

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 121/122 (1943)
Heft: 8

Artikel: Automatische Leistungsregulierungen Diesel-elektrischer Fahrzeuge
Autor: Brunner, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-53149>

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: 18.03.2025

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

PRO MEMORIA: 11./13. September Generalversammlung des S. I. A. IN GENÈVE

Programm auf der letzten Seite dieses Heftes

INHALT: Automatische Leistungsregulierungen Diesel-elektrischer Fahrzeuge. — Die Anwendung der Vorspannung im Eisenbetonbrückenbau anhand des Beispiels der Aarebrücke Sulgenbach-Kirchenfeld. — Das Bausparen in der Schweiz. — «Werkbundstil». — Die «Klostersiedlung» Dättlau-Winterthur der Maschinenfabrik J. J. Rieter & Co. A.-G. —

Neuere Entwicklung der Escher Wyss Dampfturbine. — Mitteilungen: Zeitschriften. Ein neuer Demag-Schwimmkran. Siedlung Neuwies-Au in Heerbrugg. — Wettbewerbe: Freibad «Letzigraben» in Zürich. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Vortragskalender.

Band 122

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet

Nr. 8

Automatische Leistungsregulierungen Diesel-elektrischer Fahrzeuge

Von Obering. A. BRUNNER, Winterthur

Ueber Steuerungen Diesel-elektrischer Fahrzeuge besteht bereits eine umfangreiche Literatur. Diese Beschreibungen geben im allgemeinen über die Wirkungsweise der betreffenden Systeme ausführlichen Aufschluss, beschränken sich aber in den meisten Fällen auf deren Darstellung, ohne die Vor- und Nachteile hervorzuheben. Es ist auch bisher in diesen Veröffentlichungen meines Wissens der Versuch nicht unternommen worden, die Entwicklungsrichtung, die sich aus den Anwendungsbeispielen der letzten Jahre ergibt, herauszuschälen. Im Nachfolgenden wird versucht, diese Lücke auszufüllen und auch die Anteile der verschiedenen Erfinder auf diesem Spezialgebiet gebührend zu beleuchten. Dabei wird aber der Uebersichtlichkeit wegen nur auf diejenigen Systeme eingegangen, die heute noch praktische Bedeutung haben oder die als Vorläufer einer bestimmten Entwicklungsrichtung gelten können.

Alle Steuerungssysteme der elektrischen Uebertragung gehen von der Tatsache aus, dass die Drehmoment-Charakteristik des Dieselmotors für Traktionszwecke ungeeignet ist, weil er ein konstantes oder mit steigender Drehzahl nur wenig abfallendes Maximaldrehmoment hat und weil es unmöglich ist, vom Stillstand des Dieselmotors aus anzufahren. Sie erstreben dabei, bei zweimaliger Energieumwandlung, eine den Erfordernissen des Traktionsbetriebes angepasste Charakteristik: bei niedriger Fahrgeschwindigkeit und insbesondere während der Anfahrt sehr hohe Zugkräfte, die mit steigender Geschwindigkeit allmählich und zwar so abfallen, dass der Dieselmotor in einem grossen Bereich der Fahrgeschwindigkeit mit voller Leistung arbeiten kann.

Die älteren Systeme suchten die Lösung in der Hauptsache auf folgende, grundsätzlich verschiedene Arten:

a) Unregulierter Generator mit einer Charakteristik, die Leistungskonstanz bei variablem Strom anstrebt. Regulierung der Fahrgeschwindigkeit durch Variierung der Brennstoffmenge. Hauptvertreter: Lemp in Amerika; Gebus in Europa (beide in «Elektrische Bahnen», November 1934).

b) Der Dieselmotor läuft mit einer oder mehreren konstanten Drehzahlen. Die Erregung des Generators wird von Hand derart reguliert, dass der Verbrennungsmotor bei jeder Drehzahl konstante Belastung erhält. Diese Lösung ist u. a. bei den älteren Sulzer-Fahrzeugen angewendet worden.

System a) scheidet bezüglich vollständiger Erreichung des gesteckten Zieles an der Tatsache, dass es nicht möglich ist, eine Generatorcharakteristik zu erreichen, die im ganzen Bereich konstante Leistung ergibt. Verschiedene Erfinder haben versucht, diesen Nachteil durch besondere Maschinen zu beheben, die selbsttätig in Funktion des Generatorstromes die Spannung des Generators so regulieren, dass konstante Generatorleistung entsteht, ohne aber Widerstände im Feldstromkreis des Generators ein- und auszuschalten, beispielsweise Heidmann (Jeumont, siehe «Génie Civil» vom 30. Nov. 1935), Ackermann (ASEA, siehe «Oil Engine» April 1935). Ein weiterer Nachteil der unter a) charakterisierten Systeme besteht darin, dass die Drehzahl des Verbrennungsmotors abfällt, wenn z. B. nicht mehr alle Zylinder die volle Leistung abgeben. Diesen Mangel konnten auch die erwähnten Lösungen mit Konstanthaltung der Leistung durch weitere Reguliermaschinen nicht beheben.

Bei den Ausführungen gemäss b) besteht die Gefahr, dass der Führer bei Unachtsamkeit den Motor überlastet. Um dies zu verhindern, wurden Steuerungen entwickelt, die mit Hilfe einer besondern Apparatur die Erregung so regulieren, dass die Generatorleistung oder das Generatordrehmoment konstant bleiben. Solche Steuerungen, wie diejenige von Brown Boveri, Mannheim («Elektr. Bahnen» Nov. 1934) oder das in Fachkreisen unter dem Namen «torque control» bekannte Westinghouse-System («Schweiz. Technische Zeitschrift» 27. Aug. 1942) erreichen also auf anderem Weg ungefähr das selbe, wie die verbesserten Steuerungen unter a). Setzen aber einzelne Zylinder des Dieselmotors aus, so sind die andern überlastet.

Es ist ein besonderes Verdienst des Schweizer-Amerikaners Hermann Lemp, schon im Jahre 1914 herausgefunden zu haben,

dass der Impuls für die Leistungsregulierung des Generators vom Verbrennungsmotor auszugehen habe, wenn dieser gegen Ueberlastung geschützt werden soll. Lemp hat seinen Gedanken im USA-Patent 1216237, eingereicht am 24. Juni 1914, niedergelegt, also zu einem Zeitpunkt, da die Diesel-Traktion noch in den Kinderschuhen steckte. Abb. 1 entspricht grundsätzlich der Skizze zum vorerwähnten Patent. Der Verbrennungsmotor 1 treibt den Generator 2 an, der über die nötigen Apparate 3 die Triebmotoren 4 speist. Der Regler 5 des Verbrennungsmotors 1 steuert über den Hebel 7 mit Hilfe der Ventile 8 bis 11 die Druckmittelzufuhr zum Servomotorkolben 12, der nacheinander die Drosselklappe 13 und den Feldregler 14 verstellt. Wenn die Drehzahl dem mit der Drehzahleinstellvorrichtung 6 eingestellten Sollwert

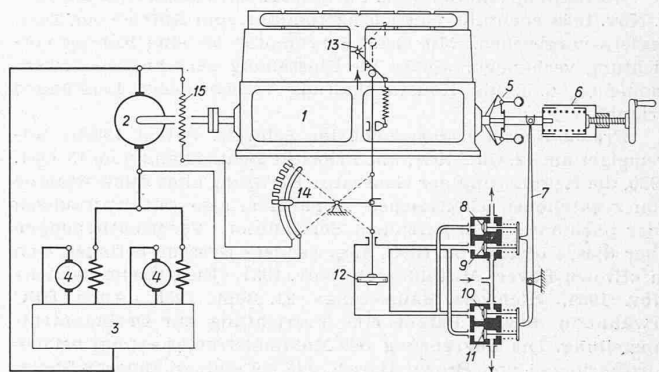


Abb. 1.

entspricht, befinden sich Regler 5 und Ventile 8 bis 11 in der gezeichneten Stellung (Abschlusslage) und der Kolben 12 ist in Ruhe. Sinkt die Drehzahl unter den Sollwert, so gehen die Reglergewichte zusammen und Kolben 12 wird von oben über das geöffnete Ventil 9 mit Druckmittel beaufschlagt, während gleichzeitig von unten Druckmittel über Ventil 8 entweichen kann. Bei der Abwärtsbewegung des Kolbens 12 wird zuerst die Drosselklappe 13 geöffnet und nur wenn dies nicht genügt, schaltet der Feldregler 14 einen Teil seines Widerstandes ein und reduziert damit die Erregung 15 des Generators, bis die Belastung auf denjenigen Wert reduziert wird, den der Verbrennungsmotor bei dieser Drehzahl abgeben kann. Es ist somit ganz gleichgültig, ob der infolge Ueberlastung erfolgte Drehzahlabfall von der Einfahrt in eine grössere Steigung herrührt oder von einer Temperaturänderung der elektrischen Maschinen, oder aber durch eine Leistungszunahme der Hilfsbetriebe bedingt ist, beispielsweise infolge Einschalten des Bremsluftkompressors. Auch wenn die Leistung des Verbrennungsmotors aus irgendwelchen Gründen abnimmt, vielleicht weil die Ansaugleitung undicht ist, kurz immer dann, wenn die an der Kupplung des Generators aufgenommene Leistung grösser ist als die vom Verbrennungsmotor abgegebene, wird die Erregung des Generators solange reduziert, bis die Drehzahl des Verbrennungsmotors wieder die normale ist. Bei Belastungsabfall und daraus entstehendem Drehzahlanstieg ist die Wirkung genau dieselbe im umgekehrten Sinne.

Die Lemp-Steuerung ist patentrechtlich grundlegend für eine grössere Anzahl neuerer Systeme, die zwar vermutlich zum grössten Teil ohne Kenntnis des Lemp-Patentes entwickelt wurden, aber keinen oder nur einen sehr beschränkten Patentschutz geniessen. U. a. können in diese Kategorie folgende Patente oder Ausführungsbeispiele eingereiht werden:

Brill verwendet laut einer Veröffentlichung in «Railway Age» vom 26. Oktober 1929 das Lemp-System bei Benzin-elektrischen Triebwagen, wobei als besonderes Merkmal der Brill-Bauart der Servomotor des Feldreglers mit Drucköl betrieben und die Oelzufuhr durch einen Schieber gesteuert wird. Die Anwendung dieses Systems war aber im Zeitpunkt der Veröffentlichung auf Fahrzeuge beschränkt, zu denen die General Electric Co. als Inhaberin des Lemp-Patentes die elektrische Ausrüstung lieferte.

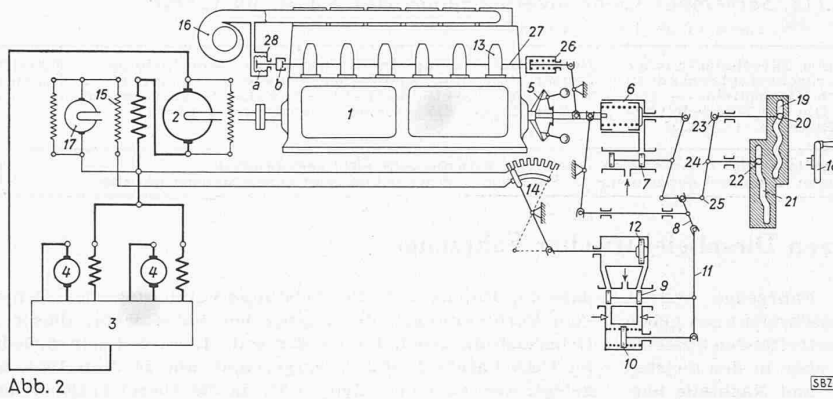


Abb. 2

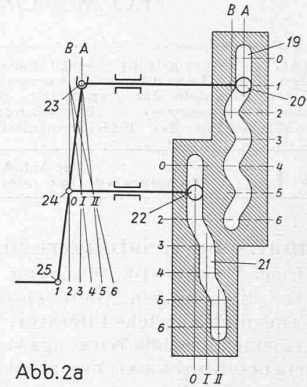


Abb. 2a

Beardmore sieht in Brit. Pat. 291495, das am 25. Febr. 1927 angemeldet wurde, einen hydraulisch oder pneumatisch angeordneten Servomotor vor.

Associated Electrical Industries haben mit USA-Priorität vom 31. Mai 1927 am 31. Mai 1928 in England ein Patent angemeldet (Nr. 291383), bei dem als Servomotor des Feldreglers ein Elektromotor dient.

Oerlikon hat im Schweiz. Pat. 142626 mit Anmeldedatum vom 2. Nov. 1929 ebenfalls einen Elektromotor zum Antrieb des Feldreglers vorgesehen. Mit dem Servomotor ist eine Kontaktvorrichtung verbunden, welche die Einstellung verschiedener Drehmomente, d. h. die Konstanzhaltung verschiedener Leistungen erlaubt.

Brown Boveri beansprucht im Schweiz. Patent 159291, angemeldet am 12. Okt. 1931, mit Priorität Deutschland vom 13. Okt. 1930, die Regulierung der Generator-Erregung ohne Zuhilfenahme von zusätzlichen elektrischen Apparaten, also mit hydraulisch oder pneumatisch arbeitendem Servomotor. Veröffentlichungen über dieses öfters von BBC angewendete System befinden sich in «Brown Boveri Mitteilungen» Nov. 1931, «Elektrische Bahnen» Nov. 1934, «Schweiz. Bauzeitung» 21. Sept. 1935. Auch BBC erwähnt in diesem Patent eine Vorrichtung zur Drehmoment-einstellung. Die Begrenzung des Maximalstromes erfolgt bei den Ausführungen von Brown Boveri, wie bei einigen anderen Steuerungen, durch geeignete Abstimmung der Nebenschluss-, Fremd- und Gegenkompounderrregung.

Armstrong Whitworth (damaliger Lizenznehmer von Sulzer für England) zeigt in Brit. Patent 380448, angemeldet 1. Juni 1931, ebenfalls einen Oeldruckservomotor. Der Unterschied gegenüber BBC besteht nur darin, dass Armstrong, statt verschiedene Drehmomente konstant zu halten, einen Hebel für Leistungserhöhung und Leistungsreduktion und daneben einen Hebel für die Drehzahlregulierung vorsieht. Auch diese Steuerung ist öfters ausgeführt worden (siehe auch «Railway Gazette» vom 26. Jan. 1934).

Sécheron hat den Steuerungen nach dem Lemp-System noch eine weitere Variante hinzugefügt, bei der das den Feldregler steuernde Organ in eine Wheatstone'sche Brücke eingeschaltet ist. Der eine Zweig dieser Brücke besteht aus einem konstanten und einem vom Brennstoffregler eingestellten Widerstand, der andere Zweig aus einem konstanten und dem vom Führer eingestellten Widerstand. In der Brücke selbst befindet sich ein Motor, der mit einem Regulierwiderstand zusammen den Feldregler im Erregerstromkreis des Hauptgenerators darstellt. Die Bewegung des Feldreglers dauert immer so lange, bis er diejenige Belastung des Dieselmotors eingestellt hat, bei welcher der mit dem Brennstoffregler verbundene Widerstand in der Wheatstone'schen Brücke gleich dem vom Führer eingestellten Widerstand ist, d. h. der Führer kann mittels dieses Widerstandes das Drehmoment ändern. Eine Veröffentlichung über dieses System befindet sich in der «Revue Générale de l'Electricité» vom 19. März 1938.

Sulzer verwendet bei allen neueren Lokomotiven eine Steuerung, die grundsätzlich ebenfalls auf dem aus dem Jahr 1914 stammenden Lemp-System beruht. Auf Grund der Erfahrungen wurde diese laufend vervollkommenet, und zwar sowohl was die Konstruktion des Feldreglers, als auch was die grundsätzliche Wirkungsweise der ganzen Steuerung anbelangt. Im wesentlichen sind folgende Punkte zu erwähnen:

a) Einbau des Steuerschiebers zum Feldregler in das Gehäuse des Brennstoffreglers.

b) Ausbildung des Gestänges zwischen Feldregler-Steuerschieber und Drehzahlverstellvorrichtung des Brennstoffreglers in der Weise, dass jeder Dieselmotor-Drehzahl ein bestimmtes,

vom Feldregler konstant gehaltenes Drehmoment des Dieselmotors entspricht.

c) Verwendung von Brennstoffpumpen mit doppelten Steuerkanten, wovon die eine der Einstellung des Einspritzbeginns und die andere der Mengenregulierung dient (Schweiz. Patent 193423, angemeldet am 12. Febr. 1936).

d) Die Einstellung der Drehzahlen erfolgt derart, dass mit Hilfe einer Anzahl von Organen (elektropneumatische Ventile, Elektromagnete oder dergl.) nebst der Minimaldrehzahl eine ebensolche Zahl von Drehzahlen des Dieselmotors eingestellt werden kann, während ein gleich ausgebildetes Zusatzorgan zu jeder dieser Grunddrehzahlen noch eine Zusatzdrehzahl einzustellen erlaubt. Es entsprechen somit einer bestimmten Anzahl Organe doppelt so viele Drehzahlen (Schweiz. Patent 217114, angemeldet am 21. Sept. 1939).

e) Um Ueberregulierung zu vermeiden, ist der Feldregler-Steuerschieber mit einer hydraulischen Rückführung versehen, die ihn in einem gewissen Mass zurückführt, sobald der Feldregler-Kolben mit Drucköl beaufschlagt ist.

f) Bei aufgeladenen Dieselmotoren, die heute fast ausschliesslich zur Verwendung kommen, ist noch eine als Aufladeschutz bezeichnete Einrichtung vorhanden, welche die von den Brennstoffpumpen eingespritzte Brennstoffmenge auf denjenigen Wert begrenzt, der dem gerade vorhandenen Aufladedruck entspricht. Der Feldregler hält dann nur noch die bei dieser Brennstoffmenge zulässige Belastung konstant (Schweiz. Patent 188109, angemeldet am 6. Mai 1935).

Die unter b) und d) bis f) erwähnten Punkte sind in Abb. 2 dargestellt, Punkt c) in Abb. 3. Die Wirkungsweise dieser Steuerung geht aus folgenden Ausführungen hervor.

Der mittels Abgasturbogebläse 16 aufgeladene Dieselmotor 1 treibt den Hauptgenerator 2 und den Hilfsgenerator 17. Mit dem Hauptgenerator 2 sind die Traktionsmotoren 4 über die mit 3 bezeichneten, dem Fahrtrichtungswechsel usw. dienenden Apparate verbunden. Der Brennstoffregler 5 steuert die von den Brennstoffpumpen 13 pro Hub eingespritzte Brennstoffmenge über ein Federglied 26 und zwar derart, dass bei Reduktion der Leistung die Verbindung kraftschlüssig erfolgt, bei Erhöhung jedoch über die Feder, sodass die Regulierstange 27 der Brennstoffpumpen dem Regler nicht folgt, wenn sie durch ein anderes Organ an dieser Bewegung gehindert wird. Dies ist z. B. der Fall, wenn der Aufladeschutz 28 anspricht.

Der Steuerschieber 9 für den Servomotorkolben 12 des Feldreglers 14 wird über die Hebel 8 und 11 einerseits von der Muffe des Brennstoffreglers 5, andererseits vom Gestänge 23 bis 25 zu dessen Drehzahleinstellvorrichtung 6 und 7 gesteuert. Die letztgenannte wird vom Fahrshalter 18 her beeinflusst. Die Wirkungsweise ist folgende:

Wenn der Dieselmotor bezüglich Drehzahl und Drehmoment im Gleichgewicht ist, sind die Schieber 7 bzw. 9 in Abschlusslage. Die Zuordnung der entsprechenden Werte erfolgt, wie aus der Abbildung leicht ersichtlich ist, durch Festlegung des Gestänge-Drehpunktes 25, der seinerseits wieder durch die Lage der Punkte 23 und 24 bestimmt ist. Punkt 24 kann in der Figur drei Lagen erhalten. Der Einfachheit halber ist diese Lagen-einstellung in Abb. 2 durch die Kurvenbahn 21 des Fahrshalters bestimmt. In Wirklichkeit sind hierfür, mit Rücksicht auf die meistens angewendete Fernsteuerung, die unter d) erwähnten Organe vorhanden. Die Gestängepunkte 24 bzw. 22 nehmen die Lage 0 ein, wenn kein Organ eingeschaltet ist; die Lagen I und II, wenn das eine oder andere Organ eingeschaltet ist (Abb. 2a). Kurvenbahn 19 kann die Gestängepunkte 23 bzw. 20 in die beiden Lagen A und B führen, womit das unter d) erwähnte Zusatzorgan dargestellt ist. Durch die Kombination der Punkte 0 bis II mit A

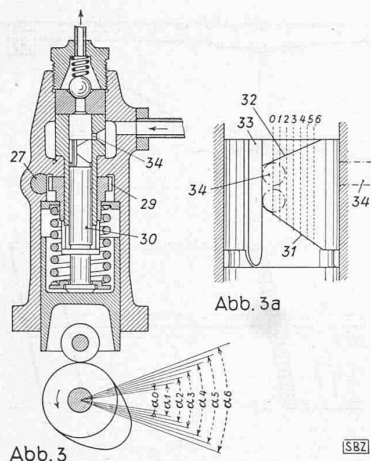


Abb. 3

Abb. 3a

SBZ

und B entstehen für Punkt 25 die Stellungen 1 bis 6. Die selben Gleichgewichtspunkte gelten auch für den Kolben der Drehzahlverstellvorrichtung 6 des Reglers, sowie für das Reguliergestänge der Brennstoffpumpen.

Bei den Brennstoffpumpen gemäss Abb. 3 und 3a finden wir die gleichen Stellungen 1 bis 6, sowie eine Leerlaufstellung 0. Es handelt sich um die bekannte Bauart mit zwei Steuerkanten, wobei der Kolben 30 von der Regulierstange 27 aus über einen verzahnten Mitnehmer 29

verdrehen kann, sodass der effektive Förderhub der Pumpe verändert wird. Dieser beginnt bei der Aufwärtsbewegung des Kolbens 30 im Moment, wo die Kante 32 die Rückströmöffnung 34 schliesst und endet dann, wenn diese von der Kante 31 wieder geöffnet wird, sodass der Brennstoff aus dem Förderraum über die Nute 33 wieder zurückfliessen kann. Da gemäss den obenstehenden Ausführungen jeder Drehzahl ein bestimmtes, vom Feldregler konstant gehaltenes Drehmoment zugeordnet ist, war es durch Schrägstellen der oberen Steuerkante 32 möglich, den Einspritzbeginn entsprechend dem mit steigender Drehzahl grösseren Zündverzögerung vorzulegen.

Die in Abb. 2 dargestellte Rückführung 10 verhindert das Ueberregulieren des Feldreglers 14, d. h. eine weitere Ent- (oder Be-)lastung des Dieselmotors, wenn dieser sich anschliessend an eine Ueberlastung (oder Unterlast) bereits wieder beschleunigt (oder verzögert). Ohne Rückführung würde diese Ent- (oder Be-)lastung erst aufhören, wenn der Brennstoffregler wieder seine Sollstellung erreicht hat. Die Rückführung kürzt demnach den ganzen Reguliervorgang ab.

Wie unter f) erwähnt, ist auch der Aufladeschutz 28 ein von Sulzer in der dargestellten Kombination mit dem Feldregler eingeführtes und dieser Firma patentiertes Organ. Die Charakteristik des Federkörpers a im Aufladeschutz ist so gewählt, dass der Anschlag b des Reguliergestänges 27 die Brennstoffpumpen freigibt, wenn der Aufladedruck die der gerade herrschenden Reglerstellung entsprechende Brennstoffmenge zulässt. Ist dies nicht der Fall, d. h. ist der Aufladedruck zu niedrig,

so zieht der Anschlag b die Stange 27 nach links. Die Brennstoffmenge geht dadurch zurück, indem die Feder im Federglied 26 zusammengedrückt wird. Der Regler hat somit keine Einwirkung mehr auf die Brennstoffregulierung und beeinflusst nur noch den Feldregler. Da die Brennstoffmenge herabgesetzt ist, sinkt die Drehzahl. Brennstoffregler 5 und Servomotor 9/12 des Feldreglers reagieren daher genau wie auf eine Ueberlastung und reduzieren die Belastung so stark, bis sie der vom Aufladeschutz 28 begrenzten Brennstoffmenge entspricht.

Die hier beschriebene Steuerung stellt wohl die konsequenteste Weiterentwicklung des von Lemp zuerst in einem Patent niedergelegten Gedankens der Feldregulierung vom Brennstoffregler des Verbrennungsmotors aus dar. Die Zuordnung eines bestimmten Drehmomentes zu jeder Drehzahl des Dieselmotors hat die wesentliche Vereinfachung der Spritzbeginneinstellung der Brennstoffpumpen durch eine zweite schräge Steuerkante am Pumpenkolben erst möglich gemacht, und die Verwendung einer Aufladeschutz-Vorrichtung im Zusammenhang mit einem Federglied zwischen dem Gestänge des Brennstoffreglers und der Brennstoffpumpe erlaubte erst die Ausnützung der Vorzüge des Lemp-Systems für aufgeladene Dieselmotoren. In dieser Form erfüllt die automatische Steuerung alle nachstehend zusammengefassten Funktionen:

Der *Feldregler* hält innerhalb eines bestimmten Fahrbereiches die Leistung des Dieselmotors konstant, wenn sich folgende Grössen ändern: Steigung der Bahnlinie, Temperatur der elektrischen Maschinen, Belastung und Spannung des Hilfsgenerators.

Die Belastung des Dieselmotors wird unter Konstanzhaltung der Drehzahl reduziert, wenn: die Verbrennung schlechter wird, der Heizwert des eingespritzten Brennstoffes geringer ist, die Fördermenge der Brennstoffpumpen bei einer bestimmten Einstellung derselben geringer wird, die Reibungsverluste des Dieselmotors grösser werden, einzelne Zylinder aussetzen oder der Aufladeschutz anspricht.

Der Aufladeschutz spricht an, wenn der Aufladedruck geringer ist als der gerade vorhandenen Reglerstellung entsprechen sollte. Dies tritt auf: während der Beschleunigung des Dieselmotors oder der Aufladegruppe, wenn der Widerstand im Ansaugluftfilter infolge Verschmutzung zu gross ist, bei Defekt an der Aufladegruppe.

Die obenzusammengestellten Funktionen, welche die Steuerung der neuesten Sulzer-Dieselfahrzeuge vollständig zu erfüllen vermag, genügen erfahrungsgemäss für normale Traktionsbedingungen. Es würde zu weit führen, hier auch diejenigen zusätzlichen Einrichtungen zu besprechen, die Sulzer für gewisse Spezialfälle (stark variable Höhenlage oder Temperatur) in Aussicht genommen und durch Patente sich hat schützen lassen.

Die Anwendung der Vorspannung im Eisenbetonbrückenbau anhand des Beispiels der Aarebrücke Sulgenbach-Kirchenfeld

Von Dipl. Ing. M. R. ROŠ, Zürich

I.

«Le système des précontraintes... est un état d'esprit, une affirmation de la volonté de l'Ingénieur, de ne plus subir les conséquences des états élastiques initiaux...»¹⁾

Die technische Formulierung dieses Gedankens lautet: In einem Material und in weiterem Sinn in einem Konstruktionselement auf künstliche Weise — z. B. unter Heranziehung eines weiteren Baustoffes — einen Spannungszustand derart erzwingen, dass sich bei Ueberlagerung der durch ständige oder zeitweise Beanspruchung erzeugten Spannungen ein Anstrengungszustand ergibt, der die restlose bzw. bestmögliche Ausnützung der Festigkeitseigenschaften der verwendeten Baustoffe gestattet²⁾.

Der in dieser Definition enthaltene Gedanke wird in der technischen Welt seit langem mit Erfolg verwendet: aufgeschrunppte Verstärkungen an Geschützrohren, bandagierte Druckleitungen usw. In der Bautechnik bietet er aber insbesondere den Eisenbetonkonstrukteuren eine Fülle neuer Möglichkeiten erst, seit folgende zwei Voraussetzungen erfüllt sind: 1. Herstellung von hochwertigem Beton auf der Baustelle, 2. Verwendung von Stählen mit Zugfestigkeiten von 10 000 kg/cm² und mehr.

Die Anwendung der Vorspannung im Eisenbetonbau stellt nicht eine kriegsbedingte Bauweise dar, bei der die Ersparnis von einigen kg Stahl — so wichtig diese auch heute sein mag — Hauptsache ist, die mit Nachteilen erkaufte werden muss, sondern

¹⁾ E. Freyssinet: «Une révolution dans l'art de bâtir: Les constructions précontraintes.»

²⁾ Ueber vorgespannte Konstruktionen siehe SBZ Bd. 111, S. 61*; Bd. 114, S. 151*; Bd. 117, S. 209*; Bd. 121, S. 51* und 239*.

einen technischen Fortschritt. Die Zukunft wird zeigen, dass der stolze Anspruch, den diese Bauweise in der Formulierung von E. Freyssinet erhebt «... ce procédé devient le plus fécond des perfectionnements de l'art de construire, réalisé depuis la généralisation de l'emploi du métal dans les charpentes...» zu Recht besteht.

II.

Die Projektierung eines Bauwerkes in vorgespanntem Beton bedingt, dass man sich Rechenschaft ablegt, was für Wege überhaupt beschritten werden können. Bis heute wurde der Gedanke der Vorspannung in sehr verschiedenen Ausführungsformen verwirklicht, die nach folgenden Merkmalen unterschieden werden können:

1. *Unverankerte Konstruktionen.* Vorspannarmierung geradlinig, ohne besondere Verankerung an den Enden, einbetoniert. Monolith und Verbundkonstruktion, Stahlsaitenbeton³⁾.

2. *Verankerte Konstruktionen.* Vorspannarmierung geradlinig mit besonderen Verankerungsvorrichtungen (Ankerplatten, Haken), einbetoniert. Monolith und Verbundkonstruktion, Spannbeton⁴⁾.

3. *Verankerte Konstruktionen ohne Verbundwirkung.* Trennung der Vorspannarmierung vom Beton durch Verlegen in Rohren oder Umhüllung mit einem plastischen Stoff⁵⁾.

³⁾ E. Hoyer: «Der Stahlsaitenbeton», ferner zahlreiche Veröffentlichungen von Amos, Friedrich, Freyssinet, Kleinlogel, Pistor u. a. Unter diesen Begriff fallen Konstruktionen von Hoyer, Freyssinet, Schäfer, Wettstein u. a.

⁴⁾ E. Mörsch: «Spannbetonträger», ferner Veröffentlichungen von Lenk und Oppermann. Konstruktionen von Koenen, Freyssinet.

⁵⁾ Konstruktionen von Coyne, Freyssinet, ferner in den U. S. A.