

DER BAUINGENIEUR

21. Jahrgang

5. Oktober 1940

Heft 37/38

SEILBAGGER FÜR DEN BAUBETRIEB.

Von Dipl.-Ing. Fr. Riedig, Zeulenroda-Unt. Haardt.

DK 621.879.34

Unter einem Seilbagger ist eine Einrichtung zu verstehen, bei der durch ein an Seilen befestigtes Grabgefäß der Boden oder ein geschüttetes Massengut abgenommen und im anschließenden Arbeitsgang über eine größere Strecke zur Entladestelle gefördert wird. Grundsätzlich liegt dem Seilbagger der gleiche Gedanke zugrunde wie dem Schleppschaufelbagger als Umbauform des Löffelbaggers. Jedoch ist die Förderstrecke ungleich größer als bei einem Schleppschaufelbagger. Seilbagger gibt es in zwei verschiedenen Arten.

Bei der einen Art, dem Schrapper oder Seilschaufler, ist in ein auf dem Boden liegendes Förder- oder Zugseil ein an der Stirnseite offenes Schürfgefäß ohne Boden eingeschaltet. Die beiden freien Enden des Zugseiles, das über Ablenkrollen in verschiedenen Förderrichtungen geführt wird, wickeln sich auf je einer Trommel einer Winde auf, so daß das Schürfgefäß nach der Winde zu gefördert oder leer nach der Anfangsstellung zurückbewegt wird. Beim Fördern nimmt das Schürfgefäß den Boden oder das Massengut ab und schiebt eine gewisse Menge vor sich her.

Bei der anderen Art, dem Kabelbagger, ist das Grabgefäß nur an der Stirnseite und oben offen. Es ist an ein Zugseil angeschlossen und hängt an einer Laufkatze, die auf einem in der Luft ausgespannten Trageil läuft. Das Trageil ist auf der einen Seite an einem hohen Windenturm und auf der anderen an einem niedrigen Bock od. dgl. befestigt, so daß es über der Baugrube schräg hängt. In das Trageil ist in der Nähe des Windenturmes ein Flaschenzug eingeschaltet, durch den der Durchhang des Trageiles betriebsmäßig verändert werden kann. Zum Betriebe eines Kabelbaggers gehört auch wieder eine Zweitrommelwinde. Auf der einen Trommel wird das Zugseil und auf der anderen das Spannsel zum Flaschenzug aufgewickelt. Bei Beginn eines Arbeitsspielens befindet sich die Laufkatze mit dem Grabgefäß in der Nähe des niedrigen Bockes. Durch Nachlassen des Spannsel zum Flaschenzug wird der Durchhang des Trageiles so weit vergrößert, bis das Grabgefäß auf dem Boden aufsitzt. Darauf wird die Zugseiltrommel eingerückt, wodurch sich das Grabgefäß in den Boden wühlt und sich füllt. Nach beendetem Grabvorgang schaltet man noch die Spannseltrommel ein. Das Trageil wird angespannt und das gefüllte Grabgefäß vom Boden abgehoben. Da auch das Zugseil von der zugehörigen Trommel eingeholt wird, rollt das Grabgefäß in der Richtung nach dem Windenturm, wo durch eine besondere Vorrichtung die offene Stirnseite des Grabgefäßes nach unten gedreht wird, so daß der Inhalt herausfällt. Wird die Zugseiltrommel nach beendetem Entladen vom Antrieb abgekuppelt, so richtet sich das Grabgefäß wieder auf und rollt an dem schrägen Trageil infolge der Schwerkraft von selbst zur Ausgangsstellung zurück.

Beide Arten von Seilbaggern eignen sich besonders zum Abtragen von leichterem Boden oder von lose geschütteten Massengütern und zum Fördern über größere Strecken. Ebenso sind auch ohne weiteres Grabarbeiten unter Wasser möglich.

Schrapper.

Für Bauarbeiten werden die Schrapper meist behelfsmäßig angelegt, um die Förderlinie und den Standort leicht verändern zu können. An der Entladestelle läuft das Schürfgefäß auf einer schrägen Bahn auf (Abb. 1), an der sich auch das Windwerk befindet. In der schrägen Bahn ist eine Öffnung angebracht, durch

die das vom Schürfgefäß herangebrachte Gut hindurchfällt. Selbst die Schrägbahn kann behelfsmäßig gebaut sein. In der Mehrzahl der Fälle wird sich jedoch eine feste Konstruktion aus Stahl empfehlen, die nicht wesentlich teurer als ein Behelfsbau ist und nacheinander an mehreren Stellen verwendet werden kann (Abb. 2). Die Seilablenkrolle am Ende der Förderbahn wird an Seilen oder Ketten befestigt (Abb. 3), damit durch Verändern ihrer Lage die Förderbahn leicht verlegt werden kann. Die Verankerungen der Befestigungsseile oder -ketten unterliegen verhältnismäßig großen Beanspruchungen, weil der Zug an der Seilrolle in Richtung der Befestigungsseile oder -ketten zerlegt wird und die Komponenten größer als der Seilzug sind.

Eine besondere Form eines Schrappers ist der Kabelkran schaufler (Abb. 4). Die festen Punkte an den Enden der Förderbahn bilden Maste, deren Ausführung und Größe sich



Abb. 1. Schrapper der Demag AG. beim Herstellen eines Einschnittes.



Abb. 2. Entladestelle eines leichten Schrappers von Schmidt, Kranz & Co. AG.

nach der Leistung und nach den örtlichen und betrieblichen Verhältnissen richten. Die Maste können einfach gebaut oder auch nur Pfosten sein, an denen die Seilrollen befestigt werden. Es können aber auch feste oder auf Schienen fahrbare Türme in Betracht kommen, wie sie bei Kabelkränen üblich sind. Von der einen Windentrommel geht das Zugseil über eine Rolle am Haupt-

mast nach dem Kettenzaum des Schürfkübel (ohne Boden). Am rückwärtigen Ende des Schürfgefäßes greift das Rückzugseil an, das über eine Rolle am Gegenmast nach einer zweiten Rolle am



Abb. 3. Seilablenkrolle am Ende der Förderbahn eines Schrapppers der Hasenclever AG.

Hauptmast und von dort nach der anderen Trommel der Antriebswinde geführt ist. Da das Rückzugseil nicht wie bei den gewöhnlichen Schrappern auf dem Boden aufliegt, wird die Gefahr von

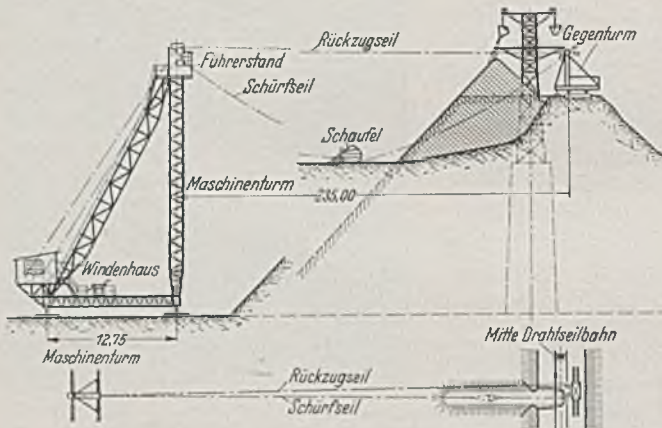


Abb. 4. Kabelkranschäufler der Bleichert-Transportanlagen GmbH.

Betriebsstörungen infolge von Seilverschlingungen ausgeschaltet. Außerdem ist keine Reibung durch das auf dem Boden schleifende Seil zu überwinden. Die Winde ist meist in einem mit dem Führer-

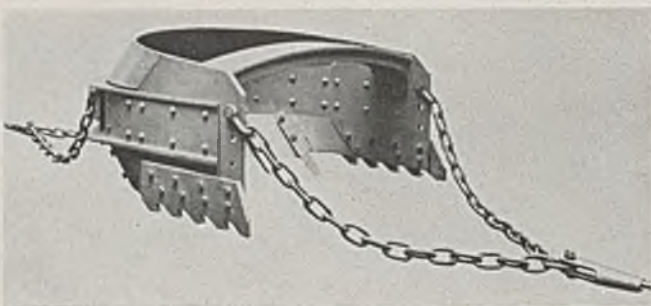


Abb. 5. Verschiedene Schrappergefäße der Demag AG.

stand verbundenem Windenhaus untergebracht, dessen Lage von der Übersichtsmöglichkeit über den Arbeitsplatz bestimmt wird. Das Windenhaus muß nicht in der Zugrichtung in der Linie der

beiden Masten liegen. Seine Lage richtet sich ganz nach den Arbeitsverhältnissen.

Während das Fassungsvermögen des Schrappergefäßes durch die stündliche Leistung einer Anlage bestimmt wird, paßt man die Form, das Gewicht und den Schneidenwinkel der jeweiligen Beschaffenheit des Fördergutes an. Im allgemeinen wird für locker gelagertes, kleinstückiges und leichtes Massengut ein verhältnismäßig leichtes, an der Rückwand mit durchgehender Schneide versehenes Kastengefäß gewählt. Zum Abbefördern von gewachsenem Erdreich oder großstückigem, schwerem Massengut wählt man dagegen ein schweres Schrappergefäß mit Zähnen. Einige Ausführungsbeispiele von Schrapperkübeln zeigt die Abb. 5.

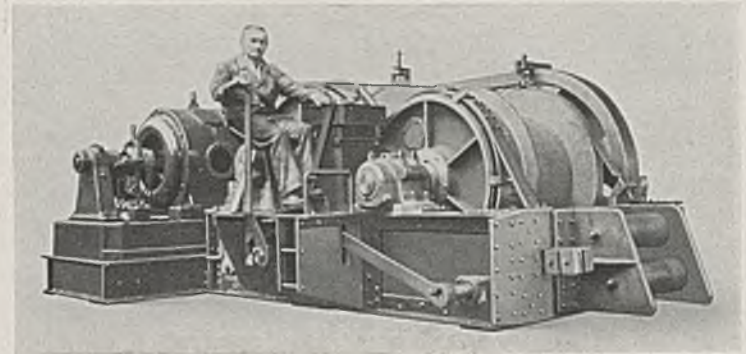


Abb. 6. Schrapperwindwerk der Hasenclever AG. mit hintereinanderliegenden Seiltrommeln und Antrieb durch einen Elektromotor.

Die Inhalte sind verschieden. Im allgemeinen betragen sie 0,5 bis 3 m³.

Die Seile zum Hin- und Herbewegen des Kübelns müssen möglichst drallfrei sein, damit sie keine Klanken bilden können. Ferner ist bei der Wahl der Seile zu bedenken, daß sie bei jeder Bewegungsänderung des Schürfgefäßes ge- und entspannt werden. Ferner müssen die Seile den Beanspruchungen durch das Schleifen auf dem Boden gewachsen sein. — Die Seilablenkrollen sind von

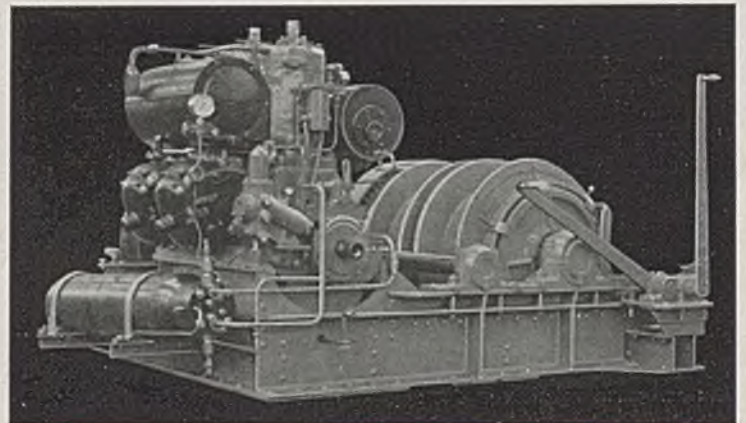


Abb. 7. Schrapperwindwerk der Hasenclever AG. mit nebeneinanderliegenden Seiltrommeln und Antrieb durch einen Dieselmotor.

einem Blechgehäuse oder einer anderen Führung umgeben, damit das Seil nicht aus der Rolle herauspringen kann.

Die Antriebswinden zu den Schrappern enthalten im allgemeinen zwei Seiltrommeln, von denen die eine das Lastseil und die andere das Leerseil aufwickelt. Dreitrommelwinden, mit denen man im Untertagebetrieb aus verschiedenen Abbauen ohne Umlegen der Seile fördern kann, sind beim Baubetrieb selten zu finden. Die einzelnen Bauarten der Zweitrommelwinden sind je nach dem Ursprung und dem Zweck einer Anlage sehr verschieden. Die Trommeln lassen sich immer einzeln an die dauernd umlaufende Hauptwelle an- oder abkuppeln und durch Bremsen mehr oder weniger festhalten.

An den Antriebswinden der Hasenclever AG. liegen die Seiltrommeln hintereinander (Abb. 6) oder nebeneinander

(Abb. 7) und werden durch einen Elektro- oder Dieselmotor unmittelbar oder über einen Riemen durch eine fremde Energiequelle angetrieben. Hintereinander liegende Seiltrommeln kommen in Betracht, wenn die Raumverhältnisse die Aufstellung eines Windwerkes mit nebeneinander liegenden Seiltrommeln nicht zulassen. Die normale Ausführung für den Baubetrieb hat nebeneinanderliegende Trommeln. Eine Übersicht über die Windwerke mit hintereinander liegenden Trommeln enthält die Zahlentafel 1.

Zahlentafel 1.

Windwerk			Trommeln		Energiebedarf		Seile			Seilzug am Trommelumfang
Länge m	Breite m	Höhe m	Durchmesser m	Breite m	kW	PS	Aufnahmelänge m	Durchmesser mm	Geschwindigkeit m/s	kg
3,5	1	1	0,52	0,29	35	48	75	18	1,3	2500
3,4	1,45	1,2	0,7	0,44	45	61	150	20	1,5	3000
5,1	3,1	1,85	1,00	0,65	163	400	400	26	1,2	8500

Angaben über die Windwerke mit nebeneinanderliegenden Trommeln mit Vorgelege und auf dem Rahmen angebrachtem Antrieb und mit Riemenantrieb bringt die Zahlentafel 2.

Zahlentafel 2.

Antriebsart	Trommeln		Energiebedarf		Seile			Seilzug am Trommelumfang kg
	Durchmesser m	Breite m	kW	PS	Aufnahmelänge m	Durchmesser mm	Geschwindigkeit m/s	
Vorgelege und auf dem Rahmen gelagerter Antrieb	0,37	0,15	10	13	85	11	1,2	750
	0,37	0,15	15	20	70	13	1,2	1100
	0,26	0,23	20	27	120	15	1,2	1500
	0,62	0,26	25	34	140	15	1,5	1500
	0,6	0,4	35	47	200	18	1,5	2000
	0,82	0,55	45	59	320	20	1,6	2500
	0,84	0,5	60	85	210	22	1,6	3500
	0,82	0,5	80	108	200	24	1,6	4500
Riemenantrieb.	1,0	0,6	100	136	300	26	1,75	6000
	0,6	0,4	35	47	200	18	1,5	2000
	0,82	0,55	45	59	320	20	1,6	2500
Schmale Bauart der Winde	0,84	0,5	60	85	210	22	1,8	3500
	0,82	0,5	80	108	360	24	1,6	4500
	1,0	0,6	100	136	300	26	1,5	6000

Gekuppelt werden die Trommeln durch Differentialrutschkupplungen, die die Überbeanspruchungen von den Maschinenteilen fernhalten, die neben den Trommeln liegen und die durch Kurbelbremsen auch bei hohen Übertragungskräften leicht zu steuern sind.

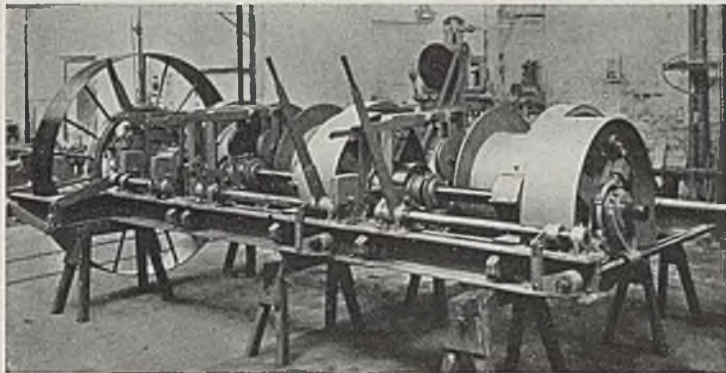


Abb. 8. Dreitrommel-Schrapperwindwerk von Schmidt, Kranz & Co. AG. mit Bremsband-Reibungskupplungen auf der Vorgelegewelle.

Bei elektrischem Antrieb wählt man meist normale, oberflächengekühlte Kurzschlußläufermotoren mit Sterndreiecksschaltern zum Anlassen. Beim Baubetrieb hat sich auch der Antrieb durch einen Dieselmotor bewährt, weil die Windwerke öfters zu verlegen sind und nach dem Verlegen die Antriebseinrichtung so-

fort wieder gebrauchsfähig ist. — Um ein freies Abfließen der jeweils abgekuppelten Trommel und Klankenbildungen des Seiles zu verhindern, ist an jeder Trommel eine selbsttätige Schlaffseil-Regelbremse vorhanden, die nicht besonders gesteuert, sondern mit der Kurbelwelle gekuppelt wird. Beim Abkuppeln einer Trommel legt sich die Schlaffseil-Regelbremse auf und hält das ablaufende Seil unter gleichmäßiger Spannung.

An den Antriebswinden der Schrapperanlagen von Emil

Wolff liegen die Seiltrommeln auch wieder hinter- oder nebeneinander. Das Kuppeln der Trommeln geschieht durch Differential-Planetengeräte-Kupplungen. Gesteuert werden die Trommeln durch Sicherheitskniehebel. Die Seilgeschwindigkeiten betragen je nach dem Trommeldurchmesser 1 oder 1,5 m/s. Die größere Geschwindigkeit wird zum Zurückziehen des leeren Schürfkübel verwendet. Die größte Seilwinde hat einen Energiebedarf von 250 PS.

Die Windwerke von Schmidt, Kranz & Co AG. (Abb. 8), die mit einer Vorgelegewelle und darauf befestigten Bremsband-Reibungskupplungen versehen sind, werden nach den Angaben der Zahlentafel 3 gebaut. Durch die Vorgelegewelle verringert sich das Bremsdrehmoment auf 1/4 des Drehmomentes der Trommel.

Zahlentafel 3.

Zahl der Trommeln	Antriebsart	Energiebedarf PS	Seile			Trommeln		Gewicht t
			Aufnahmelänge m	Durchmesser mm	Geschwindigkeit m/s	Durchmesser m	Breite m	
2	unmittelbar	80—100	360	22	1,5	0,8	0,5	5,2
3	„	80—100	360	22	1,5	0,8	0,5	7,3
2	„	60—80	360	22	1,5	0,7	0,45	4,8
3	„	60—80	360	22	1,5	0,7	0,45	7,0
2	Riemen	80—100	360	22	1,5	0,8	0,5	4,4
3	„	80—100	360	22	1,5	0,8	0,5	6,4
2	„	60—80	360	22	1,5	0,7	0,45	3,8
3	„	60—80	360	22	1,5	0,7	0,45	5,7
2	unmittelbar	25—30	160	15	1,5	0,4	0,2	2,0
2	„	25—40	180	15	1,5	0,45	0,3	2,3
2	„	25—40	180	15	1,5	0,45	0,3	2,2
2	„	60—80	400	20	1,5	0,8	0,45	6,2
2	„	80—100	400	22	1,5	0,8	0,45	8,0
2	unmittelbar	15—20	180	11	1,0	0,4	0,2	3,0
2	„	20—30	180	15	1,5	0,4	0,2	3,5
2	„	30—40	180	15	1,5	0,4	0,25	4,2
2	„	40—50	180	18	1,5	0,55	0,6	16,0
2	unmittelbar	15,5	95	11	1,5	0,36	0,15	0,75
2	„	21	95	13	1,5	0,36	0,15	0,9
2	„	37	120	15	1,5	0,45	0,25	1,7

Für Förderarbeiten geringen Umfanges und für beschränkte Raumverhältnisse ist ein kleineres Windwerk entwickelt worden (Abb. 9), das mit einem Planetengetriebe arbeitet (Zahlentafel 4).

Bei den Schrapperwindwerken der Demag AG (Zahlentafel 5) liegen die Seiltrommeln auch wieder nebeneinander. Der Antrieb der Trommeln geschieht über Planeten- und Bandbremsen gesteuert werden. Auf der jeweils abwickelnden Seiltrommel liegt zum Vermeiden des Nachlaufens und der Bildung von Schlaffseil eine leichte Schleifbremse

Zahlentafel 4.

Zahl der Trommeln	Antriebsart	Energiebedarf PS	Seile			Trommeln		Gewicht t
			Aufnahmelänge m	Durchmesser mm	Geschwindigkeit m/s	Durchmesser m	Breite m	
2	unmittelbar	21	95	13	1,5	0,36	0,15	0,9
2	„	37	120	15	1,5	0,45	0,25	1,7

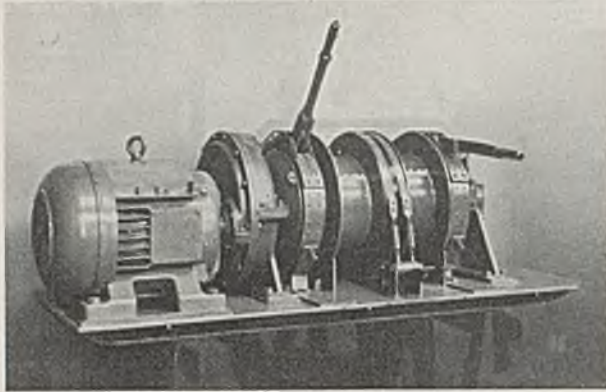


Abb. 9. Kleines Schrapperwindwerk von Schmidt, Kranz & Co. AG. mit Planetengetriebe.

auf, die ebenfalls durch die Hand- oder Fußhebel bedient wird. Während des Betriebes läuft der Antriebsmotor ständig in gleicher Drehrichtung. Durch die Planetenkupplungen lassen sich die Trommeln weich einrücken. Bei den größeren Windwerken ist in das Hebelgestänge eine Steuerfeder eingeschaltet, die die Einrückkraft der Kupplung auf ein gewisses Maß begrenzt, so daß das Windwerk nicht überlastet werden kann. Das kleinste Windwerk arbeitet mit gleicher Last- und Leerseilgeschwindigkeit, da eine vergrößerte Leerseilgeschwindigkeit wegen der geringen Förderlängen keinen nennenswerten Vorteil bringen würde.

Zahlentafel 5.

Lage der Trommeln	neben-einander	neben-einander	neben-einander	hintereinander	hintereinander
Seilzug . . kg	1250	2000	2800	2800	3800
Lastseilgeschwindigkeit . . m/s	1,0	1,25	1,2 1,5	1,2 1,5	1,2 1,5
Leerseilgeschwindigkeit . . m/s	1,0	1,7	1,8 2,25	1,8 2,25	1,8 2,25
Motorleistung PS	20	40	53 66	53 66	72 90
Norm. Motordrehzahl					
Uml/min	1000	1000	1000 1500	1000 1500	1000 1500
Trommeldurchmesser . . . m	0,32	0,5	0,65	0,65	0,9
Trommelbreite m	0,15	0,275	0,4	0,4	0,55
Seil-Aufnahmelänge . . . m	82	185	175	175	305
Seildurchmesser mm	14	16	20	20	22
Norm. Größe des Schürfgefäßes m³	0,5	0,8	1,1	1,1	1,5
Gewicht ohne Motor . . . t	0,69	1,49	2,65	2,95	5,45

Die Seiltrommeln der Windwerke an den Schrappern der Int. Baumaschinenfabrik werden über Rillenfrictionskupplungen oder Planetengetriebe angetrieben. Bei diesen Schrappern findet man auch eine ähnliche Anordnung wie bei einem Kabelbagger mit einem Trag- und einem Zugseil.

Eine besondere Stellung beim Baubetrieb nehmen die kleinen Schrapper für Verlade- und Entladearbeiten ein. Der kleine Schrapper von Schmidt, Kranz & Co. AG. z. B. (Abb. 10) dient zum Verladen von Massengütern in Fahrzeuge (20 m³/h). Das Windwerk steht unter der Entladeschräge und wird durch einen Motor von 8 PS Leistung angetrieben. Die Betriebskosten betragen etwa 20 Rpf/m³.

Zum Entladen und Beladen von Eisenbahnwagen oder an-

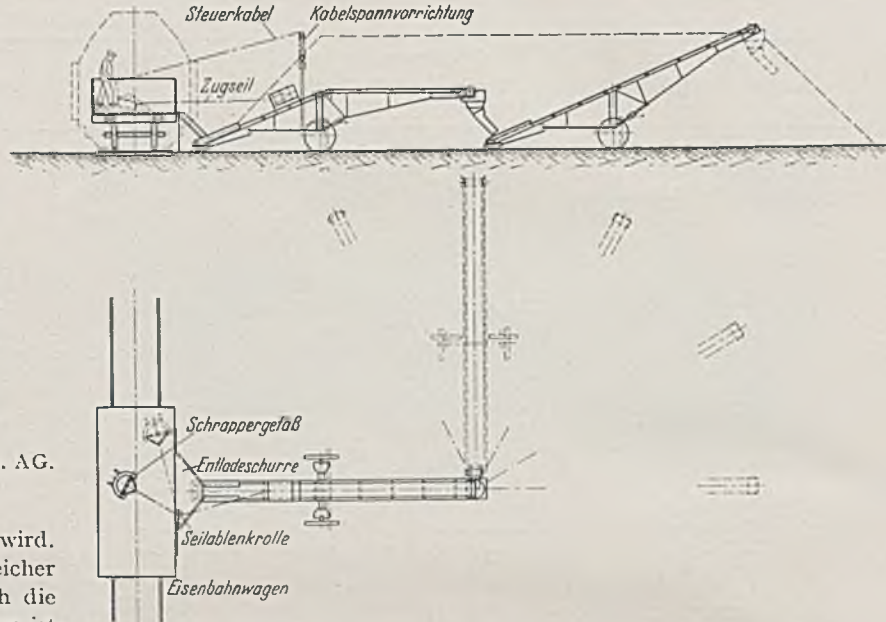


Abb. 11. Elektrisch gezogener Handschrapper von Emil Wiegler beim Entladen eines Eisenbahnwagens.

deren Fahrzeugen dient ein Handschrapper der Maschinenfabrik Emil Wiegler. An der Längsseite eines Eisenbahnwagens ist an der Tür eine Entladeschräge angebracht, die auf der einen Seite so breit wie die Tür ist und sich auf der anderen Seite zum Beschicken des fahrbaren Förderbandes verjüngt (Abb. 11). Das



Abb. 10. Kleiner Schrapper von Schmidt, Kranz & Co. AG. zum Verladen von Massengütern.

Schrappergefäß hat zwei Handgriffe zum Lenken und Steuern des Gerätes. Vom Schrappergefäß ist über eine Seilablenkrolle an der Wagenlängswand ein Zugseil nach dem Windwerk auf dem fahrbaren Förderband ausgelegt. Das Windwerk enthält eine Seiltrommel und eine vorgeschaltete Seilwickel- und Seilauswurfvorrichtung, die über ein Steuerkabel durch zwei Druckknöpfe an dem einen Handgriff des Schrappergefäßes gesteuert wird. Damit das Steuerkabel immer angespannt ist, ist eine einfache Gewichtspannvorrichtung eingeschaltet. Durch einen selbsttätigen Endschalter läßt sich die Länge des auf- und abgewickelten Zugseiles oder der Weg des Schrappergefäßes verschieden einstellen. Beim

Arbeiten mit dem Handschraper drückt der Bedienungsmann zuerst den Druckknopf „Ab“ am Schraperhandgriff, wodurch die Winde das Zugseil abwickelt, so daß das Schrapergefäß mit geringem Eigengewicht zurückbewegt werden kann. An der Stelle, an der das Entladen beginnen soll, setzt der Bedienungsmann das



Abb. 12. Handschraper mit Förderband beim Beladen eines Eisenbahnwagens. Maschinenfabrik Emil Wieger.

Schrapergefäß auf das Massengut auf und drückt den Druckknopf „Auf“. Dadurch dreht sich die Seiltrommel in entgegengesetzter Richtung, so daß das Schrapergefäß nach der Entladeschurre gezogen wird, wo es seinen Inhalt abgibt. Die elektrische Steuerung ist so eingerichtet, daß die Winde beim Loslassen eines Druck-

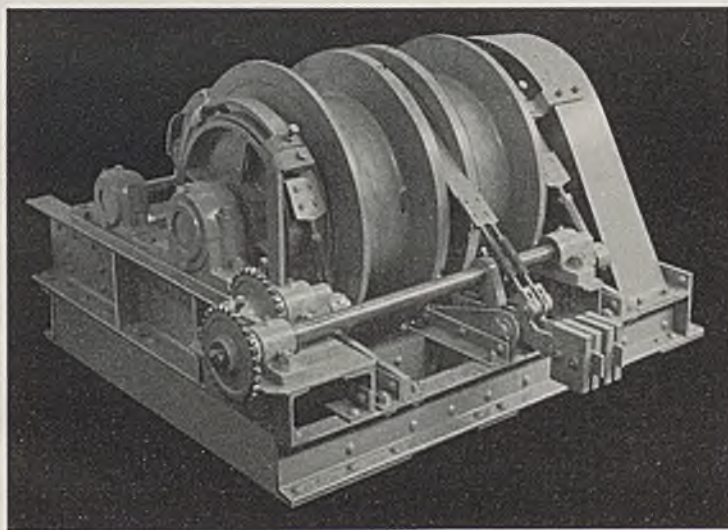


Abb. 13. Schraperwindwerk der Hasenclever AG. für Fernsteuerung. Die Kupplungen werden durch Drehen von Kettenrädern ein- und ausgerückt.

knopfes sofort stillsteht. Vor dem Beginn des Entladens muß das Förderband in Bewegung sein. Durch die Seilablenkrolle an der Wagentür lassen sich auch die Ecken des Wagens erreichen. Das Gerät leistet 15—25 m³/h. Die Form des Schrapergefäßes richtet

gebaut, das beim Arbeiten des Gerätes durch Klötze festgestellt wird.

Zur Bedienung eines Schrappers genügt ein Mann, der seinen Platz am Windwerk hat. Das Windwerk muß daher so stehen, daß von da aus eine Übersicht über die ganze Schraper-

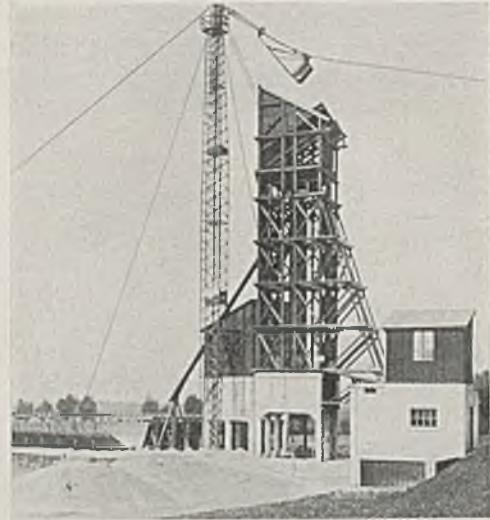


Abb. 15. Eiserner Windenturm (40 m hoch) eines Kabelbaggers der Hasenclever AG.

anlage vorhanden ist. Es ist aber nicht in jedem Falle eine Übersicht vom Windwerk aus gegeben. Man muß dann eine Fernsteuerung wählen. Bei einem solchen Windwerk (Abb. 13) werden die Wellen für die Kupplungen nicht durch Handhebel, sondern über Kettenräder durch Seile mit eingefügten Kettenstücken gedreht. Der Schraperführer kann dann über dem Windwerk oder an einer anderen Stelle mit guter Übersicht stehen.

Kabelbagger.

Für Bauarbeiten sind die Kabelbagger in Deutschland bisher nur vereinzelt angewendet worden, im Gegensatz zu Amerika, wo man diese Art eines Seilbaggers serienmäßig herstellt und sehr oft einsetzt. Beim Kabelbagger sind die Betriebskosten, wie auch beim Schraper, niedrig. Ein Kabelbagger läßt sich ebenfalls leicht an die örtlichen Verhältnisse anpassen, so daß sich ein Grund, weshalb man die Kabelbagger so wenig verwendet, kaum angeben läßt. Je nach den örtlichen und betrieblichen Verhältnissen betragen die Betriebskosten eines Kabelbaggers 20 bis 30 Rpf/m³.

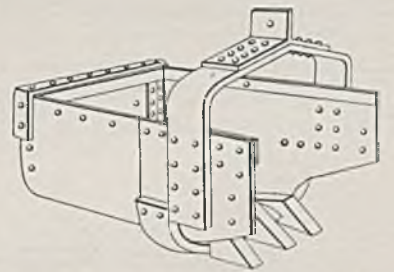


Abb. 16. Schürfkübel normaler Bauart für einen Kabelbagger.

Der Windenturm, dessen Höhe durch die erforderliche



Abb. 14. Lageplan eines Kabelbaggers beim Beseitigen von Rutschböden.

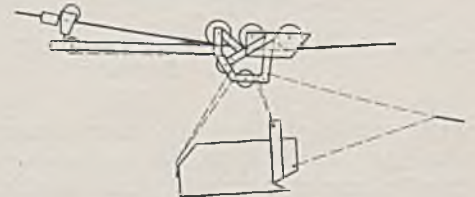


Abb. 18. Kettenzaum zum Entladen des Kübels bei Rücklauf.

sich nach der Art des Massengutes. — Beim Beladen von Eisenbahnwagen ist der Vorgang genauso. Das Schrapergefäß wird auf dem Lagerplatz nach dem Förderband zu bewegt (Abb. 12). — Zum Entleeren von Bunkern oder Speicherböden mit waagerechten Decken wird die Winde auf einem vierrädrigen Fahrgestell auf-

Neigung des angespannten Tragseils bestimmt wird (Abb. 14), kann feststehend oder fahrbar sein. Einfacher ist ein feststehender Windenturm, der durch Spannseile gehalten wird. Das Tragseil wird dann beim Ändern der Baggerlinie nach und nach um den Windenturm im Kreise geschwenkt. Ein fahrbarer Windenturm,

durch den das Abgraben in parallelen Streifen vor sich geht, muß mit einem Gegengewicht versehen oder durch Seile verspannt werden. Windentürme aus Eisen (Abb. 15) sind solchen aus Holz vorzuziehen. Eiserner Türme sind fester und meist nur unwesentlich teurer als Windentürme aus Holz. Der Windenturm hat die Kräfte, die der Bodenwiderstand beim Baggern hervorruft, aufzunehmen. An der Seilablenkrolle für das Zugseil entsteht eine resultierende Kraft, die größer als die beim Baggern zu erzeugende Kraft ist. Die Abspannseile für einen feststehenden Windenturm werden hoch beansprucht, so daß die Verankerungen im Boden kräftig ausgeführt sein müssen.

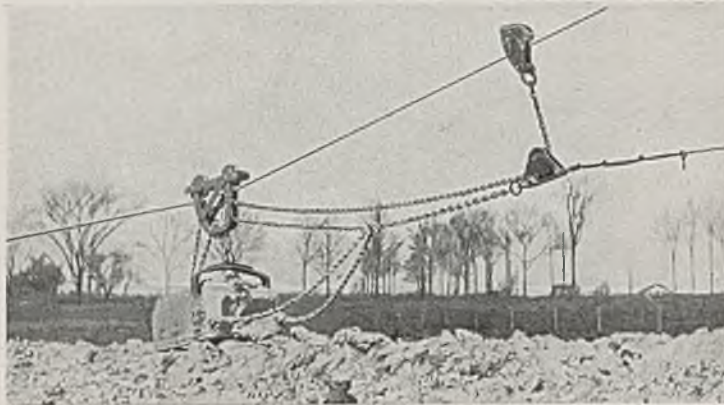


Abb. 17. Aufhängung des Schürfkübeln an einem Kettenzaum.

Der Inhalt eines Schürfkübeln (Abb. 16) richtet sich nach der Leistung einer Anlage, während die Form durch die Beschaffenheit des Baggergutes bestimmt wird. Sandboden baggert man mit einem flachen Schürfkübel mit glatter Schneide. Schwererer Boden erfordert einen höheren Kübel mit Reißzähnen. Das Entladen des Kübeln geschieht durch Drehen nach vorn, so daß die offene, vordere Seite nach unten gerichtet wird. Der Schürfkübel hängt an einem Kettenzaum mit einer Rollenflasche, die vor der Laufkatze auf dem Trageseil läuft (Abb. 17). Wenn die Rollenflasche an einem Anschlag am Trageseil anstößt und das Zugseil

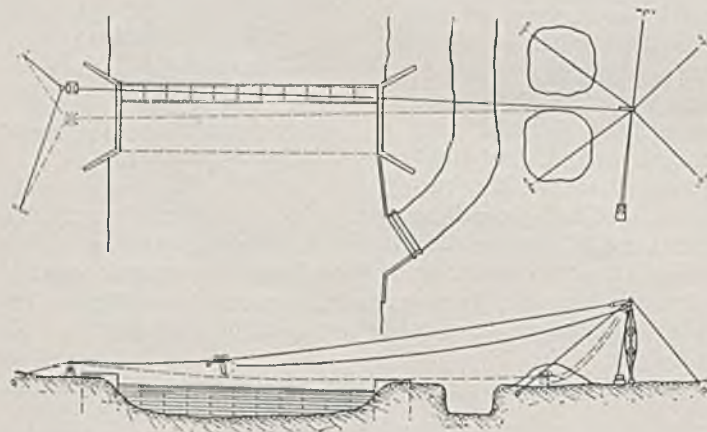


Abb. 19. Kabelbagger zum Einbringen von Beton beim Bau eines Stauwehres.

weiter verholt wird, wird der obere Kettenstrang angezogen und das hintere Ende des Kübeln angehoben. Bei dieser Anordnung eines Kettenzaumes geschieht das Entladen des Kübeln beim Fördern in Richtung nach dem Windenturm. Der Kübel kann aber auch genauso beim Rückwärtsrollen durch einen Kettenzaum entladen werden, bei dem die obere Kette nach rückwärts geführt wird (Abb. 18). Diese Anordnung kommt z. B. zum Einbringen von Beton in Betracht. Der Beton wird am Windenturm vom Kübel aufgenommen (Abb. 19), infolge der Neigung des Trageseiles nach dem Anspannen rückwärts gefördert und aus dem Kübel an beliebiger Stelle des Trageseiles entladen. Bei dieser Anordnung

verringern sich die Betriebskosten beachtlich, da zum Fördern der Last am geneigten Trageseil keine Energie zugeführt werden muß.

Der Gegenturm ist meist nur ein niedriger Bock, der durch Abspannseile verankert ist. Es kann aber auch ein vorübergehend nicht benötigter Löffelbagger oder ein anderes Gerät mit großer Standfestigkeit als Gegenhalter des Trageseiles verwendet werden.

Bei den zwei Kabelbaggern der Zahlentafel 6 sind die Geschwindigkeiten beim Baggern und Fördern gleich. Man konnte hierbei auf eine höhere Fördergeschwindigkeit verzichten, weil nur geringe Leistungen gefordert waren. Bei größeren Leistungen und Förderstrecken wählt man die Fördergeschwindigkeit dreimal so groß als die Grabgeschwindigkeit, so daß die Gesamtzeit eines Spieles entsprechend niedriger wird (Zahlentafel 7).

Zahlentafel 6.

Fassungsvermögen des Kübeln	. . . m ³	0,4	1,5
Leistung	. . . . . m ³ /h	6	17
Spannweite	. . . . . m	6	100
Arbeitsgeschwindigkeiten:			
Baggern	. . . . . m/min	30	24
Fördern	. . . . . „	30	24
Heben	. . . . . „	30	24
Rückrollen	. . . . . „	60	72

Zahlentafel 7.

Vorgang	Förderweg m	Förderzeit sec	Mortorleistung PS	Geschwindigkeit m/min
Baggern	10	10	46	60
Heben	10	22	22—45	30
Fördern	150	50	26—52	180
Rücklauf	150	25	—	420
Senken	10	8	—	—
Ablauf des Antriebes	—	20	—	—
Zuschlag	—	5	—	—
Gesamtzeit eines Spieles	—	150	—	—

Zum Betriebe eines Kabelbaggers gehört ein Windwerk mit zwei Seiltrommeln, die wie auch beim Schrapper hinter- oder nebeneinander liegen. Die Windwerke mit hintereinanderliegenden

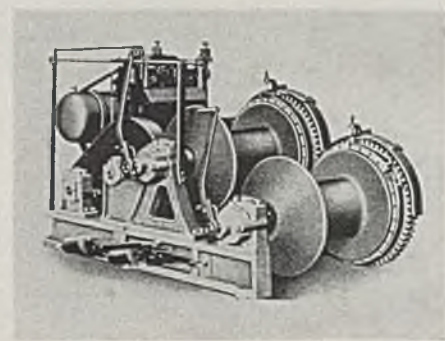


Abb. 20. Windwerk mit Antrieb durch einen Verbrennungsmotor zum Betriebe eines Kabelbaggers.

Seiltrommeln (Abb. 20) haben den Vorteil des geringeren Platzbedarfes. Die Trommeln lassen sich von den Hauptantriebswellen ab- oder ankuppeln und abbremfen. Das Spannseil für den Flaschenzug im Trageseil muß z. B. während des Förderns, Entladens und Rückrollens angespannt sein, ohne daß die Trommel läuft. — Bei gesteigerter Fördergeschwindigkeit gegenüber der Grabgeschwindigkeit muß im Windwerk entweder eine zweite Übersetzung eingebaut sein oder der Antriebsmotor mit höherer Drehzahl laufen. Bei veränderlicher Drehzahl des Antriebsmotors (Elektromotor) wählt man einen polumschaltbaren Kurzschlußanker-motor mit einem vierpoligen Vorder- und einem achtpoligen

Hintermotor. Beim Windwerk liegen vor der Zug- und Spannseiltrommel je eine Differentialrutschkupplung, die die Stöße beim Anfahren abfangen. Am größten ist der Stoß bei Beginn des Baggers, wobei sich der Küber in den Boden einwühlt.

Bei den Kabelbaggern sind meistens Fernsteuerungen der Windwerke nötig. Damit der Baggerführer den gesamten Arbeitsbereich übersehen kann, muß er hoch über dem Windwerk stehen (Abb. 15, rechts). Es kommt dann eine ähnliche Fernsteuerung wie bei Schrappern in Betracht (Abb. 13). Es wurde aber auch eine andere Art gewählt, bei der dem Bedienungsmann

an der Winde durch verschiedenfarbig aufleuchtende Lampen und durch einen Beobachter die auszuführenden Bewegungen des Baggers angegeben wurden. An Stelle des einen Bedienungsmannes, der sonst nur nötig ist, waren aber zwei Leute erforderlich.

Die einzelnen Bauteile der Seilbagger sind verhältnismäßig leicht, so daß sie in einfacher Weise auf Eisenbahnwagen oder andere Fahrzeuge verladen werden können. Die Windwerke der Schrapper und Kabelbagger lassen sich auch zu verschiedenartigsten Nebenarbeiten verwenden.

ZAHLENTAFELN FÜR DAS BEMESSEN VON HÖLZERNEN DRUCKSTÄBEN.

Von Professor Dipl.-Ing. R. Jacki, Eckernförde.

DK 624.071.3:674

In Ergänzung der im Bauing. 20 (1939) S. 7 veröffentlichten Bemessungstafel 3 für hölzerne Druckstäbe werden nachstehend zwei Zahlentafeln gebracht, die auch die um $\frac{1}{6}$ erhöhten und auf $\frac{2}{3}$ ermäßigten Spannungswerte (DIN 1052, § 5, Z. 4 und 3) enthalten und enger geteilt sind.

Zahlentafel 3a.

Kreisquerschnitt (Rundholz).

$$d = \delta \sqrt{S}$$

d in cm, S in t, s in m.

$\lambda = \sqrt{S} : s$	Nadelholz			Eiche und Buche		
	$\sigma = 80$ δ	$\frac{7}{6} \cdot 80$ δ	$\frac{2}{3} \cdot 80$ δ	$\sigma = 100$ δ	$\frac{7}{6} \cdot 100$ δ	$\frac{2}{3} \cdot 100$ δ
0,11	—	—	18,57	—	—	—
0,12	—	—	17,71	—	—	16,83
0,13	15,46	—	16,95	—	—	16,12
0,14	14,85	14,34	16,28	—	—	15,48
0,15	14,30	13,81	15,68	13,59	—	14,90
0,16	13,80	13,33	15,14	13,12	12,67	14,39
0,17	13,35	12,89	14,65	12,69	12,26	13,92
0,18	12,94	12,50	14,20	12,30	11,88	13,50
0,19	12,57	12,14	13,79	11,95	11,54	13,11
0,20	12,23	11,80	13,42	11,62	11,22	12,75
0,22	11,61	11,21	12,74	11,03	10,65	12,10
0,24	11,08	10,69	12,16	10,52	10,16	11,55
0,26	10,61	10,24	11,65	10,08	9,73	11,07
0,28	10,19	9,84	11,19	9,68	9,34	10,63
0,30	9,82	9,48	10,79	9,33	9,00	10,24
0,35	9,04	8,72	9,93	8,58	8,28	9,43
0,40	8,42	8,12	9,25	7,99	7,71	8,78
0,45	7,90	7,62	8,69	7,50	7,23	8,24
0,50	7,47	7,21	8,23	7,09	6,84	7,79
0,6	6,79	6,54	7,59	6,43	6,21	7,12
0,7	6,33	6,06	7,15	5,95	5,72	6,67
0,8	5,99	5,72	6,83	5,61	5,37	6,34
0,9	5,74	5,46	6,59	5,35	5,10	6,10
1,0	5,54	5,26	6,40	5,14	4,89	5,90
1,2	5,25	4,97	6,12	4,85	4,60	5,62
1,4	5,05	4,77	5,93	4,65	4,39	5,43
1,6	4,91	4,62	5,79	4,50	4,24	5,28
1,8	4,80	4,51	5,68	4,39	4,13	5,17
2,0	4,71	4,42	5,60	4,30	4,04	5,09
2,5	4,56	4,27	5,45	4,14	3,88	4,94
3,0	4,46	4,16	5,35	4,04	3,78	4,84
4	4,34	4,04	5,23	3,92	3,65	4,72
5	4,27	3,97	5,16	3,84	3,58	4,65
10	4,13	3,83	5,02	3,70	3,44	4,51
20	4,06	3,76	4,95	3,64	3,37	4,44
∞	3,98	3,69	4,89	3,57	3,30	4,37

Zahlentafel 3b.

Quadratischer Querschnitt

$$a = \delta \sqrt{S}$$

a in cm, S in t, s in m.

$\lambda = \sqrt{S} : s$	Nadelholz			Eiche und Buche		
	$\sigma = 80$ δ	$\frac{7}{6} \cdot 80$ δ	$\frac{2}{3} \cdot 80$ δ	$\sigma = 100$ δ	$\frac{7}{6} \cdot 100$ δ	$\frac{2}{3} \cdot 100$ δ
0,11	—	—	16,25	—	—	—
0,12	—	—	15,49	—	—	14,73
0,13	13,53	—	14,83	—	—	14,10
0,14	12,99	12,55	14,25	—	—	13,54
0,15	12,51	12,08	13,72	11,89	—	13,04
0,16	12,08	11,66	13,25	11,48	11,09	12,59
0,17	11,69	11,28	12,82	11,11	10,73	12,18
0,18	11,33	10,94	12,43	10,77	10,40	11,81
0,19	11,00	10,62	12,07	10,46	10,10	11,47
0,20	10,70	10,33	11,74	10,17	9,82	11,16
0,22	10,16	9,81	11,16	9,66	9,32	10,60
0,24	9,69	9,36	10,64	9,21	8,89	10,11
0,26	9,28	8,96	10,20	8,82	8,51	9,68
0,28	8,92	8,61	9,80	8,47	8,18	9,30
0,30	8,60	8,30	9,44	8,16	7,88	8,97
0,35	7,91	7,63	8,69	7,51	7,25	8,25
0,40	7,37	7,11	8,10	6,99	6,75	7,69
0,45	6,92	6,67	7,60	6,57	6,34	7,22
0,50	6,53	6,31	7,22	6,21	5,99	6,82
0,6	5,95	5,72	6,66	5,63	5,43	6,25
0,7	5,55	5,31	6,28	5,22	5,01	5,86
0,8	5,26	5,02	6,01	4,92	4,71	5,58
0,9	5,04	4,80	5,80	4,70	4,48	5,36
1,0	4,87	4,63	5,64	4,52	4,29	5,20
1,2	4,63	4,37	5,40	4,27	4,04	4,95
1,4	4,46	4,20	5,22	4,09	3,87	4,78
1,6	4,33	4,07	5,11	3,97	3,74	4,66
1,8	4,23	3,98	5,02	3,87	3,64	4,57
2,0	4,16	3,90	4,95	3,79	3,56	4,49
2,5	4,03	3,77	4,82	3,66	3,43	4,36
3,0	3,94	3,68	4,73	3,57	3,34	4,28
4	3,84	3,57	4,63	3,46	3,23	4,17
5	3,77	3,51	4,57	3,40	3,17	4,11
10	3,65	3,39	4,45	3,28	3,05	3,99
20	3,59	3,33	4,39	3,22	2,99	3,93
∞	3,54	3,27	4,33	3,16	2,93	3,87

Wird λ so klein, daß die Zahlentafeln dafür keinen Wert δ aufweisen, so würde die Grenze $\lambda = 200$ überschritten. Dann muß ohne Rücksicht auf die Größe der Druckkraft für Rundholzquerschnitt $d = 2,000$ s, für quadratischen Querschnitt $a = 1,732$ s sein. Falls, wie gewöhnlich, der größte Schlankheitsgrad nur

$\lambda = 150$ betragen darf, so dürfen die oberhalb der starken Linie liegenden Werte von δ nicht benutzt werden. Ergibt sich ein Wert λ , für den der Faktor δ über dieser Linie liegt, dann muß für Rundholzquerschnitt $d = 2,667 s$, für quadratischen Querschnitt $a = 2,309 s$ sein.

1. Beispiel: Gegeben $S = 5,2 t$; $s_K = 4,80 m$; $\sigma_{zul} = 7/6 \cdot 80 kg/cm^2$. Gesucht a) Rundholzquerschnitt, b) quadratischer Querschnitt.

Zunächst berechnet man $\lambda = \sqrt{5,2 : 4,80} = 0,475$. (Strich des Rechenschieberläufers auf 5,2 stehen lassen!)

a) In Zahlentafel 3a findet man unter Einschalten eines Zwischenwertes $\delta = 7,42$. Demnach wird benötigt $d = 7,42 \cdot \sqrt{5,2} = 16,92 cm$. (Spannungsnachrechnung, die nicht erforderlich ist, sondern hier nur zur Probe und mit nicht abgerundetem Durch-

messer erfolgt: $F = 224,85 cm^2$, $i = 4,23 cm$, $\lambda = 113,48$, $\omega = 4,002$, $\sigma = 92,6 kg/cm^2$.)

b) In Zahlentafel 3b findet man $\delta = 6,49$. Erforderliche Rechteckseite $a = 6,49 \cdot \sqrt{5,2} = 14,80 cm$. (Spannungsnachrechnung: $F = 219,04 cm^2$, $i = 4,274 cm$, $\lambda = 112,31$, $\omega = 3,908$, $\sigma = 92,8 kg/cm^2$.)

2. Beispiel: Gegeben $S = 5,2 t$; $s_K = 12,5 m$. Bedingung $\lambda \leq 150!$

Man berechnet $\lambda = \sqrt{5,2 : 12,5} = 0,1824$. Da hierfür die δ -Werte oberhalb des waagrechten Striches liegen, muß sein

- a) für Rundholzquerschnitt $d = 2,667 \cdot 12,5 = 33,33 cm$,
- b) für quadratischen Querschnitt $a = 2,309 \cdot 12,5 = 28,86 cm$. (Dann wird $\lambda = 150$.)

EINFACHES UND ÜBERSICHTLICHES BERECHNUNGSVERFAHREN FÜR DEN DURCHLAUFENDEN TRÄGER.

Von Ing. Dr. techn. Josef Wilke, VDI, Berlin.

DK 624.072.23

Übersicht: Es wird ein Auflösungsverfahren der Dreimomenten-Gleichungen gezeigt, das bei Einführung der wechselseitigen Steifigkeitsverhältnisse je zweier Nachbarfelder ein geschlossenes Zahlenbild des durchlaufenden Trägers liefert, wodurch für die praktische Zahlenrechnung Vorteile erzielt werden.

1. Matrix der reziproken Schlankheitsverhältnisse.

Für den Fall der Belastung nur eines Feldes l_r lauten bekanntlich die Elastizitätsbedingungen (Dreimomentengleichungen) für die Endmomente dieses Feldes

- (1) für $M_{r-1} \dots M_{r-2} l'_{r-1} + 2 M_{r-1} (l'_{r-1} + l'_r) + M_r l'_r = - \mathfrak{L}_r l'_r$
- (2) für $M_r \dots M_{r-1} l'_r + 2 M_r (l'_r + l'_{r+1}) + M_{r+1} l'_{r+1} = - \mathfrak{R}_r l'_r$

Bei allen anderen Stützmomenten sind die Belastungsglieder auf der rechten Seite Null.

Werden die Gl. (1) und (2) durch l'_r geteilt, so verschwindet der Einfluß der Steifigkeit auf der rechten Seite, und die äußeren Beiwerte der beiden gesuchten Momente erhalten so den Wert 1:

$$(3) \quad M_{r-2} \frac{l'_{r-1}}{l'_r} + 2 M_{r-1} \left(\frac{l'_{r-1}}{l'_r} + 1 \right) + M_r \cdot 1 = - \mathfrak{L}_r$$

$$(4) \quad M_{r-1} \cdot 1 + 2 M_r \left(1 + \frac{l'_{r+1}}{l'_r} \right) + M_{r+1} \frac{l'_{r+1}}{l'_r} = - \mathfrak{R}_r$$

In Gl. (3) erscheint als maßgebender Beiwert das rechtsläufig entwickelte Steifigkeitsverhältnis, richtiger Schlankheitsverhältnis, des Feldes vor der Stütze $r-1$ zum nachfolgenden Feld r , in Gl. (4) dagegen das rückläufige Schlankheitsverhältnis des der Stütze r nachfolgenden Feldes zu dem vorausgehenden. Diese Verhältniswerte werden weiterhin mit dem Buchstaben k bezeichnet,

$$(5) \quad k_{r-1,r} = \frac{l'_{r-1}}{l'_r} \text{ (rechtsläufig)}$$

$$(6) \quad k_{r+1,r} = \frac{l'_{r+1}}{l'_r} \text{ (linksläufig)}$$

und durch einen einfachen Zahlenwert ausgedrückt; l' bedeutet den Schlankheitswert $\frac{1 E_0 J_0}{E J}$ eines Trägerfeldes.

Werden in gleicher Weise in allen der Gl. (3) vorausgehenden Gleichungen die rechtsläufigen, und in allen der Gl. (4) nachfolgenden Gleichungen die linksläufigen Werte k eingeführt, so entstehen zwei Gleichungsgruppen I und II der Bauart (3) und (4), die sich besonders gut für die Auflösung nach M_{r-1} und M_r eignen, da die Beiwerte innerhalb der von der Reduktion nicht betroffenen Kolonnen bei beiden Gruppen durchwegs den Wert 1 aufweisen.

Bei Belastung eines beliebigen anderen Feldes gelten die gleichen Gesichtspunkte für die Aufstellung der günstigsten Gleichungsgruppen I und II zwecks Ermittlung der Einspannmomente des jeweiligen Lastfeldes. Im Hinblick auf diese verschiedenen Belastungsfälle können daher beide Gleichungsgruppen

I und II von vornherein auf sämtliche Elastizitätsbedingungen ausgedehnt und zu einem gemeinsamen Gleichungsbild zusammengeschlossen werden. Gleichungsgruppe I erscheint auf der linken, Gruppe II auf der rechten Seite, während die äußeren Beiwerte 1, die bei beiden Gruppen auftreten, zu einer gemeinsamen mittleren Kolonne zusammengezogen werden können.

Auf diese Weise entsteht eine fünfgliedrige Matrix der reziproken Schlankheitsverhältnisse als Unterlage für die weitere Berechnung. Jedem Stützmoment entspricht eine Zeile der Matrix, z. B. für die Stütze r :

$$\begin{array}{c} / \leftarrow \text{Gleichungsgruppe II} \\ \text{Gleichungsgruppe I} \rightarrow / \end{array}$$

$$(7) \quad k_{r,r+1} + 2 (k_{r,r+1} + 1) + 1 + 2 (1 + k_{r+1,r}) + k_{r+1,r}$$

Beide hierbei auftretenden Grundwerte $k_{r,r+1}$ und $k_{r+1,r} = 1/k_{r,r+1}$ können bei gleicher Rechenschiebereinstellung abgelesen werden. Ebenso einfach können die mittleren Beiwerte 2 ($k+1$) ohne Nebenrechnung angeschrieben werden.

Die Bedingungsgleichungen (3) und (4) können dem obigen Gleichungsbild (7) leicht entnommen werden; Gl. (3) ist durch die linke Hälfte des Zahlenbildes für die Stütze $r-1$, Gl. (4) durch die rechte Hälfte des Zahlenbildes für die Stütze r dargestellt. In gleicher Weise können bei Belastung eines beliebigen anderen Feldes die jeweiligen Bedingungsgleichungen für die beiden Einspannmomente ebenfalls unmittelbar abgelesen werden. Die übrigen Gleichungen beider Gruppen I und II brauchen in diesem Zusammenhang nicht weiter beachtet zu werden, da ihr Einfluß durch die allgemeine Reduktion der gesamten Matrix ein für allemal im voraus ermittelt werden kann, da Belastungsglieder in diesen Gleichungen ja nicht auftreten.

Die Reduktion der Matrix erfolgt in der üblichen Weise nach dem Gaußschen Eliminationsverfahren durch Ausschaltung der äußeren Beiwerte k . Hierbei ist zu beachten, daß im Sinne der Ableitung die vorwärts schreitende Reduktion auf der linken Seite, die rückläufige Reduktion der Gleichungsgruppe II auf der rechten Seite der Matrix erfolgen muß. Die dabei auftretenden Reduktionsglieder Δ für die inneren Beiwerte der Dreimomentengleichungen, z. B.

$$(8) \quad \Delta_r^1 = - \frac{k_{r,r+1}}{m_{r-1}^1},$$

werden vorteilhaft über oder unter diesen Beiwerten vermerkt, so daß die reduzierten Beiwerte m , z. B.

$$(9) \quad m_r^1 = 2 (k_{r,r+1} + 1) + \Delta_r^1,$$

als Ergebnis der Reduktion links (m^1), bzw. rechts (m^r) außerhalb des Gleichungsbildes ohne jede Nebenrechnung angeschrieben werden können. Die r -te Zeile (für Stütze r) der reduzierten Matrix hat dann folgendes Bild:

$$(10) \quad m_r^1; k_{r,r+1} + 2(k_{r,r+1} + 1) + 1 + 2(1 + k_{r+1,r}) + k_{r+1,r}; m_r^r$$

Nach einer geringfügigen Ergänzung durch Aufnahme der Nennerdeterminanten N in die mittlere Kolonne der Einheitswerte (vgl. Abschn. 2) stellt diese Formel bereits den allgemeinen Ausdruck für das statische Zahlenbild des durchlaufenden Trägers dar.

2. Randmomente des belasteten Feldes.

Durch die beiden Reduktionen der Matrix werden, wie schon erwähnt, die Belastungsglieder der Gl. (3) und (4) nicht berührt. Es können daher, bei Belastung je eines beliebigen Feldes, die erforderlichen Bedingungsgleichungen unmittelbar der reduzierten Matrix (Zahlenbild [10]) entnommen werden. Sie lauten bei Belastung des r -ten Feldes (für die Stützmomente M_{r-1} und M_r):

$$(11) \quad m_{r-1}^1 \cdot M_{r-1} + 1 \cdot M_r = -\mathcal{Q}_r \text{ (reduzierte Gleichungsgruppe I)}$$

$$(12) \quad 1 \cdot M_{r-1} + m_r^r \cdot M_r = -\mathcal{R}_r \text{ (reduzierte Gleichungsgruppe II)}$$

Durch Auflösung erhalten wir die gesuchten Formeln für die beiden Randmomente des belasteten Feldes,

$$(13) \quad M_{r-1} = -\frac{\mathcal{Q}_r m_r^r - \mathcal{R}_r}{m_{r-1}^1 \cdot m_r^r - 1} \text{ und}$$

$$(14) \quad M_r = -\frac{\mathcal{R}_r m_{r-1}^1 - \mathcal{Q}_r}{m_{r-1}^1 \cdot m_r^r - 1}$$

die in allgemein gültiger Form auch wie folgt angeschrieben werden können:

$$(15) \quad M = -\frac{\mathcal{B} m' - \mathcal{B}'}{m m' - 1} = -\frac{1}{N} (\mathcal{B} m' - \mathcal{B}')$$

$$(16) \quad N = m m' - 1 \text{ (Nennerdeterminante des reduzierten Gleichungspaares);}$$

hierin bedeuten:

M das (linke oder rechte) Randmoment des belasteten Feldes,
 \mathcal{B} das Belastungsglied (\mathcal{Q} oder \mathcal{R}) dieses Feldes,
 m den (linken oder rechten) reduzierten Beiwert aus der Momentengleichung für M (Randkolonnen der reduzierten Matrix), sämtliche Größen M , \mathcal{B} und m bezogen auf die gleiche Seite des betrachteten Lastfeldes.

Die gestrichelten Werte \mathcal{Q}' und m' beziehen sich analog auf die andere Seite des belasteten Feldes.

Liegt also das gesuchte Moment am linken Ende des Lastfeldes, dann ist für m der Zahlenwert m^1 in der linken Randkolonne des Zahlenbildes in Höhe der Momentengleichung für M maßgebend; m' ist in diesem Falle der rechten Randkolonne (m^r) in Höhe der Momentengleichung für M' , die sich auf die rechtsseitig gelegene Nachbarstütze bezieht, zu entnehmen.

Liegt aber das gesuchte Moment M auf der rechten Seite des belasteten Feldes, dann sind m der rechten Randkolonne (m^r) in Höhe der Momentengleichung für M und m' der linken Randkolonne (m^1) in Höhe der Momentengleichung für M' (linke Nachbarstütze) zu entnehmen.

Da der Nenner $N = m m' - 1$, wie aus den Ausdrücken (13) und (14) ersichtlich ist, für beide Randmomente des Lastfeldes identisch ist (Nennerdeterminante), so kann dieser, von der äußeren Belastung unabhängige Wert N ebenfalls von vornherein in das Zahlenbild (10) mit aufgenommen werden. Sinngemäß erhält er seinen Platz in der mittleren Kolonne zwischen den beiden zugehörigen Gleichungsbildern. In dieser Kolonne wechselt dann der Beiwert 1 jeweils mit dem Wert N ab, womit eine wertvolle Gedächtnisstütze für die Ermittlung des Wertes N selbst gegeben ist.

Wir haben also erreicht, daß bei Benutzung des im vorstehenden Sinne ergänzten Zahlenbildes (10) die Endmomente des Lastfeldes stets ohne jede Nebenrechnung als zweigliedrige Ausdrücke einfachster Bauart unmittelbar angeschrieben werden können (vgl. Formel [15]).

Für den Sonderfall einer zur Feldmitte symmetrischen Belastung ($\mathcal{B} = \mathcal{B}' = \mathcal{Q} = \mathcal{R}$) vereinfacht sich die Formel (15) noch weiter und geht über in

$$(17) \quad M = -\frac{\mathcal{B}}{N} (m' - 1) \text{ für } \mathcal{B} = \mathcal{B}';$$

für diesen Fall können die Randmomente als je eingliedrige Ausdrücke angeschrieben und beide mit Hilfe einer einzigen Rechen-schiebereinstellung $\left(\frac{\mathcal{B}}{N}\right)$ ermittelt werden.

3. Stützmomente im unbelasteten Bereich.

Die reduzierten Beiwerte m in den Außenkolonnen des statischen Zahlenbildes (10) stellen in Verbindung mit den ungestörten Einheitsbeiwerten der mittleren Kolonne, wie aus den Gl. (11) und (12) zu ersehen ist, das Verhältnis der beiden Endmomente eines unbelasteten Feldes, und ihre reziproken Werte die Weiterleitungszahlen des durchlaufenden Trägers dar. Im Sinne der Gl. (11) bedeuten die linksseitigen Werte m^1 die Weiterleitungszahlen für die Stützmomente links vom Lastfeld, die rechtsseitigen Werte m dagegen jene für die rechtsseitigen Momente, und zwar stets als Nennergrößen $\left(\frac{1}{m}\right)$.

Beim Überspringen mehrerer unbelasteter Zwischenfelder von der Anzahl i erhält der Ausdruck für das betreffende Ausgangsmoment dementsprechend i solcher zusätzlicher Faktoren $\left(-\frac{1}{m}\right)$, oder symbolisch ausgedrückt, den Faktor $\frac{1}{|(-m)!|_i}$; die allgemeine Formel für die Weiterleitung der Momente im unbelasteten Trägerbereich lautet somit

$$(18) \quad M_i = \frac{M}{|(-m)!|_i};$$

hierin bedeuten:

m^1 das Produkt aller, im Sinne der Momentenentwicklung über den Beiwert m des Ausgangsmomentes hinausgehenden Beiwerte der Randkolonnen, einschließlich des Beiwertes für das gesuchte Moment M_i . Die Zahlen der linken Randkolonne dienen der Weiterleitung nach links, jene der rechten Randkolonne der Weiterleitung nach rechts;

M das dem unbelasteten Trägerbereich zugekehrte Ausgangsmoment;

i die Zahl der unbelasteten Zwischenfelder.

Bei der praktischen Durchrechnung werden daher in der Regel zuerst die beiden Randmomente des Lastfeldes nach der Formel (15) ermittelt und sodann die weiteren Stützmomente des durchlaufenden Trägers mit Hilfe der Formel (18) schrittweise, jeweils für $i = 1$, berechnet und unmittelbar angeschrieben.

4. Allgemeiner Ausdruck für ein beliebiges Stützmoment bei feldweiser Belastung.

Für den allgemeinsten Fall der Ermittlung eines beliebigen Stützmomentes können die Gl. (15) und (18) zu einer allgemeinen gültigen Formel zusammengefaßt werden:

$$(19) \quad M_i = \frac{M}{|(-m)!|_i} = -\frac{\mathcal{B} m' - \mathcal{B}'}{N} \cdot \frac{1}{|(-m)!|_i}$$

Die Bedeutung der einzelnen Größen ist nach den bisherigen Ausführungen ohne weiteres klar (vgl. Formeln [15] und [18]). Als Ausgangsmoment M ist hierbei das dem unbelasteten Trägerbereich zugekehrte Randmoment des Lastfeldes im Sinne der Formel (15) anzunehmen.

5. Randbedingungen.

Sämtliche vorkommenden Randbedingungen des durchlaufenden Trägers können durch die Randwerte m_0 der beiden Endauflager festgelegt werden. Zu diesem Zwecke nehmen wir auch die Gleichungsbilder für diese Endstützen in die Matrix (10) mit auf. Da die Elastizitätsbedingungen in diesem Falle über die Trägerenden hinausreichen, denken wir uns den Träger ebenfalls

über sein Ende hinaus verlängert und weisen dem so erhaltenen zusätzlichen Endfeld jenen Schlankheitswert $\frac{1}{EJ}$ zu, der der gegebenen Endlagerung des Trägers entspricht; bei gelenkiger Lagerung also ∞ , bei voller Einspannung 0. Da auch die Schlankheitsverhältnisse k_{01} (des gedachten Endfeldes l_0 zum Randfeld l_1) die gleichen Werte ∞ und 0 annehmen, so erhalten wir für die reduzierten Beiwerte der Endstützen die Grenzwerte $m_0 = \infty$ bei gelenkiger Endlagerung, $m_0 = 2$ bei voller Einspannung.

Im Falle einer teilweisen oder elastischen Einspannung, die eine besondere Rolle bei den rahmenartigen Tragwerken spielt, ist bei der Wahl der Steifigkeitsverhältnisse dem tatsächlichen elastischen Verhalten des Tragwerkes möglichst Rechnung zu tragen.

In vielen Fällen, namentlich bei immer wiederkehrenden Träger- und Bauformen, kann ein entsprechender Wert m_0 innerhalb der Grenzen ∞ und 2 unmittelbar gewählt werden. Für den Sonderfall gleicher Steifigkeiten, sowohl des vorhandenen, als auch des gedachten Endfeldes, wird $m_0 = 4$.

Im allgemeinen ist die Steifigkeit des gedachten Endbalkens so zu wählen, daß der elastische Widerstand dieses Endfeldes der Summe aller an der Einspannung des Endlagers beteiligten Widerstände gleichkommt. Das gefundene Einspannmoment selbst wird dann in dem so festgelegten anteiligen Verhältnis auf die einzelnen Bauglieder des Widerlagers aufgeteilt (vgl. auch die Deutschen Eisenbetonbestimmungen 1932, Abschn. V, § 28).

Die Gesamtsteifigkeit des gedachten Ersatzstabes muß also gleich sein der Summe sämtlicher Einzelsteifigkeiten der vorhandenen Anschlußstäbe, d. h.

$$\frac{E_0 J_0}{l_0} = \sum_i \frac{E_i J_i}{l_i}; \text{ dann ist } k_{r,0} = \frac{l_1 E_0 J_0}{E_1 J_1 l_0} = \frac{l_1}{E_1 J_1} \sum_i \frac{E_i J_i}{l_i}$$

oder einfacher

$$(20) \quad k_{l,0} = \sum_i \frac{l_1 E_i J_i}{l_i E_1 J_1} = \sum_i k_{l,i}$$

Das Schlankheitsverhältnis $k_{l,0}$ des Endfeldes zum Ersatzstab ist somit gleich der Summe der einzelnen Schlankheitsverhältnisse $k_{l,i}$ des Endfeldes zu allen vorhandenen Anschlußstäben des Widerlagers. Diese Beziehung gilt ganz allgemein, da für $i = 1$ die Formel übergeht in das Schlankheitsverhältnis der Innenfelder eines durchlaufenden Trägers.

Zwecks Erfassung der Randbedingung für den gedachten Ersatzstab kann wegen des im allgemeinen bereits stark abgeklungenen Einflusses auf die gesuchten Momente ein zugehöriger Randwert m_{00} nach den oben dargelegten Gesichtspunkten stets unmittelbar geschätzt werden.

Sollte ausnahmsweise eine noch weitergehende Steigerung der Genauigkeit erforderlich werden, dann müßte in ähnlicher Weise auf den Einfluß der Widerlagerstäbe zweiter Ordnung eingegangen werden. In diesem Falle wird jeder einzelne Widerlagerstab entsprechend seiner Steifigkeit und nach Maßgabe seiner Einspannung mit Hilfe des folgenden Ausdruckes für den reduzierten Beiwert m_A berücksichtigt

$$(21) \quad m_A = 2 + \frac{1}{\frac{\sum k_{1a}}{\lambda} \frac{1}{2} - \frac{1}{m_W}}$$

die Summe \sum_A erstreckt sich hierbei über sämtliche Widerlagerstäbe a am Ende des Trägers bei A ,

k_{1a} bedeutet das jeweilige Schlankheitsverhältnis des Endfeldes 1 zu jedem der vorhandenen Widerlagerstäbe a ,

m_W den analogen Ausdruck (21) für den reduzierten Beiwert 2. Ordnung, der den Einspannungsgrad jedes einzelnen Widerlagerstabes a in den jeweils vorhandenen Widerlagerstäben 2. Ordnung zum Ausdruck bringt.

Die Formel (21) gestattet somit als Rekursionsformel eine beliebige Steigerung der Genauigkeit, da in gleicher Weise auch

die reduzierten Beiwerte höherer Ordnung eingeführt werden können. Für den zahlenmäßigen Ansatz ergibt sich dann die Form der Kettenrechnung

$$(22) \quad m_A = 2 + \frac{1}{\frac{\sum k_{1a}}{\lambda} \frac{1}{2} - \frac{1}{2 + \frac{1}{\frac{\sum k_{aw}}{W} \frac{1}{2} - \frac{1}{2 + \frac{1}{\frac{\sum k_{wx}}{X} \frac{1}{2} - \frac{1}{2 + \dots}}}}}}$$

die an jeder beliebigen Einspannstelle 1., 2. oder höherer Ordnung mit Hilfe eines Restgliedes

$$(23) \quad \frac{\sum k_{yz}}{2 - K_z}$$

abgebrochen werden kann; das Schlußglied K_z ,

$$(24) \quad K_z = -\frac{M_z}{M_y} = \frac{1}{m_z}$$

drückt die verhältnismäßige Lage des äußeren Festpunktes durch das Verhältnis der beiden Endmomente des in die Berechnung noch einbezogenen äußersten Widerlagerstabes aus und kann sinngemäß geschätzt werden.

Bei gegebenem Randwert m_A können, wie bereits erwähnt, sämtliche Momente des durchlaufenden Trägers, somit auch das Einspannmoment M_{AB} am Trägerende bei A , in der üblichen Weise (nach Formel [15]) ermittelt werden.

Die Anschlußmomente der einzelnen Widerlagerstäbe bei A (M_{AW}) erhalten wir nach der Formel

$$(25) \quad M_{AW} = -\frac{k_{1a}}{2 - \frac{1}{m_w}} (2 M_{AB} + M_B + Q_1) = \frac{k'_{1a}}{\sum k'_{1a}} M_{AB}$$

und die Endmomente der Widerlagerstäbe

$$(26) \quad M_{WA} = -\frac{M_{AW}}{m_w}$$

Hierbei ist der Ausdruck

$$k'_{1a} = \frac{k_{1a}}{2 - \frac{1}{m_w}}$$

vor der Klammer als Teilglied des Summenausdruckes \sum der Formel (21) zu entnehmen.

Bei den Widerlagerstäben 2. und höherer Ordnung fällt das Belastungsglied Q_1 fort, während die Formeln (25) und (26) sinngemäß erhalten bleiben. Bei geschätztem Restglied ist laut Formel (24) der (geschätzte) Wert $K = \frac{1}{m}$ einzuführen.

6. Gleichzeitige Belastung mehrerer Felder.

Eine Möglichkeit zur Berechnung solcher Belastungsfälle besteht immer auf dem Wege der Überlagerung von feldweisen Einzelbelastungsfällen. Vorteilhafter ist allerdings der unmittelbare Rechnungsgang mit Hilfe des Zahlenbildes (10).

Da diese Matrix sowohl den Ansatz der Elastizitätsbedingungen als auch die Reduktion der Gleichungen enthält, so kann die zusätzlich noch zu leistende Rechenarbeit auf die Reduktion der Belastungsglieder beschränkt bleiben. Um die erforderlichen Rechenoperationen zu erkennen, gehen wir nochmals von den Gl. (1) und (2) aus, wobei wir nur die Änderungen auf der rechten Seite des Gleichheitszeichens zu verfolgen brauchen.

Bei beliebiger Belastung lautet die rechte Seite der Gleichung (1) (für M_{r-1})

$$(27) \quad \dots = -\mathfrak{R}_{r-1} l'_{r-1} - \mathfrak{Q}_r l'_r$$

der Gleichung (2) (für M_r)

$$(28) \quad \dots = -\mathfrak{R}_r l'_r - \mathfrak{Q}_{r+1} l'_{r+1}$$

Die Teilung durch l_r im Sinne der Gl. (3) und (4), bzw. (5) und (6) ergibt

für Gl. (3)

$$(29) \quad \dots = -\mathfrak{R}_{r-1} \frac{l'_{r-1}}{l_r} - \mathfrak{Q}_r = -\mathfrak{R}_{r-1} k_{r-1,r} - \mathfrak{Q}_r = B_{r-1}$$

für Gl. (4)

$$(30) \quad \dots = -\mathfrak{R}_r - \mathfrak{Q}_{r+1} \frac{l'_{r+1}}{l_r} = -\mathfrak{R}_r - \mathfrak{Q}_{r+1} k_{r+1,r} = B_r$$

d. h., werden die Belastungsglieder mit der linken Gleichungsgruppe I verknüpft, dann erhalten sie die dieser Gruppe zugehörigen Beiwerte $k_{r-1,r}$ und 1 ; werden die Belastungsglieder jedoch mit der Gleichungsgruppe II verknüpft, dann müssen sie auch die Beiwerte dieser Gruppe, 1 und $k_{r+1,r}$, erhalten (vgl. Gleichungsbild 7). Ebenso ist durch die Wahl der Verknüpfung der Richtungssinn der Reduktion und damit die maßgebende Kolonne der reduzierten Beiwerte von vornherein festgelegt.

So lauten z. B. die Reduktionsglieder der rechten Seite für die Gleichungsgruppe I

$$(31) \quad \Delta_B^I = -\frac{k_{r,r+1}}{m_{r-1}} \cdot B'_{r-1} = \Delta_r^I \cdot B'_{r-1}$$

und damit die reduzierten Belastungsglieder

$$(32) \quad B'_r = B_r + \Delta_r^I \cdot B'_{r-1},$$

wobei die Werte Δ ebenfalls dem Zahlenbild des durchlaufenden Trägers entnommen werden können (vgl. Formel [8]).

Wir sehen also, daß alle sowohl für die Aufstellung als auch für die Reduktion der Belastungsglieder benötigten Beiwerte unmittelbar dem Zahlenbild des Trägers entnommen werden können. Die Reduktion der Belastungsglieder B selbst gestaltet sich auf Grund der Rekursionsformel (32) sehr einfach und führt zum reduzierten Belastungsglied der Vorendstütze. Für das Endfeld kann sodann unter Berücksichtigung der vorliegenden Randbedingung innerhalb der reziproken Gleichungsgruppe (auf der anderen Seite der Matrix) jedes der beiden Stützmomente mit Hilfe der allgemeinen Formel (15) gefunden werden. Die übrigen Stützmomente erhalten wir dann durch rückläufiges Einsetzen in das reduzierte Gleichungssystem.

Auch dieser Rechenabschnitt wird begünstigt durch die Beiwerte 1 der Verbindungsunbekannten M_r in Gl. (11),

$$(33) \quad m_{r-1}^I M_{r-1} + 1 \cdot M_r = B'_{r-1},$$

so daß die Momente selbst nach der Rekursionsformel

$$(34) \quad M_{r-1} = \frac{1}{m_{r-1}^I} (B'_{r-1} - M_r)$$

in einfachster Weise ermittelt werden können.

Bei Benutzung der Gleichungsgruppe II geht man ganz analog vor. Dieser Weg empfiehlt sich besonders dann, wenn nur die vorderen Felder belastet sind; die Reduktion der Belastungsglieder bleibt dann auf diesen Bereich beschränkt, während sich sonst dieser Einfluß abklingend über das ganze Tragwerk erstrecken würde.

Beide Gleichungsgruppen I und II werden zweckmäßig dann angesetzt, wenn es sich um Belastungen im inneren Trägerbereich handelt. Die Reduktionen nach Formel (32) erfolgen dann im Sinne beider Gleichungsgruppen auf das gemeinsame Innenfeld zu, für welches die beiden Stützmomente nach Formel (15) dann ermittelt werden können. Von diesem Feld ausgehend, wird die Rekursionsformel (34) in beiden Richtungen angesetzt.

7. Zusammenfassung.

Zusammenfassend kann die überragende Bedeutung der reziproken Matrix für die Berechnung des durchlaufenden Trägers dadurch unterstrichen werden, daß sie ein vollendetes Zahlenbild des Tragwerkes darstellt, aus welchem alle interessierenden statischen Werte des Problems unmittelbar entnommen werden können. Diese Matrix enthält in knapper und übersichtlicher Form:

1. sämtliche Steifigkeitsverhältnisse des durchlaufenden Trägers,

2. sämtliche Elastizitätsbedingungen,

3. sämtliche möglichen Reduktionen der Bedingungsgleichungen und damit die Lage der Festpunkte $\left(\frac{1}{m}\right)$,

4. sämtliche Beiwerte der Belastungsglieder für die unmittelbare Ermittlung eines beliebigen Stützmomentes, sowohl bei Einzelfeldbelastung als auch bei gleichzeitiger Belastung beliebig vieler Felder.

Die Ermittlung dieses Zahlenbildes kann als allgemeine und übersichtliche Lösung der homogenen Gleichungssysteme I und II aufgefaßt werden, da der Einfluß der äußeren Belastung hierbei nirgends auftritt. Für durchlaufende Träger mit ähnlichen Steifigkeitsverhältnissen kann daher auch dasselbe Zahlenbild immer wieder Verwendung finden. Die Aufstellung eines neuen Zahlenbildes erfordert — wie die folgenden Zahlenbeispiele zeigen — einen so geringen Rechenaufwand, daß sie für jede besondere Trägerart als allgemeine Vorarbeit schnellstens durchgeführt werden kann. Auch kann eine kleine Sammlung der Zahlenbilder für die gebräuchlichsten Trägerformen leicht angelegt werden.

Im Rahmen dieser Abhandlung wurde stillschweigend vorausgesetzt, daß die Trägheitsmomente innerhalb der einzelnen Feldweiten konstant sind. Dies geschah mit Absicht, um die Entwicklung des Berechnungsverfahrens übersichtlicher und damit verständlicher zu gestalten. Wie die Ableitungen zeigen, steht aber nichts im Wege, auch eine veränderliche Steifigkeit innerhalb der einzelnen Felder zu berücksichtigen, da in diesem Falle nur die Beiwerte der Elastizitätsbedingungen entsprechend abgeändert werden müßten; das Zahlenbild als solches und die daraus abgeleiteten Formeln werden jedoch dadurch in keiner Weise beeinflusst.

Es würde zu weit führen, hier auch auf die Ermittlung der Einflußlinien einzugehen; doch möchte ich unter Hinweis auf den oben aufgezeigten Inhalt des Zahlenbildes kurz erwähnen, daß auch in dieser Hinsicht die wesentliche Vorarbeit bereits geleistet ist, und die maßgebenden Bestimmungsgrößen für die Darstellung der Einflußlinien leicht gefunden werden können.

8. Zahlenbeispiele.

1. Beispiel

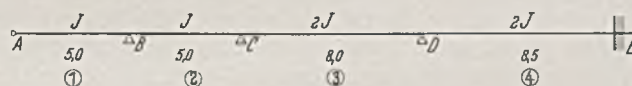


Abb. 1.

Durchlaufender Träger über 4 Felder, bei A gelenkig gelagert ($M_A = 0$), bei E voll eingespannt;

Spannweiten $l_1 = l_2 = 5,0$ m, $l_3 = 8,0$ m, $l_4 = 8,5$ m;

Trägheitsmomente $J_1 = J_2 = J$, $J_3 = J_4 = 2 J$;

Belastung beliebig, ausgedrückt durch die Belastungsglieder \mathfrak{B} ,

Feld C—D symmetrisch belastet;

Belastungsglieder \mathfrak{Q} bzw. \mathfrak{R} , darunter $\mathfrak{Q}_3 = \mathfrak{R}_3$;

Schlankheitsverhältnisse (vgl. (5) und (6))

$$k_{1,2} = k_{2,1} = 1$$

$$k_{2,3} = \frac{5,0}{8,0} \cdot \frac{2 J}{J} = 1,25; \quad k_{3,2} = \frac{1}{1,25} = 0,80$$

$$k_{3,4} = \frac{8,0}{8,5} = 0,94; \quad k_{4,3} = \frac{1}{0,94} = 1,06.$$

Zahlenbild (vgl. (7), (8), (9), (10) und (16), Randbedingungen $m_A = \infty$, $m_E = 2$) (siehe Zahlentafel nächste Seite).

Stützmomente (vgl. (15) und (18)):

Feld A—B belastet:

$$M_A = 0$$

$$M_B = -\frac{1}{3,70 \infty} (\mathfrak{R}_1 \cdot \infty - \mathfrak{Q}_1) = -\frac{\mathfrak{R}_1}{3,70} = M_B;$$

$$-\frac{M_B}{3,38} = M_C; \quad -\frac{M_C}{3,59} = M_D; \quad -\frac{M_D}{2} = M_E.$$

Stütze	m_l	$k_{l,r}$	Δ^I	N	Δ^{II}	$k_{r,l}$	m_r	Stütze
A	∞							A
B	4,00	1	0	3,70	∞			B
C	4,19	1,25	0,31	12,52	1	4	3,70	C
D	3,66	0,94	0,22	14,04	1	3,60	0,80	D
E	1,73	∞	0,27	6,32	1	4,12	1,06	E
			∞	2	0	0	2,00	

Feld B—C belastet:

$$M_B = -\frac{1}{12,52} (\mathcal{Q}_2 \cdot 3,38 - \mathcal{R}_2) = M_B; \quad -\frac{M_B}{\infty} = M_A = 0.$$

$$M_C = -\frac{1}{12,52} (\mathcal{R}_2 \cdot 4,00 - \mathcal{Q}_2) = M_C; \quad -\frac{M_C}{3,59} = M_D;$$

$$-\frac{M_D}{2} = M_E.$$

Feld C—D belastet (vgl. (17)):

$$M_C = -\frac{3,59 - 1}{14,04} \mathcal{Q}_3 = M_C; \quad -\frac{M_C}{4} = M_B.$$

$$M_D = -\frac{4,19 - 1}{14,04} \mathcal{R}_3 (= \mathcal{Q}_3) = M_D; \quad -\frac{M_D}{2} = M_E.$$

Feld D—E belastet:

$$M_D = -\frac{1}{6,32} (\mathcal{Q}_4 \cdot 2 - \mathcal{R}_4) = M_D; \quad -\frac{M_D}{4,19} = M_C;$$

$$-\frac{M_C}{4} = M_B.$$

$$M_E = -\frac{1}{6,32} (\mathcal{R}_4 \cdot 3,66 - \mathcal{Q}_4) = M_E.$$

Die Ergebnisse der feldweisen Belastung können zweckmäßig tabellarisch dargestellt werden; die errechneten beiden Endmomente des jeweiligen Lastfeldes werden in die Diagonalfelder eingetragen, so daß dann die weiteren Stützmomente für sämtliche Lastfälle gemeinsam (mittels gemeinsamer Weiterleitungszahlen m) ermittelt und unmittelbar angeschrieben werden können:

Stütze	m_r	Lastfeld				m_l
		1	2	3	4	
B	3,70	—	—	.	.	4,00
C	3,38	.	—	—	.	4,19
D	3,59	.	.	—	—	3,66
E	2,00	.	.	.	—	1,73 ∞

Vollbelastung (vgl. (29), (32) und (34)).

Reduktion I ($B = -\mathcal{R}_l k_{l,r} - \mathcal{Q}_r$):

B	B'	M
B _B	B _B = B' _B	$M_B = \frac{1}{4} (B'_B - M_C)$
B _C	B _C - 0,31 B' _B = B' _C	$M_C = \frac{1}{4,19} (B'_C - M_D)$
B _D	B _D - 0,22 B' _C = B' _D	$M_D = \frac{1}{3,66} (B'_D - M_E)$
B _E	B _E - 0,27 ∞ B' _D = B' _E	$M_E = -\frac{1}{1,73} (B'_E - 0)$

Die Belastungsglieder B wurden in allgemeiner Form eingeführt, um auf diese Weise die Gesetzmäßigkeit des Rechnungsganges deutlich hervortreten zu lassen; bei praktischen Zahlenrechnungen werden diese Größen unmittelbar durch ihre Zahlenwerte ausgedrückt.

Reduktion II ($B = -\mathcal{R}_l - \mathcal{Q}_r k_{r,l}$):

B	B'	M
B _B	B _B - 0,30 B' _C = B' _B	$M_B = \frac{1}{3,70} (B'_B - 0)$
B _C	B _C - 0,22 B' _D = B' _C	$M_C = \frac{1}{3,38} (B'_C - M_B)$
B _D	B _D - 0,53 B' _E = B' _D	$M_D = \frac{1}{3,59} (B'_D - M_C)$
B _E	B _E = B' _E	$M_E = \frac{1}{2} (B'_E - M_D)$

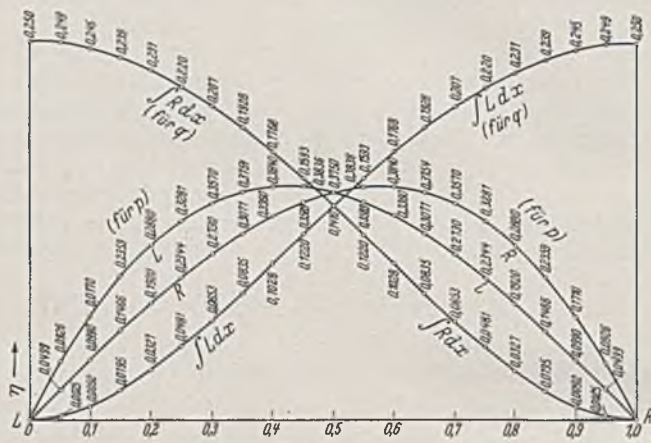


Abb. 2.

Einflußlinien für die Belastungsglieder \mathcal{Q} und \mathcal{R} :
 Einzellast P: \mathcal{Q} bzw. $\mathcal{R} = P \cdot l \cdot \eta$ 1 cm = $\sim 0,125$
 Streckenlast q: $q = q \cdot l^2 \cdot (\eta_2 - \eta_1)$ 1 cm = $\sim 0,050$
 Anmerkung: Einflußwerte für einseitige Einspannung $\frac{\eta}{2}$.

2. Beispiel:

Durchlaufender Träger über 3 Felder mit elastischer Einspannung bei A und D;

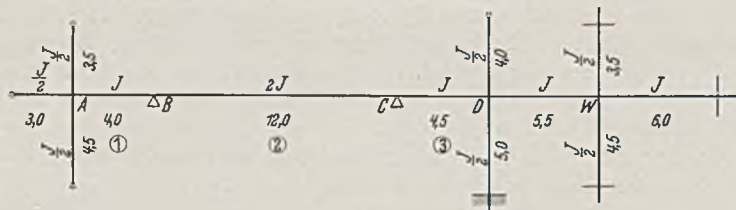


Abb. 3.

Spannweiten $l_1 = 4,0$ m, $l_2 = 12,0$ m, $l_3 = 4,5$ m;
 Trägheitsmomente $J_1 = J_3 = J$, $J_2 = 2 J$;

Randbedingungen:

Widerlager A mit 3 gelenkig gelagerten Anschlußstäben;
 Spannweiten 4,5 m, 3,0 m und 3,5 m;

Trägheitsmoment jedes Widerlagerstabes $J_w = \frac{1}{2} J$;

Ersatzstab (vgl. (20)):

$$k_{1,0} = \frac{4,0}{4,5} \cdot \frac{1}{2} + \frac{4,0}{3,0} \cdot \frac{1}{2} + \frac{4,0}{3,5} \cdot \frac{1}{2} = 0,445 + 0,667 + 0,572 = 1,684;$$

$$m_0 = \infty.$$

Widerlager D mit 3 verschieden gelagerten Anschlußstäben (volle Einspannung, elastische Einspannung in Widerlagerstäben 2. Ordnung und gelenkige Lagerung; vgl. [21]):

$$m_D = 2 + \frac{1}{\sum \frac{1}{D}}$$

$$\sum \frac{1}{D} = \frac{4,5}{5,0} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2 - \frac{1}{2}} + \frac{4,5}{5,5} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2 - \frac{1}{2}} + \frac{4,5}{4,0} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2 - 0}$$

$$m_w = 2 + \frac{1}{\sum \frac{1}{w}}$$

$$\sum \frac{1}{w} = \frac{5,5}{4,5} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2 - \frac{1}{3}} + \frac{5,5}{6,0} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2 - \frac{1}{5}} + \frac{5,5}{3,5} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2 - \frac{1}{4}}$$

Zahlenbild:

Stütze	m_l	$k_{l,r}$	Δ^I	N	Δ^{II}	$k_{r,l}$	m_r	Stütze
0,572 0,667 0,445 1,684	3,188	0,594	3,188	4,997 I	5,368 -0,371	1,684	4,997	A
B	3,125	0,667	3,334	13,46 I	5,000 -0,462	1,500	4,538	B
C	2,240	1,333	2,666	9,14 I	3,500 -0,256	0,750	3,244	C
D				5,56			2,925	D
							0,281 -0,500 0,300 1,081	

$= 0,367 + 0,510 + 0,449 = 1,326; m_w = 2 + \frac{I}{1,326} = 2,75;$

$\sum_D = 0,300 + 0,500 + 0,281 = 1,081; m_D = 2 + \frac{I}{1,081} = 2,925.$

Die Gleichungsbilder sind in diesem Falle für sämtliche Innenstützen identisch (1 4 1 4 1); es wird daher nur die reduzierte Matrix angeschrieben.

Einspannungsverhältnisse:

0,572 0,667 0,445 1,684	A; D	0,281 - ∞ -0,500 - 2,75 0,300 - 2 1,081	W	0,449 - 4 (oben) -0,510 - 5 (Mitte) 0,367 - 3 (unten) 1,326
----------------------------------	------	--	---	--

Stützmente:

Feld C—D belastet (Belastungsglieder \mathcal{Q}_3 und \mathcal{Q}_3):

$M_C = -\frac{I}{5,56} (\mathcal{Q}_3 \cdot 2,925 - \mathcal{Q}_3) = M_C;$

$M_D = -\frac{I}{5,56} (\mathcal{Q}_3 \cdot 2,240 - \mathcal{Q}_3) = M_D;$

alle weiteren Momente können an Hand des Zahlenbildes unmittelbar angeschrieben werden:

$-\frac{M_C}{3,125} = M_B; -\frac{M_B}{3,188} = M_A;$

Widerlagerstäbe bei A: bei D:

$\frac{M_A}{1,684} \cdot 0,572 = M_{A0}; \frac{M_D}{1,081} \cdot 0,281 = M_{D0}; -\frac{M_{D0}}{\infty} = 0;$

„ $\cdot 0,667 = M_{Am};$ „ $\cdot 0,500 = M_{Dm}; -\frac{M_{Dm}}{2,75} = M_W;$

„ $\cdot 0,445 = M_{Au};$ „ $\cdot 0,300 = M_{Du}; -M_{Du} \cdot 2 = M_u.$

Widerlagerstäbe 2. Ordnung bei W:

$\frac{M_W}{1,326} \cdot 0,449 = M_{W0}; -M_{W0} : 4 = M'_0;$

„ $\cdot 0,510 = M_{Wm}; -M_{Wm} : 5 = M'_m;$

„ $\cdot 0,367 = M_{Wu}; -M_{Wu} : 3 = M'_u.$

Die Vorzeichen sind entsprechend dem Drehsinn der Knotenpunkte einzuführen.

Felder A—B—C belastet, Reduktion II, $B = -\mathcal{R}_1 - \mathcal{Q}_r \cdot k_{r,l}:$

B	B'	M
B _A	B _A - 0,371 B' _B = B' _A	$M_A = \frac{I}{4,997} (B'_A - 0)$
B _B	B _B - 0,462 B' _C = B' _B	$M_B = \frac{I}{4,538} (B'_B - M_A)$
B _C	B _C = B' _C	$M_C = \frac{I}{3,244} (B'_C - M_B)$
		$M_D = \frac{I}{2,925} (0 - M_C)$

Die weiteren Momente genau wie beim vorhergehenden Belastungsfall.

3. Beispiel:

Zahlenbilder für durchlaufende Träger mit gleichen Feldsteifigkeiten ($\frac{I}{EJ} = \text{konst}$) und frei drehbaren Endauflagern:

Stütze	m_l	Δ^I	N	Δ^{II}	m_r	Stütze	
2-Feldträger:							
B	4,00	0	4,00 ∞ 1 4,00 ∞	0	4,00	B	
3-Feldträger:							
B	4,00	0	3,75 ∞ 1 15,00	-0,25	3,75	B	
C	3,75	-0,25	1 3,75 ∞	0	4,00	C	
4-Feldträger:							
B	4,00	0	3,73 ∞ 1 14,00	-0,27	3,73	B	
C	3,75	-0,25	1 14,00	-0,25	3,75	C	
D	3,73	-0,27	1 3,73 ∞	0	4,00	D	
5-Feldträger:							
B	4,00	0	3,73 ∞ 1 13,93	-0,27	3,73	B	
C	3,75	-0,25	1 13,06	-0,27	3,73	C	
D	3,73	-0,27	1 13,93	-0,25	3,75	D	
E	3,73	-0,27	1 3,73 ∞	0	4,00	E	
6-Feldträger:							
B	4,00	0	3,73 ∞ 1 13,93	-0,27	3,73	B	
C	3,75	-0,25	1 13,00	-0,27	3,73	C	
D	3,73	-0,27	1 13,00	-0,27	3,73	D	
E	3,73	-0,27	1 13,93	-0,25	3,75	E	
F	3,73	-0,27	1 3,73 ∞	0	4,00	F	
7- und Mehrfeldträger:							
Innenfelder	D	3,73	-0,27	1 12,92	-0,27	3,73	D
E	3,73	-0,27	1 13,00	-0,27	3,73	E	

sonst wie 6-Feldträger.

VERSCHIEDENE MITTEILUNGEN.

Richtfest für Brücken und Schleusen des
Rhein-Marne-Kanals.

Nach alter deutscher Sitte fand am 5. September 1940 nach sechswöchiger Wiederaufbauarbeit in Nancy ein großes Richtfest statt, an dem neben den Bauschaffenden der OT. die Vertreter von Wehrmacht, Partei und Staat teilnahmen. Im Namen des Reichsministers Dr. Todt begrüßte Reichsbahnoberrat L ö b l e von der Abteilung Wiesbaden die Ehrengäste und Arbeitskameraden und gab einen Überblick über die gewaltige Aufbauarbeit, die an den von Feinden zerstörten Kanälen in Elsaß und Lothringen von den Frontarbeitern geleistet wurde. Es handelt sich hierbei um den Rhein—Marne-Kanal, den Rhein—Rhone-Kanal, den Ostkanal und den Saarkohle-Kanal. Regierungsbaurat Scheffler machte eingehende Ausführungen über den Umfang der Arbeiten. So wurden in kürzester Frist u. a. von den Oberbauleitungen Pirmasens, Homburg und St. Wendel-Saarbrücken über 100 gesprengte Brücken entfernt, 23 Kanallbrücken für den Dauerzustand und 25 Brücken für den behelfsmäßigen Zustand erbaut. Ferner wurden 137 Schleusentore instandgesetzt und 20 Schleusentore erneuert; 85 gehobene Kähne wurden wieder instandgesetzt und 3650 m³ Schleusenmauern errichtet. Die Entschlammung der Kanäle wurde vorgenommen und heute kann festgestellt werden, nachdem die Franzosen alle Kanäle in Elsaß und Lothringen seit 1919 haben verkommen lassen, daß diese sich noch nie in einem so sauberen und betriebssicheren Zustand befanden wie jetzt durch die Maßnahmen der OT. Generalmajor Ditmar, der zuständige Armeepionierführer, sprach den Frontarbeitern den Dank der Wehrmacht aus. Die am Westwall eingesetzten Armeen kennen besonders die Leistungen der Frontarbeiter und er sei stolz darauf, beim Abschluß dieses bedeutsamen Aufbauwerkes in Elsaß und Lothringen die Frontkameradschaft zwischen der Wehrmacht und der OT. besonders feststellen zu können.

Werkstoffumstellung ist technischer Fortschritt.

Seit einigen Jahren steht der deutsche Maschinen- und Apparatebau im Zeichen einer Werkstoffumstellung, die viele althergebrachte Auffassungen und Gewohnheiten rücksichtslos beseitigt hat und, das ist besonders wichtig, immer noch erst am Anfang ihrer Entwicklung steht. Wenn auch ein von uns nicht gelegener Mangel an traditionellen Werkstoffen diesen Vorgang erheblich beschleunigt hat, so ist das doch nicht seine eigentliche Ursache. Die Werkstoffumstellung, wie wir sie jetzt erleben, mußte kommen, weil sie einfach eine notwendige Folge der technischen Zweck- und Gesetzmäßigkeit darstellt. Deshalb darf die deutsche Technik, die hier eine ihrer großartigsten Pionierleistungen vollbringt, von sich mit Recht behaupten, daß der auf diesem Gebiet vor den anderen Ländern erzielte Vorsprung nicht so ohne weiteres aufgeholt werden kann.

Welches ist nun der gegenwärtige Stand der Werkstoffumstellung im Maschinen- und Apparatebau, was ist im Rahmen dieser Aufgabe technisch noch möglich und notwendig? Diese Fragen, die vor allem den Betriebs- und Konstruktionsingenieur angehen, bilden den Mittelpunkt einer Reihe von Vortragsveranstaltungen „Werkstoffumstellung im Maschinen- und Apparate-

bau“, die der Verein deutscher Ingenieure im NSBDT. auf Anregung der Reichsstelle für Metalle und in Übereinstimmung mit dem Reichsministerium für Bewaffnung und Munition in den kommenden Wochen in mehreren deutschen Städten durchgeführt. Jede dieser Veranstaltungen, an denen auch die Wehrkreisbeauftragten und die Sparstoffkommissare des Reichsministers für Bewaffnung und Munition sowie die VDI-Bezirksvereine mitwirken, ist so angelegt, daß sie an einem Tag sowohl die allgemeinen Merkmale dieser Werkstoffumstellung, besonders im Hinblick auf die Verwendungsverbote der Anordnung 39a der Reichsstelle für Metalle, erörtert als auch die zukünftige Entwicklung auf dem Metallgebiet aufzeigt und darüber hinaus noch den besonderen Belangen der örtlichen Industrie des Tagungsbezirkes Rechnung trägt.

Die erste Vortragsreihe findet am 24. 9. 1940 in Magdeburg statt. Sie bringt insgesamt 12 Vorträge, die sich mit der Werkstoffumstellung auf den Gebieten der Lager, Zahnräder, des Pumpen- und Armaturenbauens, der Heiz- und Kühlvorrichtungen sowie des chemischen Apparatebaues befassen. Die einführenden Hauptvorträge geben einen Einblick in das Aufgabengebiet der Reichsstelle für Metalle und der Sparstoffkommissare des Reichsministers für Bewaffnung und Munition. Die weiteren Vortragsreihen werden in Stuttgart (27. 9.), Berlin (11. 10.), Chemnitz (14. 10.), Nürnberg (16. 10.), Wien (18. 10.), Brunn (21. 10.), Kattowitz (23. 10.), Danzig (26. 10.), Hamburg (28. 10.), Hannover (29. 10.), Dortmund (30. 10.), Essen (31. 10.), Düsseldorf (1. 11.) und Mannheim (4. 11. 40) durchgeführt.

Der Preis der Teilnehmerkarte für eine dieser Vortragsreihen beträgt 6,— RM, für NSBDT.-Mitglieder 5,— RM. Er berechtigt gleichzeitig zum Bezug des Berichtsheftes, das den wichtigsten Inhalt der Vorträge sämtlicher Vortragsreihen wiedergibt. Alle näheren Auskünfte erteilt die Geschäftsstelle des Vereines deutscher Ingenieure im NSBDT., Abt. FTA., Berlin NW 7, Hermann-Göring-Str. 27.

Umstellnorm für Hauswasserzähler, Herabsetzung der
Typenzahl.

Die Leistungssteigerung verlangt Herabsetzung der Typenzahlen. Dieser Forderung entsprechend sind in der kürzlich vom Deutschen Normenausschuß herausgegebenen Umstellnorm DIN 3260 U „Hauswasserzähler für kaltes Wasser“, Beuth-Vertrieb, Berlin SW 68, Preis —,75 RM (ausschl. Versandkosten), nur noch zwei Ausführungsarten vorgesehen: Flügelradzähler (Kurzzeichen F) und Ringkolbenzähler (Kurzzeichen R), beide als Naßzähler mit Zeigerzählwerk. In dem Normblatt DIN DVGW 3260, das nunmehr für den Inlandsverkehr ungültig wird, waren je drei Ausführungen von Flügelradzählern und Volumenzählern genormt; die jetzigen zwei Ausführungen ersetzen die bisherigen sechs und genügen den Bedürfnissen der Praxis.

In das Umstellnormblatt sind jetzt auch Werkstoffangaben aufgenommen worden, so daß die gesteigerte Anwendung erprobter Heinstoffe gefördert wird. Die Vorschriften über die Maßeigenschaften der Zähler sind unverändert geblieben.

Träger dieser Norm sind: Wirtschaftsgruppe Gas- und Wasserversorgung, Deutscher Verein von Gas- und Wasserfachmännern e. V. und Wirtschaftsgruppe Feinmechanik und Optik.

PATENTBERICHTE.

Bekanntgemachte Anmeldungen.

Bekanntgemacht im Patentblatt Nr. 33 vom 15. August 1940 und von demselben Tage an im Reichspatentamt ausgelegt.

Kl. 37 e, Gr. 10/02. N 42 551. Erfinder: Paul Heiden, Walsum. Anmelder: Neue Baugesellschaft Wayß & Freytag A.-G., Frankfurt a. M. Vorrichtung zum Anspannen von Rödeldrähten. 13. X. 38.

Kl. 37 f, Gr. 8. T 46 009. Georg Thofehrn, Berlin. Zelthalle, insbesondere für Flugzeuge. 14. XI. 37.

Kl. 42 k, Gr. 21/03. B 172 243. Askania-Werke Akt.-Ges., Berlin-Friedenau. Lichtelektrisches Gerät zum Ermitteln von Spannungen, Dehnungen, Durchbiegungen und Schwingungen. 17. XII. 35.

Kl. 59 c, Gr. 6. Sch 116 219. Erfinder, zugleich Anmelder: Dr.-Ing. Walter Schütz, Berlin-Lichterfelde. Schmutzwasserförderanlage. 16. VII. 38.

Kl. 80 b, Gr. 25/01. B 181 083. Erfinder: Dr. Robert Horn, Berlin. Anmelder: Baugesellschaft Malchow G. m. b. H., Berlin. Verfahren zur Herstellung homogener Steinkohlenteer-Erdölbitumengemische. 11. XII. 37. Österreich.

Kl. 80 b, Gr. 25/01. B 181 853. Erfinder: Dr. Robert Horn, Berlin. Anmelder: Baugesellschaft Malchow G. m. b. H., Berlin. Verfahren zur Herstellung von Asphaltmastix; Zus. z. Anm. B 181 083. 9. II. 38. Österreich.

Kl. 80 b, Gr. 25/01. B 181 945. Erfinder: Dr. Robert Horn, Berlin. Anmelder: Baugesellschaft Malchow G. m. b. H., Berlin.

Synthetischer Gußasphalt für Straßendecken; Zus. z. Anm. B 181 083. 17. II. 38. Österreich.

Kl. 80 b, Gr. 25/06. B 181 955. Erfinder: Dr. Robert Horn, Berlin. Anmelder: Baugesellschaft Malchow G. m. b. H., Berlin. Teer-Bitumen-Emulsionen; Zus. z. Anm. B 181 083. 17. II. 38. Österreich.

Bekanntgemachte Anmeldungen.

Bekanntgemacht im Patentblatt Nr. 34 vom 22. August 1940 und von demselben Tage an im Reichspatentamt ausgelegt.

Kl. 12 d, Gr. 27. M 143 027. Erfinder, zugleich Anmelder: Viktor Mediger, Züllichow-Stettin. Filtervorrichtung, insbesondere für Trinkwasser. 13. X. 38.

Kl. 21 h, Gr. 32/11. S 132 266. Erfinder: Wilhelm Raupach, Nürnberg. Anmelder: Siemens-Schuckertwerke Akt.-Ges., Berlin-Siemensstadt. Anordnung zur Stromzuführung für die Schweißbacken einer elektrischen Stumpfschweißmaschine für Schienen oder im Querschnitt ähnlich gestaltete Werkstücke. 25. V. 38.

Kl. 37 b, Gr. 6. R 99 910. Erfinder, zugleich Anmelder: Walter Rudolph, Dresden. Lichtdurchlässige Isolierung für Fenster. 26. VII. 37.

Kl. 37 d, Gr. 33/01. Sch 110 330. Walter Schmohl, Stuttgart. Plattenteilbelag. 1. VII. 36.

Kl. 74 d, Gr. 8/62. P 79 103. Erfinder, zugleich Anmelder: Paul Polzenberg, Essen. Straßenkennzeichnung. 2. V. 39.