

Zur Beurteilung von Wechselstrom-Dynamo-Maschinen

Autor(en): **Behn-Eschenburg, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **25/26 (1895)**

Heft 25

PDF erstellt am: **27.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-19275>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Hierin ist $\operatorname{tg} \varphi$ eine variable Grösse, die bei steigendem σ fällt. Betrachten wir aber ausschliesslich sehr kleine Durchbiegungen, so können wir für alle Fasern auf der konkaven Seite der neutralen Achse $\operatorname{tg} \varphi$ als konstant und gleich

$$\operatorname{tg} \varphi = \left(\frac{d\sigma}{d\varepsilon} \right) \sigma = \bar{\sigma}_0$$

annehmen.

Diese Grösse ist augenscheinlich nicht gleich, sondern immer kleiner als E .

In der That, denken wir uns einen Stab aus Eisen der Wirkung von Druckspannungen, die von o bis $\bar{\sigma}_0$ heranwachsen, ausgesetzt, so ändern sich die in dem Materiale hervorgerufenen Deformationen nach der Linie $og - gm$ bis zur Grösse ε_0 . Vergrössern wir nun die Spannungen bis über $\bar{\sigma}_0$ hinaus, so wächst die Deformation nach derselben Kurve gmq weiter. Verringern wir aber dagegen die Spannungen, die bereits die Grösse $\bar{\sigma}_0$ erreicht haben, so folgen die entsprechenden Längenänderungen nicht mehr auf dem Wege $mg0$, sondern nach der Linie mn fast parallel zu go zurück. Der Neigungswinkel α_1 , den mn mit $O\varepsilon$ bildet, ist — wie bekannt — grösser als φ und nahezu gleich α_0 , für welchen $\operatorname{tg} \alpha_0 = E$.

Unter diesen Verhältnissen weicht natürlich die Neutralachse, von der Achse, die durch den Schwerpunkt des Querschnittes geht, ab, die Gl. (a) und (b) verlieren ausserhalb der Elasticitätsgrenze ihre Gültigkeit und somit verliert auch die Formel (3) die ihr zugeschriebene theoretische Grundlage.

Hierbei erlaube ich mir, daran zu erinnern, dass schon im Jahre 1889 der bekannte französische Gelehrte Considère in seinem dem Pariser Kongress vorgelegten Memoire ¹⁾ deutlich bewiesen hat, dass es fehlerhaft wäre, zur Bestimmung der Knickfestigkeit eines Stabes ausserhalb der Elasticitätsgrenze in der Eulerschen Formel, die konstante E durch den Ausdruck $\operatorname{tg} \varphi = \frac{d\sigma}{d\varepsilon}$ zu ersetzen.

Es ist natürlich immer möglich, die Grösse der Knickfestigkeit eines Stabes, in welchem die Elasticitätsgrenze überschritten ist, durch die Formel

$$p = \frac{10 T J}{l^2}$$

auszudrücken, wo T irgend eine, uns unbekannt Funktion von den Stabdimensionen ist, aber diese Funktion ist nicht gleich $\operatorname{tg} \varphi$, sondern grösser als diese. Die Gestalt dieser Funktion theoretisch zu finden, ist vorläufig unmöglich, es bleibt uns daher nur der empirische Weg. Aus den Versuchen von Tetmajer liess sich der Wert von T natürlich leicht bestimmen, aber es wäre dann die Formel (3) nur eine überflüssige Komplikation der Tetmajer'schen.

Es scheint mir daher, dass zur Bestimmung der Knickfestigkeit eines gedrückten Stabes ausserhalb der Elasticitätsgrenze, bis heute noch keine irgend wie rationell begründete theoretische Formel vorgeschlagen ist, und daher müssen wir uns vorläufig mit empirischen Formeln begnügen. Unter denselben nimmt die bekannte Tetmajer'sche unzweifelhaft die erste Stelle ein, einmal ihrer Einfachheit halber, ferner wegen der merkwürdigen Uebereinstimmung ihrer Resultate sowohl mit den zahlreichen Versuchen von Tetmajer selbst, als auch mit denen von Considère.

St. Petersburg, 16 April 1895.

Adj. Prof. F. Jasinski.

Zur Beurteilung von Wechselstrom-Dynamo-Maschinen.

Von Dr. H. Behn-Eschenburg, Oerlikon.

Diejenige Grösse, welche am sichersten über die Güte und Leistungsfähigkeit einer Wechselstrom-Dynamo entscheidet, ist bekanntlich der Spannungsabfall, d. h. die Differenz der Klemmenspannung der Dynamo bei konstanter Tourenzahl und konstanter Stromstärke des das Feld

¹⁾ Congrès international des procédés de construction. Comptes rendus. Annexe: «Résistance des pièces comprimées par M. Considère.»

magnetisierenden Gleichstroms, wenn 1) die Armaturwindungen der Dynamo stromlos sind und 2) einen Strom mit einer bestimmten Phasendifferenz gegenüber der Klemmenspannung abgeben. Mit andern Worten ist der Spannungsabfall die Differenz der Spannungen bei konstanter Erregung und Tourenzahl bei Leerlauf und einer bestimmten Belastung.

Dieser Spannungsabfall ist im wesentlichen bestimmt 1) durch die Induktion der stromführenden Armaturwindungen auf sich selbst, 2) durch den Kupferwiderstand dieser Windungen und 3) durch die Rückwirkung der von den Armaturströmen inducierten Foucaultströme hauptsächlich in den massiven Eisenkörpern der Feldmagnete. Diese drei Bedingungen des Spannungsabfalles sind darzustellen als elektromotorische Kräfte, welche in bestimmter Phase sich mit der E. M. K. der Dynamo zu der resultierenden Klemmenspannung zusammensetzen. Wir erhalten so drei elektromotorische Kräfte in den Armaturwindungen, proportional der Belastungsstromstärke, die wir in einem Polardiagramm (Fig. 1) ihren effektiven Werten und ihrer Phase, d. h. ihrer Richtung nach mit der Bezeichnung e_1 , e_2 und e_3 eintragen. In dem gleichen Diagramm bezeichnen wir die Belastungsstromstärke der Armatur mit J , die E. M. K. der Dynamo, welche gleich ist der bei Leerlauf auftretenden Klemmenspannung, mit E ; die Klemmenspannung bei Belastung mit E_1 . Die Richtung der verschiedenen Grössen wird bestimmt durch den Winkel der Phasendifferenz, den die betreffende Grösse gegenüber der Stromstärke J einnimmt. Es besteht nun ihrer Natur nach zwischen der E. M. K. e_1 der Selbstinduktion und der Stromstärke J die Phasendifferenz $\frac{\pi}{2}$, zwischen den E. M. K. e_2 und e_3 und der Stromstärke J die Phase O . Wir nehmen ferner an, dass für die gewählte Belastung der Dynamo zwischen der Klemmenspannung E_1 und der Stromstärke J die Phasendifferenz φ herrsche, wobei φ definiert ist, dadurch dass die Wattabgabe der Dynamo gesetzt wird:

$$W = E_1 \cdot J \cdot \cos \varphi \quad (1)$$

(Für Lichtverteilungen mit Transformatoren ist φ etwa 10° , $\cos \varphi$ praktisch = 1 zu setzen; für Kraftverteilung mit asynchronen Motoren ist φ etwa 35° , $\cos \varphi$ etwa 0,85 aufzunehmen). Der Spannungsabfall der Dynamo ist aus dem Diagramm zu entnehmen gleich $E - E_1$. Für synchrone Motoren ist das gleiche Diagramm anzuwenden, wenn die E. M. K. des Synchronmotors an Stelle der Klemmenspannung des Generators u und die Klemmenspannung des Motors an Stelle der E. M. K. des Generators eingetragen wird.

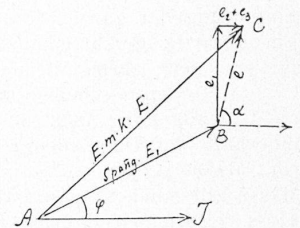
Die Resultante e der drei elektromotorischen Kräfte e_1 , e_2 , e_3 , welche die Phase α gegen J hat, stellt die totale gegen elektromotorische Kraft der stromführenden Armatur dar. Durch diese E. M. K. e und die Stromstärke J ist ein scheinbarer innerer Widerstand R der Armaturwindungen zu definieren:

$$R = \frac{e}{J} \quad (2)$$

Es ist nun eine Hauptaufgabe der Prüfung von Wechselstrom-Dynamos, diesen Widerstand R resp. e zu ermitteln und voraus zu berechnen, da bei Kenntnis von R und e ohne Weiteres aus dem Diagramm Fig. 1 sämtliche für den Betrieb wichtige Grössen zu entnehmen sind.

Ich habe hierfür seit längerer Zeit folgendes Verfahren eingeführt, das ich meinen Kollegen empfehlen möchte. Es wird zunächst in bekannter Weise eine Charakteristik der E. M. K. E der Dynamo bei stromloser Armatur aufgenommen. (Vergl. Fig. 2, Kurve E .) Als Abscisse wird die Zahl der Ampèrewindungen des magnetischen Gleichstroms, resp. die Stromstärke des Erregerstroms, als Ordinate die inducierte Spannung E der Dynamo bei einer

Fig. 1.



bestimmten Tourenzahl aufgetragen. Eine zweite Charakteristik J_0 wird aufgenommen, nachdem die Armaturwindungen an ihren Endklemmen durch ein Amperemeter kurzgeschlossen worden sind. Abscisse ist wieder die Zahl der Ampere-windungen des Feldes, Ordinate die Stromstärke der kurzgeschlossenen Armatur in Ampères (bezeichnet mit J_0). Diese Kurve J_0 ist in der Regel wenig abweichend von einer Geraden, für grössere Feldstärken ein wenig konvex.

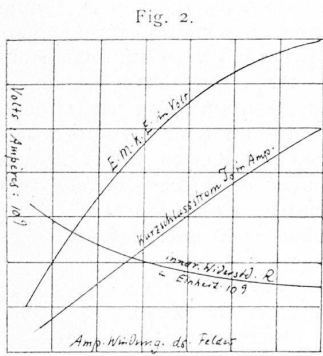


Fig. 2.

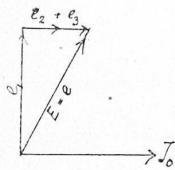
Es ist nun für den Fall der kurzgeschlossenen Armatur das Diagramm (Fig. 1) so umzugestalten, dass $E_1 = 0$ gesetzt wird und wir erhalten in Figur 3 unmittelbar

Fig. 3.

bar $c = E$ und

$$R = \frac{E}{J_0} \quad (3)$$

für jeden Wert der Abscisse. Diesen Wert von R tragen wir als Ordinate in dem gleichen Kurvendiagramm ein und erhalten so eine dritte Charakteristik R des scheinbaren Widerstandes für jeden Wert der Feldstärke.



Für irgend einen Wert der Belastungsstromstärke J ist nun bei einer bestimmten Felderregung ohne weiteres $c = R \cdot J$ anzugeben und aus dem Diagramm E_1 und φ zu berechnen. Es ist entweder bei gegebener Feldstromstärke E , φ und J als gegeben anzunehmen und E_1 vorausbestimmen, oder es ist E , E_1 und J gegeben resp. beobachtet und hieraus φ zu bestimmen. Die Formeln ergeben sich aus dem schiefwinkligen Dreieck ABC des Diagramms:

$$\cos(\alpha - \varphi) = \frac{E^2 - E_1^2 - c^2}{2 E_1 c} \quad (4)$$

$$E_1 = E - c \cos(\alpha - \varphi) - \frac{[c \sin(\alpha - \varphi)]^2}{2 E} \quad (5)$$

(Die gegen elektromotorische Kraft c soll natürlich in praktischen Fällen erheblich kleiner als E sein.) Um schliesslich noch die Phasendifferenz α von c gegen J_0 oder J zu ermitteln, ist bei kurzgeschlossener Armatur nicht nur die Stromstärke J_0 , sondern der Wattverbrauch $E \cdot J_0 \cos \alpha$ zu beobachten, entweder direkt mittelst Wattmeter, oder indem der Energieaufwand gemessen wird, der zum Antrieb der kurzgeschlossenen Dynamo erforderlich ist, z. B. durch den Wattverbrauch eines antreibenden Gleichstrommotors. Bei guten Dynamomaschinen ist α grösser als 80° und kann für Näherungsmessungen gleich 90° gesetzt werden. Es bedeutet dies, dass die Kupferverluste und die Verluste durch Foucaultströme sehr klein sein sollen gegenüber den Spannungsverlusten. Die Komponente e_2 der E. M. K. e ist durch Messung des Widerstandes r der Armaturwindungen leicht bestimmbar, da $e_2 = J \cdot r$ ist. Die Komponente e_3 wächst angenähert im Quadrat mit der Periodenzahl des Alternators und kann so von e_2 durch Beobachtung getrennt werden.^{*)} Zur Kontrolle lässt sich α berechnen, wenn eine Messung bei irgend einer Belastung der Dynamo Beobachtungswerte für E , E_1 , J und φ ergeben hat, z. B. für $\varphi = 0$ oder $\varphi = 90^\circ$, d. h. bei gänzlich induktionsloser Belastung durch Beleuchtungskörper oder rein induktiver Belastung durch leerlaufende Motoren oder für ein mittelst Wattmeter bestimmtes φ . Es sei noch bemerkt, dass für kleine Werte von φ , z. B. bei Transformatoren die Bestimmung aus dem Diagramm des Spannungsabfalls leicht genauere Werte ergeben kann, als eine Wattmetermessung, da im Diagramm $\sin \varphi$ und mit dem Wattmeter $\cos \varphi$ abgelesen wird.

^{*)} Es soll darauf aufmerksam gemacht werden, dass e_3 in den meisten Fällen grösser als e_2 ausfallen wird.

Wird näherungsweise $\alpha = 90^\circ$ gesetzt, so vereinfachen sich die Formeln (4) und (5) für E_1 und φ , wir erhalten:

$$\sin \varphi = \frac{E^2 - E_1^2 - c^2}{2 E_1 c} \quad (6)$$

$$E_1 = E - c \sin \varphi - \frac{c^2 \cos^2 \varphi}{2 E} \quad (7)$$

und für die beiden Grenzfälle der induktionslosen und der rein induktiven Belastung

$$E_1^2 = E^2 - c^2 \text{ für } \varphi = 0 \quad (7^a)$$

$$E_1 = E - c \text{ „ } \varphi = 90^\circ \quad (7^b)$$

Die Aufnahme der beiden Charakteristiken E und J_0 ist in sehr kurzer Zeit mit einem Voltmeter, einem Gleichstrom- und einem Wechselstromampèremeter und einem Tourenzähler auszuführen, der Antrieb der Dynamo erfordert dabei nur 10—20% der normalen Belastung, d. h. den Energieaufwand, der in der belasteten Dynamo verloren geht. Die Kurzschlussstromstärke J_0 soll während der kurzen Zeit, die für die Messung erforderlich ist, ohne Bedenken auf den doppelten bis dreifachen Betrag der normalen Stromstärke erhöht werden können. Bei Aufnahme der Kurzschlusskurve J_0 ist die Beobachtung der Tourenzahl nebensächlich, da naturgemäss für eine konstante Feldmagnetisierung die Kurzschlussstromstärke für alle Geschwindigkeiten gleich bleibt.

In dem Kurvendiagramm (Fig. 4) sind noch die aus Fig. 1 und 2 berechneten speziellen charakteristischen Kurven der Klemmenspannung E_1 eingezeichnet, die einer Belastung der Dynamo mit der Stromstärke J in den beiden Grenzfällen $\varphi = 0$ und $\varphi = 90^\circ$ für sämtliche Felderregungen entsprechen. Es sind dies die Kurven 1 und 2, zwischen denen für alle möglichen Werte von φ die Klemmenspannung der Dynamo bei der Stromstärke J liegen muss.

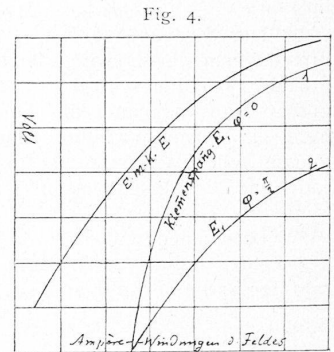


Fig. 4.

Ausser der für die Leistungsfähigkeit der Dynamo massgebenden Grösse R gibt uns diese Methode ein klares Bild über die Streuverhältnisse der Dynamo. Die Ampèrewindungen der stromführenden Armaturwicklungen müssen auf den gleichen magnetischen Stromkreis oder magnetischen Ring induzierend wirken wie die Ampèrewindungen der Feldwicklung. Diejenigen magnetischen Kraftlinien, welche von einer der beiden Wicklungen induziert werden, ohne gleichzeitig die Windungen der andern Wicklung zu schneiden, bezeichnet man als verstreute Linien. Wir nehmen an, dass von den gesamten durch die Feldwicklung induzierten Kraftlinien 100 s_2 Prozent und von den gesamten Kraftlinien der Armaturwicklung 100 s_1 Prozent auf die Streuung entfallen.

Die Windungszahl des Feldes sei w_1 , die der Armatur w_2 , wobei beide Windungszahlen auf den gleichen magnetischen Stromkreis reduziert sein sollen. Diese Reduktion ist leicht mit Hilfe einer schematischen Zeichnung durchzuführen, in der die magnetischen Stromkreise, d. h. die geschlossenen Bahnen der magnetischen Kraftlinien in der Dynamo als lineare Leitungsbahnen nach Analogie der Schemata für elektrische Stromverzweigungen und die Ampèrewindungen der Armatur und des Feldes an den Stellen, wo die Windungen von den Kraftlinienbahnen geschnitten werden, als magnetomotorische Kräfte analog den elektromotorischen Kräften eingezeichnet werden. Die Zahl der Kraftlinien wird für jeden Teil einer Bahn analog einer Stromstärke nach den Kirchhoffschen Regeln für Stromverzweigung ausgerechnet. Für den Kurzschluss muss zwischen den magnetomotorischen Kräften des Armaturstromes und des Feldstromes Gleichgewicht bestehen, bis auf die Ampèrewindungen, welche die verstreute Induktion hervorrufen und diejenigen, welche die E. M. K. e_2 und e_3

inducieren. Es sind dies die magnetomotorischen Kräfte für die Induktion der E. M. K. E und e_1 .

Wir erhalten so die wichtige Bedingung:

$$(1 - s_1) i_o \omega_1 = \frac{(1 + s_2) J_o \omega_2}{\sin \alpha} \cdot 1,4 \dots (8)$$

i_o bedeutet die Gleichstromstärke der Feldwicklung.

Der Faktor 1,4 rechts bildet aus dem Mittelwert J_o die Amplitude der Ampèrewindungen. Besitzt das Feldsystem eine einzige Magnetisierungsspule, so ist, wie leicht ersichtlich sein wird, ω_1 mit der halben Polzahl zu multiplizieren; besteht das Armaturesystem aus N Phasenabteilungen, so ist rechts ω_2 mit $\frac{N}{2}$ zu multiplizieren und es bedeutet ω_2 die Windungszahl einer Phasenabteilung.

Aus der Gleichung (8), welche ausser den Windungszahlen nur die Beobachtung der Kurve J_o voraussetzt, erhält man für jede Felderregung den Wert des Verhältnisses der gegenelektromotorischen Kraft e zu der E. M. K. E der Dynamo für einen Belastungsstrom J , d. h. den prozentualen Spannungsverlust. Es ist:

$$\frac{e}{E} = \frac{J}{J_o} \text{ oder auch } \frac{e}{E} = \frac{J \omega_2}{i_o \omega_1} \cdot \frac{1,4 (1 + s_2)}{(1 - s_1) \sin \alpha} \dots (9)$$

d. h. e verhält sich zu E_1 wie der Belastungsstrom J zum Kurzschlussstrom J_o bei gleicher Erregung oder wie die Zahl der Ampèrewindungen der Armatur zu denen des Feldes, multipliziert mit einem Faktor, welcher sich der Ordnung 1,4 nähern soll.

Es ist weiter dieser Faktor:

$$\frac{1,4 (1 + s_2)}{(1 - s_1) \sin \alpha} = \frac{i_o \omega_1}{J_o \omega_2} \dots (10)$$

Der Streuungsverlust s_1 ist bei Kenntnis der Hauptdimensionen der Dynamo leicht zu berechnen, so dass die Formel (10) den schwer zu berechnenden Wert von s_2 ergibt. Man berechnet für den magnetischen Stromkreis der Feld- und Armaturwindungen in bekannter Weise den totalen magnetischen Widerstand q aus den Einzelwiderständen der Luft und der Eisenkonstruktion bei den gewählten Sättigungen.

Bezeichnen wir die totale, von den Ampèrewindungen des Feldes inducierte Kraftlinienzahl B , und die Polwechselzahl der Dynamo mit n , so gelten die bekannten Gleichungen:

$$E = \frac{B \cdot \omega_2 \cdot 2 \pi n}{1,4 \cdot 10^8} \dots (11)$$

$$1,2 \cdot i_o \omega_1 = B \cdot q (1 + s_1), \text{ also}$$

$$1 + s_1 = \frac{5,6 \cdot i_o \omega_1 \omega_2 n}{E \cdot q \cdot 10^8} \dots (12)$$

Andererseits ist aber für den Fall des Kurzschlusses:

$$J_o R = E, \text{ also}$$

$$R = \frac{12 \cdot \omega_2^2 \cdot n \cdot (1 + s_2)}{q (1 + s_1) (1 - s_1) \sin \alpha \cdot 10^8} \dots (13)$$

Diese letzte Gleichung zeigt die konstruktive Bedeutung des scheinbaren inneren Widerstandes R der Dynamo. R wächst mit der Periodenzahl und mit dem Quadrat der Windungszahl der Armatur. Mit höheren Sättigungen des Eisens nimmt R ab, da der magnetische Widerstand q wächst.

Durch diese Skizze glaube ich eine sehr bequeme, von mir selbst in einer Fülle von praktischen Fällen erprobte Methode angegeben zu haben, welche direkt Werte liefert, die eine exakte und einwurfsfreie Vergleichung und Diskussion von Alternatoren ermöglicht. Es lässt sich bei Kenntnis der beiden Charakteristiken für Leerlauf und Kurzschluss für jede Wechselstrom-Dynamo voraussagen, bis zu welchen Grenzen der Belastung, d. h. bis zu welchen Werten der Stromstärke und der Phasendifferenz zwischen Stromstärke und Klemmenspannung die Dynamo eine vorgeschriebene Klemmenspannung beibehalten kann.*)

Das neue Fahrdienstreglement für die schweizerischen Normalbahnen.

Der schweizerische Bundesrat hat dem vom schweizerischen Eisenbahnverband vorgelegten „allgemeinen Regle-

ment über den Fahrdienst auf ein- und doppelspurigen Normalbahnen“ seine Genehmigung erteilt. Dieses Reglement ist das Resultat mehrjähriger Arbeit der verschiedenen Kommissionen und Konferenzen des genannten Verbandes. Die letzte Umarbeitung erhielt dasselbe durch das admin. und techn. Inspektorat des schweizerischen Eisenbahndepartements und den von diesen Behörden veranstalteten Konferenzen mit den Vertretern der Eisenbahnverwaltungen.

Das neue Reglement ist bestimmt, das Fahrdienstreglement vom 1. Nov. 1880, das im Lauf der Jahre veraltet ist und vielfach den heutigen gesteigerten Anforderungen des Eisenbahnbetriebs nicht mehr entspricht, zu ersetzen.

Die mit dem 1. November dieses Jahres in Kraft tretenden Vorschriften erstrecken sich über folgende Abschnitte des Eisenbahnbetriebes:

- I. Eisenbahnzüge und Fahrplan.
- II. Anordnung und Bekanntgabe der Züge.
- III. Zusammensetzung und Untersuchung der Züge.
- IV. Belastung der Züge.
- V. Bremsordnung.
- VI. Zugführung und Fahrbericht.
- VII. Zugförderung:
 - a) Allgemeine Vorschriften,
 - b) Besondere Vorschriften für die Dienstzüge und den Verkehr einzelner Wagen.
- VIII. Verspätungen und Aenderungen im Kurs der Züge.
- IX. Fahrstörungen und Unfälle.

Es würde zu weit führen, auf die zahlreichen Neuerungen in der eigentlichen Betriebsaufführung einzutreten, die durch die neuen Vorschriften bedingt sind. Es sei jedoch erwähnt, dass in Zukunft die gezogene Last der Züge eine, im Verhältnis zu der als zulässig erkannten höchsten Beanspruchung der Kuppelungen der Fahrzüge stehende Einschränkung erfährt, indem folgende Maximal-Belastungen nicht überschritten werden dürfen:

| Steigung ‰ | Maximal-Belastung t | Steigung ‰ | Maximal-Belastung t |
|---------------|------------------------|---------------|------------------------|
| 3 | 800 | 25 | 260 |
| 4 1/2 | 640 | 27 1/2 | 240 |
| 10 | 530 | 30 | 230 |
| 12 1/2 | 460 | 32 1/2 | 210 |
| 15 | 400 | 35 | 200 |
| 17 1/2 | 350 | 40 | 180 |
| 20 | 320 | 45 | 160 |
| 22 1/2 | 290 | 50 | 140 |

Die Zahl der in einem Eisenbahnzuge zu bedienenden Bremsen ist sodann nicht mehr durch den Charakter dieses Zuges allein bestimmt, sondern durch die dem Zuge für die betreffende Strecke vorgeschriebene, höchste zulässige Fahrgeschwindigkeit, welche Geschwindigkeit im Dienstfahrplanbuche jedem Zuge beizusetzen ist.

Die seinerzeit vom Bundesrat erlassenen Bestimmungen über die Durchführung der kontinuierlichen Bremsen, sind in dem Reglement weiter ausgeführt und das Verhalten beim Defektwerden der Bremse ist des nähern vorgeschrieben. Um die durchgehende Bremse bei möglichst allen personenführenden Zügen zur Anwendung bringen zu können, treten an Stelle der frühern „gemischten Züge“ die „Personenzüge mit Güterbeförderung“, während „Güterzüge mit Personenbeförderung“ nur noch ausnahmsweise vorkommen sollen. Die Bezeichnung: „Gemischter Zug“ kommt in dem neuen Reglement nicht mehr vor.

Wesentliche Aenderungen sind an den Bestimmungen über die Anordnung und Verlegung von Zugkreuzungen getroffen worden und es versprechen sich die Bahnverwaltungen von der Neuordnung dieser Vorschriften eine wesentliche Erhöhung der Betriebssicherheit, die durch solche Kreuzungsverlegungen nicht selten gefährdet worden ist.

Mit der Genehmigung des Fahrdienstreglements hat der schweizerische Bundesrat eine Anzahl Vorschriften über die zulässige Maximalgeschwindigkeit der Züge erlassen und die Fahrgeschwindigkeit der Züge der schweizerischen Bahnen, spezielle Anordnungen bei Probefahrten vorbehalten, wie folgt normiert:

*) Eine theoretisch ausführlichere Erörterung dieses Aufsatzes wird demnächst in der E. T. Z. in Berlin erscheinen.