug auf einer gegebenen Strecke auf eine bestimmte Geschwindigkeit zu beschleunigen, bildet oft das wichtigste Kriterium bei der Beurteilung seiner Leistungsfähigkeit. Zur Ermittlung dieser Zeit wird man im allgemeinen genötigt sein, die Kurven aufzuzeichnen, die den Zusammenhang einerseits zwischen Zeit und Fahrgeschwindigkeit und andererseits zwischen Zeit und durchlaufenem Weg bei konstantem Zugsgewicht und konstanter Neigung der Strecke darstellen. Diese Kurven, die ich Anfahrkurven des Triebfahrzeuges nennen will, benötigt man auch für die Aufstellung der Fahr-diagramme und für die genaue Vorausberechnung der Fahrzeit zwischen zwei Stationen.

Am einfachsten gestaltet sich die Ermittlung dieser Kurven bei rein elektrischen Fahrzeugen, da dort über

grössere Geschwindigkeitsbereiche mit einer praktisch konstanten Beschleunigung gerechnet werden kann. Die Geschwindigkeitskurve hat dann linearen und die Wegkurve parabolischen Charakter. Dasselbe ist der Fall bei Dieselfahrzeugen mit mechanischer Kraftübertragung, solange mit der selben Getriebestufe gefahren wird, da der Dieselmotor praktisch eine Maschine konstanten Drehmomentes ist. Bei der Dampflokomotive und vollends beim Diesel-elektrischen Fahrzeug stellt sich das Problem wesentlich anders, da bei beiden die Konstanz der zur Verfügung stehenden Leistung zur Folge hat, dass die Beschleunigung mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit abnimmt. Diese Leistung ist im erstgenannten Fall durch die Leistungsfähigkeit des Lokomotivkessels und im zweiten Fall durch die maximale Leistung des Dieselmotors bedingt. Im Nachstehenden sollen nun diese Verhältnisse für den Fall eines Diesel-elektrischen Fahrzeuges näher untersucht werden.

Wie erwähnt, mangelt dem Dieselmotor die für den Eisenbahnbetrieb wünschbare Elastizität, da seine Leistung unter keinen Umständen über einen bestimmten Maximalwert gesteigert werden kann. Umsomehr wird man darnach trachten müssen, dass diese maximale Leistung bei jeder beliebigen Fahrgeschwindigkeit und insbesondere während der Anfahrperiode zur Verfügung steht und ausgenutzt werden kann. Es liegt jedoch in der Natur eines jeden Verbrennungsmotors, dass die Höchstleistung nur bei der Höchstdrehzahl abgegeben werden kann. Die erwähnte Forderung wird daher nur dann erfüllt werden können, wenn zwischen der Dieselmotordrehzahl und der Fahrgeschwindigkeit keine Abhängigkeit besteht. Diese Unabhängigkeit ist nun einzig durch die elektrische Kraftübertragung zwischen Dieselmotor und Triebrädern gewährleistet. Darin besteht denn auch ein grosser Vorteil gegenüber der rein mechanischen Uebertragung, wo zwischen der Fahrgeschwindigkeit und der Dieselmotordrehzahl und damit der ausnützaren Dieselleistung stets ein festes Verhältnis besteht, das allerdings durch die Wahl von verschiedenen Uebersetzungen stufenweise verändert werden kann.

Für die Charakterisierung eines Triebfahrzeuges verwendet der Bahnfachmann mit Vorliebe das sog. Z-V-Diagramm, d. h. die Kurve, die die maximal an den Triebrädern ausübbare Zugkraft in Funktion der Fahrgeschwindigkeit darstellt.¹⁾ Für ein Diesel-elektr. Fahrzeug mit Ausnützung der vollen Leistung hat diese Kurve offenbar theoretisch einen hyperbolischen Verlauf. In Wirklichkeit verläuft sie jedoch etwas anders, weil der Wirkungsgrad der Uebertragung keinen konstanten Wert besitzt, sondern bei den häufigsten Fahrgeschwindigkeiten ein Maximum aufweist, bei höheren Geschwindigkeiten ein wenig, und bei kleineren Geschwindigkeiten etwas stärker abnimmt. Ferner ist der Zugkraft durch die Adhäsion eine obere Grenze gesetzt, sodass es in den seltensten Fällen möglich sein wird, von Anfang an mit der vollen Dieselmotorleistung anzufahren. Der tatsächliche Verlauf einer sol-

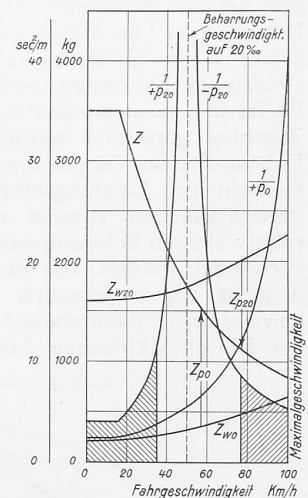


Abb. 1. Charakterist. Kurven für einen 410 PS Diesel-elektr. Triebwagenzug v. 70 t. Z = Zugkraft am Radumfang, Zwo = Fahrwiderstand auf der Ebene, Zw20 = Fahrwiderstand auf 20 % Steigung mit 12 km/h Gegenwind. Zp = Beschleunigungs- bez. Verzögerungskraft. +p = Beschleunigung, -p = Verzögerung.

¹⁾ Vergl. W. Kummer, Universalschema für Zwischengetriebe, Bd. 100, S. 215*. Red.

AUS DEM „BÜRGERHAUS IN DER SCHWEIZ“, 25. BAND: KANTON WAADT, II. TEIL.

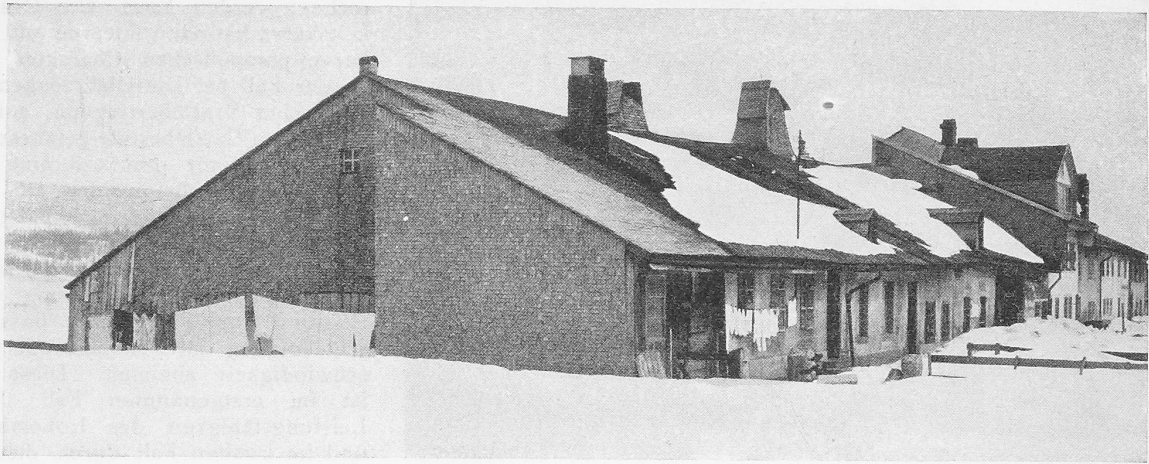


Abb 1. Häusergruppe „Chez Mcylan“, Vallée de Joux, Waadtländer Jura.

chen Kurve ist in Abb. 1 (Kurve Z) wiedergegeben. Der hyperbolische Charakter der Kurve bleibt immerhin gewahrt; wegen der Adhäsionsgrenze wird im vorliegenden Falle die volle Dieselmotorleistung erst von 16 km/h Fahrgeschwindigkeit an ausgenützt werden. Die Z-V-Kurve bildet die Grundlage für die Ermittlung der Anfahrkurven.

Ein Teil der am Radumfang zur Verfügung stehenden Zugkraft Z wird benötigt zur Ueberwindung des Fahrwiderstandes Z_w des Triebfahrzeuges und des angehängten Wagenzuges. Dieser setzt sich wiederum zusammen aus dem Reibungs-, Stoss-, Luft-, Krümmungs- und Steigungswiderstand und wird nach bekannten Formeln berechnet. Z_w kann auch negative Werte annehmen, wenn der Zug ein Gefälle befährt und die parallel zur Bahnachse wirkende Komponente der Schwerkraft grösser ist, als die übrigen Widerstandsbeträge. Die Differenz zwischen Z und Z_w , die mit Z_p bezeichnet werden soll, dient zur Beschleunigung einerseits des Zuges, andererseits der rotierenden Massen der Fahrzeuge, wie Räder, Achsen, Zahnräder und Anker der Triebmotoren. Der zweite Anteil wird nun in der Praxis zumeist dadurch berücksichtigt, dass zur Berechnung der Beschleunigung nicht das eigentliche Zugsgewicht G , sondern ein etwas grösserer Wert G' eingesetzt wird. Der für die Triebfahrzeuge in Rechnung zu setzende Zuschlag hängt natürlich sehr stark von der Bauart und Grösse des Fahrzeuges und der Triebmotoren und überdies von der Art des Achsantriebes ab. Er beträgt bei elektrischen Lokomotiven im Mittel etwa 20 bis 25 %, obwohl auch schon Werte bis zu 43 % gemessen wurden. Für Diesel-elektrische Fahrzeuge fehlen bis heute Erfahrungswerte. Es ist jedoch anzunehmen, dass hier mit einem kleineren Zuschlag gerechnet werden kann, da erstens die Diesel-Lokomotive im Vergleich zur rein elektrischen ein grösseres Gewicht pro Leistungseinheit aufweist und zweitens aus Platzrücksichten zumeist raschlaufende Achsmotoren mit relativ kleinen Schwungmassen und kleine Raddurchmesser verwendet werden. Das Verhältnis zwischen dem Schwungmoment der rotierenden Massen und dem Lokomotivgewicht wird dadurch bedeutend verkleinert, sodass man bei Diesel-elektrischen Lokomotiven mit einem Zuschlag

von rd. 15 bis 20 % wohl etwa das Richtige treffen wird. Bei Triebwagen dürfen die Erfahrungen mit rein elektrischen Triebfahrzeugen eher auf unseren Fall übertragen werden, sodass man hier mit dem schon oft festgestellten Wert von 8 bis 13 % rechnen kann. Für den angehängten Wagenzug beträgt schliesslich der allgemein übliche Zuschlag etwa 5 %.

Aus Z_p [kg], G' [t] und der Erdbeschleunigung $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$ errechnet sich die Beschleunigung p zu

$$p = \frac{Z_p}{1000 G'} g \quad [\text{m/sec}^2]$$

In der Abb. 1 sind Z_w und Z_p für einen bestimmten Fall (70 t Triebwagenzug in der Ebene und auf 20 ‰ Steigung bei 12 km/h Gegenwind) eingetragen. Man sieht, dass Z_p in hohem Masse von der Fahrgeschwindigkeit abhängt. Da jedoch weder Z noch Z_w analytisch formulierbaren Gesetzen folgen, lässt sich auch der Zusammenhang zwischen Z_p (oder p) und der Fahrgeschwindigkeit nicht durch eine einfache mathematische Funktion darstellen. Dieser Umstand erschwert die analytische Behandlung des Problems dermassen, dass für die genaue Ermittlung der Anfahrkurven nur die graphische Methode übrig bleibt.

Bezeichnet man mit t die Zeit vom Beginn der Anfahrt an gerechnet und mit v die momentane Fahrgeschwindigkeit des Zuges, so ist $dv = p dt$ und

$$t = \int_0^v \frac{1}{p} dv$$

Man zeichnet daher den reziproken Wert der Beschleunigung über der Geschwindigkeit auf und erhält dann die jeder Geschwindigkeit zugeordnete Zeit als den Inhalt der von der Kurve $\frac{1}{p}$, der Abszissenachse und den beiden

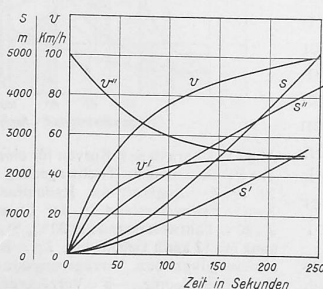
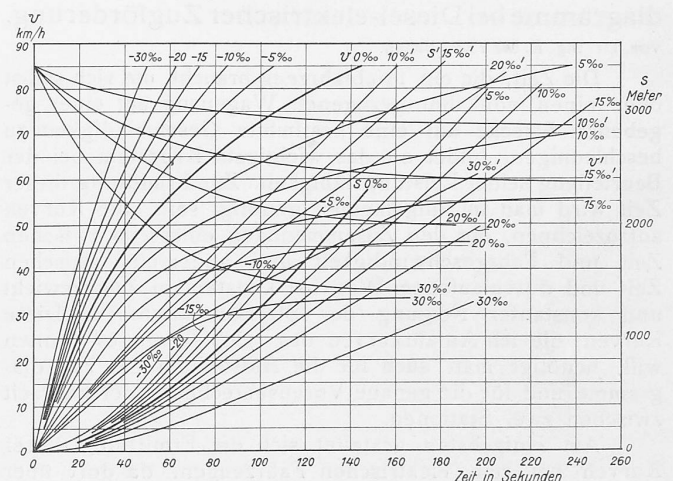


Abb. 2 (links). Anfahr- und Verzögerungskurven für einen 410 PS Diesel-elekt. Triebwagenzug von 70 t. Geschwindigkeit-Zeit-Kurven: (v für Ebene, v' Beschleunigung auf 20 ‰, v'' Verzögerung auf 20 ‰). Weg-Zeit-Kurven: (s für Ebene, s' Beschleunigung auf 20 ‰, s'' Verzögerung auf 20 ‰).

Abb. 3 (rechts). Anfahr- und Verzögerungskurven für einen 150 PS Diesel-elekt. Triebwagen von 24 t. v , v' = Geschwindigkeits-Zeit-Kurven; s , s' = Weg-Zeit-Kurven.



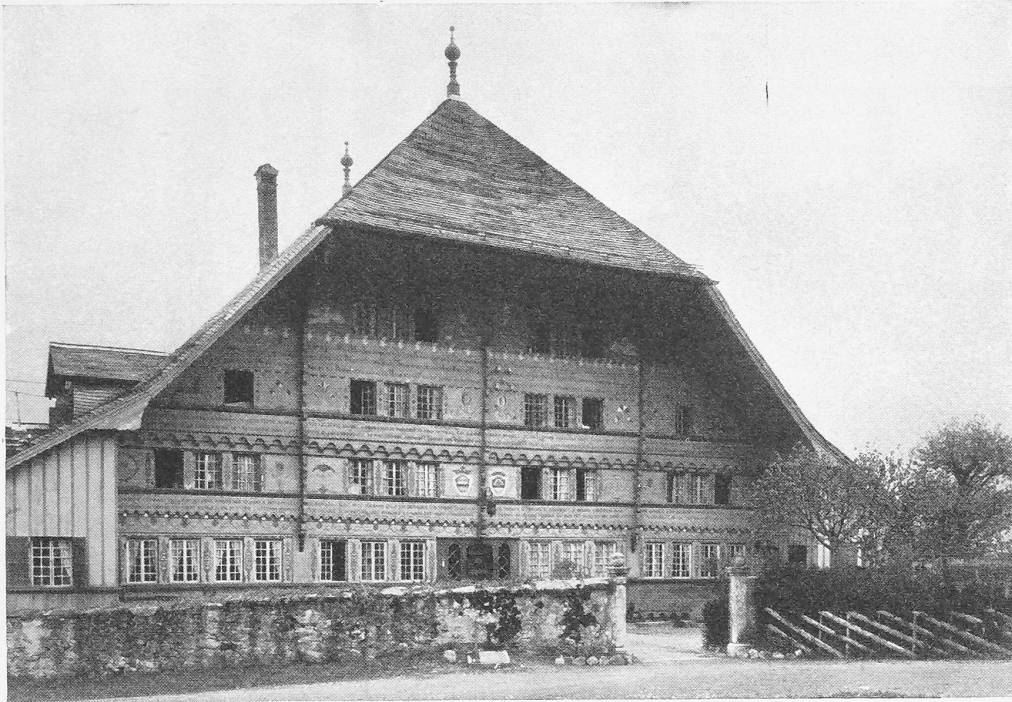


Abb. 2. „Le Grand Chalet“ in Rossinières, Pays d'Enhaut, Waadtländer Alpen.

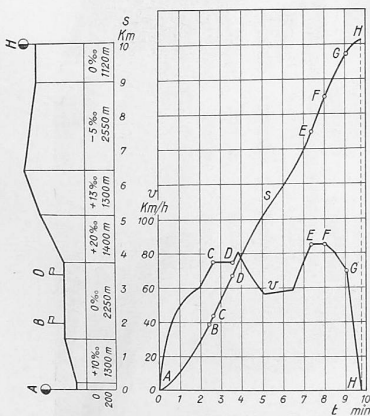
Ordinaten $v = 0$ und $v = v$ umgrenzten Fläche, wie dies in Abb. 1 dargestellt ist. (Uebrigens kann die Planimetrierung dieser Flächen durch Anwendung einer aus der Literatur bekannten Näherungsmethode²⁾ umgangen werden.)

Auf Grund der auf diese Weise ermittelten zusammengehörigen Zeit- und Geschwindigkeitswerte kann zunächst die Zeit-Geschwindigkeitskurve (Kurve v in Abb. 2) aufgezeichnet werden und sodann, durch deren Planimetrierung (oder die erwähnte Näherungsmethode), der zurückgelegte Weg

$$s = \int_0^t v \, dt.$$

Damit sind die beiden gesuchten Anfahrkurven ermittelt; natürlich gelten sie nur für ein bestimmtes Zugsgewicht und einen bestimmten Verlauf des Fahrwiderstandes. Während nun beim Aufstellen der Fahrdiagramme gewöhnlich ein konstantes Zugsgewicht zu Grunde gelegt wird, ändert der Fahrwiderstand sehr häufig, insbesondere immer dann, wenn die Neigung der Strecke wechselt. Es empfiehlt sich daher für die am meisten auftretenden Steigungen und Gefälle die Kurven $v(t)$ und $s(t)$ zum Voraus zu ermitteln; z. B. erhält man für einen allein fahrenden Diesel-elekt. Triebwagen die beiden Scharen von Anfahrkurven von Abb. 3.

Zur Aufstellung der Fahrdiagramme benötigt man noch eine Schar von weiteren Kurven, die ich „Verzögerungskurven“ nennen möchte. Die beim Auslauf oder Abbremsen des Zuges auftretenden Verzögerungen interessieren in diesem Zusammenhange nicht, da ihre Berechnung bei allen Traktionsarten in gleicher Weise vor sich geht. Gemeint sind vielmehr jene Verzögerungen, die entstehen, wenn der Zug bei voll

Abb. 4. Fahrdiagramm eines 150 PS Diesel-elekt. Triebwagens von 24 t. v = Geschwindigkeits-Zeit-Kurve, s = Weg-Zeit-Kurve.

²⁾ Sachs: Elektr. Vollbahnlokomotiven, Seite 26.

arbeitendem Triebfahrzeug über einen Gefällsbruch in einen Streckenabschnitt einfährt mit einer Anfangsgeschwindigkeit, die grösser ist als die der betreffenden Strecke entsprechende Beharrungs-Geschwindigkeit. Der neue Fahrwiderstand ist dann grösser als die bei der anfänglichen Geschwindigkeit vom Triebfahrzeug ausübende Zugkraft. Die früher mit Z_p bezeichnete Beschleunigungskraft ist negativ und bewirkt die Verzögerung:

$$p = \frac{Z_p}{1000 G} g.$$

Ist v_0 die Anfangsgeschwindigkeit, v die Geschwindigkeit t sec nach Verzögerungsbeginn, so gilt:

$$t = \int_{v_0}^v \frac{dv}{p}$$

Auch hier stellt sich die jeder Geschwindigkeit zugeordnete Zeit dar als der Inhalt der Fläche, die von der Kurve

$\frac{1}{p} = f(v)$, der Abszissenachse und den beiden Ordinaten v und v_0 eingeschlossen wird (siehe Abb. 1), und die Verzögerungskurven ergeben sich analog wie die Anfahrkurven. Dabei wird für v_0 zweckmässigerweise die zulässige maximale Geschwindigkeit des Zuges gewählt, da die Verzögerungskurve dann für alle überhaupt vorkommenden Anfangsgeschwindigkeiten zu gebrauchen ist.

Der während der Verzögerung durchlaufene Weg s lässt sich auch hier durch Planimetrierung der Zeit-Geschwindigkeits-Kurve leicht ermitteln. In der Abb. 2 sind die Verzögerungskurven v'' und s'' für 20 ‰ Steigung eingetragen, wobei die gleichen Daten vorausgesetzt wurden wie bei der Berechnung der in der gleichen Abbildung enthaltenen Anfahrkurven. Natürlich gilt auch hier die selbe Kurve nur für einen bestimmten Fahrwiderstand, d. h. bei konstantem Zugsgewicht nur für einen ganz bestimmten Streckenabschnitt. Offenbar brauchen die Verzögerungskurven nur für jene Streckenabschnitte festgestellt zu werden, für die die Beharrungsgeschwindigkeit unter der zulässigen Höchstgeschwindigkeit liegt.

Mit Hilfe der beiden Scharen von Anfahr- und Verzögerungskurven ist es nun ein leichtes, das Fahrdiagramm für jede beliebige Strecke aufzuzeichnen. Dies soll an einem Beispiel gezeigt werden. Es sei die Aufgabe gestellt, das Fahrdiagramm für den Triebwagen, dessen Anfahr- und Verzögerungskurven in Abb. 3 dargestellt sind, zu ermitteln für die in Abb. 4 aufgezeichnete Strecke zwischen den Stationen A und H. Die Maximalgeschwindigkeit des Wagens betrage 85 km/h; ferner sei zwischen den Punkten B und D aus betriebstechnischen Gründen die Geschwindigkeit auf 75 km/h begrenzt.

Bis zum Punkte C ist das Diagramm lediglich durch die vom Triebfahrzeug zur Verfügung gestellte Leistung bestimmt. Sowohl die s - als auch die v -Kurve setzen sich daher zusammen aus Teilstücken der Anfahrkurven für die Strecken mit 0, +10 und wieder 0 ‰. Im Punkt C ist die für den betreffenden Streckenabschnitt höchstzulässige Geschwindigkeit von 75 km/h erreicht. Da eine weitere Beschleunigung also nicht mehr zulässig ist, ist die Leistung des Dieselmotors bis zur Erreichung des Punktes D so zu reduzieren, dass die Geschwindigkeit konstant bleibt. Vom Punkte D weg kann dann wieder mit voller Leistung gefahren werden, sodass sich der Wagen zunächst beschleunigt bis zur Einfahrt in die 20 ‰ Rampe. Die dann

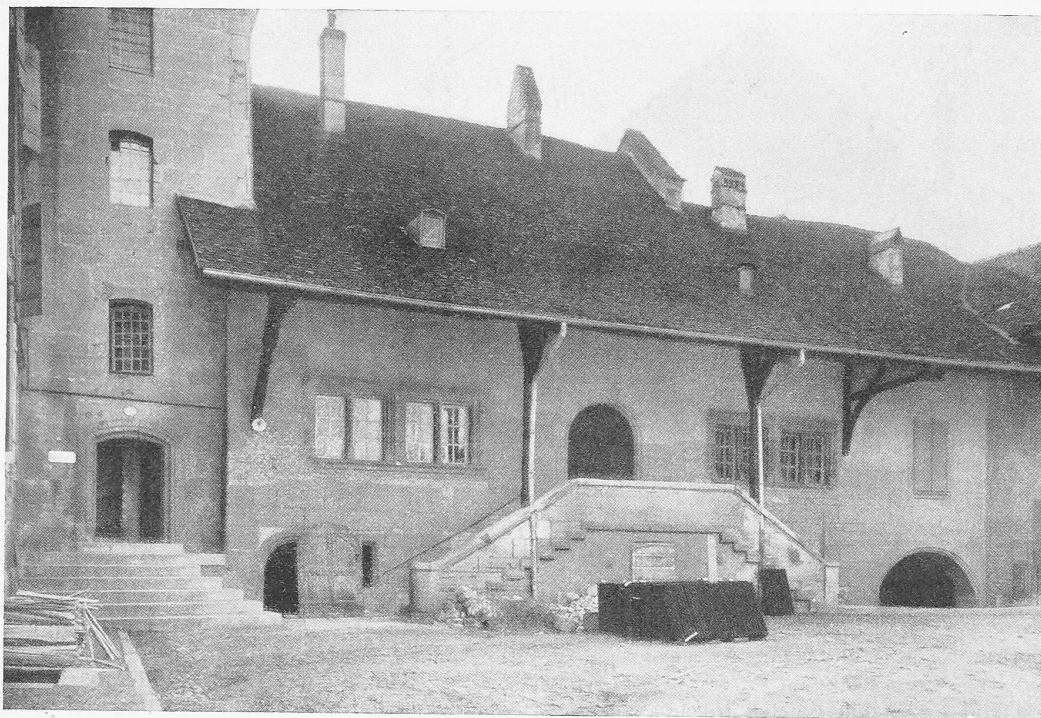


Abb. 3. Das Gerichtsgebäude in Payerne, Nordostfassade am Platz.

erreichte Geschwindigkeit von 81 km/h liegt über der Beharrungsgeschwindigkeit, die auf 20 ‰ rd. 47 km/h beträgt, sodass nun der Wagen verzögert wird. Der Verlauf von Weg und Geschwindigkeit folgt dann den Verzögerungskurven für 20 ‰ bis zur Einfahrt in die 13 ‰ Rampe, von wo an die Geschwindigkeit wieder ansteigt und zwar gemäss den Anfahrkurven für 13 ‰ und nachher für — 5 ‰. Bei E ist die Höchstgeschwindigkeit des Wagens erreicht. Die Leistung ist daher so stark zu reduzieren, dass eine weitere Beschleunigung nicht mehr stattfindet. Im Punkte F werde die Antriebsleistung ganz abgeschaltet. Infolge der Fahrwiderstände tritt zuerst in der Gefällstrecke von 5 ‰ eine geringe und nachher in der Ebene eine etwas stärkere Verzögerung ein. Solange die Neigung der Strecke konstant ist, nimmt dabei die Geschwindigkeit ungefähr linear ab. Vom Punkte G weg werde das Fahrzeug abgebremst, wobei eine konstante Bremsverzögerung von 0,5 m/sec² angenommen ist. Als Endergebnis findet man für das Durchfahren der 10,12 km langen Strecke von A bis H eine Fahrzeit von 9³/₄ min.

In gleicher Weise kann das Fahrtdiagramm für jede beliebige Strecke konstruiert werden.

Das Bürgerhaus in der Schweiz.

XXV. Band: Kanton Waadt, II. Teil.

Herausgegeben vom SCHWEIZER. ING.- UND ARCH.-VEREIN
im Orell Füssli-Verlag, Zürich und Leipzig.¹⁾

Kaum einer unserer Kantone vereinigt auf seinem Gebiet eine solche Zahl verschiedenster Eigenarten und Einflüsse, wie sie aus den Bauten sprechen, die auf waadtländischem Boden entstanden sind. Waren die Bürgerhäuser des ersten Waadtlandbandes wenigstens geographisch insofern alle gleich orientiert, als sie an den benegnadeten Ufern des Léman stehen, so tritt uns im vorliegenden zweiten Band auch die ganze Skala der topographisch und klimatisch bedingten Unterschiede vor Augen: zwischen die rauen Hochtäler des Jura und die freund-

lichen Voralpen des Pays d'Enhaut ist das vollblütige Plateau Vaudois eingebettet, dem zur Hauptsache dieser Band gewidmet ist.

Ebenso mannigfaltig wie die Natur des Landes sind die Wurzeln der architektonischen Ausdrucksweise des bauenden Bürgertums. Gewiss, das französische Vorbild hat am stärksten und weitesten gewirkt, gewissermassen den Grundton angegeben. Nun aber kamen Einflüsse aus den nördlichen Nachbargebieten, aus Neuenburg, Freiburg,



Abb. 4. Haus d'Arnay, rue du Château in Moudon.

¹⁾ Vergl. unter Literatur auf S. 203 dieser Nummer.