

DIE BAUTECHNIK

16. Jahrgang

BERLIN, 22. Juli 1938

Heft 31

Lastkraftwagen für den Baubetrieb.

Von Fr. Riedig, Zeulenroda-Unt. Haardt.

Beim Baubetrieb entfällt ein großer Anteil der Gesamtgestehungskosten auf die Fördervorgänge, die nicht nur die Anfuhr von Baustoffen, sondern auch die Ortsveränderungen von Lasten auf der Baustelle selbst umfassen. Neben Einzellasten von mehr oder weniger großem Gewicht sind vor allem Massengüter zu bewegen, wobei es darauf ankommt, daß die verwendeten Fördermittel genügend Freizügigkeit aufweisen, d. h. daß an den Einrichtungen die Förderrichtung und die Art des Einsatzes so wenig wie möglich gebunden sind. Freizügig im Vergleich mit anderen Fördermitteln ist die Förderung durch Lastkraftwagen, Zugmaschinen und Anhänger.

Diese Fahrzeuge übernehmen vielfach nicht nur die Beförderung selbst, sondern auch bis zu einem gewissen Grade das Verteilen der Massengüter. Beim Straßenbau z. B. fährt man Schotter und Steine meistens in Lastkraftwagen an und nimmt beim Abladen eine Grobverteilung vor (Abb. 1). Ähnlich verlaufen auch die Vorgänge beim Aufbringen von Decken auf dem fertigen Unterbau, wenn nicht bei bituminösen Decken mit eigens für diesen Zweck gebauten Verteilgeräten¹⁾ gearbeitet wird.



Abb. 1. Diesel-Schwerlastwagen beim Bau der Straße auf den Obersalzberg.
Werkphoto MAN.

An allen Lastkraftfahrzeugen mit eigenen Antrieben herrscht der Rohölmotor als Energiequelle vor, wie auch die Automobilausstellungen der letzten Jahre in Berlin bezeugen. Die Wirtschaftlichkeit des Dieselmotors im Dauerbetrieb hat ihren Grund nicht allein im niedrigen Preise des Gasöles, sondern auch gegenüber dem Benzinbetrieb in den geringeren Betriebskosten überhaupt. Selbst wenn die Brennstoffe für einen Ver-

gasermotor (Benzin, Benzin-Benzol) nicht teurer wären als Schweröl, so würden die Betriebskosten für einen Dieselmotor immer noch niedriger sein als bei einem Benzinmotor gleicher Leistung. Im Dieselmotor wird die im Brennstoff enthaltene Energie besser ausgenutzt als im Vergasermotor. In thermischer Beziehung ist der Brennstoffverbrauch eines Dieselmotors mengenmäßig um ein Drittel niedriger als bei einem gleich leistungsfähigen Vergasermotor. Zieht man noch den Preisunterschied für die Brennstoffe beider Motorarten in Rücksicht, so ergibt sich eine Ersparnis an Kraftstoffen von etwa 70% zugunsten des Dieselmotors. Ferner spielen an den Fahrzeugdieselmotoren die gleichmäßige Energieentfaltung und das gute Durchzugsvermögen auch bei niedriger Drehzahl eine wichtige Rolle. Infolge der höheren Leistung und Wirtschaftlichkeit im Dauerbetrieb wird der Mehraufwand bei der Anschaffung eines Dieselmotors nach kurzer Betriebszeit wieder ausgeglichen.

Die Bauarten der Viertakt-Fahrzeugdieselmotoren, die mit großen Drehzahlen ähnlich wie die Benzinmotoren laufen, sind sehr verschieden. Alle Bauarten sind heute so weit entwickelt, daß sie den Anforderungen des Fahrzeugbetriebes in jeder Weise entsprechen. Infolgedessen ist es an sich gleichgültig, ob die Motoren nach dem Vorkammervorgang (Büssing-NAG, Orenstein & Koppel AG) arbeiten oder ob der Brennstoff unmittelbar eingespritzt wird (MAN) oder ob die Motoren mit Doppelkolben (Krupp-Junkers) versehen sind oder der Brennstoff durch Kerzen oder einen Glühkopf (Lanz) gezündet wird. Die Betriebsicherheit und Wirtschaftlichkeit bleiben immer dieselben.

Angetrieben werden an den Lastkraftfahrzeugen meistens die Hinterräder. Es ist aber auch mit Erfolg der Allradantrieb versucht worden (z. B. Büssing-NAG). Bei dieser Antriebsart werden das gesamte Fahrzeuggewicht und die Nutzlast in nutzbares Reibungsgewicht umgesetzt,

so daß alle Räder kraftschlüssig mit der Fahrbahn in Verbindung stehen und die Fahrzeuge auf unbefestigten Wegen sicherer fahren als nur mit Hinter- oder Vorderradantrieb. Natürlich darf nicht übersehen werden, daß beim Allradantrieb mehr Triebwerksteile nötig sind als beim gewöhnlichen Antrieb und einfache Bauart bei Verwendung im Baubetriebe manche Vorzüge hat.

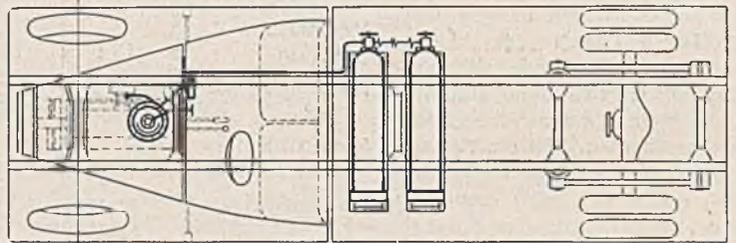
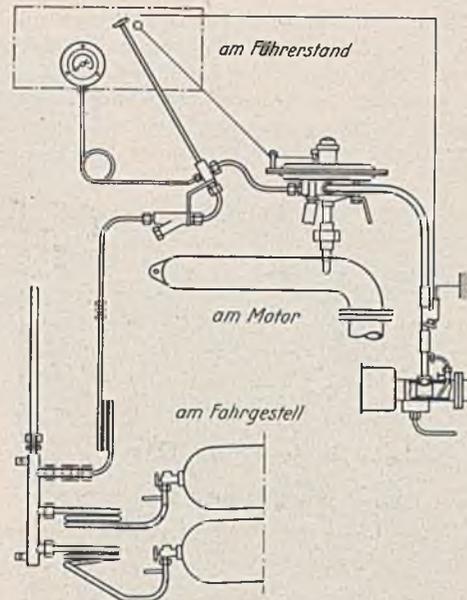


Abb. 2.

Darstellung der Einrichtung zum Umbau eines Lastkraftwagens mit Benzinmotor auf Leuna-Treibgas.
Vorlage Hansa-Lloyd.



Lastkraftwagen. Mit Rücksicht auf die Bestrebungen, mit heimischen Treibstoffen auszukommen, sind Lastwagen mit Benzinmotoren teils nachträglich auf den Betrieb mit Flaschengas umgebaut, teils von vornherein für diesen Betrieb vorgesehen worden. Im Kühlwasserumlauf wird ein Vorwärmer mit zwei-stufigem Regler (Abb. 2) eingeschaltet und der Benzinvergaser durch ein Vorschaltgerät ergänzt. Andere

Veränderungen sind am Motor nicht nötig. Als weitere Zusätze kommen Rohrleitungen und einige Ventile hinzu.

Nach dem augenblicklichen Entwicklungsstande werden die Vergasermotoren durch Reichgas (Butan, Propan, Leuna-Treibgas usw.) und durch Schwachgas (Stadtgas, Faulgas) betrieben. Durch den hohen Energiegehalt des Reichgases (14 000 WE/m³) kann ein serienmäßiger Vergasermotor mit diesem Gas ohne weiteres gespeist werden. Die Füllung einer gewöhnlichen Flasche mit 46 kg Treibgas entspricht 70 l Benzin oder Gemisch. Beim Betriebe mit Schwachgas (4500 WE/m³) wird durch Höherverdichten des Motors auf etwa 1:7 der Leistungsabfall möglichst beschränkt. Drei Flaschen mit 65 m³ Gas entsprechen einer Benzinmenge von 40 l. Einen Vergleich der Betriebskosten von Reich- und Schwachgas mit Benzin und Gemisch (für 100 km Fahrstrecke) enthalten die Zahlentafeln 1 und 2 (nach Angaben von Hansa-Lloyd).

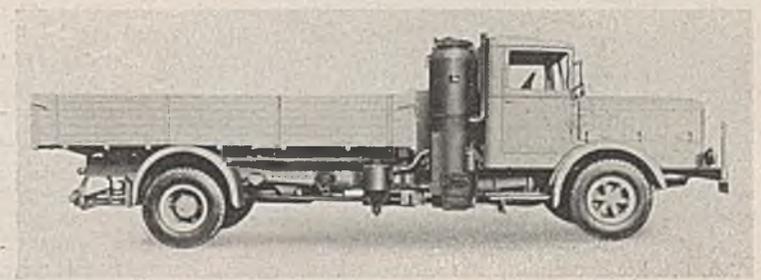


Abb. 3. 6-t-Lastkraftwagen mit Gaserzeuger für Braunkohlenschwelkoks.
Gasleistung des Motors 110 PS (Büssing-NAG, Wisco).

¹⁾ Bautechn. 1937, Heft 9, S. 111; ebenda 1937, Heft 15, S. 204.

Größere Veränderungen sind an den Lastkraftwagen nötig, wenn an Stelle des Betriebes durch Benzin der Betrieb mit festen Brennstoffen (Holz, Holzkohle, Schmelzkoks u. dgl.) treten soll. Es müssen dann ein Gaserzeuger, mehrere Reiniger usw. eingebaut werden (Abb. 3), die einen Teil der nutzbaren Ladefläche und der Tragfähigkeit wegnehmen. Um den Verlust an Ladefläche möglichst zu verringern, hat man den Gaserzeuger auch in das Führerhaus verlegt. Die Reiniger, das Gebläse zum Inbetriebsetzen des Gaserzeugers und andere Teile befinden sich unter der Ladefläche.

Die Formen der Aufbauten von Lastkraftwagen hängen von der Beschaffenheit der hauptsächlich zu befördernden Massengüter ab. Weit verbreitet sind die selbsttätigen Kippeinrichtungen für Kastenaufbauten. Ob ein Hinter- oder ein Seitenkipper verwendet wird, richtet sich nach den Aufgaben, die der Lastkraftwagen vorherrschend zu erfüllen hat. Da man möglichst vielseitige Verwendbarkeit eines Lastkraftwagens erstreben soll, werden die Kipper heute vielfach so gebaut, daß wahlweise nach beiden Seiten oder nach rückwärts entladen werden kann (Abb. 4 u. 5). Zum Ändern der Kipprichtung wird an der Seite, nach der der Kasten kippen soll, der Aufbau durch einsteckbare Bolzen an den vorgesehenen Gelenken befestigt. Das Kippgetriebe ist meist ein Zylinder mit Kolben, der in der

Zahlentafel 1. Reichgas.

Tragfähigkeit t	1¼			2 und 2½			3		
	Benzin	Gemisch	Treibgas	Benzin	Gemisch	Treibgas	Benzin	Gemisch	Treibgas
Verbrauch auf 100 km	15 l	14 l	9 kg	23 l	22 l	14,2 kg	25 l	24 l	15,6 kg
Preis für 1 l oder 1 kg RM	0,35	0,39	0,51	0,35	0,39	0,51	0,35	0,39	0,51
Kosten für 100 km RM	5,25	5,46	4,59	8,05	8,58	7,24	8,75	9,36	7,96
Ersparnis b. Treibgas RM/100 km	gegenüber Benzin 0,66 gegenüber Gemisch 0,87			gegenüber Benzin 0,81 gegenüber Gemisch 1,34			gegenüber Benzin 0,79 gegenüber Gemisch 1,40		

Zahlentafel 2. Schwachgas.

Tragfähigkeit t	1¼			2 und 2½			3		
	Benzin	Gemisch	Treibgas	Benzin	Gemisch	Treibgas	Benzin	Gemisch	Treibgas
Verbrauch auf 100 km	15 l	14 l	23 m³	23 l	22 l	35 m³	25 l	24 l	38 m³
Preis für 1 l oder 1 m³ RM	0,35	0,39	0,12	0,35	0,39	0,12	0,35	0,39	0,12
Kosten für 100 km RM	5,25	5,46	2,76	8,05	8,58	4,20	8,75	9,36	4,56
Ersparnis b. Treibgas RM/100 km	gegenüber Benzin 2,49 gegenüber Gemisch 2,70			gegenüber Benzin 3,85 gegenüber Gemisch 4,38			gegenüber Benzin 4,19 gegenüber Gemisch 4,80		

lage sind die Zugmaschinen oder Schlepper entstanden, die beim Baubetriebe manchen Vorteil haben. Am wirtschaftlichsten arbeiten diese Maschinen, wenn sie im Pendelverkehr mit Wechselanhängern eingesetzt werden können. Die sonst beim Betriebe mit Lastkraftwagen durch das Be- und Entladen bedingten Pausen fallen bei den Zugmaschinen völlig weg, wobei vorausgesetzt ist, daß die Förderarbeiten richtig organisiert sind. Außer-



Abb. 4. Dreiseitenkipper-Lastkraftwagen mit seitlich gekipptem Lastträger. Leistung des Dieselmotors (Junkers) 90 PS. (Fried. Krupp.)



Abb. 5. Dreiseitenkipper-Lastkraftwagen in der Stellung als Hinterkipper. Hansa-Lloyd.

Mitte des Wagenkastens angreift und den Kasten bei Zufuhr von Druckflüssigkeit durch eine vom Wagenmotor angetriebene Pumpe anhebt. Das Absenken geschieht selbsttätig im Anschluß an das Kippen. Der Zahnstangenantrieb ist seltener zu finden.

Auf andere Weise geschieht das Entladen an den Einrichtungen von Chr. Miesen. Der Boden des Kastens, in dem sich die Last befindet, ist

förderbandartig ausgebildet und kann durch eine Handkurbel in der einen oder anderen Richtung bewegt werden. Beim Abladen von Steinen auf einer Baustelle z. B. ist daher ein gleichzeitiges Verteilen möglich. Der Lastkraftwagen fährt langsam über die betreffende Stelle, während ein Mann die Handkurbel dreht und den Wagen entladet.

Zugmaschinen. Durch Trennen der Ladefläche von der Kraftan-

dem können die meisten Schlepper durch eine angebaute Riemenscheibe (Abb. 6) als ortsfeste Kraftquelle oder durch eine aufgesetzte Seilwinde (Abb. 7) zu Hilfsarbeiten aller Art herangezogen werden. Meistens sind die Radschlepper mit Riesenluftreifen mit Hochprofilen versehen, um einmal auf befestigten Straßen den Bestimmungen zu entsprechen und günstige Fahreigenschaften zu erreichen und dann auf weichem Boden auf Baustellen genügend Griffigkeit zu erzeugen (Abb. 8). Auf sehr weichem Boden, bei dessen Befahren auch zusätzliche, eiserne Greifer angesetzt werden können, sinkt aber die Wirtschaftlichkeit der Radschlepper, so daß man in diesen Fällen besser zum Raupenschlepper übergeht.

Auf den Baustellen selbst können die Zugmaschinen die verschiedensten Förderaufgaben übernehmen, z. B. das Ziehen von Gleiskipp-



Abb. 6. Riemenscheibe am hinteren Ende einer Zugmaschine zur Energieabnahme für Arbeitsmaschinen. Zettelmeyer.

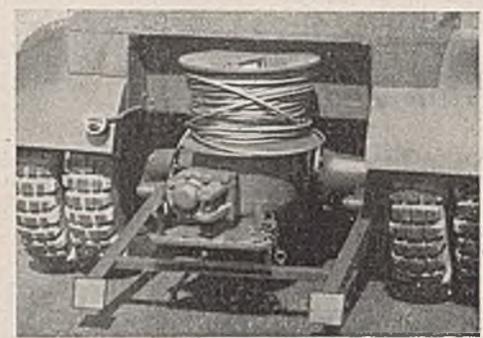


Abb. 7. Seilwinde am hinteren Ende einer Zugmaschine. Zettelmeyer.



Abb. 8. Einzylinder-Zugmaschine mit Riesenluftreifen beim Fahren auf aufgeweichtem Boden. Lanz.

wagen oder das Ziehen der Geräte beim bituminösen Straßenbau oder das Auslegen von Einzellasten. Jedenfalls bieten sich hier die verschiedensten Möglichkeiten zur Ausnutzung eines Schleppers. Im gewöhnlichen Betriebe genügen meist die Fahrgeschwindigkeiten bis etwa 25 km/h der üblichen Schlepperbauarten.

Müssen mit den Schleppern größere Strecken, wie mit den Lastkraftwagen, durchfahren werden, so wird eine Steigerung der Geschwindigkeit auf 45 bis 60 km/h nötig. Der Eilschlepper, der mit diesen Geschwindigkeiten fährt, will nicht mit dem Schwerlastwagen in Wettbewerb treten.



Abb. 9. 100-PS-Diesel-Eilschlepper mit Sechszylindermotor. Hanomag.

Sein Arbeitsfeld als schnelle Zugmaschine beginnt vielmehr dort, wo die Leistung eines Schleppers mit geringerer Fahrgeschwindigkeit nicht mehr ausreicht. Das Hauptverwendungsgebiet ist der Zubringerdienst im Nahverkehr. Die Motoren in den Eilschleppern sind sehr leistungsfähige Maschinen. Büsing-NAG z. B. verwendet einen Vierzylinder-Dieselmotor von 85 PS Leistung. Im Eilschlepper der Hanomag (Abb. 9) befindet sich ein Sechszylinder-Dieselmotor von 100 PS Leistung, der zwei Anhänger von je 5 bis 6 t Tragfähigkeit mit einer Geschwindigkeit von 45 km/h ziehen kann. Motoren von 125 und 139 PS Leistung enthalten die Schlepper der Famo-Werke oder von Kaelble (Abb. 10). Die größte Schlepperart mit einer Motorleistung von 170 PS wird von den Faunwerken gebaut. Die Maschine (Abb. 11) zieht Anhängelasten bis 30 t und erreicht auf ebener Straße Geschwindigkeiten bis 46 km/h. Die schweren Zugmaschinen kommen auch zum Befördern von Eisenbahnwagen auf den „fahrbaren Anschlußgleisen“ der Reichsbahn in Frage.



Abb. 10. 130-PS-Zugmaschine für Fahrgeschwindigkeiten bis 50 km/h. 5 Vorwärts-Getriebegänge. Hydraulisches Kippgetriebe der Anhänger (Kaelble).

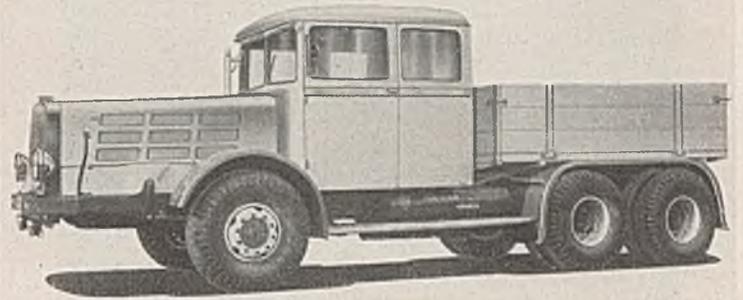


Abb. 11. Schlepper mit 170-PS-Dieselmotor für schwerste Anhängelasten. Faunwerke.

Im allgemeinen sind die Schlepper mit mittleren und größeren Leistungen mit drei oder vier, in Ausnahmefällen auch mit fünf Vorwärtsgängen versehen. Für sechs Gänge dagegen sind die Getriebe an den Einzylinder-Schleppern (20 bis 55 PS Motorleistung) von Lanz gebaut (Abb. 12). Diese hohe Zahl Gänge ist nötig, um bei dem nur einen Arbeitszylinder mit Glühkopffzündung eine möglichst weitgehende Anpassung der Motorleistung an die jeweils geforderte Zugkraft zu erreichen.

Sehr vielseitig sind die Bauarten der Kleinschlepper. Die Kraftmaschinen mit Leistungen von etwa 20 PS sind meist Einbaumotoren von Deutz oder MWM (Benz). Ein Deutz-Zweizylinder-Dieselmotor von 22 PS Leistung ist z. B. in dem „Primus“-Schlepper (Abb. 13) mit vier Vorwärtsgängen für Anhängelasten bis 15 t eingebaut, während die Mäg ihre Kleinschlepper mit MWM-Motoren verseht. Abweichend davon dient in den Kleinschleppern der Hanomag (Abb. 14) als Energiequelle ein Vierzylinder-Dieselmotor eigener Bauart. — Für Bauarbeiten haben die Schlepper von Orenstein & Koppel AG (Abb. 15) den Vorteil, daß die Antriebmotoren mit einer Spitzenleistung von 30 PS genau so ausgeführt sind wie die Motoren in den Umbaubaggern, Motorlokomotiven und Straßenwalzen derselben Firma. Da die Einzelteile aller Motoren von Orenstein & Koppel AG unter sich in weiten Grenzen austauschbar und auf einer Baustelle außer Schleppern meist auch Bagger, Motorlokomotiven oder Walzen in Betrieb sind, wird der Umfang des Ersatzteillagers geringer als bei Geräten mit Motoren verschiedenen Ursprungs. Außer-



Abb. 12. Schlepper mit Anhänger beim Zusammenarbeiten mit einem Bagger. Lanz.

gängen für Anhängelasten bis 15 t eingebaut, während die Mäg ihre Kleinschlepper mit MWM-Motoren verseht. Abweichend davon dient in den Kleinschleppern der Hanomag (Abb. 14) als Energiequelle ein Vierzylinder-Dieselmotor eigener Bauart. — Für Bauarbeiten haben die Schlepper von Orenstein & Koppel AG (Abb. 15) den Vorteil, daß die Antriebmotoren mit einer Spitzenleistung von 30 PS genau so ausgeführt sind wie die Motoren in den Umbaubaggern, Motorlokomotiven und Straßenwalzen derselben Firma. Da die Einzelteile aller Motoren von Orenstein & Koppel AG unter sich in weiten Grenzen austauschbar und auf einer Baustelle außer Schleppern meist auch Bagger, Motorlokomotiven oder Walzen in Betrieb sind, wird der Umfang des Ersatzteillagers geringer als bei Geräten mit Motoren verschiedenen Ursprungs. Außer-

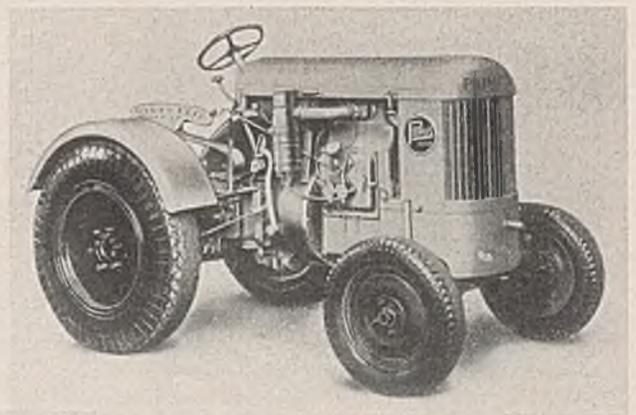


Abb. 13. Schlepper mit 22-PS-Deutz-Zweizylinder-Dieselmotor. Anhängelast bis 15 t in der Ebene (Primus).



Abb. 14.
20-PS-Klein-Zugmaschine mit Vierzylinder-Dieselmotor.
Hanomag.

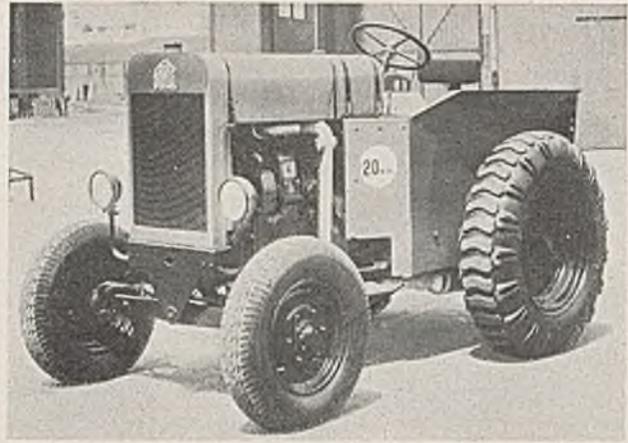


Abb. 15.
Radschlepper mit einem Dieselmotor von 30 PS Spitzenleistung.
Werkphoto Orenstein & Koppel AG.

dem braucht das Maschinenpersonal auf einer Baustelle nur eine einzige Motorenart zu bedienen, wodurch das Anlernen der Bedienungsleute vereinfacht und bei der Vornahme von Reparaturen an Zeit gespart wird.

Auf wenig tragfähigem Boden und bei Hindernissen bis etwa 45 cm Höhe (größere Steine, Erdhügel, Gräben usw.), ferner für Sonderaufgaben, z. B. das Ziehen von Schürfwagen²⁾ oder das Einebnen von Schüttungen, haben sich die Raupenschlepper bewährt. Die Zughakenleistung ist beim Raupenschlepper größer als bei einem gleich großen Radschlepper, weil durch die Raupe fast das ganze Gewicht des Schleppers in Zugkraft umgesetzt wird. Dafür ist aber das Fahren eines Raupenschleppers auf befestigten Straßen sehr unwirtschaftlich. Naturgemäß sind die Fahrgeschwindigkeiten der Raupenschlepper nur gering. Der 50-PS-Raupenschlepper der Hanomag z. B. (Abb. 16) erreicht eine Höchstgeschwindigkeit von 7,2 km/h, während der 65-PS-Raupenschlepper von Linke-Hofmann (Famo) mit einer Höchstgeschwindigkeit von 6,8 km/h fährt. Die Fahrgeschwindigkeit des 50-PS-Raupenschleppers von Lanz (Einzylindermotor) kann mit den sechs Vorwärtsgängen des Getriebes bis auf 8 km/h gesteigert werden, wodurch jedoch die Zugkraft auf 1 t sinkt.

Für den Betrieb mit festen Brennstoffen sind verschiedene Schlepperarten mit Gaserzeugern ausgerüstet worden. In die Radschlepper baut man heute die Einrichtungen vollständig ein. Abb. 17 zeigt z. B. einen Schlepper von Büssing-NAG mit einem 75-PS-Gasmotor und einem Wisco-Gaserzeuger für Holzkohle, Torfkoks und Steinkohlen-Schwelkoks. Auch Raupenschlepper mit Benzinmotoren sind auf den Betrieb durch feste Brennstoffe umgestellt worden (Abb. 18). Da der Einbau nachträglich vorgenommen wurde, befindet sich die Gaserzeugungsanlage auf dem Schlepper.

Die Wahl eines gewöhnlichen Radschleppers oder eines Sattelschleppers wird durch die Aufgaben bestimmt, die die Fahrzeuge zu erfüllen haben. Am gewöhnlichen Radschlepper kann jeder Anhänger angehängt werden,

während die Sattelschlepper besondere Anhängerarten bedingen.

Anhänger werden beim Betriebe mit Zugmaschinen und zur besseren Ausnutzung des Zugvermögens der Motoren in den Lastkraftwagen verwendet. Das Fördern von Massengütern auf Anhängern hat gegenüber den zwei- und dreiachsigen Lastkraftwagen den Nachteil, daß das Entladen von Kippaufbauten

nicht auf mechanischem Wege durch den Wagenmotor möglich und man außerdem vielfach an das Entladen nach der Seite gebunden ist.

Das Kippen der Lastträger geschieht fast immer im Handbetrieb, teils durch eine Kurbel, teils durch eine Handpumpe, die die Druckflüssigkeit in einen Zylinder mit Kolben drückt (Dreiseitenkipper der Mag). Die Kippgetriebe, die durch Handkurbeln bewegt werden, sind entweder Kurbeltriebe oder Zahntriebe. Teils sind die Handkurbeln an der Rückseite, z. B. bei den Ausführungen der Waggonfabrik Steinfurt (Abb. 19), teils umsteckbar an den Längsseiten angebracht (Abb. 20, Ausführung Düsseldorfer Waggonfabrik). Durch einen Kurbeltrieb werden die Kippanhänger der Gothaer Waggonfabrik entladen (Abb. 21). Der Hauptvorteil des Kurbeltriebes liegt darin, daß bei Beginn des Kippens (bei größter Last) der Kasten langsamer angehoben wird als im weiteren Verlaufe des Kippvorganges, bei dem das Schüttgut schon zum Teil entladen ist. Die Anzahl der Handkurbelumdrehungen für das Triebwerk und auch der Energieaufwand bleiben für den ganzen Kippvorgang gleich. Der Kurbeltrieb selbst sorgt für einen Energieausgleich. Das Kippen dauert bei einem Kippwinkel von 45° etwa 3 min. Nach dem Entladen gleitet der Kasten selbsttätig in seine Anfangsstellung zurück. — Eine andere Kippart ist von Kässbohrer entwickelt worden. Der Kasten ist in einem Gerüst geführt und wird angehoben.

Der Zweiseitenkipper von Christoph & Unmack mit Zahnstangengetriebe enthält einen selbsttätigen Fliehkraftregler, der schädliche Beanspruchungen im Vorgelege und im Zahnstangentrieb beim selbsttätigen Ablassen der Kipperbrücke verhindert. — Bei einem Kippgetriebe der Anhänger von L. Steinfurt wird der Lastträger zunächst seitwärts auf dem Untergestell verschoben und dann durch angelenkte Hebel zum Kippen gebracht. — Eine andere Form eines Zahntriebes weist ein Anhänger der G. Lindner AG auf. Unterhalb der Kipperbrücke sind in der Längsachse verzahnte Laufrollen gelagert (Abb. 22), die durch eine Handkurbel über ein selbsthemmendes Triebwerk gedreht werden und dabei auf den verzahnten Querträgern des Fahrgestelles laufen, so daß der Lastträger je nach dem Drehsinn der Handkurbel nach der einen oder anderen Seite ausgefahren und durch die nach unten ragenden Arme, die sich in den senkrechten Führungen des Fahrgestelles verschieben, gekippt wird.

Für ungewöhnlich große Lasten werden besondere Anhänger

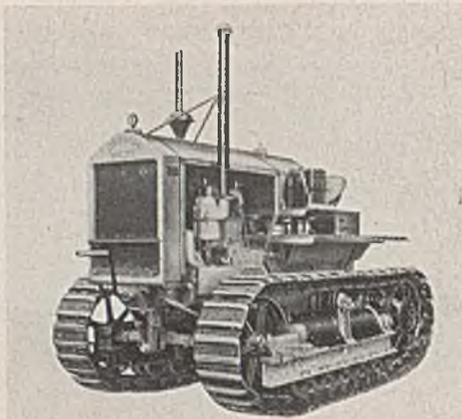


Abb. 16. 50-PS-Diesel-Raupenschlepper.
Hanomag.

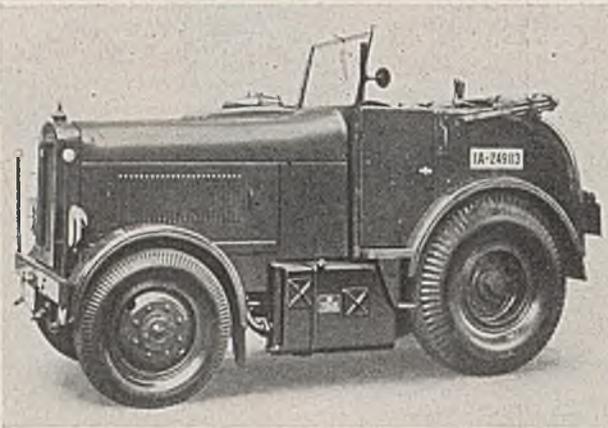


Abb. 17. Radschlepper mit Gasmotor (75 PS Leistung) und eingebautem Gaserzeuger für feste Brennstoffe.
Büssing-NAG, Wisco.

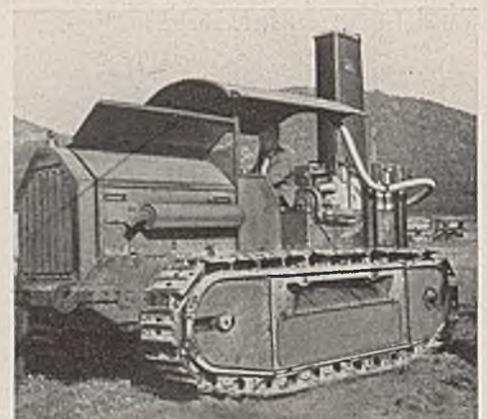


Abb. 18. Raupenschlepper mit aufgebautem Gaserzeuger für feste Brennstoffe. Wisco.

²⁾ Bautechn. 1936, Heft 13, S. 204.



Abb. 19. Kippanhänger mit Zahnstangen-Kippgetriebe und Handkurbel an der Rückseite. 3,5 t Nutzlast.
Steinfurt.



Abb. 20. Zahnstangen-Kippanhänger mit Handkurbelbetrieb an der Längsseite. 7,5 t Nutzlast.
Düsseldorfer Waggonfabrik.

gebaut, z. B. ein sechssächiger Anhänger zum Befördern eines unzerlegten Umbaubaggers im Schnellverkehr.

Im Verkehr mit Anhängern muß der Anhänger zugleich mit dem Zugwagen bremsen. Dieser Forderung kommen verschiedene Bauarten von Bremsen, z. B. die Druckluftbremsen von Knorr oder die „Ade“-Auflauf-

Bremskraft an das Gesamtgewicht und an die Belastung des Anhängers an. Auf technische Einzelheiten der Bremsen und anderer Teile von Lastkraftwagen, Zugmaschinen und Anhängern soll hier nicht eingegangen werden.

Der Vollständigkeit halber sei noch auf die Elektrolastwagen²⁾ hingewiesen werden, deren Entwicklung einen hohen Stand erreicht hat.

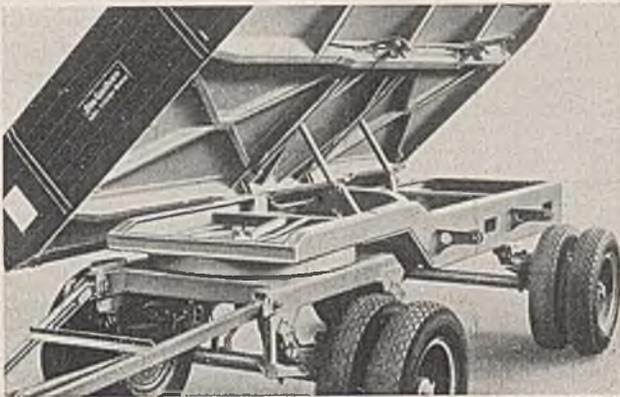


Abb. 21. Kurbel-Kippgetriebe an einem Zweiseiten-Kipper. Antrieb des Kurbelgetriebes durch eine Handkurbel.
Werkphoto Gothaer Waggonfabrik.

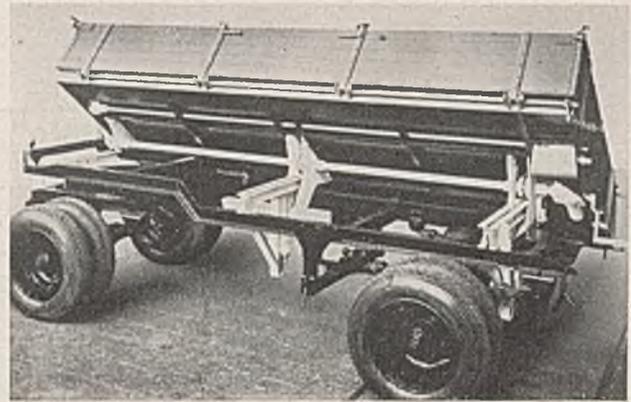


Abb. 22. Kippanhänger mit Roll-Zahngetriebe.
Lindner.

bremsen, nach. Während bei den Druckluftbremsen die durch einen Verdichter erzeugte Druckluft aufgespeichert und durch eine Rohrleitung in die Bremszylinder geleitet wird, nutzt die Auflaufbremse die Relativbewegung zwischen Zugwagen und Anhänger und den dadurch entstehenden Auflaufdruck als Bremskraft aus. Eine weitere Bremsenart (der Thümag) löst die Bremse durch den Motor des Zugwagens aus und gleicht die

An der Entwicklung der Lastkraftwagen und Zugmaschinen zu brauchbaren und wirtschaftlichen Einrichtungen hat auch die Industrie der Zubehörteile großen Anteil. Bosch z. B. schuf die zu jedem Kraftfahrzeug gehörenden elektrischen Ausrüstungen, die stets zuverlässig arbeiten.

²⁾ Bautechn. 1938, Heft 9, S. 101.

Hypothesen und Grundlagen für das Schwinden und Kriechen des Betons.

Alle Rechte vorbehalten.

Von Dr. Dr.-Ing. W. Gehler, ord. Professor an der Technischen Hochschule Dresden.

(Schluß aus Heft 30.)

2. Der Vergleich mit dem Fließen bei der Streckgrenze des Baustahls und dem Kriechen des Betons

lehrt folgendes: Wird die Streckgrenze des Stahls erreicht, so wächst ohne Laststeigerung die bleibende Dehnung von $\eta = 2/8 \text{‰}$ auf $\eta = 20 \text{‰}$, also um 18‰ (Abb. 24a). Als Streckungs- oder Übersetzungsverhältnis wollen wir hiernach das Verhältnis der bleibenden Dehnung im Punkte E zur ursprünglichen bleibenden Dehnung im Punkte A bezeichnen, das hier etwa

$$(62) \quad \lambda = 18 \text{‰} : 2/8 \text{‰} = 27$$

ist, so daß die Übersetzung beim Fließen als 27fach bezeichnet werden kann. Beim Beton sind diese Werte wesentlich kleiner. Nimmt man nach Roß die beim Erreichen der Ursprungsfestigkeit vorhandene bleibende Dehnung, die gerade noch ertragbar ist, zu $\eta_1 = 10 \cdot 10^{-5}$ an, so ist hier dieses Übersetzungsverhältnis z. B. etwa

$$(63) \quad \lambda = \frac{f}{\eta_1} = \frac{40 \cdot 10^{-5}}{10 \cdot 10^{-5}} = 4.$$

3. Das lineare Kriechgesetz (Beziehung $f : \sigma_A = \text{konst.}$)

In auffallender Weise zeigt sich bei allen Versuchsreihen der Kriechversuche, z. B. von Davis, Glanville und Dutron, folgendes Pro-

portionalitätsgesetz: Die Endschwindmaße sind proportional den Pressungen durch die jeweilige Auflast.

Auch hierfür gibt unsere Hypothese eine einfache Begründung (Abb. 24b). Da infolge des dreieckförmigen Zuwachses der Dehnungsfläche $O_2 S T$

$$\Delta \eta_{30} : \Delta \eta_{60} = \sigma_{A30} : \sigma_{A60}$$

und ferner, z. B. bei $\lambda = 4 = \text{konst.}$,

$$f_{30} : f_{60} = 4 \Delta \eta_{30} : 4 \Delta \eta_{60}$$

ist, erhält man dieses Proportionalitätsgesetz, nämlich

$$f_{30} : f_{60} = \sigma_{A30} : \sigma_{A60} = 30 : 60,$$

also allgemein

$$(64) \quad f : \sigma_A = \text{tg } \varphi = \text{konst.} = k.$$

Damit ist innerhalb eines bestimmten Proportionalitätsbereiches (s. $O_2 P_2$ in Abb. 25 u. 26), also für die in der Regel vorkommende Dauerbeanspruchung bis zu etwa $\sigma_A = 60 \text{ kg/cm}^2$, ein wertvoller Festwert k für das Kriechmaß gefunden, den wir die Kriechzahl der betreffenden Betonart nennen wollen. Nach Übersicht IV beträgt er bei normalem Kiesbeton $k = 0,8 \cdot 10^{-5} = \text{rd. } 1 \cdot 10^{-5}$ und bei Splittbeton $1,7 \cdot 10^{-5} = \text{rd. } 2 \cdot 10^{-5}$, falls die Kriechschonzeit $t_A = 60$ Tage

eingehalten wird. Dagegen steigt er um etwa 50%, also auf $k = 3 \cdot 10^{-5}$, wenn die Kriechschonzeit nur $t_A = 14$ Tage beträgt (s. Übersicht IV).

Noch leichter prägt sich dieses Ergebnis ein, wenn man wiederum den gleichwertigen Temperaturabfall einführt. Denn beträgt diese Kriechzahl für die drei genannten Versuchsreihen der Übersicht IV $k = 0,8^\circ$ bzw. $1,7^\circ$ bzw. 3° Temperaturabfall. Hieraus findet man z. B. für normalen Kiesbeton mit $\sigma_A = 40 \text{ kg/cm}^2$ Dauerbeanspruchung durch ständige Last bei einer Kriechschonzeit $t_A = 60$ Tage das Kriechmaß

$$f = k \sigma_A = 0,8^\circ \cdot 40 = 32^\circ \text{ oder } 32 \cdot 10^{-5}$$

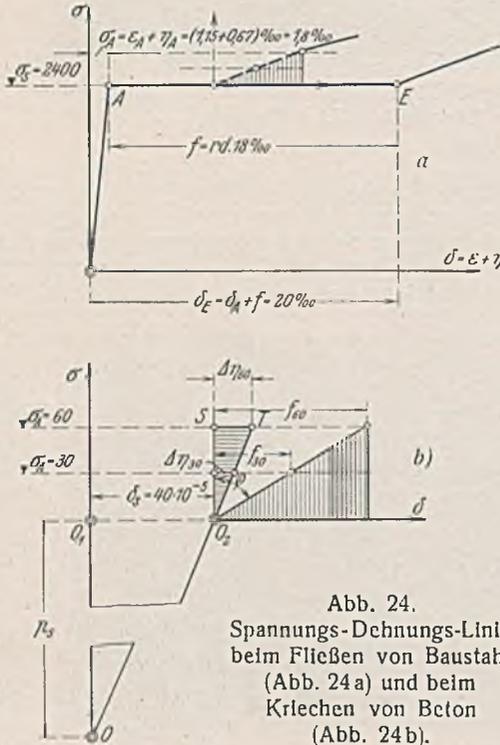


Abb. 24. Spannungs-Dehnungs-Linie beim Fließen von Baustahl (Abb. 24a) und beim Kriechen von Beton (Abb. 24b).

4. Sowohl die Hypothese Freyssinet als auch unsere Steighöhenthypothese liefern unabhängig voneinander den Wert der Kapillardruck $p_s = \pi_n \omega$. Sie bildet den bisher unbekanntenen und geheimnisvollen Ausgangswert der molekularen Drückung in der Größe von 100 bis 160 kg/cm^2 . Den zweiten, wesentlich kleineren Anteil liefert die dauernde Auflast, den wir nach dem von uns angenommenen Kriechgesetz zu $(\omega \sigma_A)$ bewerten. Selbst bei dieser niedrigen Einschätzung wird für $W_{b28} = 160$, $U = 0,6 \cdot W_b = 96$, $p_s = 105$, $\sigma_A = 60$ (alles in kg/cm^2) bei $\omega = 0,10$

$$(65) \quad (p_s + \sigma_A \omega) = 111 > U.$$

Hieraus erklärt sich, daß schon beim Schwinden die ertragbare Grenze der bleibenden Dehnung überschritten wird und damit infolge der Übersetzung ein starkes Fließen eintritt.

Unsere Dauerdehnungshypothese läßt hiernach wertvolle Analogien zwischen dem Schwind- und Kriechversuch einerseits und dem Dauerschwingversuch andererseits erkennen. Falls im Großklimaraum außer dem Steighöhenthypotheseversuch auch solche Dauerschwingversuche mit Parallelkörpern durchgeführt werden, sind noch andere Aufschlüsse zu erhoffen, vielleicht sogar eine Abkürzung der lästigen Schwind- und Kriechdauer von 3 bis 5 Jahren auf wenige Monate beim Dauerschwingversuch.

III. Teil.

A. Grundlagen nach den Ergebnissen der bisherigen Versuchsreihen und Folgerungen.

Wir können die Zusammenhänge dadurch mit einem Blick übersehen, daß wir in dem dreiachsigen Koordinatensystem für Spannung, Dehnung und Zeit alle Versuchswerte auftragen und die waagrecht nach vorn gerichtete Zeitachse in die Bildebene herumklappen. Dann gibt der Aufriß die bekannten Spannungs-Dehnungs-Linien wieder und der untere Teil die Dehnungs-Zeit-Linien (Abb. 25).

Außerdem schlage ich vor, wie bereits dargelegt wurde, zum Raffan der Zeit (t in Tagen) den $\log t$ aufzutragen. Hierbei ergibt sich eine neue auffallende Feststellung. Sowohl beim Schwind- wie

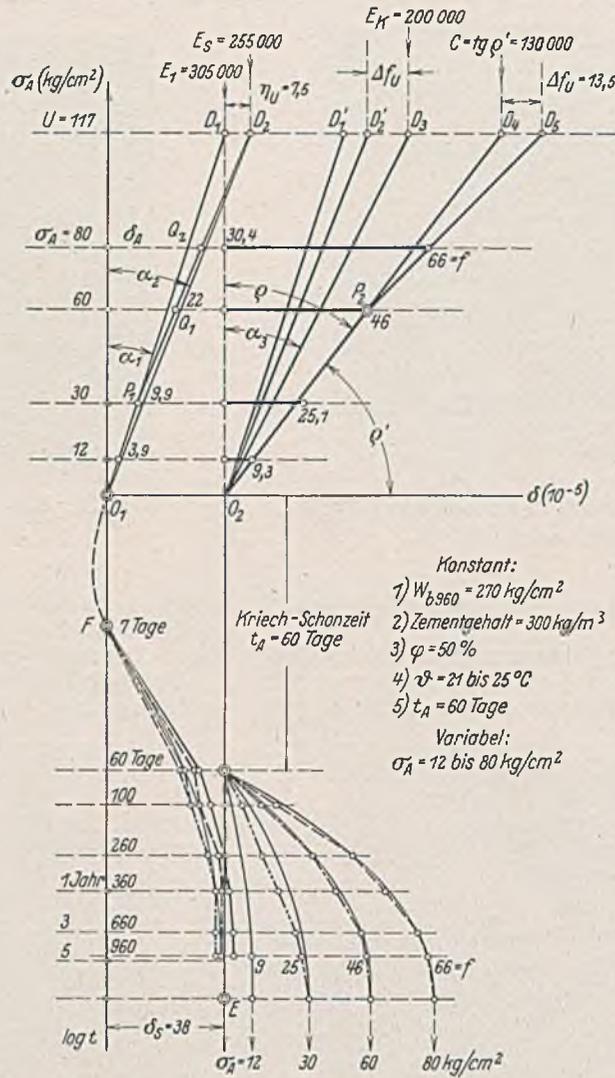


Abb. 25. Spannungs-Dehnungs-Zeit-Linien für die belgischen Kriechversuche. (Erste Versuchsreihe.)

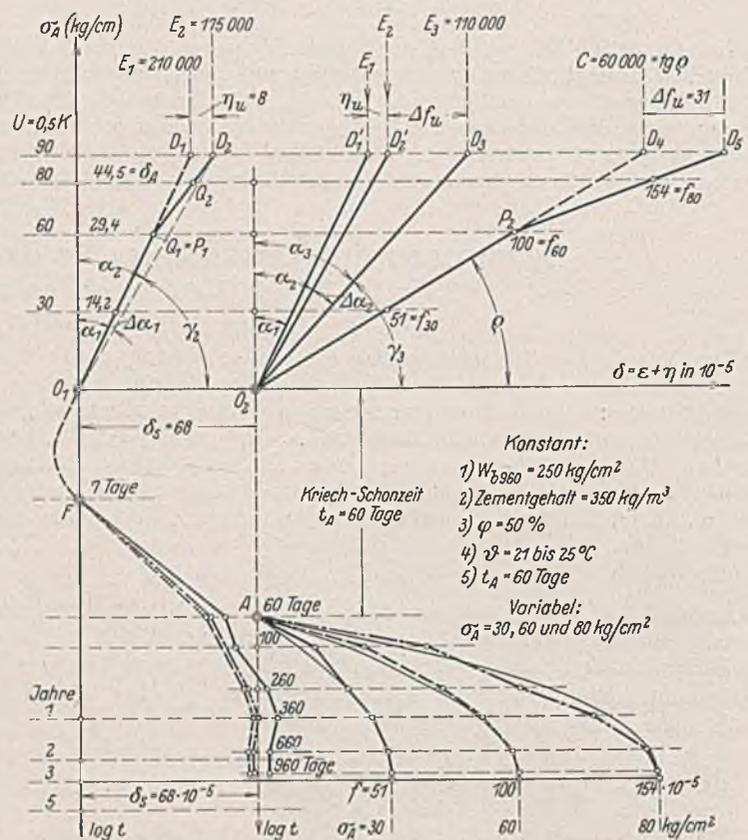


Abb. 26. Spannungs-Dehnungs-Zeit-Linien für die belgischen Kriechversuche. (Zweite Versuchsreihe.)

beim Kriechversuch sind diese Dehnungs-Zeit-Linien (δ - $\log t$ -Linien) Parabeln. Dies gilt sogar bei Wasserlagerung und auch für den von uns geprüften Spannbetonträger. Die Zunahmen der bleibenden Dehnungen klingen also mit der Zeit ab. Die Werte δ_s und f nähern sich einem festen Endwerte, der den stabilen Endzustand kennzeichnet (vgl. den stabilen Zustand beim Dauerschwingversuch von Abb. 22 mit $\sigma_0 < U$ gegenüber dem labilen Zustand mit $\sigma_0 > U$ von Abb. 23).

Geometrisch betrachtet, liegen diese Kriechparabeln in verschiedenen waagerechten Ebenen, deren Höhenlage durch die jeweilig wirkende dauernde Beanspruchung (z. B. $\sigma_A = 30$ oder 60 kg/cm^2) bestimmt ist. Die Gesamtheit dieser Parabeln für eine Versuchsreihe (Abb. 25 oder 26) bildet eine sogenannte abwickelbare Fläche, d. h. sie enthält gerade Linien, die parallel zum Aufriß durch die Zeitachse und eine dieser Parabeln gelegt sind.

1. Die Ergebnisse der ersten belgischen Versuchsreihe von Dutron bestehen in folgendem³⁰⁾:

a) Der erste statische Versuch liefert die sogenannten augenblicklichen Dehnungen, s. die Linie $O_1 P_1 D_2$ (Abb. 25).

b) Der Schwindversuch gibt die Parallelverschiebung des Koordinatenanfanges um das Maß $\delta_s = 38 \cdot 10^{-5}$ und die Schwindparabeln für die δ - $\log t$ -Linien. (Als zweckmäßigste Dimension habe ich 10^{-5} gewählt, weil dann diese

³⁰⁾ Fußnote 22.

Zahlen den bekannten Abfall in Temperaturgraden angeben, z. B. $40 \cdot 10^{-5} = 40^\circ$ Temperaturabfall).

c) Der Kriechversuch beginnt nach einer bestimmten Kriechschonzeit, z. B. von $t_A = 60$ Tagen, und liefert die Kriechparabeln mit den Endkriechmaßen f für die verschiedenen Stufen der Auflast $\sigma_A = 12$ bis 80 kg/cm^2 .

d) Dann erhält man das lineare Kriechgesetz im Aufriß (s. die Gerade $O_2 P_2$, Abb. 25 u. 26).

Die drei Elastizitätswerte E_1, E_2 und E_3 , die die Alterungsstufen kennzeichnen, sind eingetragen. Sie ergeben sich hier in Ermangelung der Messung von Steighöhen durch folgendes rohe Annäherungsverfahren: Der ursprüngliche Elastizitätsmodul $E = E_1$ entspricht einwandfrei der Neigung der jungfräulichen Linie $O_1 D_1$. Für den Schwindmodul $E_2 = E_3$ erhält man die Neigung $O_1 D_2$ angenähert dadurch, daß man $Q_1 Q_2$ bis zum Schnittpunkt D_2 mit der Laststufe der Ursprungsfestigkeit U verlängert.

Den Kriechmodul $E_3 = E_k$ kann man endlich angenähert dadurch finden, daß man den Zuwachs der bleibenden Dehnung $D_4 D_5 = \Delta f_u$ in der Höhe der Ursprungsfestigkeit bestimmt und als $D_2' D_3$ aufträgt. (Sobald auch hier Steighöhenversuche durchgeführt werden, läßt sich diese rohe Annäherung durch genaue Werte ersetzen.)

2. Für die zweite belgische Versuchsreihe mit Beton aus Porphyrsplitt und Steinmehl zeigt Abb. 26 grundsätzlich das gleiche. Hier sind sowohl das Schwindmaß wie die Kriechmaße wesentlich höher. Die Proportionalitätsgrenze P_2 des linearen Kriechgesetzes liegt tiefer als bei der ersten Reihe. Einem bedenklichen Mißverständnis im Schrifttum muß ich hier jedoch vorbeugen. Die Neigung dieser Geraden $O_2 P_2$ gibt nur einen bequemen Rechnungswert, nicht aber einen Elastizitätsmodul, weil:

a) die Dehnungswerte f_{30}, f_{60} von verschiedenen Körpern und verschiedenen Versuchen stammen und

b) wohl niemand glauben wird, daß $C = \text{tg } \rho' = 60\,000 \text{ kg/cm}^2$ bei der zweiten Versuchsreihe (oder gar $C = \frac{1}{k} = 33\,000 \text{ kg/cm}^2$ bei der dritten Versuchsreihe, s. Übersicht IV) den Elastizitätsmodul von einer Betonart bezeichnet, der ja dann kleiner wäre, wie z. B. der von Holz mit $E = 100\,000 \text{ kg/cm}^2$.

Da die bisherigen Forscher auf diesem Gebiete darüber hinweggehen, muß ich ausdrücklich betonen, daß dieser Wert $C = \frac{\sigma_A}{f}$ keine physikalische Bedeutung hat [(vgl. auch Gl. (64)].

Mit dem gleichen Beton wurde eine dritte Versuchsreihe durchgeführt, bei der jedoch die Kriechschonzeit t_A nicht 60 Tage, sondern nur 14 Tage betrug (s. Übersicht IV).

Übersicht IV.

Vergrößerung des Kriechmaßes f bei Verkürzung der Kriechschonzeit t_A .

Reihe	Zuschläge	Kriechschonzeit	Innerhalb des linearen Gesetzes		Kriechzahl $k = f : \sigma_A (l : \text{kg/cm}^2)$	$\sigma_A = 80 \text{ kg/cm}^2$
			$\sigma_A = 30 \text{ kg/cm}^2$	60 kg/cm^2		
1	Rheinkleissand . .	$t_A = 60$ Tage	$f = 25 \cdot 10^{-5}$	$46 \cdot 10^{-5}$	$0,8 \cdot 10^{-5} = 0,8^\circ$	$66 \cdot 10^{-5}$
2	} Porphyr-, Splitt- u. Steinmehl	$t_A = 60$ Tage	$f = 51 \cdot 10^{-5}$	$100 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-5} = 1,7^\circ$	$153 \cdot 10^{-5}$
3		$t_A = 14$ Tage	$f = 92 \cdot 10^{-5}$	—	$3,0 \cdot 10^{-5} = 3,0^\circ$	$205 \cdot 10^{-5}$

Je früher die Porenwände durch die dauernde Auflast belastet werden, um so stärker ist naturgemäß ihre Zusammenpressung.

3. Eine vierte Reihe der belgischen Versuche ist deshalb besonders wertvoll, weil bei ihr die relative Feuchtigkeit variiert worden ist, und zwar von verhältnismäßig trockener Luft mit $\eta \approx 50\%$, sodann feuchter Luft mit $\eta \approx 70\%$ und dem Grenzwerte der Wasserlagerung (bei gleichbleibender Auflast $\sigma_A = 60 \text{ kg/cm}^2$) (Abb. 27).

Außerdem wurden Versuchskörper zunächst 2 Monate trocken und dann in Wasser gelagert und umgekehrt zuerst 2 Monate in Wasser und dann trocken gelagert. Ein überraschendes Ergebnis besteht in folgendem: Wir glaubten bisher, daß eine mehrwöchentliche Berieselung der Betonkörper vorteilhaft sei. Hier zeigt sich im Gegenteil, daß das Schwindmaß nicht kleiner wird, wohl aber das Kriechmaß wesentlich größer (Linien e Abb. 27). Nach unserer Hypothese erklärt sich das dadurch, daß die Zahl der aktiven, mit Wasser gefüllten Poren künstlich vergrößert wird. Diese praktisch bedeutsame Frage bedarf noch der ersten Nachprüfung.

B. Das Energie-Umwandlungsgesetz beim Kriechen und die Kriechparabel.

Durch Auftragen der Kriechmaße auf Grund der bekannten Versuchsreihen ergab sich für die $f \cdot \log t$ -Linie die auffallende Tatsache einer Parabel. In Abb. 28 sind die Abgeleiteten der Parabel dargestellt, die

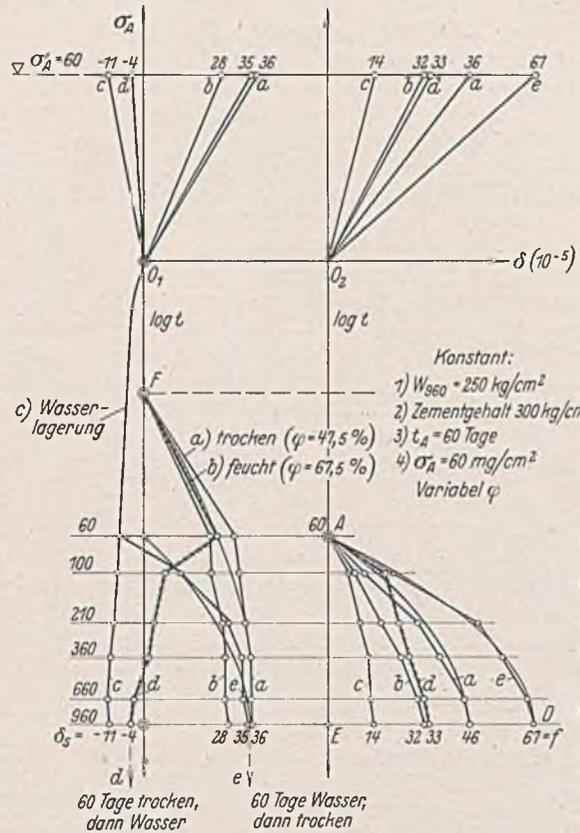


Abb. 27. Spannungs-Dehnungs-Zeit-Linien für die belgischen Kriechversuche. (Vierte Versuchsreihe.)

Zeitpunkte nach Beginn der Dauerbelastung beim Kriechversuch erreichten Kriechmaße f_z mit dem Endwerte $\max f_z = f$ im Punkte E. Zu beantworten ist nunmehr die Frage, was hier beim Kriechversuch an die Stelle der konstanten Belastung q zu setzen ist.

Hierbei ist zu beachten, daß $d \ln z = \frac{1}{z} \cdot dz$ ist. Somit ergibt sich unter Berücksichtigung des negativen Winkels der Tangentenrichtung in Abb. 28 a

$$(68) \quad Q = - \frac{df_z}{d \ln z} = - \frac{z df_z}{dz} = - \frac{t df_z}{dt}$$

Führen wir die Begriffe der Leistung L und der Arbeit A ein, so ist bekanntlich „Leistung = Arbeit durch Zeit“. Also:

$$(69) \quad L = \frac{dA}{dt}$$

Ferner ist (nach Abb. 28 d)

$$d\eta = \sigma_A \cdot d\alpha,$$

also nach Gl. (54 a) u. (54 c)

$$(70) \quad \frac{df_z}{dt} = p' \cdot \frac{d\alpha}{dt} = \frac{p'}{\sigma_A} \cdot \frac{d\eta}{dt}$$

Da nach Abb. 19 a die Arbeit durch das Dreieck mit der Höhe σ_A und der Grundlinie $d\eta$ dargestellt wird, ist

$$dA = \frac{1}{2} \cdot \sigma_A \cdot d\eta$$

oder nach Gl. (69)

$$(71) \quad L = \frac{1}{2} \cdot \sigma_A \cdot \frac{d\eta}{dt}$$

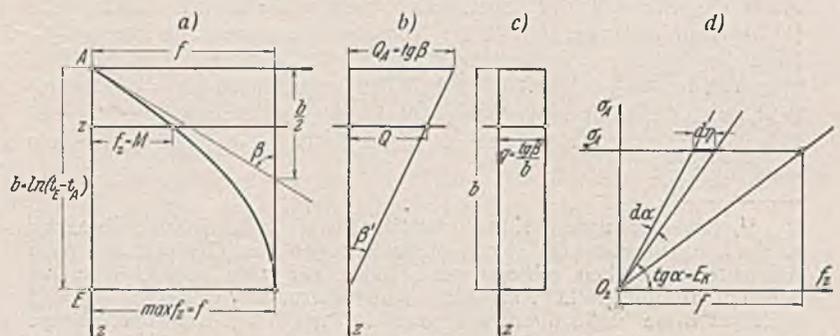


Abb. 28. Das Energie-Umwandlungsgesetz beim Kriechen und die Kriechparabel.

dem Statiker für den Fall der gleichmäßigen Belastung eines Balkens wohl bekannt sind, und zwar in Abb. 28 a die als Momentenlinie bekannte Parabel mit den Ordinaten $M = f_z$, in Abb. 28 b die geradlinige Querkraftlinie mit den Ordinaten $Q = \frac{dM}{dz}$ und in Abb. 28 c die für die Längeneinheit von b gleichbleibende Belastung

$$(66) \quad q = - \frac{dQ}{dz}$$

Dabei ist zu beachten, daß

$$(67) \quad \begin{cases} - \text{tg } \beta = f : \frac{b}{2} \\ = Q_A \end{cases}$$

ist. An Stelle der Biegemomente M treten hier die Ordinaten der Kriechparabel, also die in einem bestimmten

Aus Gl. (70) u. (71) folgt

$$L = \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma_A^2}{p'} \right) \frac{df_z}{dt} = K_1 \cdot \frac{df_z}{dt},$$

wobei

$$(72) \quad K_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma_A^2}{p'}$$

einen Festwert darstellt. Nach Gl. (68) ist aber $\frac{df_z}{dt} = -\frac{Q}{t}$, somit

$$(73) \quad L = -K_1 \cdot \frac{Q}{t} \quad \text{oder} \quad Q = -\frac{1}{K_1} \cdot L \cdot t$$

und nach Gl. (66)

$$-q = \frac{dQ}{d \ln t} = + \frac{t dQ}{dt} = -\frac{1}{K_1} \cdot L \cdot t,$$

also nach Gl. (72)

$$(74) \quad L t = K_1 \cdot q = \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma_A^2}{p'} \right) q.$$

Nach Abb. 28b und Gl. (66) u. (67) erhält man

$$(75) \quad q = -\frac{dQ}{dz} = -\frac{Q_A}{b} = + \frac{2f}{b} \cdot \frac{1}{b} = \frac{2f}{b^2}.$$

Da nach dem Kriechgesetz [Gl. (54b)] $f = \frac{p'}{E_k}$ war, so folgt

$$(76) \quad L t = \frac{\sigma_A^2}{p'} \cdot \frac{f}{b^2} = \left(\frac{\sigma_A^2}{E_k} \right) \cdot \frac{1}{b^2}.$$

Während bei der elastischen Verformung bekanntlich die Arbeit in der Spannungs-Dehnungs-Darstellung durch ein Dreieck veranschaulicht wird

$$\left(A = \frac{1}{2} \cdot \epsilon \cdot \sigma = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma^2}{E} \right),$$

trifft hier an die Stelle des Dreiecks ein Rechteck, weil die Auflast σ_A dauernd wirkt. Somit

stellt $\left(\frac{\sigma_A^2}{E_k} \right)$ die hierbei geleistete Arbeit A_k dar. Aus Gl. (74) u. (75) folgt, da

$$L t = \frac{dA}{dt} \cdot t = \frac{dA}{d \ln t} \quad \text{ist,}$$

$$(77) \quad \frac{dA}{d \ln t} = L t = K_1 q = A_k \cdot \frac{1}{b^2} = \text{konst.}$$

Trägt man der Einfachheit halber in unserer Darstellung nicht die natürlichen, sondern die Briggschen Logarithmen auf, so ist nur zu beachten, daß $\ln t = 2,30259 \log t$ ist, daß also die Konstante K_1 mit diesem Zahlenfaktor zu multiplizieren ist. Die Dimensionen der einzelnen Größen der Gl. (77) sind für dA , $(L \cdot t)$, K_1 und A_k ($\text{kg} \cdot \text{cm}$): $\text{cm}^3 = \text{kg}/\text{cm}^2$, also die Formänderungsarbeit in 1 cm^3 , während $d \ln t = \frac{1}{t} \cdot dt$, q und b^2 die Dimension 1 haben.

Aus der Tatsache, daß die Zeit-Schwindmaß-Linien in unserer halb-logarithmischen Darstellung ($z = \log t$ und $y = f_z$) Parabeln sind, ergibt sich nach Gl. (77) als Folgerung:

Wird $d \ln t$ konstant gehalten, also in Abb. 28 z. B. $\Delta z = 1 \text{ cm}$, so ist die auf diesen Zeitabschnitt beim Kriechvorgang geleistete Arbeit konstant. Hieraus folgt, daß in den ersten Tagen eine sehr starke Kriecharbeit geleistet wird und in den letzten Tagen, also nach Jahren, eine sehr kleine, wie es der logarithmische Maßstab angibt.

Einer späteren Veröffentlichung mögen die weiteren reizvollen Probleme vorbehalten bleiben, z. B. der Einfluß wiederholter Dauerbelastung, die also zeitweise nicht vorhanden ist und dann wieder wirkt³¹⁾, und vor allem das Problem der sogenannten hochtrainierten Elastizitätsgrenze (s. Dresdner Versuche, Heft 78 des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton). Nach den bisherigen Versuchen ist zu schließen, daß die Proportionalitätsgrenze P , die bei Abb. 25 u. 26 unterhalb der Dauerbelastung $\sigma_A = 80 \text{ kg}/\text{cm}^2$ liegt, durch diese Dauerbelastung gehoben wird, so daß nach einer längeren Belastungsdauer der Körper bis zu dieser Laststufe $\sigma_A = 80 \text{ kg}/\text{cm}^2$ rein elastisch wirkt.

³¹⁾ Bei den neuen Kunstharzstoffen, wie z. B. Trolon, Plexiglas u. dgl., treten ebenfalls solche Veränderungen des Gefüges an frisch bearbeiteten Flächen schon nach Stunden auf, also ebenso eine Art Schwinden und Kriechen, so daß unsere Alterungshypothese sinngemäß auch auf diese Stoffe übertragen werden kann. Vgl. die bei meinem Lehrstuhl durchgeführte Dissertation Johannes Löffler, 1938: „Spannungsverteilung in der Berührungsfäche gedrückter Zylinder auf Grund spannungsoptischer Messungen“.

C. Die Vereinfachung der Kapillarpressung-Feuchtigkeitsgrad-Linie von Freyssinet und ihre versuchsmäßige Bestätigung.

Unsere Alterungshypothese hat den Vorzug großer Anschaulichkeit und liefert praktische Materialfestwerte, vor allem auch unmittelbar Werte für die geheimnisvolle Kapillarpressung. Durch Steighöhenversuche in Luft mit verschiedenem Feuchtigkeitsgehalt φ läßt sich dann auch die oben erörterte Freyssinet-Linie (s. Seitenriß der Abb. 7, S. 146) versuchsmäßig finden.

1. Eine Vereinfachung dieser logarithmischen Freyssinet-Linie mit der Gleichung

$$(78) \quad \pi_{nv} = 1300 \cdot \ln \frac{1}{\varphi}$$

ergibt sich dadurch, daß man als dritte Koordinatenachse nicht $z = \varphi$ aufträgt, sondern $z = \ln \frac{1}{\varphi}$ oder noch einfacher

$$(79) \quad z' = {}^{10}\log \frac{1}{\varphi}.$$

Dann erhält man nach der Freyssinetschen Grundgleichung 26 (S. 147) die Gerade

$$(80) \quad y = \pi_{nv} = 3000 z' = 3000 \cdot {}^{10}\log \frac{1}{\varphi}.$$

Der Zahlenwert 3000 ergibt sich dadurch, daß der frühere Beiwert 1300 mit $\ln 10 = 2,30259$ multipliziert wird. Hierdurch wird der Vorteil erreicht, daß die Freyssinetsche Linie die Form dieser Geraden annimmt, die wir Freyssinetsche Gerade nennen wollen (Abb. 29).

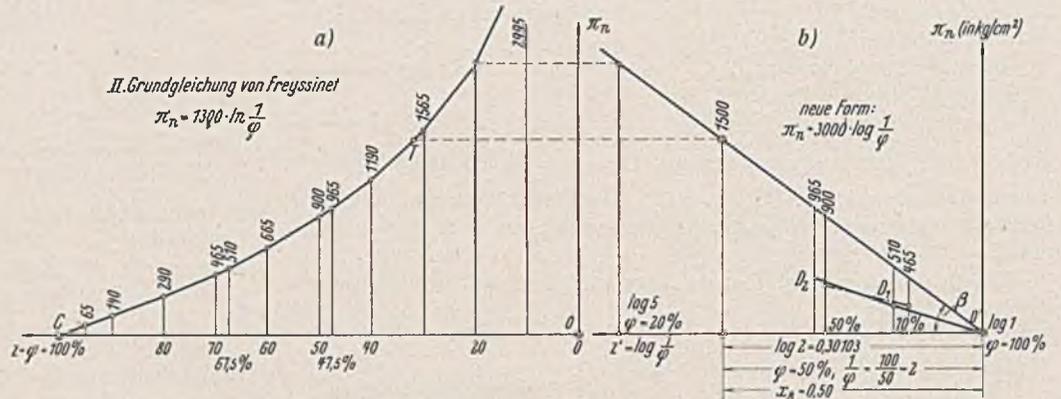


Abb. 29. Die zweite Grundgleichung von Freyssinet der bisherigen logarithmischen Form (Abb. 29a) und in der Geradenform (Abb. 29b).

2. Sowohl Davis³²⁾ wie Dutron haben bereits eine Reihe aufgestellt, aus der für die verschiedenen Werte von φ , z. B. $\varphi = 50\%$ und $\varphi = 70\%$, das Verhältnis der zugehörigen Kriechmaße f_z zu dem Kriechmaß f_w bei Wasserlagerung gebildet wird, wie aus den Werten $f_z = f_\varphi : f_w$ der ersten und zweiten Zeile der Übersicht V hervorgeht. Aus dieser Zahlenreihe erkennt man, daß das Kriechmaß f_w bei Wasserlagerung zu dem bei Luftlagerung mit $\varphi = 100\%$ Feuchtigkeitsgehalt (f_{100}) verhält wie $f_w : f_{100} = 1,0 : 1,1$. Bildet man nun eine neue Zahlenreihe, bei der als Nullpunkt ($f'_z = 0$) der Wert $f_{100} = 1,1$ (also für $\varphi = 100\%$) gewählt wird, so erhält man die Werte $f'_z = f_z - f_{100}$. (Siehe die dritte Zeile der Übersicht V).

Übersicht V.

Zahlenreihe der gemessenen Kriechmaße bei verschiedenem Feuchtigkeitsgehalt.

		Wasserlagerung	Luftlagerung				
			$\varphi = 100\%$	70%	67,5%	50%	47,5%
a)	Nach Davis $f_z = f_\varphi : f_w$	1,0	1,1	2,15	—	2,97	—
b)	Nach Dutron $f_z = f_\varphi : f_w$	1,0	—	—	2,20	—	3,22
a)	Reduktion:	—	0	1,05	—	1,87	—
b)	$f'_z = f_z - f_{100}$	—	—	—	1,10	—	2,12

Auf Grund dieser Reihe war es nun möglich, durch folgende Überlegung eine Bestätigung des Verlaufes der Freyssinet-Geraden zu bringen.

³²⁾ Raymond, E. Davis und Harmer E. Davis, Flow of concrete under sustained loads. Journal of the American concrete Institute, S. 860.

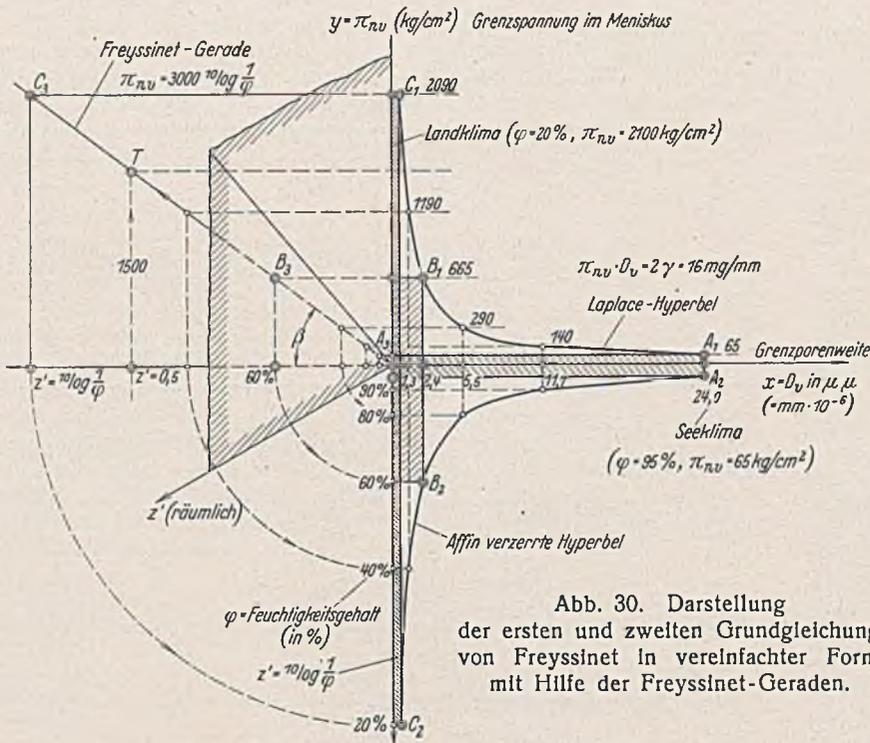


Abb. 30. Darstellung der ersten und zweiten Grundgleichung von Freyssinet in vereinfachter Form mit Hilfe der Freyssinet-Geraden.

Vernachlässigt man den Einfluß von $(\omega \sigma_A)$ gegenüber den großen Werten von p_k , so ist nach dem Kriechgesetz (Gl. 48)

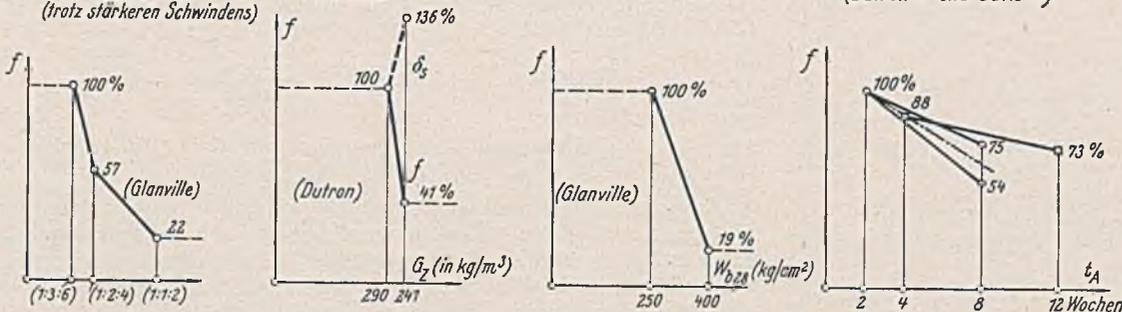
$$f = \left(\frac{p_k + \omega \sigma_A}{E_k} \right) \text{ [s. auch Gl. (39), S. 149]}$$

In erster Annäherung f proportional p_k oder f proportional $(\pi_n \omega)$. Trägt man nun die nach dieser reduzierten Reihe gefundenen Werte f_z' für $\varphi = 50\%$ und $\varphi = 70\%$ in der Darstellung der Freyssinet-Geraden ein (Abb. 29b), so ergibt sich auffallenderweise als Verbindungslinie dieser erhaltenen beiden Punkte ebenfalls hinreichend genau eine Gerade, die durch den Koordinatenanfang geht. Zahlenmäßig ist:

- a) nach Davis $f_{50}' : f_{70}' = 1,87 : 1,05 = 1,78 : 1,0$ und nach Freyssinet $\pi_{50} : \pi_{70} = 900 : 465 = 1,94 : 1,0$,
- b) nach Dutron $f_{47,5}' : f_{67,5}' = 2,12 : 1,10 = 1,93 : 1,0$ und nach Freyssinet $\pi_{47,5} : \pi_{67,5} = 965 : 510 = 1,89 : 1,0$.

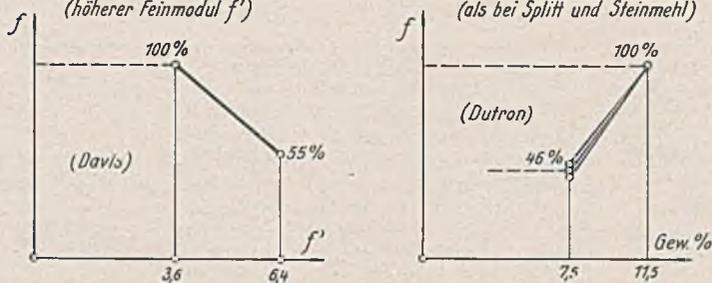
I) Festere Porenwände durch:

- 1) Fettere Mischung oder mehr Zementgehalt (trotz stärkeren Schwindens)
- 2) oder hochwertiger Zement



II) Weniger Wasserporen durch:

- 1) Bessere Körnung (höherer Feinmodul f')
- 2) oder weniger Wasserbedarf (als bei Splitt und Steinmehl)



3) oder größerer Mörtelgehalt

4) oder Dichtung durch Tonzusatz (Graf)

Damit ist m. W. erstmalig eine Bestätigung des Verlaufes der Freyssinetschen $\pi_n \cdot \varphi$ -Linie gefunden worden.

3. Unsere vereinfachte Darstellung der Freyssinetschen Grundgleichungen umfaßt somit (Abb. 30) im Vergleich mit Abb. 7 S. 146:

- a) im Aufriß die bekannte Laplace-Hyperbel;
- b) dagegen im Seitenriß die neue Freyssinet-Gerade nach meinem Vorschlag an Stelle der logarithmischen Freyssinet-Linie bei der früheren Darstellung;
- c) die Raumkurve erhält man durch den Schnitt eines durch die Laplace-Hyperbel gelegten Zylinders mit einer durch die Freyssinet-Geraden gelegten, schräg geneigten Ebene;
- d) ihre Grundrißprojektion ist somit eine aus der gleichseitigen Laplace-Hyperbel durch affine Projektion verzerrte Hyperbel. Die beiden Grenz-Klimastufen für das See- und Landklima sowie für ein mittleres Klima lassen sich dann in einfachster Weise durch lotrechte Schnitte darstellen.

D. Maßnahmen zur Verringerung des Kriechmaßes.

Zum Schluß möge noch für den Praktiker die Frage beantwortet werden: Wodurch kann man das Kriechmaß verringern? Auf Grund der Versuche des Amerikaners Davis, des Engländers Glanville³³⁾ und des Belgiers Dutron und unserer durch die Hypothesen geklärten Auffassung bieten sich grundsätzlich zwei Möglichkeiten (Abb. 31):

I. Man erhöht die Festigkeit der Porenwände durch

- 1. mehr Zementgehalt G_z (wobei sich allerdings das Schwindmaß etwas erhöht) oder fetteres Mischungsverhältnis,
- 2. durch Anwendung von hochwertigem Zement,
- 3. durch Verlängerung der Kriechschonzeit.

II. Man verringert den Wasserporenanteil durch

- 1. bessere Kornzusammensetzung, also höheren Feinmodul f' ,
- 2. Anwendung von Beton mit weniger Wasserbedarf (Kiesbeton anstatt Splittbeton),
- 3. durch Erhöhung des Mörtelgehalts (mehr als 50%),
- 4. durch Zusatz von Ton (nach Graf).

Will man umgekehrt einen stark kriechenden Beton, z. B. zum Spannungsausgleich statisch unbestimmter Tragwerke haben, so muß man naturgemäß die umgekehrten Mittel anwenden.

E. Schlußbemerkung.

Besonders sei darauf hingewiesen, daß die bisher gefundenen Kriechmaße, die an kleinen Versuchskörpern (In der Regel von $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}^3$) festgestellt wurden, erstaunlich groß sind. Sie entsprechen z. B. bei normalem Kiesbeton bei einer dauernden Auflast von $\sigma_A = 80 \text{ kg/cm}^2$ und einer Kriechschonzeit t_A von 60 Tagen einem Temperaturabfall $\Delta \vartheta = 66^\circ$ und bei Beton aus Porphyrsplitt und Steinmehl sogar $\Delta \vartheta = 154^\circ$. Dieser Wert kann nach Übersicht IV bei einer Kriechschonzeit von $t_A = 14$ Tagen sogar auf $\Delta \vartheta = 205^\circ$ steigen. Nach den Erfahrungen bei Schwindversuchen hoffen wir jedoch, bei Anwendung von Betonkörpern mit großen baumäßigen Abmessungen und insbesondere bei Verwendung von Eiseneinlagen diese Werte auf mindestens die Hälfte oder ein Drittel abzumindern, so daß für normalen Kiesbeton dann ein größtes Kriechmaß von etwa $\Delta \vartheta = 30$ bis 20° Temperaturabfall nach Durchführung zuverlässiger Versuche in den Eisenbetonbestimmungen künftig festgelegt werden könnte. Das Zusammenwirken des Betons und der Eiseneinlagen bleibt einem späteren Aufsatz vorbehalten.

Abb. 31. Was verringert das Kriechmaß?

Zusammenfassend darf ich sagen, daß es wohl manchem als ein Wagnis erscheinen mag, heute schon durch Hypothesen einen Einblick in die Wirkungsweise der Molekularkräfte beim Kriechen und Schwinden tun zu wollen. Auf Grund eingehender Beschäftigung mit den vorliegenden Versuchswerten bin ich jedoch zu der Überzeugung gekommen, daß dies sehr wohl möglich ist, wenn wir den Mut haben, feste Hypothesen aufzustellen, die uns zunächst einen wesentlichen Schritt in der Erkenntnis und der Beherrschung der Materie weiterbringen können.

³³⁾ W. H. Glanville, The creep or flow of concrete under load. Building Research, Technical paper Nr. 12. London 1930.

Alle Rechte vorbehalten.

Vereinfachtes ω -Verfahren.

Von Dr.-Ing. Friedrich Hasse, a. o. Professor an der Technischen Hochschule Berlin.

Das zuerst von der Deutschen Reichsbahn in den „Vorläufigen Bestimmungen für Holztragwerke“ (Erlaß 82 D 16600 vom 12. Dezember 1926) entwickelte ω -Verfahren zur Bemessung von Knickstäben stellt in gedrängter Form alles zusammen, was der praktische Rechner für seine Bemessungsaufgaben braucht. Die dritte berichtigte und noch heute gültige Auflage dieser mit BH bezeichneten Bestimmungen ist 1931 bei Wilhelm Ernst & Sohn in Berlin erschienen.

Der Rechnungsgang besteht aus einer vorläufigen Annahme und dem nicht immer gleich gelingenden Nachweis, daß die Annahme statisch und wirtschaftlich richtig war. Es fehlt also die zwingende Form des ingenieurmäßigen Rechnens nach funktionellen Zusammenhängen, wie sie bei anderen Festigkeitsberechnungen bestehen.

Im Holzbau treten verhältnismäßig häufig Bemessungsaufgaben für Knickstäbe in Verbindung mit bescheidenen Bauaufgaben (Rüstungen, Aussteifungen) auf; es besteht also die Gefahr, daß der weniger geübte Rechner sich mit größerer Annäherung und statisch zwar sehr sicheren, wirtschaftlich aber nicht vertretbaren Querschnitten begnügt. Es soll deshalb hier ein gangbarer Weg gezeigt werden, auch das ω -Verfahren funktionell zu erfassen.

Die unbenannte Zahl ω ist das Verkleinerungsmaß für die Errechnung der zulässigen Knickspannung aus der zulässigen Druckspannung (hier — für Nadelholz — 80 kg/cm²). Der Wert ω ist eindeutig bestimmt durch den Schlankheitsgrad λ , d. i. das Verhältnis der Knicklänge l zum kleinsten Trägheitshalbmesser i in Stabmitte. i ist bestimmt durch die Beziehung $i^2 = J : F$ (kleinstes Trägheitsmoment in Stabmitte : Querschnitt).

Wie die Abbildung auf S. 15 der BH erkennen läßt, besteht die ω -Linie aus zwei ungleich aufgebauten Abschnitten, die durch den Gemeinschaftswert $\omega = 3,60$ für $\lambda = 100$ verknüpft sind. Jeder Abschnitt für sich verläuft stetig, wäre also auch funktionell erfassbar, aber das ist bedeutungslos, da man der Aufgabe nicht im voraus ansehen kann, in welchen Abschnitt die Lösung fallen wird. Es gilt also, eine Funktionsbeziehung zu finden, die diese Unstetigkeit von selbst überbrückt.

Eindeutig sind die Beziehungen zwischen i , F und J nur für solche Querschnitte, die durch eine einzige Maßgröße bestimmt werden, wie der Kreis durch den Durchmesser und das Quadrat durch die Seite. Allenfalls könnte man noch die entsprechenden Ringquerschnitte hinzunehmen, wenn die Wanddicke zum Außenmaß stets im gleichen Verhältnis steht. Die angestrebte Lösungsmöglichkeit ist also im wesentlichen auf Holz beschränkt und wird hier auch am nötigsten gebraucht, denn im Holzbau ist die Knickaufgabe schon ein Grenzproblem, im Stahlbau dagegen meist nur ein Teil einer schwierigeren Gesamtaufgabe.

Wir beschränken uns deshalb auf die Verfolgung der Beziehung (d in cm)

$$(1) \quad F = \varphi d^2,$$

worin φ für den Kreis $\pi/4$ und für das Quadrat 1 ist. Mit P (kg) als Kraft und σ (= 80 kg/cm²) ist weiter

$$(2) \quad F = \frac{P \omega}{\sigma},$$

also

$$(3) \quad d = \sqrt{\frac{P}{\varphi \sigma}} \sqrt{\omega}.$$

Der Inhalt der ersten Wurzel ist Festwert aus den Bedingungen der Aufgabe. Die Beziehung zwischen $\sqrt{\omega}$ und λ läßt sich, wie mehrfache Proberechnungen ergaben, in brauchbarster Annäherung herstellen durch die Gleichung

$$(4) \quad \sqrt{\omega} = 1,04 + 0,000\ 085 \lambda^2.$$

Die zahlenmäßige Auswirkung im einzelnen ist aus nachstehender Tafel I ersichtlich.

Die Abweichungen der Werte in Sp. 4 gegen die Werte in Sp. 3 betragen nur — 3% bis + 4%.

Für den hier erforderlichen Genauigkeitsgrad ist Gl. (4) (Werte in Sp. 4) also ausreichend. Wir können also unbedenklich Gl. (3) u. (4) verknüpfen zu

$$(5) \quad d = \sqrt{\frac{P}{\varphi \sigma}} (1,04 + 0,000\ 085 \lambda^2).$$

Für den Kreisquerschnitt ist

$$\sqrt{\frac{1}{\varphi \sigma}} = \sqrt{\frac{4}{\pi \cdot 80}} = 0,127$$

und ferner

$$\lambda^2 = \frac{l^2}{i^2} = \frac{16 l^2}{d^2},$$

also aus Gl. (5)

$$d = 0,127 \sqrt{P} (1,04 + 0,000\ 085 \cdot 16 \cdot \frac{l^2}{d^2})$$

oder mit l in m

$$d = 0,132 \sqrt{P} (1 + 13 \cdot \frac{l^2}{d^2})$$

Tafel I.

λ	ω nach BH	$\sqrt{\omega}$ aus Spalte 2	$1,04 + 0,000\ 085 \lambda^2$	λ	ω nach BH	$\sqrt{\omega}$ aus Spalte 2	$1,04 + 0,000\ 085 \lambda^2$
1	2	3	4	1	2	3	4
0	1,00	1,000	1,040	110	4,43	2,105	2,069
10	1,09	1,044	1,049	120	5,36	2,315	2,264
20	1,20	1,095	1,074	130	6,39	2,528	2,477
30	1,33	1,153	1,117	140	7,53	2,744	2,706
40	1,47	1,212	1,176	150	8,78	2,961	2,953
50	1,65	1,285	1,253	160			
60	1,87	1,367	1,346	170			
70	2,14	1,463	1,457	180			
80	2,49	1,578	1,584	190			
90	2,95	1,718	1,729	200			
100	3,60	1,897	1,890				

und (zur Auswertung handlicher)

$$(6a) \quad d = 0,132 \sqrt{P} + 1,716 \sqrt{P} \cdot \frac{l^2}{d^2}.$$

Für den quadratischen Querschnitt ist

$$\sqrt{\frac{1}{\varphi \sigma}} = \sqrt{\frac{1}{80}} = 0,112$$

und ferner

$$\lambda^2 = \frac{l^2}{i^2} = \frac{12 l^2}{d^2},$$

also wiederum aus Gl. (5)

$$d = 0,112 \sqrt{P} (1,04 + 0,000\ 085 \cdot 12 \cdot \frac{l^2}{d^2})$$

oder mit l in m

$$d = 0,116 \sqrt{P} (1 + 9,8 \cdot \frac{l^2}{d^2})$$

und für die Auswertung

$$(6b) \quad d = 0,116 \sqrt{P} + 1,137 \sqrt{P} \cdot \frac{l^2}{d^2}.$$

Gl. (6a) u. (6b) sind allerdings noch keine fertigen Bestimmungsgleichungen für d , ihre Auflösung würde sogar wegen der gemischtkubischen Form ziemlich mühsam und auch zwecklos sein, denn den einen reellen Wert d , den wir brauchen, können wir anderweit schneller finden.

Soll beispielsweise für $P = 10\ 000$ kg und $l = 6,0$ m der erforderliche d -Wert bestimmt werden, so ist dieser für den Kreis:

$$(7a) \quad d = 0,132 \sqrt{10\ 000} + 1,716 \sqrt{10\ 000} \cdot \frac{6,0^2}{d^2} = 13,2 + \frac{6180}{d^2}$$

und für das Quadrat:

$$(7b) \quad d = 0,116 \sqrt{10\ 000} + 1,137 \sqrt{10\ 000} \cdot \frac{6,0^2}{d^2} = 11,6 + \frac{4090}{d^2}.$$

Legt man sich zur Auswertung eine kleine immer wieder verwertbare Tafel an, so läßt diese den weiteren einfachen Gang der Rechnung klar erkennen. Man rechnet so lange herunter, bis die Überschneidung eintritt, und braucht dabei noch weniger Zahlen anzuschreiben, als dies in der Tafel (II) der Anschauung wegen geschehen ist.

Tafel II.

d cm	$\frac{1}{d^2}$	Kreis	Quadrat
10	0,0100	13,2 + 61,8	11,6 + 40,9
12	0,0069	13,2 + 42,6	11,6 + 28,2
14	0,0051	13,2 + 31,5	11,6 + 20,9
16	0,0039	13,2 + 24,1	11,6 + 16,0
18	0,0031	13,2 + 19,2	11,6 + 12,7
20	0,0025	13,2 + 15,5	11,6 + 10,2 = 21,8 > 20
22	0,0021	13,2 + 13,0 = 26,2 > 22	11,6 + 8,6 = 20,2 < 22
24	0,0017	13,2 + 10,5 = 23,7 < 24	
26	0,0015		
28	0,0013		
30	0,0011		

Da man von den fertigen Gleichungen (6a) u. (6b) ausgehen und die Kopfwerte der Tafel unmittelbar einsetzen kann, ist das Verfahren bei einiger Übung weniger zeitraubend als das bisherige ω -Verfahren. Man kann aber auch, wie ich es mache, die Rechnung den neuen Weg gehen lassen und braucht dann in der Reinschrift nur die Proben mit dem bisherigen Verfahren vorzuführen, was ja für die Prüfung genügt.

Die Vorschriften, aus denen das Verfahren entwickelt ist, werden nur bei der Reichsbahn und auch bei dieser nur für Tiefbauten und die damit zusammenhängenden Behelfe (Aussteifungen von Baugruben, Unterfangungen usw.) angewendet. Im Hochbau bedient sich auch die Reichsbahn der hierfür allgemein gültigen „Bestimmungen für die Ausführung von Bauwerken aus Holz im Hochbau“ (DIN 1052), die in neuer Fassung als Beilage zum Ztrbl. d. Bauv. 1938, Heft 24, herausgekommen sind und gesonderte Berücksichtigung erfordern.

Im Rahmen dessen, was uns hier angeht, unterscheiden sich diese Bestimmungen (HH) von den BH durch die Zulassung höherer Knickzahlen und durch die Erstreckung bis $\lambda = 200$. Hierdurch wandelt sich die frühere Gl. (4) zu

$$(8) \quad \sqrt{\omega} = 1,03 + 0,000\,077\,l^2.$$

Die Brauchbarkeit der hieraus errechneten Werte geht aus Tafel III

Tafel III.

λ	ω nach HH	$\sqrt{\omega}$	$\sqrt{\omega} = 1,03 + 0,000\,077\,l^2$	λ	ω nach HH	$\sqrt{\omega}$	$\sqrt{\omega} = 1,03 + 0,000\,077\,l^2$
0	1,00	1,00	1,03	110	3,73	1,93	1,9617
10	1,07	1,03	1,0377	120	4,55	2,13	2,1388
20	1,15	1,07	1,0608	130	5,48	2,34	2,3313
30	1,25	1,12	1,0993	140	6,51	2,55	2,5392
40	1,36	1,17	1,1532	150	7,65	2,77	2,7625
50	1,50	1,22	1,2225	160	8,91	2,98	3,0012
60	1,67	1,29	1,3072	170	10,29	3,21	3,2553
70	1,87	1,37	1,4073	180	11,80	3,44	3,5248
80	2,14	1,46	1,5228	190	13,43	3,67	3,8079
90	2,50	1,58	1,6537	200	15,21	3,90	4,1100
100	3,00	1,73	1,8000				

hervor. Aus Gl. (5) wird

$$(9) \quad d = \sqrt{\frac{1}{\varphi \sigma}} \sqrt{P} (1,03 + 0,000\,077\,l^2).$$

Zur Anwendung auf den Kreisquerschnitt wird wiederum eingeführt:

$$\sqrt{\frac{1}{\varphi \sigma}} = 0,127; \quad l^2 = 16 \cdot \frac{l^2}{d^2};$$

mit l in m ist dann

$$d = 0,127 \cdot 1,03 \sqrt{P} + 0,127 \cdot 0,77 \cdot 16 \cdot \frac{l^2}{d^2} \sqrt{P}$$

oder

$$(9a) \quad d = 0,131 \sqrt{P} + 1,565 \sqrt{P} \cdot \frac{l^2}{d^2}.$$

Für den quadratischen Querschnitt ist

$$\sqrt{\frac{1}{\varphi \sigma}} = 0,112 \quad \text{und} \quad l = 12 \cdot \frac{l^2}{d^2}$$

und, wiederum mit l in m:

$$d = 0,112 \cdot 1,03 \sqrt{P} + 0,112 \cdot 0,77 \cdot 12 \cdot \frac{l^2}{d^2} \sqrt{P}$$

oder

$$(9b) \quad d = 0,115 \sqrt{P} + 1,035 \sqrt{P} \cdot \frac{l^2}{d^2}.$$

Der Vollständigkeit halber sei auch das oben behandelte Beispiel ($P = 10\,000$ kg, $l = 6$ m) mit Gl. (9a) u. (9b) nachgeprüft.

Für den Kreis wird

$$(10a) \quad d = 0,131 \sqrt{10\,000} + 1,565 \cdot \frac{6,00^2}{d^2} \sqrt{10\,000} = 13,1 + \frac{5634}{d^2}$$

und für das Quadrat

$$(10b) \quad d = 0,115 \sqrt{10\,000} + 1,035 \cdot \frac{6,00^2}{d^2} \sqrt{10\,000} = 11,5 + \frac{3726}{d^2}.$$

Für die Entnahme des Ergebnisses aus Tafel IV gelten sinngemäß die Erläuterungen zu Tafel II.

Tafel IV.

d cm	$\frac{1}{d^2}$	Kreis	Quadrat
10	0,0100	13,1 + 56,3	11,5 + 37,3
12	0,0069	38,8	25,7
14	0,0056	28,7	19,4
16	0,0039	22,0	14,5
18	0,0031	17,5	11,5 + 11,6 = 23,1
20	0,0025	14,1	11,5 + 9,3 = 20,8 > 20
22	0,0021	13,1 + 11,8 = 24,9 > 22	11,5 + 7,8 = 19,3 < 22
24	0,0017	13,1 + 9,6 = 22,7 < 24	
26	0,0015		
28	0,0013		
30	0,0011		

Infolge der verhältnismäßig groben Stufung der Holzquerschnitte machen die Flächen und vor allem die Trägheitsmomente oft sehr beträchtliche Sprünge, so daß sich die höheren Knickzahlen nicht immer holzsparend auswirken. Ganz unwirksam sind aber die höheren Knickzahlen schon deshalb nicht, weil das Verfahren mit Sicherheit erkennen läßt, wo man ohne Bedenken die Holzquerschnittsmaße nach unten abrunden darf.

Vermischtes.

Prof. Gehler 25 Jahre an der T. H. Dresden. Am 1. Juli begibt Prof. Dr.-Ing. W. Gehler, geboren am 5. September 1876 zu Leipzig, sein 25jähriges Jubiläum als Forscher und Lehrer an der Technischen Hochschule Dresden für die Fachgebiete Stahlbrückenbau, Baustoff- und Festigkeitslehre. Er wurde, nachdem er als technischer Direktor der Niederlassung der Dyckerhoff & Widmann AG und schon mehrere Jahre nebenbei als Privatdozent an der T. H. Dresden tätig war, im Jahre 1913 in seine jetzige Stelle berufen und ist ihr treu geblieben. Neben seiner Lehrtätigkeit war er auch Leiter der bautechnischen Abteilung des Sächsischen Versuchs- und Materialprüfungsamtes. Im Jahre 1932 verlieh ihm die Technische Hochschule Brunn die Würde eines Ehrendoktors der technischen Wissenschaften. Prof. Gehler gehört seit langem auch zu den geschätzten Mitarbeitern der „Bautechnik“.

Berechnungsgrundlagen für fliegende Bauten (DIN 4112). Mit Rundschreiben des Reichs- und Preuß. Arbeitsministers vom 28. Mai 1938 — IV 2 Nr. 9604/2 — sind die soeben erschienenen neuen Berechnungsgrundlagen¹⁾ als Richtlinien für die Baupolizei im ganzen Reichsgebiet ohne das Land Österreich eingeführt worden. Sie enthalten Allgemeines, Belastungsarten, Vorschriften für die Festigkeitsberechnung, Ungünstigste Laststellung und Rechnungsannahmen, Grundsätze für die bauliche Durchbildung, Forderungen für Betriebs- und Standsicherheit, Zulässige

¹⁾ Als 6. Beilage zum Ztrbl. d. Bauv. 1938, Heft 27, erschienen im Verlag von Wilh. Ernst & Sohn, Berlin W 9. Einzelpreis der Beilage 0,60 RM, Partipreis billiger.

Spannungen der Bau- und Maschinenteile (besonders für Holz, Stahl, Stahlguß und Gußeisen), Belastungsproben.

Weltkraftkonferenz in Wien. Vom 25. August bis 2. September d. J. findet in Wien unter der Schirmherrschaft des Ministerpräsidenten Generalfeldmarschall Göring die Tagung der Weltkraftkonferenz statt. Die Wiener Konferenz ist die erste energiewirtschaftliche internationale Tagung auf großdeutschem Boden. Im Vordergrund der Erörterungen stehen Fragen der Energieversorgung, und zwar auf den Gebieten Landwirtschaft, Gewerbe, Haushalt, Elektrische Bahnen, Öffentliche Beleuchtung. Im Anschluß an die Konferenz finden Konferenzreisen statt.

Fahrbare Mischmaschinen für bituminöse Straßenbaustoffe. Die gewöhnlichen, großen und fahrbaren Mischmaschinen zum Herstellen bituminöser Gemische sind besonders für mittlere und kleinere Straßenbauarbeiten zu unwirtschaftlich. Selbst die für diese Fälle an den Maschinen vorgenommenen Verbesserungen, die z. B. in einer Verringerung des Gewichtes und in einer Trennung der ganzen Maschine in eine fahrbare Trockentrommel und in einen fahrbaren Mischer liegen, führten nur teilweise zum Ziele, da infolge der Trennung zwei Antriebmotoren und zur Aufstellung ein verhältnismäßig großer Platz benötigt werden. Außerdem ließ sich das Gewicht nicht so weit senken, daß es in einem günstigen Verhältnis zur Leistung der Maschine steht. Ferner vergeht mit dem Auf- und Abbau einer solchen Maschine verhältnismäßig viel Zeit.

Von W. & J. Scheid sind daher neue fahrbare Mischmaschinen entwickelt worden, die auf nur einem Fahrgestell aufgebaut sind, geringe Gewichte

haben und sich schnell aufstellen und wieder wegbringen lassen. Grundsätzlich sind diese Maschinen, von denen Abb. 1 ein Beispiel zeigt, von gleicher Bauart; sie unterscheiden sich voneinander hauptsächlich durch

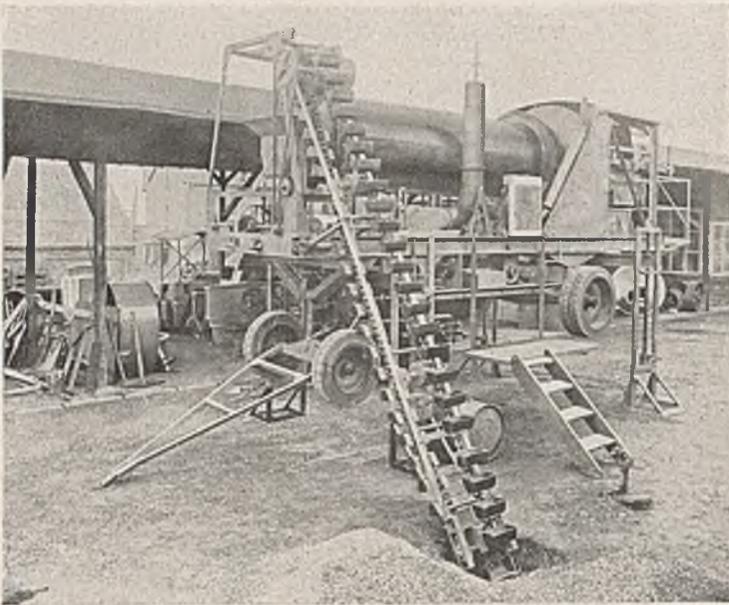


Abb. 1. Fahrbare Mischmaschine für bituminöse Straßenbaustoffe. Bauart Scheid.

die Größen und Leistungen. Die folgende Zusammenstellung gibt eine Übersicht über die Maschinen:

Mischgut	Leistung t/h	Gewicht der vollständigen Maschinen t	Leistung des Antriebmotors PS
Teermakadam	5	4,5	10
Teermakadam	10 bis 15	10	18
Teermakadam, Walzasphalt	12 bis 18	12,5	27

Die Trockentrommel einer solchen Maschine wird durch ein Becherwerk beschickt, das auf der einen oder anderen Seite oder nach vorn angebracht sein kann. In der Trommel strömt den Steinen durch einen Ölbrenner erhitzte Luft von der anderen Seite entgegen, so daß am Anfang eine Vorwärmung, in der Mitte eine Erhitzung und am Ende ein Wärmeausgleich stattfinden. Der Wärmeausgleich kommt dadurch zustande, daß jeder Stein bei der Drehung der Trommel an die Oberfläche tritt und das Gestein ausdünsten kann. Dieser Vorgang wird durch ein an die Trommel anschließendes Schüttelsieb begünstigt, das die Steine zugleich nach Korngrößen sortiert.

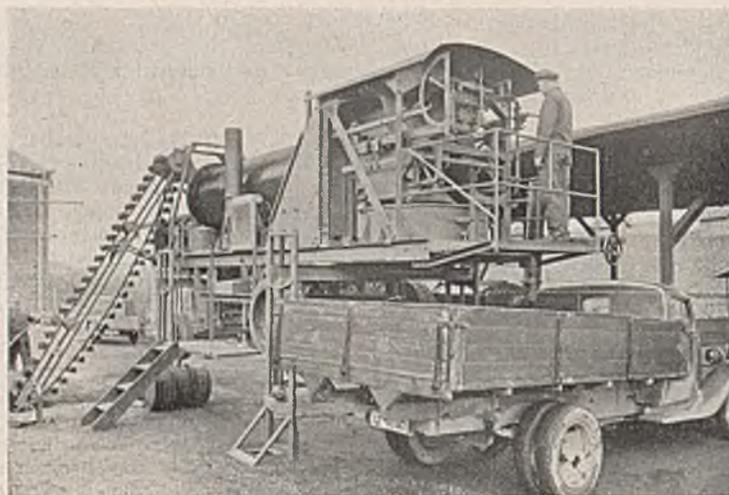


Abb. 2. Rückansicht der Maschine mit den Abmeßeinrichtungen und dem Mischer. Bauart Scheid.

Im gewöhnlichen Arbeitsgang der Maschine gelangen die sortierten Körnungen vom Sieb in einen darunter befindlichen Heißgutsilo für Sand und Splitt. Die vom Schüttelsieb überlaufenden Steine fallen über eine

Schürre auf den Boden oder in einen untergefahrenen Wagen. Vom Schüttelsieb kann auch alles Gut über die Schürre abgeleitet werden, so daß die Maschine nur als Trockentrommel arbeitet. Aus dem Heißgutsilo wird das Gut von weiteren Fordereinrichtungen übernommen und nach der Wiegevorrichtung zum Mischen gebracht (Abb. 2). Teer und Bitumen werden durch eine kolben- und ventillose Pumpe aus dem seitlich getrennt aufgestellten Schmelzkessel der Abmeßvorrichtung zugeführt. Die Abmeßvorrichtungen und der Mischer¹⁾ sind so gebaut, daß ein einmal eingestelltes Mischungsverhältnis immer eingehalten wird. — Infolge der geringen Abmessungen und Gewichte können die Maschinen ohne Abnehmen von Teilen auf Eisenbahnwagen unter Einhalten des Ladeprofils verschickt werden.

Personalmeldungen.

Deutsches Reich. Deutsche Reichsbahn. a) Reichs- und Preußisches Verkehrsministerium, Eisenbahnabteilungen. Ernann: zum Ministerialdirektor: Reichsbahndirektor Rudolphi, Direktor der Reichsautobahnen.

Gestorben: Reichsbahndirektor Freyss.

b) Betriebsverwaltung: Ernann: zum Direktor bei der Reichsbahn: Reichsbahnoberrat Chaussette, Dezentner der Oberbetriebsleitung West in Essen; — zum Reichsbahnoberrat: Reichsbahnrat Scotland, Vorstand des Betriebsamts Braunschweig 1; — zum Reichsbahnrat: die Reichsbahnbaussessoren Bernhard Mayer, Vorstand des Betriebsamts Neuwied 2, Uhlig, Vorstand des Betriebsamts Wittenberg, Fleck beim Neubauamt Berlin 5, Reichsbahnratmann Schoekel, Vorstand des Betriebsamts Bad Odesloe, Oberlandmesser auf wichtigerem Dienstposten Karl Scholz, Vorstand des Vermessungsamts Frankfurt (Oder), technischer Reichsbahnobersinspektor Berger, Vorstand des Betriebsamts Eschwege.

Versetzt: die Reichsbahnoberräte Kollmann, Dezentner der RBD Essen, als Dezentner zur RBD Dresden, Timpe, Vorstand des Betriebsamts Wiesbaden, als Dezentner zur RBD Nürnberg, Krapp, Dezentner der RBD Nürnberg, als Dezentner zur RBD Hannover; — die Reichsbahnoberräte von Werden, Vorstand des Betriebsamts Glückstadt, als Vorstand eines Neubauamts in den Bezirk der Reichsbahnbaudirektion München, Völger, Vorstand des Betriebsamts Olpe, als Vorstand zum Betriebsamt Ingelstadt, Bullemer, Vorstand des Betriebsamts Neuß, als Vorstand eines Neubauamts in den Bezirk der Reichsbahnbaudirektion München, Weckmann, Vorstand des Betriebsamts Jülich, als Vorstand zum Betriebsamt Krefeld, Helmut Schulz beim Betriebsamt Berlin 1 als Vorstand zum Betriebsamt Zwickau (Sachs.) 2; — die Reichsbahnbaussessoren Münter beim Betriebsamt Konstanz als Vorstand zum Betriebsamt Berlin 5, Rauch bei der RBD Hamburg als Vorstand zum Betriebsamt Jülich, Bergemann bei der RBD Regensburg als Vorstand zum Betriebsamt Wittenberge 2, Haberhauffe bei der RBD Hamburg als Vorstand zum Betriebsamt Olpe, Eugen Hofmann beim Neubauamt Tuttingen als Vorstand eines Neubauamts in den Bezirk der Reichsbahnbaudirektion München, Karl Meyer bei der RBD Erfurt als Vorstand zum Neubauamt Vacha, Mestwerdt beim Betriebsamt Hagen (Westf.) 1 als Vorstand zum Betriebsamt Arnberg (Westf.), Gabriel beim Neubauamt Duisburg als Vorstand eines Neubauamts in den Bezirk der Reichsbahnbaudirektion München und Kern bei der RBD Nürnberg als Vorstand zum Neubauamt Berlin 7.

In den Ruhestand getreten: die Reichsbahnoberräte Alfred Lange und Max Pfeiffer, Dezentner der RBD Dresden, Fütterer, Vorstand des Betriebsamts Karlsruhe 1, Paul Lehmann, Vorstand des Betriebsamts Dortmund 3.

Im Ruhestand verstorben: Oberregierungsbaurat a. D. Otto Cillax in Neuenhagen bei Berlin, zuletzt Vorstand des Betriebsamts Königsberg (Pr.) 1.

Preußen. Befördert: Regierungs- und Baurat Schütz in Schneidemühl zum Oberregierungs- und -baurat; — die Regierungsbauassessoren Keitel in Lötzen und Zwinkau in Gumbinnen zu Regierungsbauräten.

Versetzt: die Regierungsbauräte Gunzelmann von Aachen nach Breslau, Hofmayer von Magdeburg nach Liegnitz, Wagner von Liegnitz nach Züllichau, Pohle von Münster i. W. nach Diepholz, Otto von Oppeln nach Fulda, Hendricks von Fulda nach Berlin-Charlottenburg, Kemnade von Hildesheim nach Insterburg; — Regierungsbauassessor Mensing von Verden nach Hildesheim.

Übernommen in den Staatsdienst: die Bauassessoren Loebell in Magdeburg als Regierungsbaurat, Kemnade in Hildesheim als Regierungsbaurat, Derpa in Celle, Kau in Aachen, Rioker in Neuruppin, Dr. Ing. Wunsch in Merseburg als Bauassessoren.

Ausgeschlossen: Regierungsbaurat Watzke in Berlin.

¹⁾ Bautechn. 1937, Heft 51, S. 668.

INHALT: Lastkraftwagen für den Baubetrieb. — Hypothesen und Grundlagen für das Schwinden und Kriechen des Betons. (Schluß) — Vereinfachtes ω -Verfahren. — Vermischtes: Prof. Gehler 25 Jahre an der T. H. Dresden. — Berechnungsgrundlagen für fliegende Bauten (DIN 4112). — Weltkraftkonferenz in Wien. — Fahrbare Mischmaschinen für bituminöse Straßenbaustoffe. — Personalmeldungen.

Verantwortlich für den Inhalt: A. Laskus, Geh. Regierungsrat, Berlin-Friedenau.
Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.
Druck der Buchdruckerei Gebrüder Ernst, Berlin.