

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 47/48 (1906)
Heft: 19

Artikel: Ueber die Anfahrbeschleunigung bei elektrischen Bahnen
Autor: Kummer, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-26186>

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: 16.01.2026

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

gemeinsamen Schönheitsbegriffs ist der Anfang einer neuen künstlerischen Kultur, welche Geist und Richtung des neuen Stils bestimmt. Daraus ergibt sich die Wichtigkeit einer künstlerischen Erziehung für den Ingenieur, der als Tiefbaumeister, Maschinenbauer, Schiffsbauer, Brückenbauer einen immer wachsenden Einfluss auf die Gestaltung der uns umgebenden Welt gewinnt. Denn wir dürfen nicht vergessen, dass das Zweckmässige an sich und unter allen Umständen noch nicht das Schöne ist. Eine eiserne Brücke kann sehr zweckmässig sein und doch die Natur entstellen. Es ist eben Aufgabe eines künstlerisch geschulten Propor-

niertesten Einfachheit das denkbar Ueppigste von Geschmackskultur erreichen). Ferner die Möglichkeiten, die in der Formgestaltung selbst liegen: die Flächendifferenzierung, die Massengruppierung, die Raumdifferenzierung, die Geschlossenheit der Wand, die Auflösung der Fläche wie beim Warenhaus usw. Eine künstlerische Kultur, die sich auf der Grundlage konstruktiver Einfachheit und zweckentsprechender Sachlichkeit entwickelt, ist denn auch dem modernen Menschen in seiner äusseren Erscheinung wie in seinem innern Wesen verwandt. Hier haben wir eben einen weitem Fingerzeig dafür, dass die Bewegung nach

Dritte deutsche Kunstgewerbe-Ausstellung in Dresden 1906.

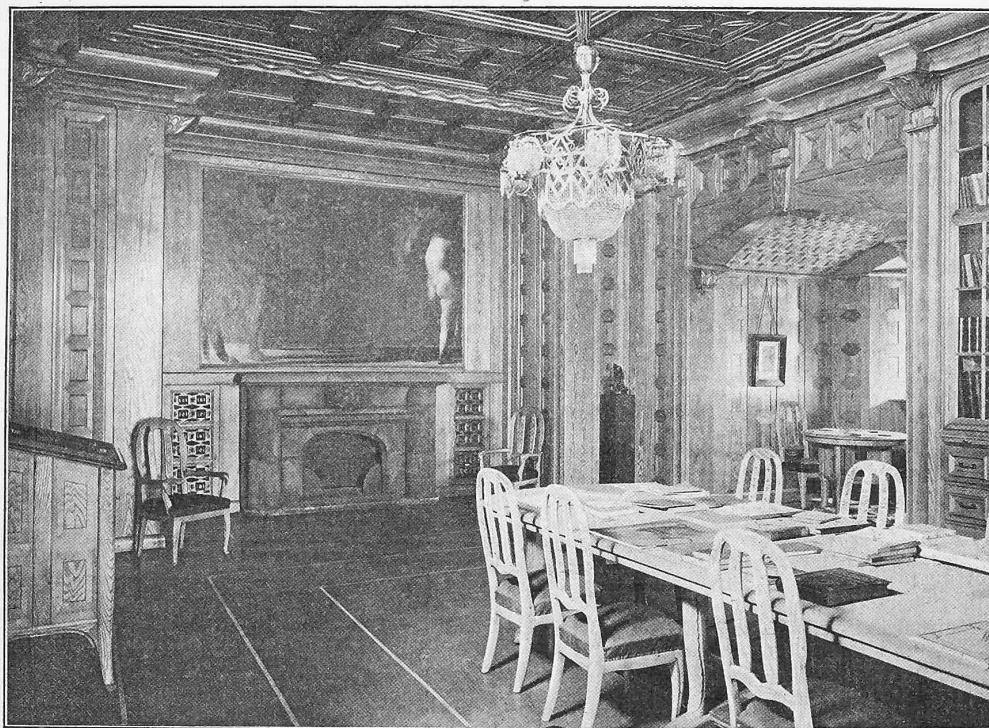


Abb. 20. Bibliothek im «Sächsischen Hause» von Wilhelm Kreis. Gemälde über dem Kamin: «die Vertreibung aus dem Paradies» von Franz Stuck in München.

tionsgefühls, die in der Zweckform keimenden Schönheitswerte zu entwickeln. Dass aber zwischen beiden eine innere Verwandtschaft besteht, das beweist schon die Tatsache, dass die technisch vollkommenste Maschine auch die schönste ist.

Es ist bezeichnend für das bürgerliche Wesen unserer Zeit, dass die moderne Bewegung in der bürgerlichen Wohnkunst zuerst den sichern Boden einer einheitlichen Entwicklung gefunden hat: sie liegt in der Anknüpfung an die Empire- und Biedermaierkunst, da wo der Faden der lebendigen Tradition seinerzeit abgerissen ist und wo für den modernen Geschmack zugleich das Vorbild geistesverwandter Einfachheit gegeben ist. Von Darmstadt nach Dresden führt hier der deutliche Weg einer steten Klärung der Anschauungen in diesem Sinne. Im Aeussern des Wohnhauses scheint die Entwicklung nach einem Ausgleich der im mittelalterlichen Wohnhaus gegebenen Motive mit dem Geist des Biedermaierhauses zu streben. Auf viel weniger sicherem Boden steht unsre heutige Monumentalarchitektur. Hier herrscht noch immer der Eklektizismus, wenn auch neuerdings die konstruktive Einfachheit der klassischen Stile wieder entscheidenden Einfluss gewinnt. Dass sich auch auf der Grundlage eines konstruktiven Stils jede Steigerung und Bereicherung der künstlerischen Wirkung erreichen lässt, das liegt schon in dem Reichtum der Mittel, welche die Farbe an die Hand gibt. Dazu kommt die Wahl reicherer und edlerer Materialien (womit z. B. die Wiener Werkstätten in ihrer Raumkunst bei der raffi-

dem neuen Stil auf das hinstrebt, was wir als die Grundlage jeder lebendigen Stilentwicklung bezeichnet haben: auf die Einheit von Kunst und Kultur, einen universalen Stil des Lebens.

Ueber die Anfahrbeschleunigung bei elektrischen Bahnen.

Studie von Dr. W. Kummer, Ingenieur in Zürich.

In vielen Fällen verdanken die elektrischen Bahnen ihre erhöhte Wertschätzung gegenüber Dampfbahnen ausschliesslich den höhern Anfahrbeschleunigungen, die sie zu erzielen gestatten.

In solchen Fällen ist es bei den Abnahme- und Garantieproben ausgeführter elektrischer Bahnen daher geboten, die erreichte Anfahrbeschleunigung experimentell zu konstatieren. Dafür sind in der Literatur schon verschiedene Methoden angegeben, mit denen wir uns aber hier nicht befassen wollen. Vielmehr stellen wir uns bloss vor, beim Passieren eines anfahrens Zuges vor Signalen, die sich in konstanten Abständen folgen, werde regelmässig die Zeit notiert, sodass schliesslich aus den Aufzeichnungen die Anfahrwegkurve:

$$s = f(t)$$

gebildet werden kann. Durch graphische Differentiation derselben folgt die Anfahrgeschwindigkeitskurve:

$$v = \frac{ds}{dt} = f'(t)$$

und aus dieser durch nochmalige Differentiation die Anfahrbeschleunigungskurve:

$$\gamma = \frac{d^2 t}{dt^2} = f''(t).$$

Man wird nun bei elektrischen Bahnen in der Regel für:

$$\gamma = f''(t)$$

eine mit zunehmender Zeit abnehmende Funktion erhalten, die man mit hinreichender Genauigkeit durch die Gleichung:

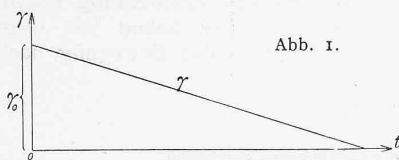


Abb. 1.

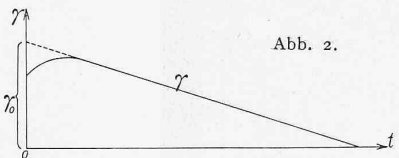


Abb. 2.

nach Abbildung 2 ergibt, tritt in der Praxis häufig auf; er kann für die nachfolgende Rechnung ebenfalls mittels der Gleichung: $\gamma = \gamma_0 - n t$ behandelt werden, wobei dann bloss γ_0 entsprechend der Abbildung 2 sinngemäss zu deuten ist.

Wir wollen uns nun damit beschäftigen, aus einer gemäss Abbildung 1 oder Abbildung 2 experimentell ermittelten Beschleunigungslinie den Maximalwert des Anfahrreffektes zu berechnen. Der Traktionswiderstand r und die Zugkraft z sind definiert durch die Gleichungen:

$$r = r_1 + r_2 v^2,$$

$$z = r_1 + r_2 v^2 + \frac{1}{g} \cdot \frac{dv}{dt},$$

wobei r und z in kg pro kg Zugsgewicht, v in m pro sek und g durch $9,81$ gemessen werden.

Der momentane Anfahrreffekt ist dann:

$$E = (r_1 + r_2 v^2 + \frac{1}{g} \frac{dv}{dt}) \cdot v.$$

Man kann sich zur Berechnung des maximalen Anfahrreffektes die Annäherung gestatten, dass man den Traktionswiderstand r als Konstante behandelt, die man für jeden Fall entsprechend dem zu erwartenden Werte $(v)_{Emax}$ zum voraus berechnet nach:

$$r_m = r_1 + r_2 (v)_{Emax}^2$$

wobei $(v)_{Emax}$ geschätzt werden muss. Dann ist:

$$E = r_m \cdot v + \frac{1}{g} \cdot v \frac{dv}{dt} = \left(r_m + \frac{\gamma}{g}\right) v.$$

Aus der Gleichung $\gamma = \gamma_0 - n \cdot t$ der Beschleunigungslinie folgt:

$$v = \gamma_0 t - \frac{n}{2} t^2$$

$$\text{sodass} \quad E = \left(\gamma t - \frac{n}{2} t^2\right) \left(r_m + \frac{\gamma_0 - n t}{g}\right).$$

Das Maximum von E tritt ein bei:

$$\frac{dE}{dt} = r_m \gamma + \frac{\gamma^2}{g} + \frac{v}{g} \frac{d\gamma}{dt} = 0$$

also bei:

$$r_m (\gamma_0 - n t) + \frac{1}{g} (\gamma_0 - n t^2) + \frac{1}{g} \left(\gamma_0 t - \frac{n}{2} t^2\right) (-n) = 0,$$

woraus folgt:

$$(t)_{Emax} = \frac{3\gamma_0 + g r_m \pm \sqrt{3\gamma_0^2 + g^2 r_m^2}}{3n}.$$

Vor der Wurzel ist einzig das negative Vorzeichen zu nehmen, damit:

$$(\gamma)_{Emax} = \gamma_0 - n (t)_{Emax}$$

einen positiven Wert erhalte. Es wird dann:

$$(t)_{Emax} = \frac{1}{3n} (3\gamma_0 + g r_m - \sqrt{3\gamma_0^2 + g^2 r_m^2})$$

$$\text{und} \quad (\gamma)_{Emax} = \frac{1}{3} \sqrt{3\gamma_0^2 + g^2 r_m^2} - \frac{g r_m}{3}.$$

Es ist bemerkenswert, dass $(\gamma)_{Emax}$ von n , das die Neigung der Beschleunigungslinie bestimmt, unabhängig ist.

Für das Anfahren auf der Horizontalen kann $g^2 r_m^2$ neben $3\gamma_0^2$ vernachlässigt werden, sodass man in diesem Falle zu den folgenden vereinfachten Formeln gelangt:

$$(t)_{Emax} = \infty \frac{1}{n} (0,42 \gamma_0 + 3,3 r_m),$$

$$(\gamma)_{Emax} = \infty (0,58 \gamma_0 - 3,3 r_m).$$

Das Einsetzen des expliziten Wertes $(t)_{Emax}$ in den Ausdruck für E gibt E_{max} zu:

$$E_{max} = \left[\gamma_0 (t)_{Emax} - \frac{n}{2} (t)^2_{Emax}\right] \cdot \left[r_m + \frac{\gamma_0 - n (t)_{Emax}}{g}\right].$$

Einen besonders einfachen Ausdruck für E_{max} bekommt man für den Sonderfall, dass

$$n = 0$$

sei, dass also das Anfahren mit einer konstanten Beschleunigung ($\gamma = \gamma_0 = \text{konstant}$) erfolgen möge. Dabei wird nämlich

$$E = \gamma_0 t \left(r + \frac{\gamma_0}{g}\right)$$

$$\text{und } E_{max} = v_{max} \left(r + \frac{\gamma_0}{g}\right)$$

In Abbildung 3 ist nun für verschiedene Endgeschwindigkeiten des Anfahrens der Maximalreffekt E_a für Beschleunigungslinien:

$$\gamma = \gamma_0 - n t$$

dargestellt und zwar für die Fälle:

$$n = 0 \text{ und } n = 0,002,$$

wobei für jede Endgeschwindigkeit ein besonderes γ_0 benutzt ist, derart, dass der Zusammenhang zwischen γ_0 und dieser in km pro Stunde gemessenen Endgeschwindigkeit dargestellt ist durch die Gleichung:

$$\gamma_0 = 0,125 + 0,0025 v.$$

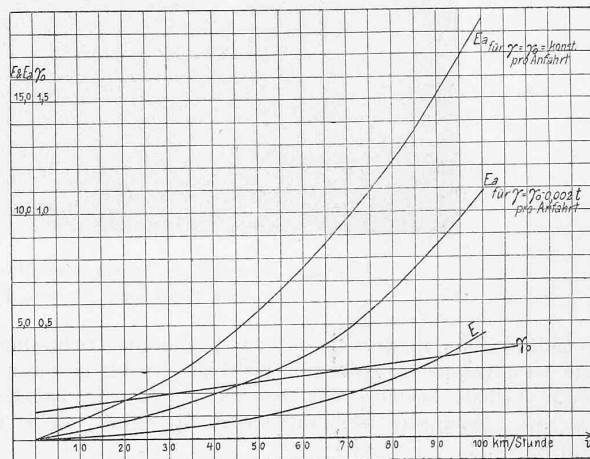


Abbildung 3.

Legende: E_a (für $\gamma = \gamma_0 = \text{konstant}$ bzw. für $\gamma = \gamma_0 - 0,002 v$) Anfahrreffekt in $P.S./t$, E Fahrreffekt in $P.S./t$.

Vergleichsweise sind ausserdem auch noch die Effekte für die Fahrt im Beharrungszustand mit der betreffenden Anfahr-Endgeschwindigkeit aufgetragen. Alle Kurven beziehen sich auf Anfahren und Fahrten auf der Horizontalen; r ist in kg pro Tonne Zugsgewicht dargestellt durch die Beziehung:

$$r = 2,3 + \frac{v^2}{1000},$$

worin v in km pro Stunde gegeben ist; die Effekte E für die Fahrt und E_a für die Anfahr sind des praktischen Interesses wegen in $P.S.$ pro Tonne Zugsgewicht aufgetragen.

Die am Eingang dargestellten Abbildungen 1 und 2 geben denselben Maximalreffekt und auch sonst Anfahr-linien, die nur wenig von einander abweichen. Hingegen geben sie verschiedene Resultate mit Rücksicht auf die beim Anfahren auftretenden Stösse, welche Reisende, sowie überhaupt sämtliche im Innern des Zuges befindliche Körper oder Gegenstände auszuhalten haben.

Das Auftreten solcher Stösse beim Anfahren und die Abhängigkeit desselben vom Verlaufe der Anfahrbeschleunigung soll nun in Folgendem untersucht werden.

In Abbildung 4 möge K einen im Innern eines Bahnwagens aufgestellten prismatischen Körper von der Masse m bedeuten; auf ihn wirken die Kräfte $m \cdot g$, herrührend von der konstanten Schwerkraft und $m \cdot \gamma$, herrührend von der variablen Beschleunigung des in der Richtung des Pfeils anfahrenen Fahrzeugs. Die beiden Kräfte greifen im Schwerpunkte S an und bewirken das Eintreten oder die Tendenz zu einer

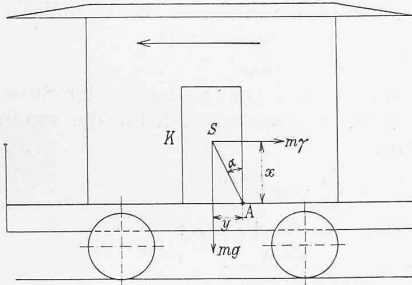


Abb. 4.

kippenden Bewegung, die durch die Differentialgleichung:

$$-Q \frac{d^2 \alpha}{dt^2} = -m \cdot g \cdot y + m \cdot \gamma \cdot x$$

darstellbar ist, in welcher Gleichung Q das Trägheitsmoment des Körpers in Bezug auf eine durch A gehende Achse, x und y die Arme der Kräfte $m \cdot g$ und $m \cdot \gamma$ in Bezug auf diese Achse und α den Drehwinkel bedeuten. Sind B und H Basis und Höhe des Prismas, so ist:

$$x = \frac{1}{2} \sqrt{B^2 + H^2} \cos \alpha$$

$$y = \frac{1}{2} \sqrt{B^2 + H^2} \sin \alpha.$$

Also:

$$Q \frac{d^2 \alpha}{dt^2} = m \cdot g \cdot \frac{\sqrt{B^2 + H^2}}{2} \sin \alpha - m \gamma \frac{\sqrt{B^2 + H^2}}{2} \cos \alpha.$$

Man erkennt in dieser Gleichung ohne Weiteres einen Spezialfall des physischen Pendels, wie er in genau gleicher Form für die schwingende Nadel einer dämpfungsfreien Tangentenbussole allgemein bekannt ist. Die Analogie geht sogar soweit, dass die physikalisch unabhängigen Variablen, hier die Beschleunigung γ und dort die Stromstärke i mit dem Cosinus-Ausdruck multipliziert sind, sodass, dort für konstantes i und hier für konstantes γ im Falle des Gleichgewichts diese Grösse durch die Tangente des Winkels α messbar ist. Wir haben in unserem Fall also die Gleichgewichtsbedingung:

$$\gamma = g \cdot \tan \alpha \text{ oder: } \alpha = \arctg \frac{\gamma}{g}.$$

Da γ für jeden Moment der Anfahr einen andern Wert hat, ist in der Differentialgleichung für die untersuchte Bewegung γ als Funktion von t einzuführen, wenn eine Auswertung dieser Gleichung erfolgen soll. Es lassen sich jedoch die Verhältnisse auch ohnedies schon diskutieren. Prinzipiell sind nämlich nur zwei Fälle möglich: Es verläuft die Kippbewegung beim Anfahren entweder oscillatorisch oder aperiodisch. Der oscillatorische Charakter, der infolge plötzlichen Eintretens einer erheblichen Aenderung der Zugsbeschleunigung von γ_1 auf γ_2 (wobei $\gamma_1 \geq \gamma_2$) hervorgerufen wird, äussert sich dann in der Weise, dass der Aenderungswinkel ($\alpha_2 - \alpha_1$) der Kippbewegung im ersten Moment grösser ist, als den Werten γ_2 und γ_1 in der Gleichgewichtslage entspricht; wenn andererseits die Aenderung der Zugsbeschleunigung in der Weise erfolgt, dass sich der Ausschlagswinkel stetig von ($\alpha_0 - \alpha_1$) auf ($\alpha_0 - \alpha_2$)

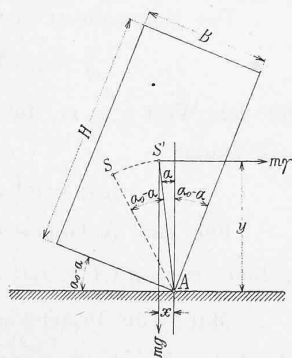


Abb. 5.

ändert, dann ist der Charakter der Kippbewegung ein aperiodischer.

Wir definieren nun eine Anfahr, bei welcher die Kippbewegung eines prismatischen, auf dem Wagenboden aufgestellten Körpers aperiodisch erfolgt, als eine stossfreie Anfahr und belegen diese konventionelle Definition mit der folgenden Erläuterung:

Der Oberkörper eines in einem Eisenbahnfahrzeuge sitzenden Reisenden wird in gleicher Weise durch die beiden Kräfte $m \cdot g$ und $m \cdot \gamma$ beeinflusst, wie ein prismatischer aufgestellter Körper. Zum Einhalten der vertikalen Lage muss daher der Körper in jedem Momente der Anfahr eine der Trägheitskraft $m \cdot \gamma$ gleiche und entgegengesetzt gerichtete innere Kraft entgegensetzen. Wenn $m \cdot \gamma$ während einiger Momente konstant bleibt, so bleibt auch die ihm gleiche und entgegengesetzt gerichtete innere Kraft im Körper des Reisenden konstant; jeder Aenderung von $m \cdot \gamma$ muss aber auch eine Aenderung von dieser innern Kraft entsprechen; erfolgt nun diese Aenderung von $m \cdot \gamma$ derart, dass der Oberkörper des Reisenden eine oscillatorische Bewegung anzunehmen geneigt ist, so empfindet er diese Schwingungen als Stösse und wird er Mühe haben, die innere Richtkraft momentan genau auf die Grösse der äussern Kraft $m \cdot \gamma$ einzustellen, wobei der Vorgang der Einstellung selbst neue Stösse auslösen kann oder wenigstens ein Gefühl, als wenn solche vorhanden wären, erzeugt; erfolgt andererseits die Aenderung von $m \cdot \gamma$ stetig im Sinne einer aperiodischen Bewegung, so wird der Körper des Reisenden leicht den Aenderungen von $m \cdot \gamma$ entsprechend die jeweiligen erforderliche innere Richtkraft genau einstellen können und das Gefühl einer stossweisen Bewegung im Reisenden nicht aufkommen. Das Mass für die Aenderung der vom Reisenden aufzubringenden Richtkraft ist eine Grösse proportional zu:

$$\frac{d\gamma}{dt}$$

also eine Beschleunigungsgrösse höherer Ordnung.

Diese Grösse $\frac{d\gamma}{dt}$ können wir nun als das Kriterium der Stossfreiheit auffassen und es ist ihr Verlauf in Abhängigkeit von der Anfahrzeit für verschiedene in Betracht kommende Anfahrkurven zu untersuchen. In dieser Beziehung werden die oben gegebenen Abbildungen 1 und 2 nennenswerte Unterschiede ergeben. Ebenso werden allgemein auch die Anfahrkurven, die verschiedenen Motortypen entsprechen, nicht übereinstimmende Kriterien $\frac{d\gamma}{dt}$ ergeben.

Der Verfasser hat in zwei frühern Studien (vergl. Schweiz. Bauzeitung Nr. 2 und 3 und Nr. 25 von Bd. XLIV von 1904) die Anfahrkurven, die sich für den Drehstrommotor und für den Gleichstrom- oder Wechselstrom-Seriemotor ergeben, abgeleitet. Für die damals abgeleiteten Beschleunigungslinien findet man nun, dass die erhebliche Aenderung $\frac{d\gamma}{dt}$ gerade zur Zeit $t = 0$ stattfindet; wenn also mit grossen Anfahrbeschleunigungen operiert wird, so muss der Reisende gemäss den abgeleiteten Kurven eine Anfahr mittels Drehstrommotoren und eine solche mittels Seriemotoren in gleicher Weise unangenehm empfinden. In der Praxis springt indessen die Beschleunigung γ zur Zeit $t = 0$ nicht so unvermittelt vom Werte null auf den Wert γ_{max} , wie es nach den theoretischen Ableitungen zu erwarten wäre, sondern es findet zur Zeit $t = 0$ für γ bloss ein Sprung von null auf einen Anfangswert γ_a und dann ein weiteres Ansteigen von γ_a bis zum Werte γ_{max} statt, das infolge verschiedener Umstände elektrischer, magnetischer und namentlich mechanisch-elastischer Natur eine gewisse endliche Zeit t' erfordert. Diese Zeit t' ist jedoch nur gering. Es kann also der Ausdruck:

$$\frac{d\gamma}{dt} = \infty \frac{\Delta\gamma}{\Delta t} = \frac{\gamma_{max} - 0}{t' - 0} = \frac{\gamma_{max}}{t'}$$

experimentell von Fall zu Fall bestimmt und damit die Anfahr mit Rücksicht auf Stösse diskutiert werden.

Im Nachfolgenden sollen die Anfahrlinien des Seriemo-tors derart abgeändert werden, dass der Bedingung der Stossfreiheit besser genügt wird, als gemäss den früher abgeleiteten Anfahrlinien. Die am Seriomotor zu diesem Behufe anzubringende Verbesserung betrifft dann weniger ihn selbst, als vielmehr die zugehörige Einrichtung der Spannungsregulierung und ist daher namentlich beim Wechselstrom-Seriomotor in eleganter Weise durchführbar. In Abbildung 6 ist die abgeänderte Charakteristik des Seriemo-tors veranschaulicht, die sich gegenüber der früher ge-

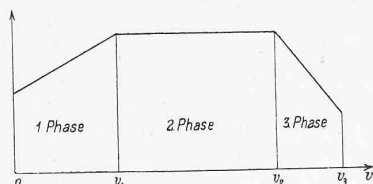


Abbildung 6.

gebenen Charakteristik nur dadurch unterscheidet, dass eine Phase mehr dazu gekommen ist. Während nämlich die früher behandelte Charakteristik eines Seriemo-tors in erster Phase eine konstante Zugkraft und in zweiter Phase eine mit der Geschwindigkeit linear abnehmende Zugkraft aufwies, hat die nun zu behandelnde abgeänderte Charakteristik des Seriemo-tors in erster Phase eine mit der Geschwindigkeit linear zunehmende, in zweiter Phase eine konstante und in dritter Phase eine mit der Geschwindigkeit linear abnehmende Zugkraft; die zugehörige Beschleunigungslinie ist dann etwa die der Abbildung 7 entsprechende.

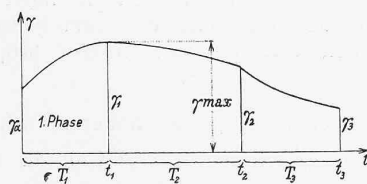


Abbildung 7.

Nach den früher veröffentlichten Berechnungen ist die analytische Behandlung der Anfahrlinien nach den Abbildungen 6 und 7 eine sehr einfache, indem die neu hinzugekommene Phase I sich analytisch gleich behandeln lässt wie Phase III, also die in der frühern Studie unter der Bezeichnung: Phase II behandelte. Unter der Voraussetzung eines durch die Gleichung:

$$r = r_1 + r_2 v^2$$

dargestellten Traktionswiderstandes sind die aus der Bewegungsgleichung:

$$z = r + \frac{1}{g} \frac{dv}{dt}$$

unter Berücksichtigung der respektiven Grenzbedingungen explizit ausgerechneten Resultate in der untenstehenden Tabelle zusammengestellt:

Zur Festlegung des Seriemo-tors und der zugehörigen Spannungsreguliereinrichtung sind die Konstanten A und B , sowie C_0 und ferner a und b aus Annahmen über den Verlauf und die Extremwerte der Anfahrlinien zu berechnen und kann hier übereinstimmend, wie in den oben erwähnten frühern Abhandlungen des Verfassers vorgegangen werden:

Charakteristisch für die erste Phase ist das Verhältnis:

$$K_I = \frac{\gamma_0}{\gamma_1} = \frac{\gamma_0}{\gamma_{max}}$$

das, wie wir sehen werden, auch zum Kriterium der Stossfreiheit in Beziehung steht. Charakteristisch für die zweite Phase ist das Verhältnis:

$$K_{II} = \frac{C_0}{r_{max}} = \frac{z_{max}}{r_{max}}$$

und für die dritte Phase das Verhältnis:

$$K_{III} = \frac{E_{max}}{r_{max} \cdot v_{max}}$$

Durch Festlegung dieser drei Verhältnisse ist nun, wie gezeigt werden soll, die Konstantenbestimmung gleichfalls festgelegt.

Die Konstanten K_I und K_{II} sind ein Mass für die Abstufbarkeit der Spannungsreguliereinrichtung und sind nicht voneinander unabhängig, die Konstanten K_{II} und K_{III} ein Mass für die Ueberlastbarkeit des Motors und auch nicht voneinander unabhängig und zwar ist K_{II} ein Mass hinsichtlich der zu erreichenden Zugkraft und K_{III} hinsichtlich der Leistungsabgabe. Im Ausdruck für K_{II} und K_{III} werden die Grössen v_{max} und r_{max} eingeführt, die ausserhalb der praktisch benutzten Anfahrkurven liegen, indem nämlich v_{max} den Grenzwert der Anfahr-geschwindigkeit, die für die Beschleunigung null und die Zeit $t = \infty$ mit dem gegebenen Motortyp erreichbar ist, und r_{max} den für diese Geschwindigkeit geltenden Traktionswiderstand bedeutet. Der Ausdruck

$$r_{max} \cdot v_{max}$$

wurde bereits in der frühern Abhandlung als die nominelle Leistung des Traktionsmotors bezeichnet.

Um nun das Kriterium der Stossfreiheit explizit angeben zu können, machen wir folgende Untersuchung.

Der Maximalwert der Beschleunigung folgt aus:

$$\frac{d\gamma}{dt} = g (B - 2 r_2 v) = 0$$

für den Wert $v = v_1$, für den also: $v_1 = \frac{B}{2 r_2}$ sein muss und lautet:

$$\gamma_{max} = g \left(A - r_1 + \frac{B^2}{4 r_2} \right).$$

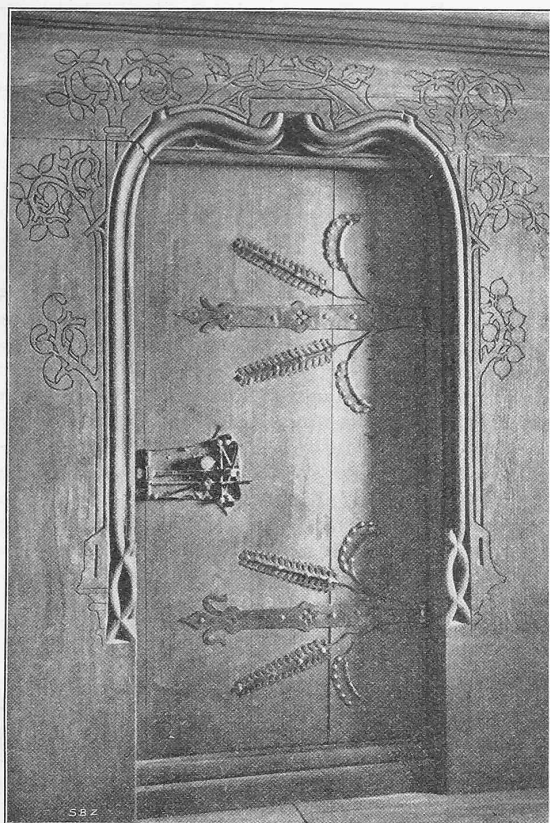
Für den Anfangswert γ_0 der Beschleunigung muss gelten: $\gamma_0 = g (A - r_1)$; also $\gamma_{max} = \gamma_0 + \frac{B^2}{4 r_2}$.

Mittels der Beziehung: $v_1 = \frac{B}{2 r_2}$ lässt sich der Ausdruck für T_I umformen zu:

$$T_I = \frac{1}{2 \sqrt{r_2 g \gamma_{max}}} \lg \left[\frac{2}{\gamma_0} (\gamma_{max} + \sqrt{\gamma_{max}^2 - \gamma_0 \gamma_{max}}) - 1 \right].$$

	1. Phase	2. Phase	3. Phase
Zugkraft	$z = A + B \cdot v$	$z = C_0$	$z = a - b \cdot v$
Beschleunig.	$\gamma = g (A - r_1 + B \cdot v - r_2 v^2)$	$\gamma = g (C_0 - r_1 - r_2 v^2)$	$\gamma = g (a - r_1 - b v - r_2 v^2)$
Zeit	$T_I = \frac{1}{2 g N} \lg \frac{(N - \frac{B}{2} + r_2 v_1)(N + \frac{B}{2})}{(N + \frac{B}{2} - r_2 v_1)(N - \frac{B}{2})}$	$T_{II} = \frac{1}{2 g M} \lg \frac{(M + r_2 v_2)(M - r_2 v_1)}{(M + r_2 v_1)(M - r_2 v_2)}$	$T_{III} = \frac{1}{2 g n} \lg \frac{(\frac{n}{2} + \frac{b}{2} + r_2 v_3)(\frac{n}{2} - \frac{b}{2} - r_2 v_2)}{(\frac{n}{2} + \frac{b}{2} + r_2 v_2)(\frac{n}{2} - \frac{b}{2} - r_2 v_3)}$
Weg	$S_I = \frac{1}{2 r_2} \left\{ \frac{1}{g} \lg \frac{\gamma_0}{\gamma_1} + B T_I \right\}$	$S_{II} = \frac{1}{2 g r_2} \lg \frac{\gamma_1}{\gamma_2}$	$S_{III} = \frac{1}{2 r_2} \left\{ \frac{1}{g} \lg \frac{\gamma_3}{\gamma_2} - b T_{III} \right\}$
Arbeit	$A_I = \left\{ A + \frac{B^2}{r_2} \right\} S_I - \frac{B}{r_2} \left[\frac{v_1}{g} - (A - r_1) T_I \right]$	$A_{II} = \frac{C_0}{2 g r_2} \lg \frac{\gamma_1}{\gamma_2}$	$A_{III} = \left(a + \frac{b^2}{r_2} \right) S_{III} + \frac{b}{r_2} \left[\frac{v_3 - v_2}{g} - (a - r_1) T_{III} \right]$
Konstanten	$N = \sqrt{\frac{B^2}{4} + r_2 (A - r_1)}$	$M = \sqrt{(C_0 - r_1) r_2}$	$n = \sqrt{\frac{b^2}{4} + r_2 (a - r_1)}$

Aus „Berner Kunstdenkmäler“. Verlag von K. J. Wyss in Bern.



Zwei Türgerichte aus dem Grosshaus zu Grossgschneit (Kirchgemeinde Künz), jetzt im historischen Museum in Bern (vergl. Literatur S. 234).

Das Kriterium der Stossfreiheit wird nun:

$$\frac{\Delta \gamma}{\Delta t} = \frac{\gamma_{\max}}{T_I} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\gamma_{\max}}{r_2 g}} \lg \left[\frac{2}{\gamma_0} (\gamma_{\max} + \sqrt{\gamma_{\max}^2 - \gamma_0 \gamma_{\max}}) - 1 \right]$$

$$= \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\gamma_{\max}}{r_2 g}} \lg \left[\frac{2}{K_I} (1 + \sqrt{1 - K_I}) - 1 \right].$$

Wenn nun in einem praktischen Fall vorgeschrieben sind die Daten:

$r_1, r_2, \gamma_{\max}, v_3, v_{\max}$ und E_{\max} und es sich darum handelt, mittels des Koeffizienten K_I , der freigewählt werden kann, die Anfahrslinien aufzustellen, so ergeben sich dieselben aus der folgenden Konstantenbestimmung.

Für die erste Phase:

$$A = \frac{\gamma_{\max}}{g} + r_1, B = 2 \sqrt{r_2 \gamma_{\max} (1 - K_I)}$$

mit den obren Grenzen:

$$\gamma_1 = \gamma_{\max}, v_1 = \sqrt{\frac{\gamma_{\max} (1 - K_I)}{r_2}} \text{ und}$$

$$t_I = T_I = \frac{1}{2 \sqrt{r_2 \gamma_{\max} g}} \lg \left[\frac{2}{K_I} (1 + \sqrt{1 - K_I}) - 1 \right].$$

Für die zweite Phase:

$$C_0 = r_1 + \gamma_{\max} \left\{ \frac{1}{g} + 2 (1 - K_I) \right\}$$

mit den obren Grenzen:

$$\gamma_2 = \gamma_{\max} - g (r_2 v_2^2 - r_2 v_1^2)$$

$$v_2 = v_{\max} - \frac{r_{\max}}{b} (K_{II} - 1) = v_{\max} - \frac{C_0 - r_{\max}}{b}$$

$$t_2 = T_I + \frac{1}{2 g M} \lg \frac{(M + r_2 v_2) (M - r_2 v_1)}{(M + r_2 v_1) (M - r_2 v_2)}.$$

Für die dritte Phase:

$$a = r_{\max} + b v_{\max}$$

$$b = \frac{2 E_{\max} - r_{\max} \cdot v_{\max} \pm 2 \sqrt{E_{\max}^2 - r_{\max} v_{\max} E_{\max}}}{v_{\max}^2},$$

wobei diejenigen Werte von a und b richtig sind, für welche

$$v_{E_{\max}} = \frac{a}{2b} \leq v_{\max}$$

und die obren Grenzen:

$$\gamma_3 = g (a - r_1 - b v_3 - r_2 v_3^2)$$

$$v_3 = \text{angenommen}$$

$$t_3 = T_I + T_{II} + \frac{1}{2 g \left(\frac{b}{2} + r_2 v_{\max} \right)} \lg \frac{(a - r_1) \left(1 - \frac{v_2}{v_{\max}} \right) + r_2 v_3 (v_{\max} - v_2)}{(a - r_1) \left(1 - \frac{v_3}{v_{\max}} \right) + r_2 v_2 (v_{\max} - v_3)}$$

Zwischen allen drei Phasen gelten ohne Ausnahme Uebergangsbestimmungen, wodurch die Konstanten in die Beziehungen:

$A + B v_1 = C_0, a - b v_2 = C_0$ und $A - B v_1 = a - b v_2$ gebracht werden. Der Zusammenhang der drei Grössen K_I, K_{II}, K_{III} , ist folgender:

$$K_{II} = \frac{r_1}{r_{\max}} + \frac{\gamma_{\max}}{r_{\max}} \left\{ \frac{1}{g} + 2 (1 - K_I) \right\} = F_I(K_I).$$

$$K_{III} = K_{II} \cdot \frac{E_{\max}}{v_{\max} \cdot z_{\max}},$$

$$K_{III} = K_{II} \cdot \frac{E_{\max}}{v_{\max}} \left[r_1 + \gamma_{\max} \left\{ \frac{1}{g} + 2 (1 - K_I) \right\} \right] = F_{II}(K_I).$$

Damit ist die Berechnung der Anfahrslinien für die mechanische Charakteristik nach Abbildung 6 festgelegt.

Die Bedeutung der Wahl der Anfahrbeschleunigung für elektrische Bahnen findet sich in der Literatur schon im April 1902 untersucht in einer in Nr. 24, 25 und 26 von Band XLVIII des Londoner Electrician veröffentlichten Arbeit von J. Swinburne und W. R. Cooper, betitelt: Problems of electric railways. In dieser Arbeit finden sich auch die Messangaben über die in der Praxis bisher noch nicht überholten Maximalwerte einer Anfangsbeschleunigung von:

$$\gamma_0 = 0,91 \text{ m/Sek.}^2$$

und einer Vergrösserung von

$$\gamma' = 1,26 \text{ m/Sek.}^2.$$

Diesen Beträgen entsprechen nach der oben gegebenen Gleichgewichtsbedingung Winkel von:

$$\alpha_0 = \arctg \frac{0,91}{9,81} = 5,30^\circ, \quad \alpha' = \arctg \frac{1,26}{9,81} = 7,32^\circ.$$

Um die Winkelbeträge von α_0 beziehungsweise α' muss sich somit ein Reisender nach vorwärts, bzw. nach rückwärts neigen, um beim Anfahren bzw. Anhalten im Gleichgewicht zu bleiben. Die Bahnlinie, bei welcher diese Messungen gemacht wurden, ist die Liverpool Overhead Railway.

Miscellanea.

Schweizerische Bundesbahnen. Das *Baubudget* der Schweizer Bundesbahnen stellt sich nach der bundesrätlichen Botschaft über das Budget der S. B. B. für 1907 für das kommende Jahr erheblich höher als für 1906. Die vergleichende Zusammenstellung der beiden Jahresbudgets zeigt folgendes Bild:

Kapital	Ausgaben laut Budget	
	1906 Fr.	1907 Fr.
<i>I. Bahnanlagen und feste Einrichtungen</i>		
a) Generaldirektion	2 925 000	3 250 000
b) Kreis I	6 171 700	6 001 000
b ₁) Simplontunnel	250 000	300 000
c) Kreis II	6 585 200	8 135 900
d) Kreis III	4 786 000	6 098 300
e) Kreis IV	4 676 550	5 434 900
Zusammen	25 394 450	29 220 100
II. Rollmaterial	12 879 500	16 082 200
III. Mobiliar und Gerätschaften	1 017 500	969 000
IV. Verwendungen auf Nebengeschäfte	433 334	2 750
Total	39 724 784	46 274 050

Es sind somit für 1907 im ganzen 6 549 266 Fr. Mehrausgaben veranschlagt als im Vorjahr.

Als grössere Ausgabeposten sind in diesen Summen enthalten:

In I a Arbeiten an der Rickenbahn 3 200 000 Fr.

In I b Arbeiten zur Erweiterung des Bahnhofes und der Depotalanlagen in Renens 450 000 Fr., Bahnhofumbau in Lausanne 750 000 Fr., zu einem neuen Dienstgebäude daselbst 150 000 Fr., Arbeiten am Bahnhof Vevey 200 000 Fr., am Bahnhof in Sitten 200 000 Fr., an der Station Vallorbe 340 000 Fr. In letzterer sollen im Jahre 1907 die Arbeiten an Unter- und Oberbau vollendet und der Umbau der Gebäude vorgenommen werden. Arbeiten am zweiten Geleise auf den Strecken Villeneuve-Aigle 160 000 Fr., Aigle-St. Maurice 450 000 Fr., Dailens-Bofflens 450 000 Fr. usw.

In I b₁ sind für Ergänzungsarbeiten, besonders im Parallelstollen des Simplontunnels 250 000 Fr. vorgesehen. Dieser Kredit ist bestimmt für die Ausmauerung verschiedener Strecken des Parallelstollens, die Deckung des Wasserablaufkanals, Erstellung eines Dienstgeleises u. a. m.

In I c sind für 1907 vorgesehen für Arbeiten am Umbau des Personenbahnhofes in Basel mit neuer Einführung der Juralinie und Ueberführung der St. Jakobstrasse 2 430 000 Fr., ferner zum Umbau der Station Münster infolge der Einmündung der Solothurn-Münster-Bahn 700 000 Fr., zur Erweiterung der Station Laufen 130 000 Fr. und der Station Liestal 100 000 Fr., für Erstellung eines Rangier- und Güterbahnhofes in Weiermannshaus 400 000 Fr., als erste Rate an dem bekanntlich auf 8 565 000 Fr. veranschlagten Umbau des Bahnhofes in Bern; für den Neubau der Station Thun 200 000 Fr., für die Erweiterung der Station Alt-Solothurn 300 000 Fr., für Umbau der Bahnhofanlagen in Biel 200 000 Fr. usw. Für Arbeiten zur Anlage der zweiten Spur auf den Strecken: Basel-Delsberg 300 000 Fr., Aarburg-Luzern 1 300 000 Fr. u. a. m.

In I d ist für 1907 zum Bau der neuen Werkstätten in Zürich eine Rate von 1 500 000 Fr. vorgesehen; ferner für die Erweiterungsarbeiten der Station Oerlikon 400 000 Fr., Umbau der Station Baden 250 000 Fr., Erweiterung der Station Uznach für den Anschluss der Rickenbahn 400 000 Fr., für verschiedene Strassen- und Wegeunterführungen im dritten Kreis 361 000 Fr., für den Umbau der linksufrigen Zürichseebahn im Gebiete der Stadt Zürich (Studien, Expropriationen) 400 000 Fr. (die Unterhandlungen mit der Stadt Zürich sind noch nicht zum Abschluss gekommen) u. a. m.

In I e sind für die Arbeiten im Bahnhof St. Gallen vorgesehen 650 000 Fr., für Vergrößerung der Station Rheineck 200 000 Fr., für Arbeiten im Bahnhof Chur 150 000 Fr., in der Station Wattwil 350 000 Fr. (Anschluss der Ricken- und der Bodensee-Toggenburg-Bahn), im Bahnhof Sargans 200 000 Fr., in der Station St. Fiden 500 000 Fr. (Einmündung der Bodensee-Toggenburg-Bahn), im Bahnhof Romanshorn 450 000 Fr. usw. Ferner für die Arbeiten zur Erstellung des zweiten Geleises auf der Strecke

Oberwinterthur-Romanshorn 400 000 Fr., auf der Strecke Winterthur-St. Gallen-St. Margrethen 630 000 Fr.

In II ist für Anschaffung neuer Lokomotiven im Budget für 1907 der Betrag von 5 300 000 Fr. eingestellt, für Anschaffung neuer Personenzüge im Posten von 7 155 000 Fr. usw.

Die Ausgaben in Position III verteilen sich gleichmässig auf das ganze Netz der S. B. B.; einen grösseren Betrag mit 160 000 Fr. beanspruchen darin nur die mechanischen Einrichtungen der Werkstätte Olten mit 160 000 Fr., sowie die Anschaffung von 600 Akkumulatorenbatterien für Wagenbeleuchtung mit 168 000 Fr.

Schweizerische Kommission für armierten Beton. Am 31. Oktober hielt diese Kommission in dem Hörsaal der eidg. Materialprüfungsanstalt ihre zweite ordentliche Sitzung im Jahre 1906 ab. In dem vom Departement des Innern eingesetzten Ausschuss sitzen Vertreter des Departements, sowie der zu den Auslagen beitragenden Körperschaften, nämlich des schweizer. Ingenieur- und Architekten-Vereins, des Vereins schweizerischer Portlandzementfabrikanten, der A.-G. Portland und des schweizer. Städteverbandes. Die unter dem Vorsitz von Professor F. Schüle geführten Verhandlungen betrafen die im Gange befindlichen vergleichenden Versuche mit den Kiessorten und Sandmaterialien, die in den verschiedenen schweizerischen Städten zu Eisenbetonbauten verwendet werden, Versuche, die wichtige Resultate über die Festigkeiten des Betons bei verschiedenen Mischungen und über dessen elastische Eigenschaften liefern werden. Die Erzeugung der Probekörper ist ihrem Abschlusse nahe. Im fernern wurden die Versuche an Eisenbetonbalken behandelt, die nach den Vorarbeiten der Subkommission noch vorzunehmen sind, im Anschlusse an die bereits vorliegenden umfangreichen Versuche der eidg. Materialprüfungsanstalt, wie sie teilweise in dem X. Heft der Mitteilungen im Juni dieses Jahres veröffentlicht wurden.

Ein besonders wichtiges Traktandum war die Frage der Stellungnahme der Kommission hinsichtlich Aenderungen an den vom schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Verein im Jahre 1903 veröffentlichten provisorischen Normen. Nach eingehender Beratung einigte sich die Kommission einstimmig dahin, *vorderhand keine Aenderungen an diesen Normen vorzuschlagen*. Da diese Frage von allgemeinem Interesse für unsere technischen Kreise ist und es für eine gesunde Bauweise von grosser Bedeutung erscheint, dass diese Normen immer mehr beachtet werden, soll die Stellungnahme der Kommission in einer besondern Mitteilung näher auseinandergesetzt werden. Dieser Beschluss stützte sich auf Referate der Herren Ingenieur Elskes, Ingenieur Maillart, Professor Mörsch und Professor Schüle, sowie auf die von Herrn Regierungsrat Reese mitgeteilten Erfahrungen der Basler Baupolizei. Da auch das eidg. Eisenbahndepartement reges Interesse an der neuen Bauweise bekundet, behandelte zuletzt die Kommission die Frage der Zuziehung von Vertretern aus dieser Behörde in die Kommission.

F. S.

Elektrische Zimmerheizung nach dem Kryptol-Patronen-System. Das Kryptol-Patronen-System benutzt als Heizwiderstand eine körnige, nichtmetallische Widerstandsmasse, die durch Einfüllen in Patronen aus kräftigem Glase in eine handliche Form gebracht ist. Die Patronen sind beiderseits mit Metallkapseln verschlossen, die gleichzeitig für die Stromzuführung wie zur Befestigung in den Kontaktfedern dienen. Letztere sind gruppenweise auf gut isolierten, am Ofengestell befestigten Bänderpaaren aufgenietet. Die gebräuchlichste Patrone von 32 cm Länge verbraucht etwa 40 Watt und ihr Widerstand ist normal für eine Spannung von 110 Volt bemessen. Es müssen also bei 220 Volt zwei Patronen oder besser zwei Serien von gleicher Patronenanzahl hintereinandergeschaltet werden, während bei 110 Volt alle Patronen parallel geschaltet werden müssen; da Kryptol-Patronen Ueberspannungen bis zu mehr als 50 % anstandslos aushalten, lassen sich ferner bequem alle dazwischenliegenden Voltspannungen benutzen. Die Kryptol G. m. b. H. ist imstande, Zimmeröfen für jede Spannung von 65 Volt an bis zu 600 Volt und höher zu liefern. Die Anordnung der Patronen garantiert einen hohen Grad von Betriebssicherheit und bietet vor allen Dingen für jeden Laien die Möglichkeit, eine nicht mehr funktionierende Patrone auszuwechseln, was übrigens nur bei gewaltsamer Zertrümmerung vorkommen kann, da an und für sich die Lebensdauer der Kryptolpatronen eine nahezu unbegrenzte ist. Da ihre Temperatur 100° nur wenig übersteigt und die Luft demgemäss im Heizkörper höchstens auf etwa 80° C erwärmt wird, ist die von den Hygienikern so gefürchtete Staubverbrennung gänzlich ausgeschlossen.

Der von der Kryptolgesellschaft eingesandte, reich ausgestattete Prospekt lässt das Bestreben erkennen, für diesen besondern Zweig der Heiztechnik eigene künstlerische Formen zu finden und es würde uns freuen, wenn die Gesellschaft sich noch mehr von den der Gasheizung entlehnten Formen frei machen könnte und durchweg nur ihre eigenen Wege