

Welchen Beitrag lieferte die Baumaschinen-Industrie zur Rationalisierung?

Von Prof. Dr. Georg Garbotz, Aachen.

Bei der ersten Sitzung des Beirates der Rationalisierungsgemeinschaft „Bauwesen“ in Bonn am 27. 2. 1953 wurde auch die Frage aufgeworfen, was denn nun die Baumaschinen-Industrie zur Rationalisierung beigetragen habe. Will man diese Frage beantworten, so wird es zweckmäßig sein, einen kurzen geschichtlichen Rückblick vorzuschicken.

Zweimal hat in der Vergangenheit die Rationalisierung in der Bauwirtschaft im Vordergrund der technisch-wirtschaftlichen Überlegungen gestanden. Das erste Mal, Ende der zwanziger Jahre, lag das Schwergewicht auf dem Wohnungsbau, für dessen Rationalisierung eigens eine Forschungsgesellschaft für die Wirtschaftlichkeit im Bau- und Wohnungswesen mit einem vom Reichstag bewilligten 10-Millionen-Fonds ins Leben gerufen wurde. Das zweite Mal ging der Impuls vom Straßenbau und der ungewöhnlichen Initiative des Generalinspektors für das deutsche Straßenwesen aus.

Die erste Rationalisierungswelle hat kaum bleibende Auswirkungen hinterlassen; auch von einer verstärkten Mechanisierung kann nicht gesprochen werden. Schon damals wurde vom Verfasser gemeinsam mit Otto Rodé und Dr.-Ing. Hotz immer wieder betont, daß eine Rationalisierung des Herstellungsvorganges im Wohnungsbau weniger über den Ersatz der Hand- durch die Maschinenarbeit als vielmehr über arbeitswissenschaftliche Untersuchungen auf der Baustelle zur Ermittlung der Verlustquellen und zur Bestgestaltung der Arbeit zu erreichen sein würde [1].

Die zweite Rationalisierungswelle dagegen hat, allerdings im wesentlichen auf dem einen Sektor des Betonstraßenbaues, unter dem Einfluß der hohen Leistungs- und Qualitätsanforderungen die Baumaschinen-Industrie veranlaßt, eine recht erhebliche Anzahl neuer Geräte auf den Markt zu bringen, von denen nur die Brücken- und Randstreifenmischer, die Verteiler, die Stampfbohlen-, Stampfhammer- und Vibrationsfertiger u. a. mehr erwähnt sein sollen [2].

Seit zwei Jahren ist nun eine dritte Rationalisierungswelle festzustellen, die diesmal vom Wohnungs- und Straßen- sowie Flugplatzbau ausgeht. Bei ihr liegt das Schwergewicht, für den letzteren allerdings bei den

Schwarzdecken. Der Einfluß amerikanischer Bauweisen ist dabei unverkennbar. Bei dieser dritten Welle soll nun einmal festgestellt werden, was die Baumaschinen-Industrie dazu beigetragen hat, die Leistung zu steigern und den Bauvorgang rationeller zu gestalten. Da sie ja im Gegensatz zu Bauindustrie und Bauhandwerk nur die Möglichkeit hat, über ihre Maschinenlieferungen zu wirken, stehen ihr vier Wege zur Verfügung:

1. die Ausweitung der Mechanisierung durch neue Geräte zum Ersatz der Hand- durch die Maschinenarbeit,

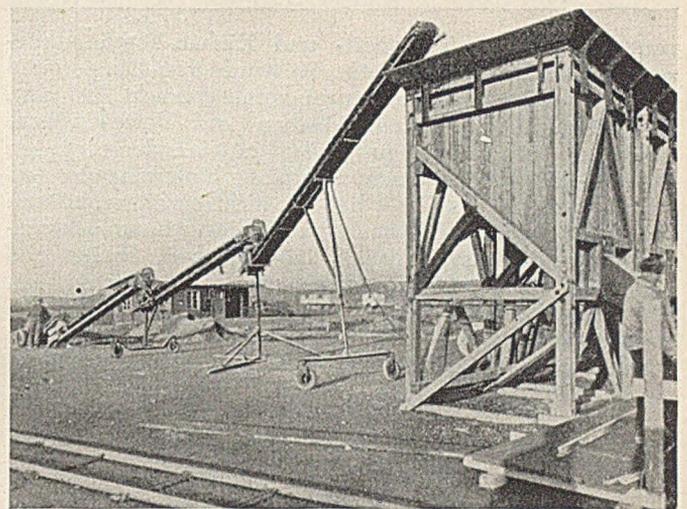


Abb. 2. Leichtbandstraße mit Becherwerksauflader zur Silo-Besudückung, Fabrikat Moderner Baubedarf GmbH.

2. die Verbesserung der konstruktiven Gestaltung und der betrieblichen Eignung,

3. die Vereinheitlichung von Einzelteilen und Anschlußmaßen sowie die Typisierung ganzer Geräte,

4. die Forschung auf dem Gebiete der Baumaschinen, um rationeller arbeitende oder wirtschaftlicher herstellbare Geräte bauen zu können.

I. Die Ausweitung der Mechanisierung.

Auf folgenden Gebieten ist durch neue Geräte die Handarbeit ersetzt worden:

1.1 im Hochbau. Die straffe Zusammenfassung des gesamten Wohnungsbauprogrammes einschließlich der Forschung beim Bundesministerium für Wohnungsbau und der durch die Zerstörungen an Wohnraum besonders große Umfang desselben haben diesmal auch die Baumaschinen-Industrie veranlaßt, durch neue Geräte den Wohnungsbau zu verbilligen. Befruchtet wurde dieses Bestreben noch durch die Verwertung des Trümmereutes, die in vielen Städten zur Gewinnung des Ziegelsplittes als ausgezeichneten Baustoff führte [3].

In zweierlei Formen wird er im Wohnungsbau verwendet: als Schüttbeton und in Gestalt der Ziegelsplittbeton-Formsteine. Vom ersteren in Verbindung mit den Drahtgitterschalungen hatte man sich zunächst wegen einer Möglichkeit der Mechanisie-

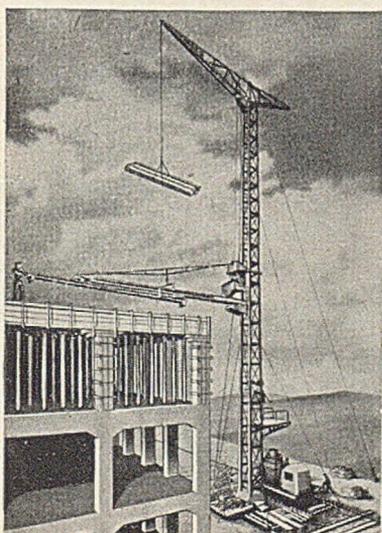
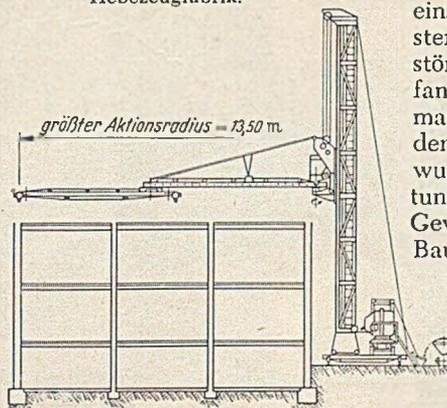


Abb. 1. Fahrbarer Betonierbandturm, 10 m³/h, Fabrikat Ettliger Baumaschinen- und Hebezeugfabrik.



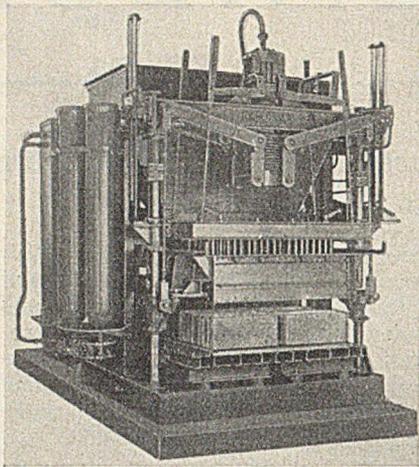


Abb. 3a. Schloßer-Steinautomat VSD 3, Arbeitsfläche 1350 × 660 mm², Stundenleistung 4500 Normal-/900 Hohlblocksteine, 14 PS, 3200 kg.

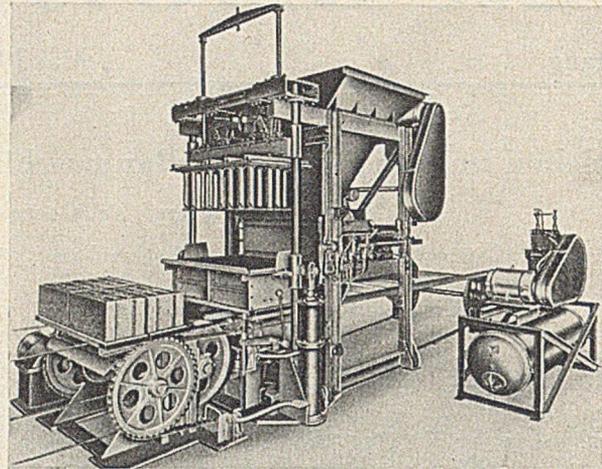


Abb. 3b. Schleis-Vibrationsmaschine „Rheinland I“, Arbeitsfläche 1000 × 750 mm², Stundenleistung 7000 Normal-/900 Hohlblocksteine, 16 PS, 4000 kg.

Der Einsatz von Leichtbandstraßen (Abb. 2) bringt besondere Vorteile versprochen. So wurde von Dingler und Sax ein fahrbarer Betonierturm herausgebracht, bei dem Dosierung, Hubförderung, Mischen und Verteilen kontinuierlich etwa wie in einem auseinandergezogenen Regulus-Mischer an einem Rohrmast hintereinander geschaltet waren; das Gerät hat sich nicht einführen können [4]. Auch der Bandförderturm der Ettliger Baumaschinen- und Hebezeugfabrik (Abb. 1) faßt Mischen, Heben und Verteilen, wie das frühere Großgerät der ABG zusammen. Öfter angewendet, weil vielseitiger verwendbar, sind die transportablen Leichtbandstraßen, die der Moderne Bedarf herausgebracht hat; in Verbindung mit dem Becher-

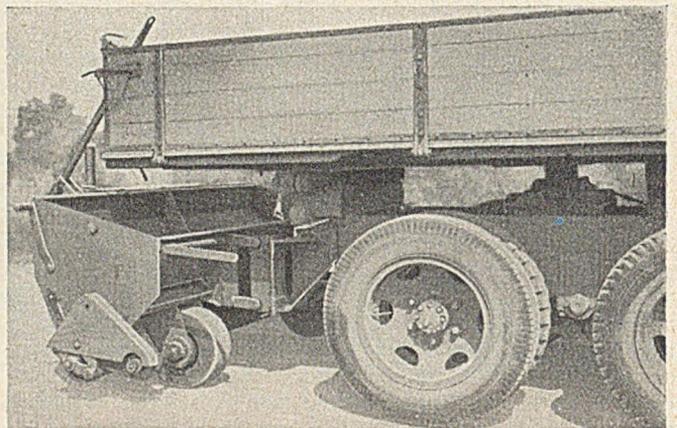


Abb. 5. Anhänger-Schotterverteiler für Korngrößen bis 70 mm und Arbeitsbreiten bis 2,5 m, Fabrikat Scheid.

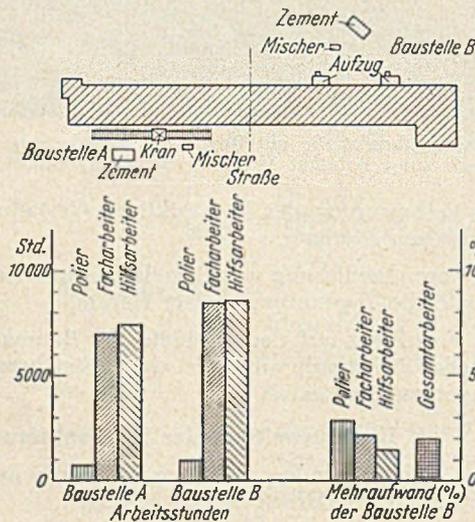


Abb. 4. Stundenaufwand bei 2 Wohnbaustellen von je 60 Wohnungen bei Einsatz eines Leichtbaukranes bzw. zweier Schnellbauaufzüge.

werkselevator der gleichen Firma (Abb. 2) werden diese Leichtbandstraßen auch zur Silobeschickung bei größeren Betonbaustellen verwendet. Immerhin läßt sich nicht leugnen, daß es um den Schütteston verhältnismäßig still geworden ist.

Dagegen hat die Trümmerverwertung der Betonsteinindustrie einen sehr starken Auftrieb gegeben. Immer neue Vibrations-Betonsteinmaschinen, bald mit der Fertigung der Steine auf dem Boden, bald auf dem Maschinentisch, mit und ohne Auflast, von Hand, hydraulisch oder pneumatisch gesteuert, für Leistungen bis zu 6000 Voll- oder 1100 Hohlblocksteine sind auf den Markt gekommen [5]. Zu den jüngsten Erzeugnissen gehören die in Abb. 3a und 3b gezeigten Geräte.

Ein neues Transportgerät, der Gabelstapler, hat sich dabei in Betonsteinwerken als besonders rationell erwiesen. Arbeitsuntersuchungen in einem solchen Betriebe über acht

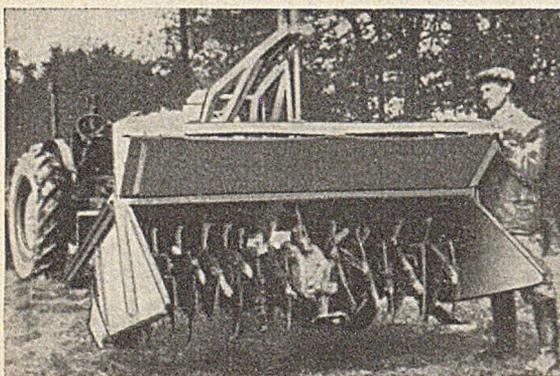


Abb. 6a.

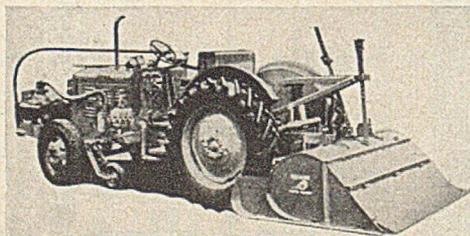


Abb. 6b.

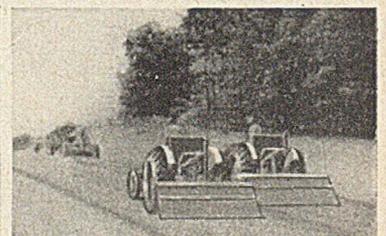


Abb. 6c.

Abb. 6a—c. Seaman-Mehrgangbodenmischer für Zement u. Bitumen, Leistung 200 m³/h, Arbeitsbreite 1,5 m, 120 PS, 1,6 t.

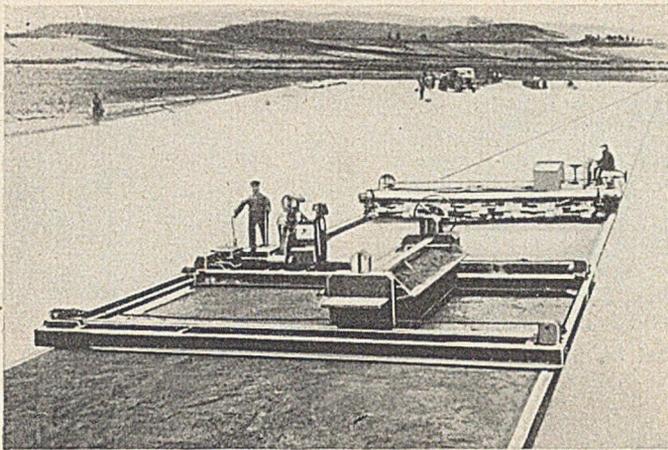


Abb. 7. ABG-Betondecken-Verteiler für 2 u. 3 m³ Inhalt, Arbeitsbreite 3—7,5 m, 15 PS, 6,8 bzw. 8,5 t.

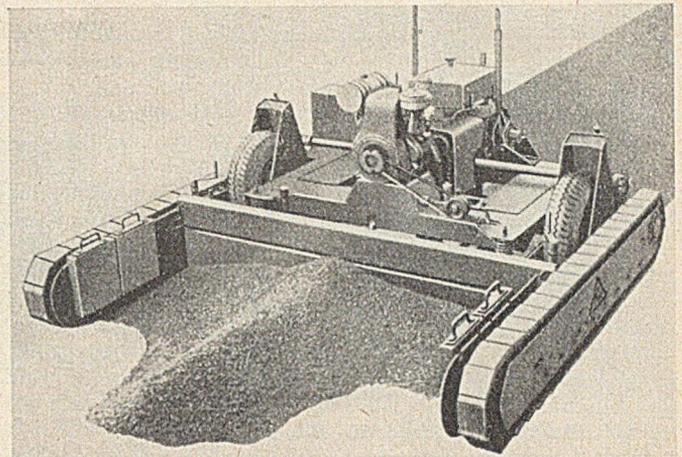


Abb. 9a. Linnhoff-Schwarzdeckenfertiger, 30 t/h, 0,5—2,05 m Arbeitsbreite, 10 PS, 1850 kg.

Monate haben gezeigt, daß bei 84 %iger Auslastung 42 000 t Steine umgeschlagen und hierbei 35 000,— DM gespart wurden, wobei die Anschaffungskosten etwa 20 000,— DM betragen.

Viel stärker aber springen die Leichtbaukrane in die Augen, die von den verschiedensten Firmen, wie Otto Kaiser, Peschke, Vögele-Hilgers, Hüttenwerk Sonthofen u. a. im Wettbewerb zu den Schnellbauaufzügen vornehmlich für Ziegelbauten entwickelt wurden. Bei einem Aufwand an Auf- und Abbaustunden von nicht mehr als 30 Stunden wurden für zwei gleiche Wohnungsbauvorhaben von je 60 Wohnungen z. B. 19 % Lohnstunden mit einem solchen Kran gegenüber zwei Schnellbauaufzügen gespart (Abb. 4); ja, ein Kran würde bei richtiger Ausnutzung beide Blöcke in der gleichen Zeit haben hochbringen können [6].

Zusammenfassend muß allerdings auch beim Nachkriegswohnungsbau festgestellt werden, daß die Rationalisierung durch Ausweitung der Maschinenarbeit nur bescheidene Erfolge gebracht hat [7]. Die Gesamtmassen wie die Stundenleistungen sind zu klein. Beim Wohnungsbau liegt das Schwergewicht der Rationalisierungsmaßnahmen für den Herstellungsvorgang auf den Arbeitsuntersuchungen, um die zahlreichen Verlustquellen durch planlose Baustelleneinrichtung und Organisation, durch mangelhafte Arbeitsunterweisung, durch falsche Arbeitsvorrichtungen, fehlerhafte Werkzeuge, Unordnung usw. auszuschneiden [8].

1.2 im Straßen- und Flugplatzbau. Ganz anders ist das Bild im Straßen- und Flugplatzbau. Steigende Geschwindigkeiten und Verkehrslasten bestimmen die Entwicklung. Das Schwergewicht hat sich gegenüber dem Reichsautobahnbau auf die Schwarzdecken verlagert; also

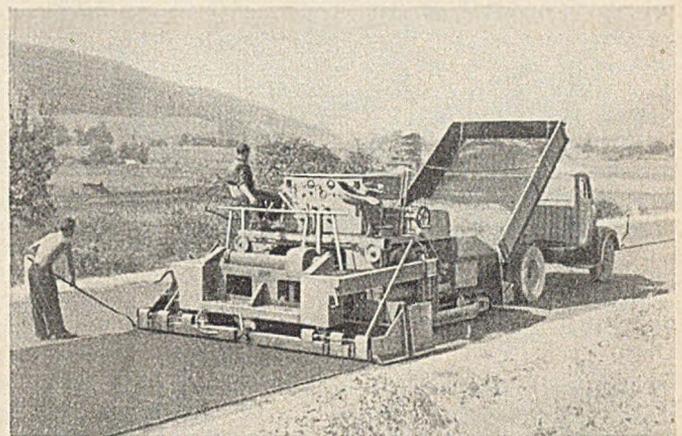


Abb. 9b. Alfeld-Schwarzdeckenfertiger, 80 t/h, 2,5—3,75 m Arbeitsbreite, 36 PS, 12 000 kg.

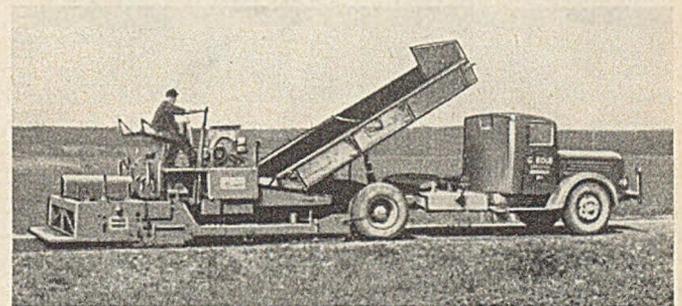


Abb. 9c. Vögele-Schwarzdeckenfertiger, 100 t/h, 2,5—3,75 m Arbeitsbreite, 38 PS, 11 500 kg.



Abb. 8. Wibau-Dosierapparat für 3 Körnungen, Leistung bis 40 t/h.

stehen Planenheit und Unterbau der Decke im Vordergrund.

Von der handversetzten Packlage muß man aus Festigkeits- und Kostengründen loskommen. Das Bundesverkehrsministerium hat hierzu einen Wettbewerb für einen selbstfahrbaren Schotterverteiler von 2—2,5 m Breite, der auch Kies, Bitumen-Gemische und Beton zu verteilen vermag (und evtl. zu verdichten), in Vorbereitung. Die selbstfahrbaren oder an einen LKW anhäng- oder anbaubaren Schotterverteiler und Splittstreuer von Huther, Scheid, Vögele u. a. stellen bereits Vorstufen hierzu dar (Abb. 5).

Der andere Weg, zu einem stabilen Unterbau zu kommen, ist die Ausführung in Beton. Bis zu 50 cm Stärke muß er bei Flugplätzen hergestellt werden. Der Versuch, sich wie in Amerika der Bodenmörtelung hierzu zu bedienen, konnte bisher nicht gemacht werden, weil die ent-

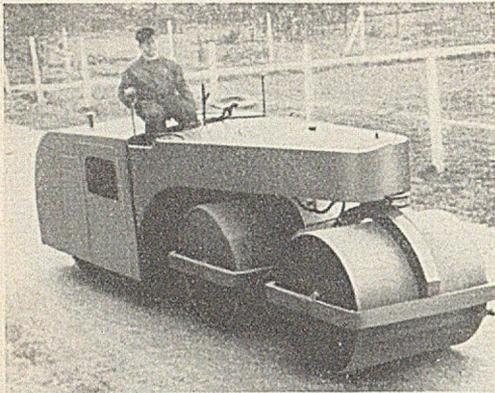


Abb. 10a. Fabrikat Scheid, 10—12 t, 28 PS.

Abb. 10 a, b, c. Dreiachswalzen des In- und Auslandes.

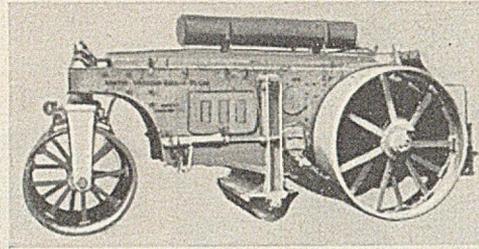


Abb. 10b. Fabrikat Austin-Western, 6—12 t.

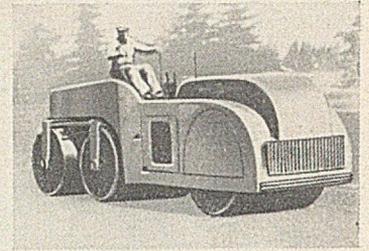


Abb. 10c. Fabrikat Buffalo, 12 t.

Abb. 11 a, b, c.
Amerikanische Großleistungs-Flachbagger.

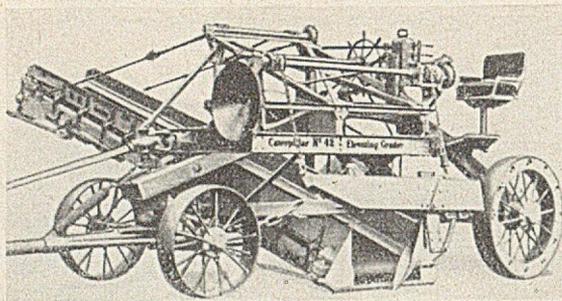


Abb. 11 a. Elevating-Grader.

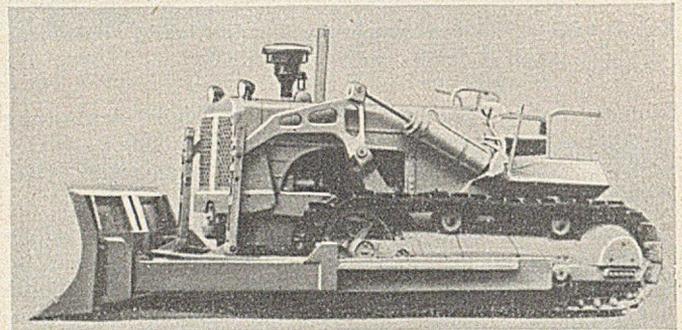


Abb. 12a. Planierraupe, Fabrikat Hanomag-Menck & Hambrock, 90 PS, 11200 kg.

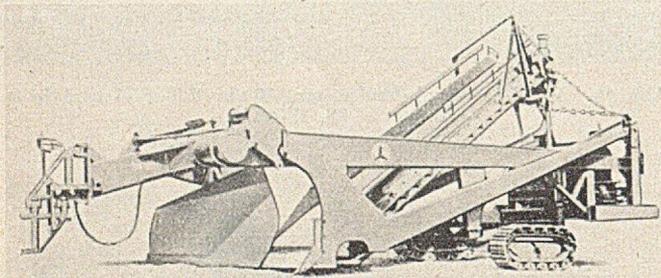


Abb. 11 b. Loader.

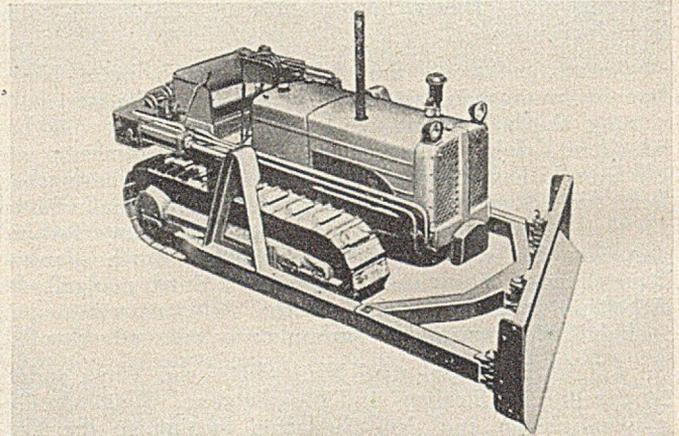


Abb. 12b. Planierraupe, Fabrikat Hanomag-Frisch, 90 PS, 11500 kg.

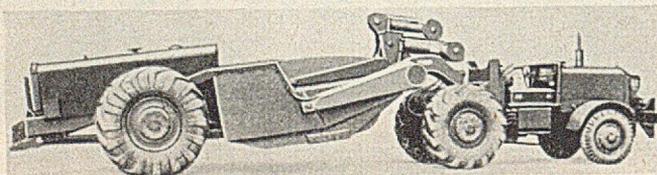


Abb. 11 c. Motor-Schürfwagen, Kübel-Deckmotor.

sprechenden leichten Mehrgangbodenmischer auf dem deutschen Markt noch nicht vorhanden sind [9]. So hat die Baumaschinen-Industrie die Rüttelenergie ihrer RAB-Fertiger verstärkt und durch Anpassung von Frequenz und Amplitude, auf den Ergebnissen der Schadeschen Versuche aufbauend [10], Oberflächen- und Tauchrüttelfertiger entwickelt, die auch diese großen Deckenstärken einschichtig und mit einem Übergang zu verdichteten vermögen, wie Baustellenversuche des Verfassers und von Prof. Dr.-Ing. Hummel mit dem ABG-Fertiger, Werksversuche von Vögele und die Erfahrungen in München-Riem mit dem Wacker-Fertiger gezeigt haben [11]. Die Leistungssteigerung bei der Verdichtung löste gleichzeitig eine Neuentwicklung bei der Verteilung aus, da mit den bekannten Brückenmischern und Verteilern Betonmassen

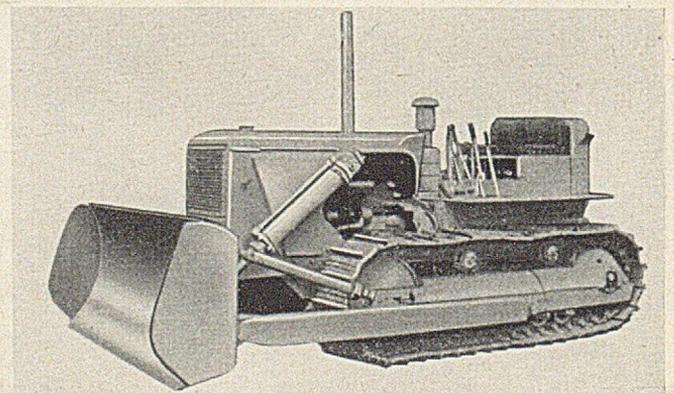


Abb. 13. Planierraupe, Fabrikat Kaelble-Gneinder, 100 PS, 11500 kg.

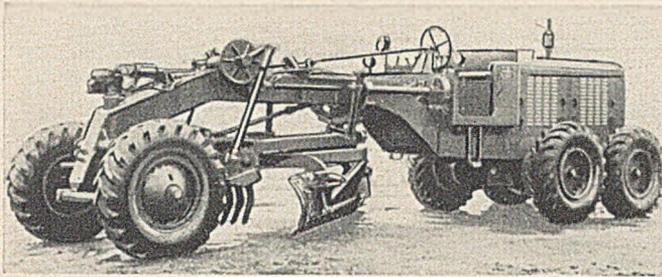


Abb. 14a. Straßenhobel, Fabrikat Orenstein-Koppel, 95 PS, Gewicht 15000 kg mit hand-maschineller Steuerung.

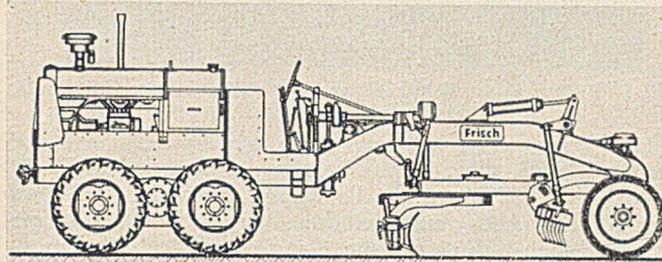


Abb. 14b. Straßenhobel, Fabrikat Frisch, 95 PS, Gewicht 11000 kg mit hydraulischer Steuerung.



Abb. 15a. Hinterkipper, Fabrikat Südwerke, 6,2 m³ Inhalt, 210 PS, Gewicht 10000 kg.

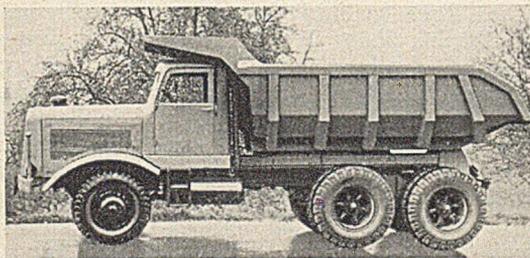


Abb. 15 b. Hinterkipper, Fabrikat Kaelble, 10 m³ Inhalt, 200 PS, Gewicht 13 600 kg.

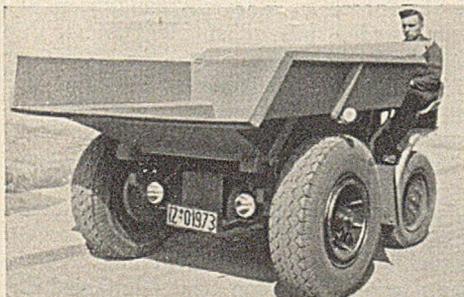


Abb. 15c. Vorderkipper, Fabrikat Zettelmeyer, 2 m³ Inhalt, 35 PS, Gewicht 3200 kg.

von 100 m³/h und mehr nicht mehr herzustellen und einzubauen waren (Abb. 7). Der Beton wird bei den neuen, von Vögele, ABC und Dingler herausgebrachten Verteilern von der zentralen Mischanlage zugefahren und von 4—7 m

langen 2 und 3 m³-Silos aufgenommen und ohne Vorverdichtung querverteilt.

Für den Schwarzdeckenbelag beginnen die neuen Wege der Rationalisierung schon bei der Aufbereitung [12]. Hier hat man an die Stelle der Vormischung und der Handaufgabe zum Kaltbecherwerk nach dem Vorbild der kontinuierlich arbeitenden Abmeßanlagen beim Mischen großer Betonmassen Silo-Dosierapparate mit Bandabziehung oder Stoßgebern vorgeschaltet, die vielleicht die üblichen Vibrationsiebe hinter der Trockentrommel überflüssig machen können (Abb. 8), hinter den Mischer aber wird ein Verlade-silo geschaltet, das bis zu 10 Mischungen aufzunehmen, Wärmeschwankungen auszugleichen und das Material ohne Stockungen laufend zum Einbau abzugeben gestattet. Auch für den Mischvorgang werden aus Amerika kommand von der Wibau neue Wege mit dem Impaktverfahren vorgeschlagen [13]. Durch Einblasen des Bindemittels bei 20 atü in das hochgeschleuderte Gestein soll damit auch eine gleichmäßige Umhüllung der feinsten Füllerteilchen gewährleistet sein. Von ausschlaggebender Bedeutung für die Ebenheit der Schwarzdecke ist aber neben der gleichmäßigen Mischung und Temperatur dessen einwandfreie Verteilung und Verdichtung. Zu den beiden schon im Nachkriegsbetrieb bewährten Fertigern von Vögele und dem Alfelder Eisenwerk mit ihrer Leistung von 100 t/h bei 2,5—3,75 m Breite ist als leichteres Gerät der Linnhoff-Verteiler für 30 t Stundenleistung und 0,5—2,05 m Breite getreten (Abb. 9). Der Aufnahmesilo der Großgeräte und die Nivelliereinrichtung zum Ausgleich der Bodenunebenheiten fällt hier weg.

Auch für die Verdichtung ist von Scheidt in der 3-Achswalze ein neues Gerät auf den Markt gekommen, mit dem die Firma glaubt, eine Wellenbildung der Decke zu vermeiden (Abb. 10).

1.3 im Erdbau. Bei der Ausweitung der Mechanisierung im Erdbau ist der amerikanische Einfluß unverkennbar [14]. Zwar ist die Zurückhaltung der Bauindustrie, die noch über Roll- und Oberbaumaterial-Bestände von mehr als 200 Mio. DM verfügt, gegenüber dem gleislosen Erdbetrieb verständlich; aber für Transportweiten bis 1500 und 2000 m, vor allem aber bei Auslandsbauten, ist er nicht mehr wegzudenken. Elevating-Grader und Loader werden in Deutschland nicht gebaut; auch der Bau der bei amerikanischen, englischen und französischen Erdbauten so viel verwendeten Schürfwagen (Abb. 11) ist von Menck & Hambrock und Kaelble wieder eingestellt worden. Dafür sind im letzten Jahr zu den vorhandenen 55-PS-Hanomag - Menck und Hanomag - Frisch - Planierraupen (Abb. 12) die 60 PS-Deutzraupe mit luftgekühltem Motor, zur 85 PS-Demagraupe die 90 PS-Hanomagraupe mit Menck- oder Frischschild (Abb. 12) und die 100 PS-Kaelble-Gmeinder-Raupe (Abb. 13) getreten, während die 130 PS-Raupe der



Abb. 16. Universal-Autobagger, Fabrikat Dortmund-Union, 0,6 m³ Inhalt, 57 PS, Gewicht 16200 kg.

Demag und das 150 PS-Gerät von Kaelble auch weiterhin geliefert werden. Beinahe ebenso universell verwendbar, im Sommer und Winter, ist der Straßenhobel. Frisch hat den Motor seines hydraulisch betätigten Gerätes von 75 auf 95 PS verstärkt, und Orenstein-Koppel hat einen handmechanisch gesteuerten Straßenhobel von 95 PS zur letzten

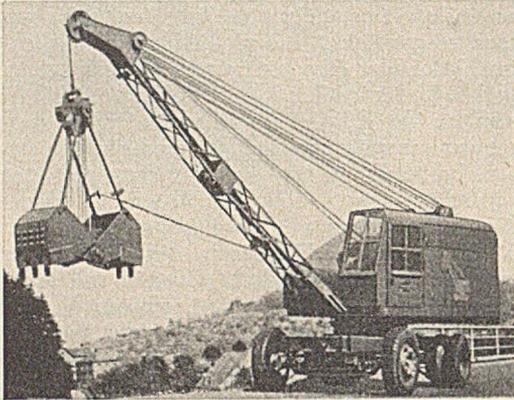


Abb. 17 a. Autobagger, Fabrikat Gross, 0,4 m³ Inhalt, 37,5 PS, 14 000 kg Gewicht.

Messe herausgebracht (Abb. 14). Für die Zusammenarbeit mit Universal-Baggern gab es vor nicht allzu langer Zeit nur den 2 m³-Vorderkipper von Zettelmeyer mit einer Leistung von 35 PS (Abb. 15). Im letzten Jahre aber sind

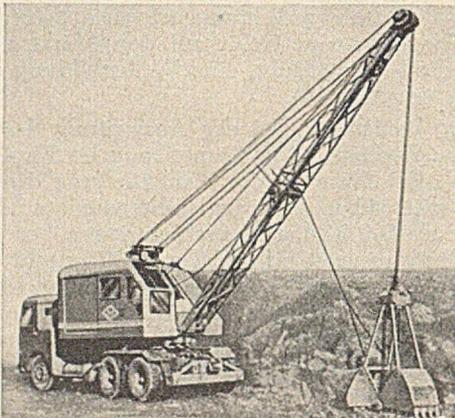


Abb. 17 b. Autobagger, Orenstein-Koppel, 0,3—0,5 m³ Inhalt, 48—55 PS, Gewicht 2040—21 400 kg.



Abb. 17 c. Autobagger, Fabrikat Gottwald, 0,4 m³ Inhalt, 36 PS, Gewicht 11 000 kg.

weitere Erdtransportwagen mittleren und größeren Inhaltes hinzugekommen. Zettelmeyer baut noch einen 75pferdigen 4 m³-Vorderkipper mit 180° schwenkbarem Führersitz. Kaelble liefert einen 8,5 und 10—12 m³-Hinterkipper mit

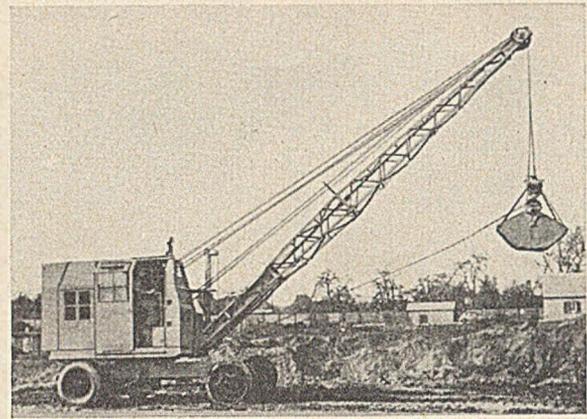


Abb. 17 d. Autobagger, Fabrikat Demag, 0,4/0,6 m³ Inhalt, 33/55/82 PS, 14 000/21 800 kg Gewicht.

jeweils 200 PS, die Südwerke einen desgleichen mit 10 m³ Inhalt und 190 PS und die MAN einen 10 m³-Wagen mit 200 PS. Aber auch bei den Baggern selbst hat die Baumaschinen-Industrie neue Geräte auf den Markt gebracht. So fielen bei der letzten Messe vor allem die größeren Typen von 3 und 6 m³ Inhalt der Weserhütte und der Lübecker Maschinenbaugesellschaft auf [15], und die Dortmunder Union Brückenbau-AG. hat in Zusammenarbeit mit der Harnishfeger Corp. in Milwaukee (Abb. 16) einen 0,6 m³-Bagger entwickelt, bei dem auf Grund der 68jährigen amerikanischen Erfahrungen teilweise neuartige Wege im Aufbau festzustellen sind. Dazu treten die von Orenstein-Koppel, der Demag, Groß, Gottwald und der Mannheimer Baggerfabrik auf den Markt gebrachten leichteren und sehr beweglichen Autobagger sowie ein kleiner Grabenbagger von Homberg (Abb. 17, 18).

Für die Verdichtung im Erdbau sind schließlich auch einige neue maschinelle Hilfsmittel entwickelt worden: Neben den Glattwalzen, den schon vom Autobahnbau her bekannten Freifall-Kranstampfern, den Losenhausenrüttlern und den Delmagfröschen stehen die Schaffuß- und Gummirollenwalzen, die in der Entwicklung befindlichen Rüttelwalzen und der Bodenrüttler der ABC (Abb. 19, 20).

1.4 im Tief- und Ingenieurbau. Hier ist infolge des Wegfalles der Großbaustellen der Beitrag der Baumaschinen-Industrie offensichtlich am bescheidensten. Die Ibag hat mit ihrem hydraulisch gesteuerten Reibradmischer, der von 500 bis 5000 l Inhalt, als fahrbarer, fester und Transportmischer gebaut wird, und Eirich mit seiner vollautomatischen Abmessung der Betonkomponenten die Aufbereitungstechnik befruchtet (Abb. 21). Die Band-Dosierwaage von Schenck eröffnet dem kontinuierlichen Betonmischer für Massenbeton neue Wege. Aber sonst sind für die Betonbaustelle vielleicht nur noch die Frontlader von 0,5 bis 0,6 m³ Inhalt und 35 bis 55 PS mit hydraulischer Betätigung, wie sie Schopf, Wittenburg und Frisch oder in etwas anderer Form Fredenhagen bauen, von Bedeutung für die Rationalisierung des Umschlages (Abb. 22, 23).

Wo im eigenen Steinbruch in Massensprengungen Zuschlagstoffe gewonnen werden müssen, sind gegenüber den früheren Schnellschlagbohrmaschinen mit 0,6 m/h reiner Bohrleistung die 10—20fachen Leistungen mit der von Wirth entwickelten Rotationsbohrmaschine mit hydraulischem Vorschub zu erreichen.

Im Grundbau brachte die letzte Messe eine einzige Neuheit, den Diesel-Pfahlzieher der Delmag, der bei 1150 kg Gesamtgewicht einen Schlagkolben von 430 mit 110 Schlägen/min besitzt.

II. Die Verbesserung der konstruktiven Gestaltung und der betriebstechnischen Eignung.

Die Baumaschinen-Industrie hat aber nicht nur durch die Entwicklung neuer Geräte, also den verstärkten Ersatz der Hand- durch die Maschinenarbeit, zur Rationalisierung der Bauvorgänge beigetragen, sondern sie hat auch durch die



Abb. 18. Grabenbagger, Fabrikat Homburg, 20 PS, Grabenbreite 0,4 m, Tiefe 1,5 m, 4000 kg Gewicht.

Anwendung aller modernen konstruktiven Mittel einmal die Qualität des Erzeugnisses zu steigern, dann aber die Geräte leichter und billiger sowie geeigneter für die besonderen Bedürfnisse des Baubetriebes zu machen versucht. Durch einige Beispiele sollen diese Entwicklungstendenzen veranschaulicht werden. Wenn heute bei der Zerkleinerung, dem Sieben und der Verdichtung, zum Beispiel im Schlagstätt im Zugstangenbrecher, auf dem Vibrationssieb statt auf der Sortiertrommel in der Vibrationsbetonsteinmaschine statt in der Presse, mit Vibrationsverdichtern statt Walzen, gearbeitet wird, so tragen diese Neuentwicklungen wesentlich zur Steigerung der Güte des Erzeugnisses oder der Leistung bei. Beispielsweise verhalten sich die spezifischen Leistungen je m^2 bei Trommel- und Vibrationsieben etwa wie 1 : 8. Diese Tendenz zur Leistungs- und Gütesteigerung wird noch unterstrichen durch die Absicht der Fachgemeinschaft Bau- und Baustoffmaschinen, über Güterrichtlinien für Mischer, Fertiger und Verteiler dem unlauteren Wettbewerb mit primitivsten Bauarten ein Ende zu bereiten [16]. Zu den Versuchen der Qualitäts- und Leistungssteigerung gehört zum Beispiel auch der Einsatz eines zusätzlichen Rührwerkes in die Freifallkipptrommel des Vögele-Mischers (Abb. 24) oder die schon erwähnte vollautomatische Abwiegung der Betonkomponenten beim Eirich-Mischer oder mit der Dosierbandwaage von Schenk für absatzweises oder kontinuierliches Mischen.

Der Gewichtsersparnis dient vor allem die Einführung der Leichtbauweise mit Blechprofilen in Schweißkonstruktion, wie sie zum Beispiel heute bei Universalbaggern nur noch angewendet wird. Diese Gewichtsverringerungen gleicher Größen gegenüber älteren Modellen machen dabei mitunter 25 % aus. Besonders auffällig ist die Gewichtsersparnis zum Beispiel bei den Schlagbrechern von Stahlbau-Rheinhausen, wo die Schweißkonstruktion 35 % weniger als die Gußform wiegt (Abb. 25). Ein 7,5 m-Vögele-Betondeckenfertiger wog früher 15 t, heute 7,5 t. Die Rohr- oder Dreigurtkastengerüste der modernen Rammen von Menck & Hambrock oder der Delmag mit 2000 kg Bär und 15 m Höhe wogen früher mit 22 t beinahe das Vierfache der heutigen Bauarten (Abb. 26).

Ganz besonders aber ist die Maschinenindustrie bemüht gewesen, ihre Konstruktionen den besonderen Bedürfnissen des Baustellenbetriebes anzupassen. Hier ist vor allem der Übergang zum luftgekühlten Dieselmotor zu nennen, wie ihn Klöckner-Humboldt-Deutz baut. Mehr als 100 Baumaschinenfabriken verwenden ihn bereits, und Irmner & Elze benutzt ihn sogar als luftgekühlten Kompressor, den neuerdings auch Flottmann liefert, wobei immer ein Zylinder als Antriebsmotor, einer als Verdichter läuft. Bei den Universalbaggern hat man bis $0,6 m^3$ die Bahnverladbarkeit ohne Demontage, oder aber sie werden zur leichteren Ortsveränderlichkeit autofahrbar ausgeführt. Um auch den Wünschen der Hochbaustelle zu entsprechen, findet sich da und dort als Zusatzeinrichtung sogar ein Hochbaukran (Abb. 27). Diese Hochbau-

leichtkräne stellen gleichzeitig ein Musterbeispiel dafür dar, was durch geschickte konstruktive Aufteilung an Erleichterung bei der Montage erreicht werden kann; während man bei den früheren Portal-Turmdrehkränen mit 300 Auf- und Abbaustunden rechnen mußte, wurden hier



Abb. 19 a. Anhänger-Gummiradwalze, Fabrikat Scheid, 2—9 t.

30 Stunden festgestellt (Abb. 28). Auch die erwähnten leichten und zerlegbaren Rammgerüste der Delmag erfordern mit sechs Mann nicht mehr als eine Stunde. Ebenso hat man in den von zwei Mann tragbaren Rohrgerüst-

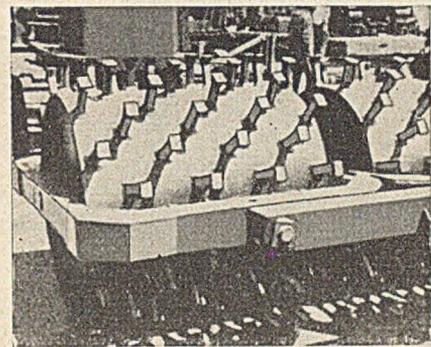


Abb. 19 b. Schafffußwalze, Fabrikat Menck & Hambrock.



Abb. 20 a. ABG-Oberflächen-Vibrator, 600×600 mm, 23 PS, 55 Hz, 150 kg.

bändern der Modernen Baubedarfs GmbH. dem häufigen Vorsetzen und den bescheidenen Leistungen des Hochbaues Rechnung getragen.

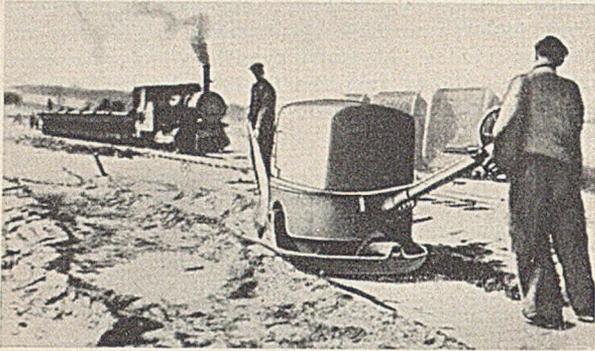


Abb. 20 b. Vibromax AT 5000, Fabrikat Losenhausen, 0,6 m², 11 PS, 12,5–25 Hz, 1500 kg.

III. Die Vereinheitlichung von Einzelteilen und Anschlußmaßen sowie die Typisierung ganzer Geräte.

Bei der Normung könnte die Baumaschinen-Industrie zweifellos sehr viel zur Rationalisierung im Baubetrieb beitragen. Man braucht nur daran zu denken, wie segensreich sich für die Bauunternehmungen eine Vereinheitlichung immer wieder auszuwechselnder Verschleißteile, wie Lager-

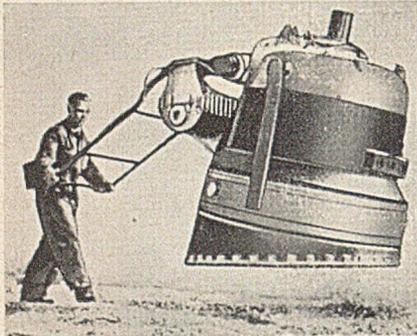


Abb. 20 c. Delmag-Frosch, 1000 kg.

schalen, Bremsbänder, Seile und Rollen, Brechbacken und Walzenmäntel, Raupenglieder und Bolzen, Heizröhren, Roststäbe und Wasserstandsgläser, Riemen und Bänder, der Rohranschlüsse und anderes mehr in der Vorratshaltung und der Betriebsbereitschaft auswirken würde. Auch die

Vereinheitlichung der Anschlußmaße und die Typenbegrenzung ist von den Verbrauchern immer wieder gefordert worden. Die Baumaschinen-Industrie hat aber hier versagt. Man fürchtet auf der Erzeugerseite, daß neben den genannten Erzeugnissen gerade von kleineren Unternehmern doch immer wieder die billig zusammengehauenen Erzeugnisse der Außenseiter gekauft werden, und die Bauindustrie sowie das Bauhandwerk wollen keine Gewähr

dafür übernehmen, daß ihre Firmen nun wirklich das Bessere auch kaufen.

So ist das Ergebnis minimal. An der alten DIN 459 über Mischer sitzt man mit Ergänzungsvorschlägen der Bauindustrie seit drei Jahren. Schaken, Büchsen und Bolzen von Eimerkettenbaggern sind wenigstens, allerdings

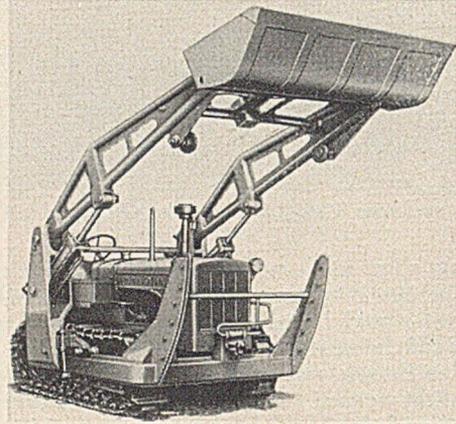


Abb. 22 a. Frontlader, Fabrikat Hanomag-Frisch, 1500 kg, 55 PS, 2700+4650 kg.



Abb. 22 b. Frontlader, Fabrikat Deutz-Schopf, 1500 kg, 50 PS, 1300+3700 kg.

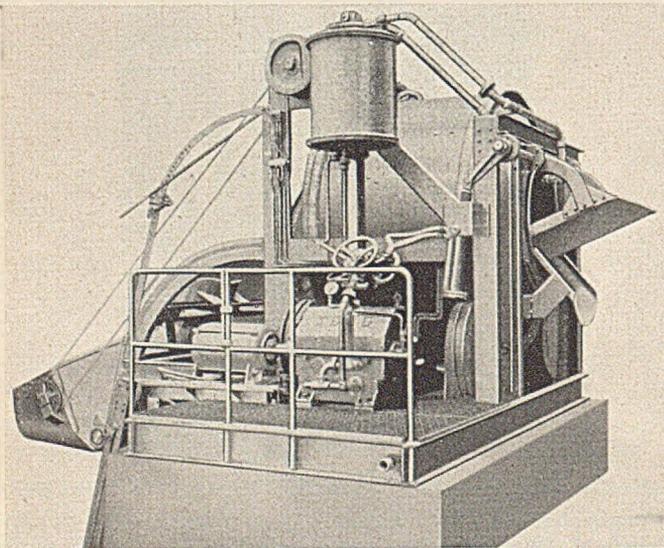


Abb. 21. Hydraulisch gesteuerter, stationärer Reibradmischer, 1500 l, Fabrikat Ibag.



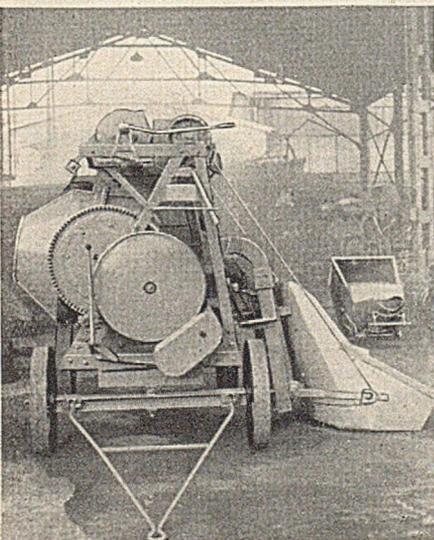
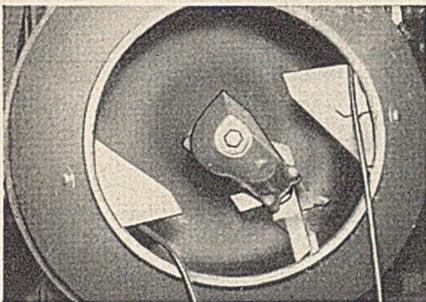
Abb. 22 c. Frontlader, Fabrikat Hanomag-Wittenburg, 1000 kg, 45 PS, 800+3200 kg.

ohne Mitwirkung der Bauwirtschaft, genormt. Etwas erfreulicher ist das Bild beim Feldbahnmaterial. Hier sind sogar für Muldenkipper und Weichen mit allen Einzelheiten Typen festgelegt worden. Beim Schwarzdecken-gerät, also den Trocken- und Mischanlagen, Kochern, Tankwagen, Spritz- und Gußasphaltmaschinen hat die Ma-



Abb. 23. Schaufellader, Fabrikat Fredenhagen, 0,4 m³, 28 PS, 5800 kg mit hydraulischem Antrieb.

schinenkommission der Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen wenigstens das Typenbegrenzungsprogramm des seinerzeitigen Generalbevollmächtigten für die Maschinenproduktion aus der Kriegszeit wieder hervorgeholt und Größen, Ausrüstungen und Leistungsschilder neu festgelegt [17]. Es bleibt abzuwarten, wie weit sich ohne den früheren Zwang diese freien Vereinbarungen von



Erzeugern und Verbrauchern durchsetzen werden. Das gleiche gilt von Güterrichtlinien, die Prof. Dr.-Ing. Graf und der Verfasser schon vor 15 Jahren einmal für Betondeckengeräte vorgeschlagen haben [18]. Mit einer gewissen Vereinheitlichung im Aufbau und einer Typenbegrenzung sollen hier Qualitätsanforderungen für das Ergebnis verbunden werden, die eine Güte- und Leistungssteigerung sowie eine einheitliche Beurteilungsmöglichkeit für den Verbraucher verbinden. Die Arbeiten stehen vor dem Abschluß.

Abb. 24. Freifall-Kipptrommel-Mischer 500 l, 7,5 PS, 3630 kg mit Rührwerk u. automatischer Trommel-Einstellung.

IV. Die Forschung auf dem Gebiete der Baumaschinen.

Wie die Beispiele der Elektrotechnik, der Luftfahrttechnik, des Kraftfahr- und Eisenbahnwesens oder des Werkzeugmaschinenbaues und vieler anderer Gebiete des Maschinenbaues zeigen, kann durch die Forschung außerordentlich viel zur Entwicklung und zur Rationalisierung beigetragen werden. Bei den ausgesprochenen Baumaschinenfirmen handelt es sich aber zumeist um Fabriken kleineren Formates, bei denen Belegschaften von 100 bis 200 Mann schon größere Betriebe charakterisieren. Forschungslaboratorien, wie sie die Siemenswerke, die AEG, MAN, Krupp und andere haben, sind dort untragbar. Hinzu kommt, daß man vielfach glaubt, hier mit dem praktischen Gefühl weiter als mit wissenschaftlicher Arbeit zu kommen. So beschränkt sich die Forschung auf das einzige Institut des Verfassers. Vom Umsatz der der Fachgemeinschaft Bau- und Baustoffmaschinen angeschlossenen Firmen beitragen die aus der Baumaschinen-Industrie zur Verfügung stehenden Forschungsmittel kaum $\frac{1}{20}$ ‰. Wenn nicht der Staat, die Deutsche Forschungsgemeinschaft, die Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen und ähnliche wissenschaftliche Körperschaften ihrerseits geholfen hätten, wäre es nicht möglich gewesen, in den 25 Jahren des Bestehens des Institutes für Baumaschinen und Baubetrieb jedes Jahr wenigstens eine Forschungsarbeit herauszubringen. Und doch zeigt sich immer wieder, wie befruchtend die bei derartigen Untersuchungen geleistete Gemeinschaftsarbeit von Erzeugern, Verbrauchern und Wissenschaftlern sich auswirkt. Es sei zum Beispiel erinnert an die vor 20 Jahren durchgeführten Mischeruntersuchungen, deren Ergebnisse von den bekannteren Baumaschinenfirmen sofort in die Praxis umgesetzt wurden und die jetzt zu den Güterrichtlinien führen sollen [19].

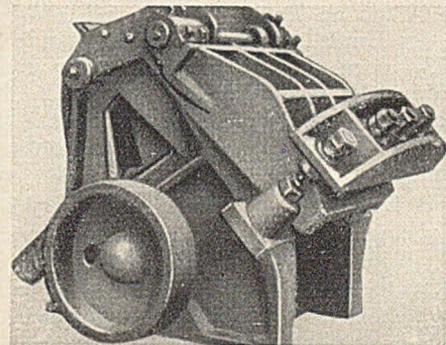


Abb. 25 a.

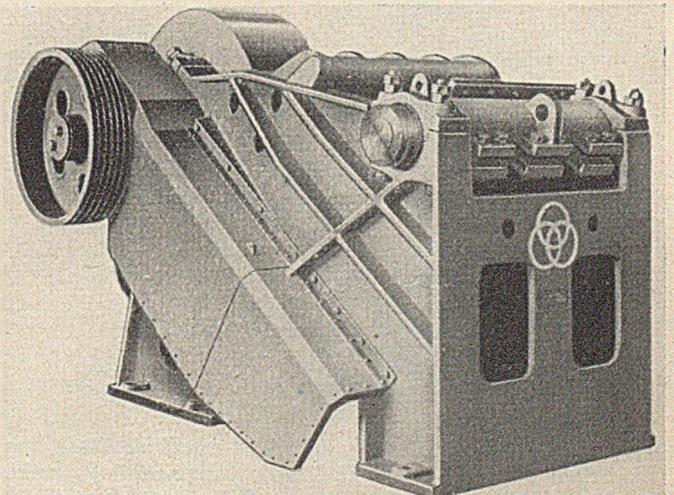


Abb. 25 b.

Abb. 25 a u. b. Dynamisch wirkender Schlagbrecher, 800 × 450 mm Maulweite in Guß- und Schweißkonstruktion.

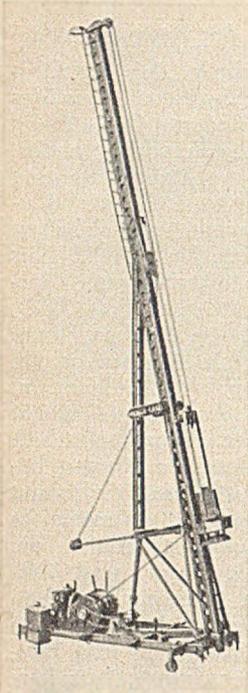
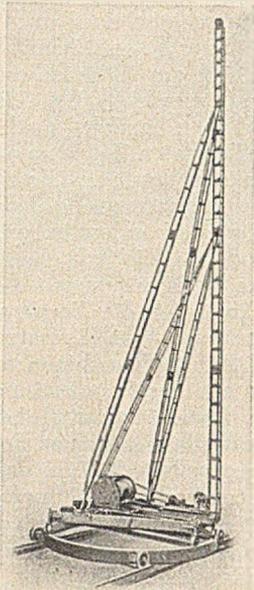
Abb. 26 a und b.
Leicht-Rammgerüste.

Abb. 26 a. Fabrikat Menck & Hambrock, 15 m, 2000 kg Bärgewicht, Gewicht von Gerüst und Winde 5450 + 1400 kg.

Abb. 26 b. Fabrikat Delmag, 11,75 m, 1250 kg Bärgewicht, Gewicht von Gerüst, Drehkranz u. Winde 3980 + 2000 + 820 kg.

Auch bei den Bitumenmischern und den Trockentrommeln [20], bei der Betonpumpe [21], bei Großbrecherantrieben [22] und anderem mehr sind frühere Forschungsergebnisse längst in den Konstruktionen verwirklicht. Die Forschungsarbeiten an Baumaschinen sind aber wie zum Beispiel bei der Ermittlung der Fahrwiderstände des Rollmaterials [23] oder der Leistungsfähigkeit von Betondeckenfertigern [24] auch unmittelbar den Baubetrieben zugute gekommen, denn sie ermöglichten erst eine volle Ausnutzung der Geräte. Den rationellen Baubetrieb fördern, indem sie Erzeuger und Verbraucher befruchten, sollen zum Beispiel auch Untersuchungen, die als Gemein-

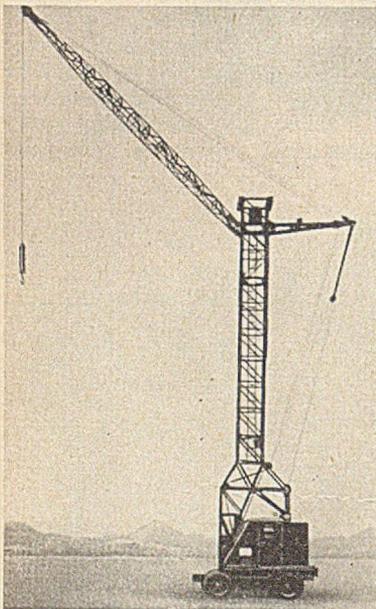


Abb. 27. Universal-Auto-bagger, Fabrikat Gottwald mit Hochbaukran-Einrichtung 0,6/1,5 t bei 12/6 m Ausladung, 10600 kg Gewicht.

Die Baumaschinen-Industrie vermag aber nur auf einem sehr schmalen Sektor des Baugeschehens, der zum Beispiel im Wohnungs-, Stahlbeton- und Brückenbau etwa 5%, im Straßenbau etwa 15% und im Erdbau etwa 20% beträgt, zur Rationalisierung des Bauens beizutragen. Schon beim Wohnungsbau, der zudem selbst im letzten Jahre nur 35%

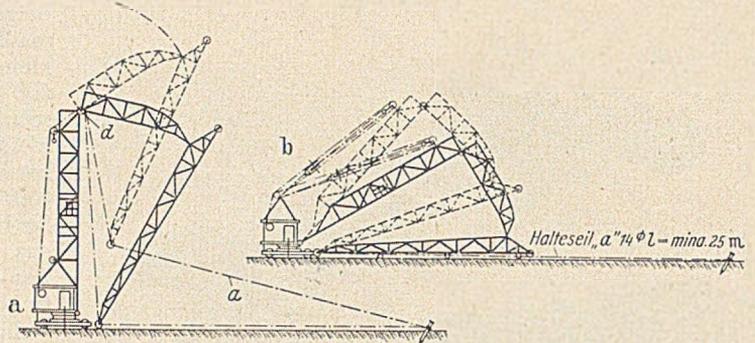


Abb. 28. Selbstmontage eines Leichtbaukranes. a) Aufrichten des Turm-Oberteiles. b) Aufrichten des Turm-Unterteiles.

des gesamten Bauvolumens ausmacht, wurde darauf hingewiesen, daß neben der großen Bedeutung einer rationalen Planung und Gestaltung und eines wirtschaftlichen Einsatzes der Baustoffe der Verlustquellenforschung durch Arbeitsuntersuchungen eine ganz besondere Bedeutung zukommt. Wenn es der Rationalisierungsgemeinschaft Bauwesen gelingt, hier ähnliche Wege zu gehen, wie sie der GB-Bau seinerzeit mit den Erfahrungsgemeinschaften oder die Wirtschaftsgruppe Bauindustrie mit den Rationalisierungslehrgängen [25] beschritten hat, dann wird der Rationalisierungsgedanke in der Bauwirtschaft ebenso sich durchsetzen wie im Maschinenbau. Man wird dazu aber weniger Organisation betreiben und Verbände oder Behörden, es sei denn als Geldgeber, zusammenfassen dürfen, sondern man muß wieder Persönlichkeiten aus Wissenschaft und Praxis gewinnen, die selbst, ohne auf Dank zu rechnen, die Arbeit leisten.

Literatur.

1. G. Garbotz: Die Mechanisierung der Hochbaustellen, ein Mittel zur Rationalisierung des Wohnungsbaues; Mitteilungen der R. G. F., Nr. 15, Gr. II 9, Nr. 2, Juni 1928.
2. O. Rode: Der wirtschaftliche Baubetrieb; Berlin 1928.
3. E. Hotz: Wie baut man billiger?; Berlin 1931.
4. G. Garbotz: Die maschinellen Hilfsmittel des Betondeckenbaues der Reichsautobahnen; Die Straße 3 (1936), Heft 2.
5. G. Garbotz: Die Praxis der Trümmeraufbereitung; Mitt. D. Studiengesellschaft Trümmerverwertung 39 (1950), S. 295.
6. G. Garbotz: Baugeräte und Baumaschinen. Die Entwicklung von 1945—1951; Jb. des Bauwesens 1952, S. 44.
7. G. Garbotz: Verdichtungsmaschinen und -Geräte für die Betonwarenherstellung; Betonstein-Jahrbuch 1953, Wiesbaden.
8. P. Wolff: Bauschwenkkraneinsatz im Wohnungsbau; Die Bauwirtschaft 6 (1952), S. 205.
9. G. Garbotz: Möglichkeiten der betrieblichen Rationalisierung bei Ziegelbauten; Die Ziegelindustrie 5 (1952), Nr. 19.
10. G. Dressel: Rationalisierungspraxis auf Hochbaustellen; Fundamente 3 (1952), S. 18.
11. G. Garbotz: Maschinelle Hilfsmittel bei der Bodenvermörtelung in Amerika; Straßen- und Tiefbau 11 (1952), S. 345.
12. R. Schade: Die Maschinelle Fertigung des Betons im Straßenbau unter besonderer Berücksichtigung des Rüttelverfahrens; Berlin 1940.
13. W. Tzschentke: Die Verdichtung des Betons beim Bau der Startbahndecke des Flughafens München-Riem mit Innenrüttlern; Straße u. Autobahn 8 (1951), S. 250.
14. G. Garbotz: Der Stand der Entwicklung bei den Deutschen Straßenbaumaschinen; Die Bauwirtschaft 9 (1951), S. 65.
15. E. Neumann: Das Impaktverfahren zur Herstellung von Bitumenbelägen; Straße u. Autobahn 10 (1953), S. 12—17.
16. G. Garbotz: Schienen- und schienenloser Erdbetrieb in Deutschland; Der Bau u. die Bauindustrie 18 (1951), S. 490.
17. G. Garbotz: Baumaschinen; ZVDI 94 (1952), S. 559.
18. G. Garbotz: Leistungsvorschriften für Betonmischer und Richtlinien für die Prüfung von Straßenmischern; Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen.

schaftsarbeit aller Beteiligten, zum Teil mit Zuschüssen aus öffentlichen Mitteln, über die Verdichtungs Vorgänge beim Unterbau durch Walzen, über das Betoneisenbiegen und -schneiden, über die Gestaltung der Schneidwerkzeuge an Flachbaggern und anderes mehr an dem Institut für Baumaschinen und Baubetrieb angelaufen sind.

17. Forschungsges. f. d. Straßenwesen: Vereinbarung über die Typenbeschränkung und Kennzeichnung der Maschinen im bituminösen Straßenbau, Sept. 1952.
18. G. Garbotz u. O. Graf: Vorschläge zu Leistungs- und Ausführungsnormen für Betonmischer, Bd. 18, Forschungsarbeiten aus dem Straßenwesen, Berlin 1939.
19. G. Garbotz u. O. Graf: Leistungsversuche an Mischmaschinen: Mitteilungen des Forschungsinstitutes für Maschinenwesen beim Baubetrieb, Heft 1, Berlin 1931.
20. E. Gerlach: Untersuchungen über den Mischvorgang bituminöser Straßenbaustoffe; Mitteilungen des Forschungsinstitutes für Maschinenwesen beim Baubetrieb, Heft 9, Berlin 1936.
G. Stiller: Erwärmungs- und Trocknungsvorgänge in Gesteinstrockentrommeln beim Gegen- und Gleichstromverfahren; Mitteilungen des Forschungsinstitutes für Maschinenwesen beim Baubetrieb, Heft 8, Berlin 1935.
21. G. Grassmann: Untersuchungen an der Betonpumpe der Torkret-Gesellschaft; Mitteilungen des Forschungsinstitutes für Maschinenwesen beim Baubetrieb, Heft 6, Berlin 1933.
22. A. Bonwetsch: Antriebsverhältnisse und Kräftespiel an Backen-Steinbrechern, insbesondere an Großbrechern; Mitteilungen des Forschungsinstitutes für Maschinenwesen beim Baubetrieb, Heft 5, Berlin 1933.
23. J. Engel: Die Fahrwiderstände des Rollmaterials im Baubetrieb; Mitteilungen des Forschungsinstitutes für Maschinenwesen beim Baubetrieb, Heft 3, Berlin 1932.
24. siehe Nr. 10.
25. G. Garbotz: Arbeitsuntersuchungen als Mittel zum rationellen Einsatz von Mensch und Maschine; Berlin 1942.

Die Weiterentwicklung der amerikanischen Großbagger im Tagebau.

Von Dr.-Ing. W. Franke, Frankfurt/Main.

Der neueste Aufschwung im Größenfortschritte amerikanischer Bagger.

Seit dem Berichte des Verfassers¹⁾ über den Stand des amerikanischen Baggerbaues im Jahre 1937 ist die Größenentwicklung unaufhaltsam weiter fortgeschritten, wie aus Tab. 1 hervorgeht, und zwar nicht allein der Löffelgroßbagger, sondern im letzten Jahrzehnt sind auch die Schleppschaufel-Großbagger auf Schreitschuhen („Walking Draglines“) hinzugekommen, die nunmehr den Löffelgroßbagger mehr und mehr aus seiner bisherigen führenden Stellung im amerikanischen Tagebau zu verdrängen beginnen.

Tabelle 1.

Gegenüberstellung der Löffel- bzw. der Eimerinhalte, der Dienstgewichte und der Förderleistungen der amerikanischen Löffel- bzw. Schleppschaufelgroßbagger im Zeitabschnitt von 1926 bis 1952 (Bauart Marion).

Baggerart	Type Marion Nr.	Baujahr	Löffel- bzw. Eimerinhalt m ³	Dienstgewicht t	Maximale Förderleistung ² m ³ /std.
Löffelgroßbagger	350	1925	8	450	600
	5320	1928	7—9	625	700—900
	5480	1932	10—15	880	1000—1500
	5560	1936	16—24	1320	1600—2400
	5561	1942	27—30	1520	2700—3000
	5561	1947	34	1520	3400
Schleppschaufelgroßbagger	5320	1928	4—5	—	280—350
	5480	1936	5—7,5	740	350—525
	7400	1950	8—9	560	560—630
	7800	1950	15—22,5	1240	1050—1600

Die Tagebaugelände der USA. liegen — von wenigen Ausnahmen abgesehen — im mittleren Westen, d. h. hauptsächlich in den Staaten Ohio, Indiana, Illinois, Kentucky, vereinzelt auch jenseits des Mississippi in den Staaten Kansas, Missouri usw.; einige Anthrazitgruben ferner im Staate Pennsylvania, ganz abgesehen von den riesigen und fast unerschlossenen Braunkohlengeländen von North Dakota und Montana an der kanadischen Grenze und in den Südstaaten wie Texas, Arkansas, Mississippi, Alabama usw. Die in den letzten Jahren erfolgte starke Steigerung der

¹ Frühere Reiseberichte des Verfassers: Bauingenieur 18 (1937) S. 527: „Der heutige Stand im Baue amerikanischer Löffelgroßbagger“. Vgl. weiter Bauingenieur 10 (1929) S. 15; Bauingenieur 13 (1932) S. 159.

² Die angegebenen maximalen Förderleistungen beziehen sich auf pausenlosen Betrieb, gut eingearbeitetes Bedienungspersonal und mittlere Förderwege. — Die daraus zu berechnenden mittleren Förderleistungen (im Monatsdurchschnitt) betragen durchschnittlich etwa 60—70 % der maximalen Förderleistungen.

Sämtliche Bagger laufen auf 4 Doppelraupen, mit Ausnahme der neueren Mariontypen 7400 und 7800 (Schleppschaufelgroßbagger), welche mit je 2 Schreitschuhen ausgerüstet sind.

Tagebauförderung der Steinkohle ist um so höher zu bewerten, als in der gleichen Zeitspanne überall in der amerikanischen Industrie verstärkte Bestrebungen eingesetzt haben, um eine weitgehende Brennstoffersparnis in den Kohlenfeuerungen aller Art zu erzielen. Darüber hinaus hat auch dadurch die Nachfrage nach Kohle stark eingebüßt, daß die reichen amerikanischen Erdöl- und Erdgasvorkommen die Kohle vielfach aus ihrer bisherigen Monopolstellung verdrängt haben und außerdem ist in den letzten Jahrzehnten eine erhebliche Anzahl außerordentlich leistungsfähiger Wasserkraftwerke zur Energiegewinnung, namentlich in den gebirgigen Weststaaten der USA. ausgebaut worden. Schließlich darf auch nicht unerwähnt bleiben, daß neuerdings die überwiegende Zahl der Fluß- und Seeschiffe nicht mehr mit Kohlen, sondern mit flüssigen Brennstoffen — namentlich mit Dieselöl — betrieben werden und auch die großen Eisenbahngesellschaften im weitesten Maße zum Betrieb mit Diesellokomotiven übergegangen sind. Trotz aller dieser gegenläufigen Umstände sind die Hauptgründe für das erfolgreiche Bestehen des Preiskampfes der Steinkohle gegenüber den übrigen Energiequellen und Kraftstoffen in den niedrigen Betriebskosten der Tagebaugewinnung und in der zusätzlichen Betriebskostensenkung infolge der immer weiter fortschreitenden Mechanisierung des neuzeitlichen Abbaufahrens durch die Großgeräte zu suchen. Da infolge der hohen Arbeitslöhne der Lohnanteil an den Gesteinskosten der Tagebaukohle ausschlaggebend ist, so muß dieser Betrag durch weitgehende Verminderung der eingesetzten Handarbeiter so niedrig wie möglich gehalten werden und aus diesem wirtschaftlichen Grunde hat in den letzten 25 Jahren die dauernde Vergrößerung der Löffel- bzw. Eimerinhalte der Großbagger (Tab. 1) stetige Fortschritte machen können. Auf diese Weise ist auch infolge der durchgreifenden Mechanisierung der Abraumförderung der Tagebaukohle die Förderleistung von etwa 5 t auf über 12 t, bezogen auf Mann und Schicht, gestiegen.

Die beiden Großfirmen: Marion Power Shovel Co. und die Bucyrus-Erie Co., die allein für die Konstruktion der Großgeräte in Frage kommen, haben im Laufe der letzten 20 Jahre bereits über etwa 300 Löffel- und Schleppschaufelgroßbagger in Betrieb gesetzt, von denen der Hauptteil im Steinkohlentagebau arbeitet; ein erheblich kleinerer Teil neuerdings im Phosphattagebau in Florida und eine Anzahl mittelgroßer Einheiten im Eisenerztagebau des Staates Minnesota.

Während noch in den Kriegsjahren (1940—43) ein Stillstand und damit ein damaliger Höhepunkt in der raschen Größenentwicklung der amerikanischen Großgeräte eingetreten zu sein schien, hat in den allerletzten Jahren ein erneuter Impuls dieses Aufschwunges eingesetzt, so daß man heute bereits zu Löffelinhalt bis zu 38 m³, bzw. Eimerinhalt bis zu 23 m³ gelangt ist. Sehr bemerkenswert ist bei dieser Entwicklung, daß die letzten Vergröße-

rungen der Graborgane der Marion-Löffelgroßbagger ohne jede Steigerung der zugehörigen Dienstgewichte vorgenommen werden konnten, und zwar hauptsächlich durch Anwendung von Leichtbaustoffen und infolge weiterer Einsparung von Werkstoffen durch Konstruktionsverbesserungen usw.

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich, hat im Zeitabschnitte von 1926 bis 1952 die stetige Vergrößerung der Löffelinhalte von 6 auf 38 m³ (etwa 1:6) eine nur mäßige Steigerung der Dienstgewichte (etwa 1:3) zur Folge gehabt.

So arbeiten z. Z. auf den Gruben der Northern Illinois Coal Corp. insgesamt 3 Löffelgroßbagger und 5 Schleppschaufelgroßbagger; außerdem 4 kleinere Kohlenverladeschaufeln zur Gewinnung der Steinkohle. Die letzten Vergrößerungen der Löffelinhalte der Marion-Bagger von 30 auf 34 m³ und schließlich auf 38 m³ (Abb. 1) ohne jede Steigerung der Dienstgewichte wurde dadurch erreicht, daß eine Anzahl größerer Grubenverwaltungen durch schrittweises Probieren bei den Abbauarbeiten mit immer größeren Löffeln die Förderleistungen im gleichen Maße erhöhten, wodurch diese Versuche in der Praxis für das jeweils vorliegende Fördergut als „geglückt“ bezeichnet werden konnten.

Die Einführung der amerikanischen Abbauverfahren im Steinkohlentagebau mit Löffelbaggern und neuerdings auch mit Schleppschaufelbaggern auf Schreitschuhen ist nur durch eine Reihe wirtschaftlicher Einflüsse und infolge der hohen Förderleistungen dieser Geräte möglich gewesen. Die durchschnittliche Verhältniszahl von Deckgebirge zu Kohle betrug bis zu den Jahren vor dem Kriege (1936—39) etwa 7,5:1, während sie heute durch den starken Abbau, der fast als Raubbau zu bezeichnen ist, auf etwa 15:1 gekommen ist, und zwar durch die immer ungünstiger werdenden Deckgebirgsverhältnisse. Diese Verhältniszahl in Gemeinschaft mit den Absatzmöglichkeiten, bzw. dem jeweiligen Marktpreis der Steinkohle bildet den Hauptfaktor

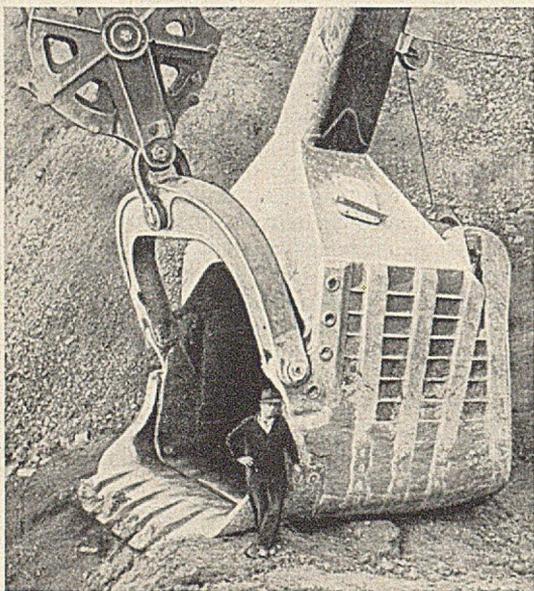


Abb. 1. Gesamtansicht des Löffels von 38 m³ Inhalt zum Löffelgroßbagger Type Marion 5561. — Reißzähne aus geschmiedetem Manganstahl, auswechselbar; Vorderwand aus gegossenem Manganstahl, Seitenwände und Rückwand aus Leichtmetall.

für die wirtschaftlichen Voraussetzungen eines Kohlenabbauprojektes. In einzelnen Fällen ist im allgemeinen kein Abbau mehr gerechtfertigt, wenn das Abraumverhältnis den Wert 10:1 überschreitet; andererseits kann aber ein Projekt mit Nutzen noch ausgebeutet werden, wenn in Sonderfällen das Verhältnis zwar 15:1 beträgt, aber z. B. die Lage der Grube und die Höhe der Frachtraten nach den Industriezentren es noch gestatten. Bei den vor den Toren von Chicago nebst anschließendem Industriebezirk liegenden Gruben der bereits erwähnten

Northern Illinois Coal Corp., die über 30 Mio t bester Steinkohlen enthalten, beträgt die Stärke des Kohlenflözes zwar nur 0,95 bis 1,05 m, diejenige des Deckgebirges hingegen 14 bis 18 m. Die Verhältniszahl ist demnach im Mittel etwa 16:1, aber durch die günstigen Frachtraten und den guten Absatz in der Nähe wird in diesem Sonderfalle eine ausreichende Wirtschaftlichkeit des Abraum-

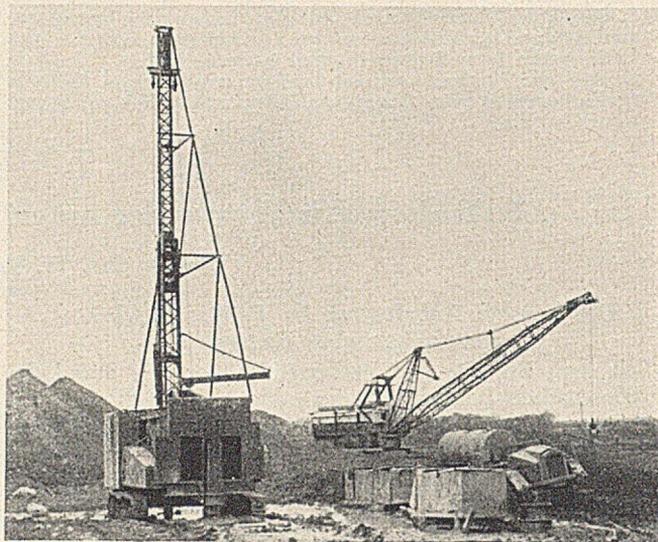


Abb. 2. Auf Raupen fahrbares Bohrgerät zur Herstellung von Sprenglöchern und anschließender Sprengung des steinigen Deckgebirges. — Rechts: Kisten mit Sprengmunition usw. — Im Hintergrund: Schleppschaufelgroßbagger Bucyrus-Erie 1150 B beim Neuaufschluß eines Tagebaues.

betriebes bei Verwendung der neuen Großbagger gewährleistet, so daß innerhalb der letzten 20 Jahre etwa 200 Mio m³ Abraum zur Freilegung der Kohle beseitigt werden konnten.

Der Einsatz von Großbaggern in Amerika und in Deutschland.

In den USA. wird heute etwa 1/3 der Gesamtproduktion an bester Steinkohle und an Anthrazit im Tagebau gewonnen, und zwar ganz ähnlich wie in Deutschland die Braunkohle. In beiden Ländern besteht nun bei den Abbaumethoden im Tagebau ein fast paralleler Verlauf in der Anwendung von Großbaggern, indem von Jahr zu Jahr die Mächtigkeit des Deckgebirges im Verhältnis zur Stärke des Kohlenflözes immer größer und daher die Ausbeute laufend schwieriger und teurer wird, weil man naturgemäß vorher die besten Flöze abgebaut hatte und nun die Gruben mit tieferliegenden oder verworfenen Flözen übriggelassen sind. Daher ist man in beiden Ländern in den letzten Jahrzehnten gezwungen gewesen, diese tiefliegenden Kohlevorkommen aufzuschließen und zur Beseitigung der größeren Abraummassen immer leistungsfähigere und schwerere Großbagger einzusetzen. Aus diesem Grunde wird in Amerika und in Deutschland im Kohlentagebau im allgemeinen nur mit Großbaggern (Dienstgewichte meist über 1000 t) gearbeitet. Andererseits besteht aber trotz dieser gleichartigen Verhältnisse zu beiden Seiten des Ozeans, noch ein grundlegender Unterschied, der in der Verschiedenheit der geologischen Natur des Tagebaues begründet ist und sich auf die Abweichungen der Baggerkonstruktionen auswirkt. In Deutschland ist das über der Braunkohle liegende Deckgebirge (der „Abraum“) in der Regel verhältnismäßig leicht vom Eimerketten- oder Schaufelradbagger abzugraben, da es meist aus Sand, Lehm, Kies, Ton usw. besteht und nur selten mit größeren Steinen usw. durchsetzt ist. In Amerika sind aber im Gegensatz hierzu die Einsatzbedingungen in der Regel viel schwerer. Infolge der wesentlich älteren Formationen ist das Deckgebirge meist sehr hart und steinig, z. T.

P&H AUTOBAGGER

Type 55 · Löffelinhalt: 0,3 cbm



In Lizenz der Harnischfeger Corporation
Milwaukee 14, Wisconsin, USA



DORTMUNDER
UNION

BRÜCKENBAU-
AKTIENGESELLSCHAFT

Technische Messe Hannover 1953 · Freigelände Block A, Stand 2/9

ZEISS



VERMESSUNGSGERÄTE

AUSKUNFTE UNTER 10/F DURCH VEB OPTIK CARL ZEISS JENA

**DER
FACHMANN
KENNT**

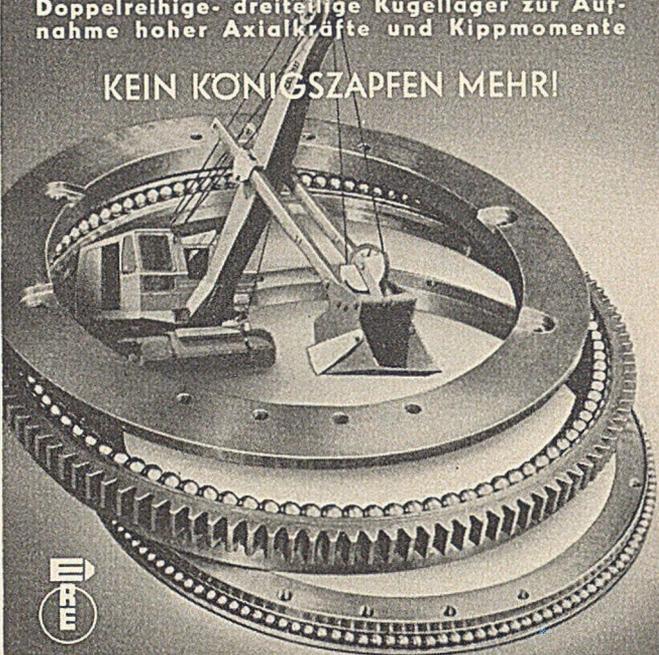
**PLASTIMENT
PLASTOCRETE
BINDA
BETOWA
ANTISOL**

VACUUM CONCRETE VERFAHREN
(General-Vertretung für das Bundesgebiet)

PLASTIMENT GMBH.
KARLSRUHE · POSTFACH 200 · TELEFON 9644

Rothe Erde
KUGEL-DREHVERBINDUNGEN
Pat. ang.
FÜR BAGGER UND DREHKRANE
Doppelreihige- dreiteilige Kugellager zur Aufnahme hoher Axialkräfte und Kippmomente

KEIN KONIGSZAPFEN MEHR!



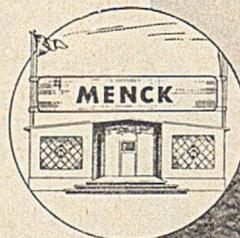
EISENWERK *Rothe Erde*
GMBH · DORTMUND, Tremoniastraße 9

MENCK-Mitteilung

Hamburg-Altona, April 1953

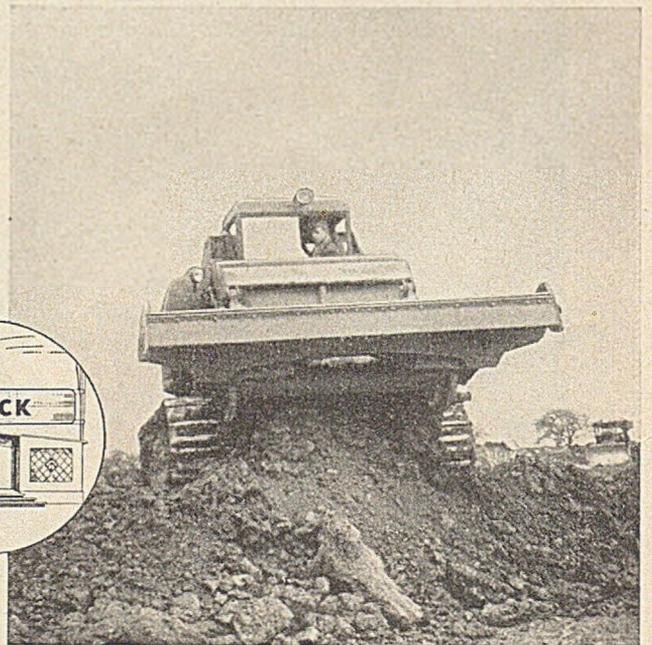
Zur diesjährigen Technischen Messe Hannover stellen wir der Fachwelt ein neues, bereits erprobtes Baugerät vor. Ein Gerät, dem große Beachtung zukommt wegen seiner vielseitigen Verwendbarkeit: die Menck-Schürfkübelraupe SR 53. Mit ihrem 150 PS Motor, dem 6,5 cbm Kübel (selbstfüllend, selbstentladend) und dem 3,3 m breitem Planierschild eröffnet sie neue, rentable Möglichkeiten der Erdbewegung.

Doch unsere altbekannten, laufend verbesserten Geräte sind auch vertreten. Sie sehen u. a. den Bagger M75 — Bauart 1953, neue Löffel und Menck- „Rekord-eimer“ verschiedene Kettenschlepper mit Menck-Planiereinrichtungen und mehrere Rammhären. Ein Besuch auf unserem Stand Nr. 81 im Freigelände, Mannheimer Straße, Block E lohnt sich



Wir laden Sie freundlich ein!

MENCK & HAMBROCK GMBH



sogar von felsiger Beschaffenheit, insbesondere im Anthrazittagebau von Pennsylvania, wo laufend Gesteinsbohrungen (Abb. 2) und anschließende Sprengungen — wie in einem Granitsteinbruche — vorgenommen werden müssen, um die Gesteinsmassen zwecks Aufnahme durch den Großbagger vorzubrechen und aufzulockern. Aus diesen wichtigen, fördertechnischen Grunde muß man daher

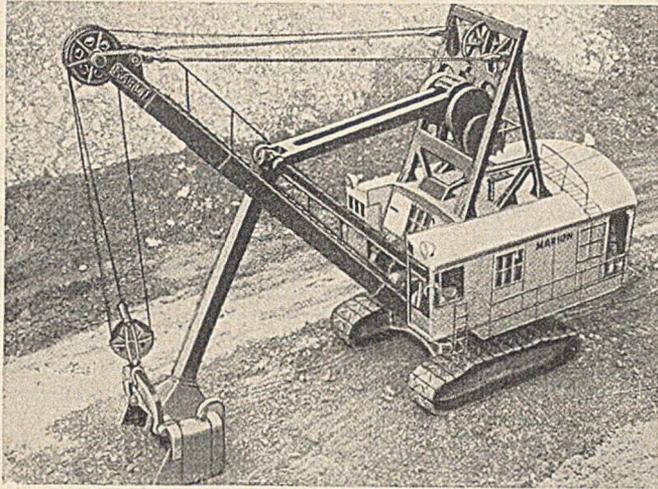


Abb. 3. Kohlenverladeschaufel Type Marion 4121 (5,7 m³ Löffelinhalt) mit Kniehebelvorschubwerk bei der Abnahme und Verladung des Kohlenflözes von etwa 1 m Stärke.

in Amerika Baggertypen mit sehr hohen Reißkräften einsetzen, die aber nur der Löffelgroßbagger und der Schleppechaufelbagger besitzen, bei welchen sich die volle Grabkraft auf ein einziges Graborgan, nämlich den Löffel, bzw. den Schürfkübel konzentriert, während bei dem deutschen Großbaggersystem (Eimerketten- oder Schaufelradbagger) immer gleichzeitig mehrere Eimer bzw. Schaufeln mit dem zu baggernden Fördergute in Eingriff stehen und daher auf jeden derselben immer nur ein Bruchteil der gesamten Grabkraft entfällt. Daher ist es hauptsächlich der Festigkeit und Härte des Deckgebirges zuzuschreiben, daß die Entwicklung der Großbagger im Tagebau von Amerika und Deutschland nach Maßgabe der erforderlichen Reißkräfte verschiedene Wege genommen hat.

Der „Zwei-Geräte“-Tagebau. Bereits einige Jahre vor dem letzten Kriege sind die größeren, neuzeitlichen Steinkohlentagebau-Unternehmen zum sog. „Zwei-Geräte“-Tagebau übergegangen, d. h. es wird in den umfangreicheren Gruben mit dem Schleppechaufel- und dem Löffelbagger oder neuerdings mit 2 Schleppechaufelbaggern gleichzeitig gearbeitet, während das Abheben und Verladen der etwa 1 bis 1,5 m starken Kohlenschicht ausschließlich durch besonders dafür gebaute kleine Löffelbagger (Abb. 3) mit 3 bis 5 m³ Löffelinhalt geschieht. Der Weitertransport der gewonnenen Kohle erfolgt in der Regel mit Großraumförderwagen (bis zu 50 t Tragkraft) auf Luftreifen nach den Aufbereitungsanlagen (Abb. 4). Im allgemeinen wird beim Zwei-Geräte-Tagebau zunächst das unberührte Gelände aufgeschlossen. Das Absetzen des Abraumes durch den Löffelgroßbagger bis auf die natürliche Oberfläche erfordert im allgemeinen eine zu große Reichweite, daher wird zunächst der Schleppechaufel-Großbagger mit erheblich größerer Reichweite (bis zu 70 m) dem Löffelbagger vorausgeschickt, um den ersten Schnitt, in manchen Fällen bis zur halben Abraumtiefe abzugraben. Der nachfolgende Löffelbagger wird dadurch in die Lage versetzt, die Abraubeseitigung innerhalb der Reichweite seiner normalen Abwurfhöhe zu vollenden; er arbeitet bei dieser Zusammenarbeit meist unmittelbar auf der Steinkohle, die er laufend freilegt. Durch diese planmäßige Arbeitsteilung zwischen den beiden Großbaggern wird eine zusätzliche Höhe für den abzusetzenden Abraum gewonnen; jedoch arbeitet der Schleppechaufelbagger infolge der durch seine Konstruktion bedingten längeren

Förderwege etwas langsamer als der Löffelgroßbagger, was im voraus bei der Planung und bei der Zusammenarbeit beider Typen berücksichtigt werden muß. Auch wegen der etwas kleineren Eimerinhalte ist die Förderleistung niedriger als beim Löffelgroßbagger, aber infolge der unseren deutschen Absetzern näherkommenden großen Reichweiten und der damit verbundenen erheblichen Erweiterung des Arbeitsbereiches findet man bei Neuaufschlüssen im amerikanischen Tagebau vielfach zwei Schleppechaufelbagger bei der Zusammenarbeit im Tandemverfahren. Der Löffelgroßbagger scheint daher mehr und mehr an Bedeutung zu verlieren, und zwar auch aus dem weiteren Grunde, daß die erwähnten Schleppechaufelbagger neuerdings nicht mehr auf Raupen, sondern mit Schreitshuhen ausgerüstet werden. Durch diese Konstruktion (Abb. 9—11) werden wesentlich niedrigere Bodendrücke erzielt und der Einsatz dieser in Amerika benannten: „Walking Draglines“ kann nunmehr auch auf nachgiebigem oder frisch geschüttetem Boden oder dicht an der Böschungskante erfolgen, ohne daß ein starkes Einsinken des Gerätes oder ein Ausbrechen der Böschungskante zu befürchten wäre.

Die jeweilige Abraummächtigkeit und die sonstigen örtlichen Abbaubedingungen bzw. die Stärke des Kohlenflözes, sowie die Gesamtförderung der Großbagger bestimmen auch die Größe des zugehörigen Kohleverladergerätes, welches in der Lage sein muß, mit den ihnen vorangehenden Großgeräten Schritt zu halten und diesen zwecks Gewinnung der freigelegten Kohle zu folgen vermag. Das verhältnismäßig geringe Gewicht des durch eine Scheidewand zur Versteifung ausgestatteten Löffels (Abb. 3) erlaubt es, den Löffelinhalt etwas höher, und zwar bei der Type Marion 4121 etwa 5,7 m³ zu wählen und die ungewöhnliche Löffelbreite macht ihn besonders zum Aufnehmen von schwachen Kohlenflözen mit Vorteil verwendbar. Auch dieser Kohlenbagger wird seit den letzten Jahren mit Kniehebelvorschubwerk geliefert, welches sich für die laufend vorkommenden Planierungsarbeiten des Kohlenflözes vorzugsweise eignet.

Konstruktionseinzelheiten der Großbagger.

a) Löffelgroßbagger. Wie bereits erwähnt, sind trotz der ständigen Erhöhung der Löffelinhalte die zugehörigen Baggergewichte nicht im gleichen Maße mitgeschritten (Tab. 1), da durch die Wahl höchstwertiger Werkstoffe an den beanspruchten Stellen und durch Erzielung günstiger Kräfteverteilungen usw., sowie durch die

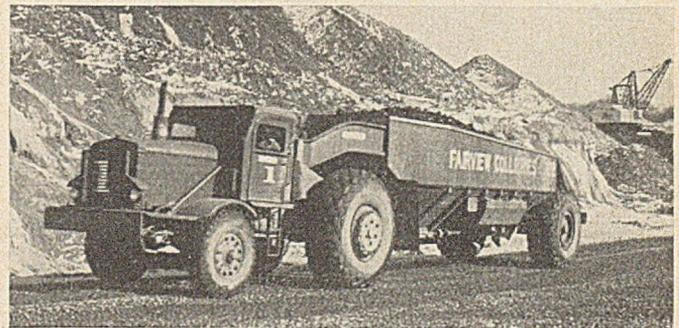


Abb. 4. Gummibereifter Großraumförderwagen (Tragkraft bis zu 50 t) zum Abtransport der gewonnenen Steinkohle nach den Aufbereitungsanlagen. — Im Hintergrunde: Schleppechaufel-Großbagger im Tagebau bei der Beseitigung des Deckgebirges.

zweckmäßige Anwendung von Leichtbaustoffen erhebliche Gewichtseinsparungen an zahlreichen Konstruktionsteilen verwirklicht werden konnten. Der Unterwagenrahmen (Abb. 5) von etwa 10 m im Geviert ist aus Stahlblechen von über 2 m Höhe zusammengeschweißt und durch Diagonalverbände versteift; in den Rahmenecken sind Stahlgußstücke eingebaut, deren Bohrungen die hydraulischen Zylinder aufnehmen, die eine gleitende Verbindung mit dem Oberwagen herstellen, ferner ist ein weiteres Stahlgußstück in der Mitte zur Aufnahme des Königs-

zapfens angeordnet. Bei den neueren Baggern werden diese 4 Führungszylinder nicht mehr in die Rahmenecken selbst eingesetzt, sondern an diese von außen angeflanscht. Diese Bauweise ermöglicht eine bessere Zugänglichkeit; auch kann der schwere Blechrahmen unabhängig von den Stahlgußstücken zusammengeschweißt werden. Die in den Ölzylindern beweglichen Kolbenansätze sind durch Rohr-

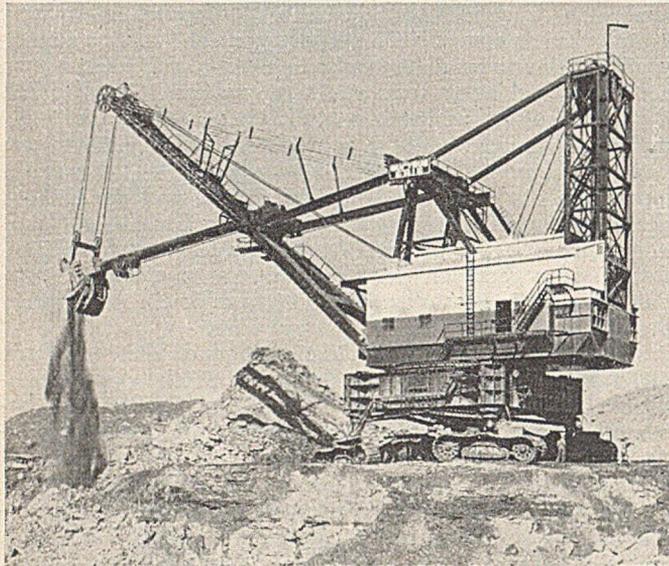


Abb. 5. Gesamtansicht des Löffelgroßbaggers Bucyrus-Erie 1050 F beim Neuaufschluß eines Steinkohlentagebaues. — Bewegliches Gegen-gewicht (rechts) zum Ausgleich des Löffelgewichtes und der Grabkräfte. Das linke, vordere Raupenpaar ist in einer Bodenvertiefung etwas eingesunken; trotzdem wird ein Ausgleich durch die Wirkung der 4 Öl-zylinder in den Rahmenecken des Unterwagens herbeigeführt, so daß der Oberwagen des Baggers in ungefähr waagrecht-er Lage gehalten wird.

leitungen untereinander verbunden und haben den Zweck, für eine gleichmäßige Verteilung des Baggergewichtes auf die 4 Raupenpaare des Unterwagens zu sorgen und die Maschinenplattform des Oberwagens auch bei der Geländefahrt immer in angenähert waagrecht-er Lage zu halten (Abb. 6). Bei den hohen Bodendrücken, die bis über 400 t je Doppelraupe betragen, haben die Vorteile dieser automatisch wirkenden Ausgleichsanordnung der



Abb. 6. Einblick in einen amerikanischen Steinkohlentagebau mit Löffelgroßbagger Bucyrus-Erie 1050 B zur Freilegung des Kohlenflözes und Schleppe-schaufelbagger (links oben) zum Einebnen der aufgeworfenen Abraumhalde.

Firma Marion bei den amerikanischen Grubenfachleuten allgemeine Anerkennung gefunden, so daß sich auch die Bucyrus-Erie Co. später dieser Konstruktion angeschlossen hat, die bis dahin immer die so. „Dreipunktlagerung“ der 4 Raupenpaare durch einstellbare Schwinghebel in Anwendung brachte.

Die Doppelraupen der Marion-Großbagger werden beim Kurvenfahren durch die mit den zugehörigen Dreh-

sätteln starr verbundenen Deichseln, die mittels motorisch angetriebener Spindeln in die gewünschte Fahrtrichtung eingestellt werden, gesteuert, wodurch das Gleiten der Raupentragflächen auf dem Boden zum größten Teile vermieden wird. Der Antrieb der Raupenfahrwerke und der Steuerspindeln geschieht bei Marion von der Hubwinde (Abb. 8) aus und wird von der Hubtrommelwelle durch den Königszapfen nach den Drehgestellen der Fahrwerke weitergeleitet. Bei den Großbaggern der Bucyrus-Erie Co. hingegen besitzt jedes der 4 Fahrwerke einen besonderen Antriebsmotor, der bei der Fahrt vom begleitenden Baggerführer vom Fahrplanum gesteuert wird.

Der Bodendruck beträgt bei den Löffelgroßbaggern der Firmen Marion (Type 5561) und Bucyrus-Erie (Type 1050 B) beim Fahren durchschnittlich etwa 3 bis 4 kg/cm² und erhöht sich beim Graben für die in der Grabrichtung liegenden Teile der Raupentragflächen z. T. auf fast den doppelten Betrag. Bei Betrachtung dieser nach unseren deutschen Verhältnissen ungewöhnlich hoch erscheinenden Ziffern (im Braunkohlenbergbau werden höchstens 1,2 bis 1,5 kg/cm² von den Behörden zugelassen) ist aber zu berücksichtigen, daß diese schweren Geräte nicht wie unsere Eimerketten- oder Schaufelradbagger fast dauernd fahren,



Abb. 7. Knichebelvorschubwerk des Löffelgroßbaggers Marion 5561 und portalartig ausgebildeter Ausleger, durch welchen der Löffelstiel hindurchgeführt wird. — Der Antrieb des Löffelvorschubwerkes mit den 2 Elektromotoren befindet sich an der Spitze des A-förmigen Gerüstes über dem Maschinenhaus.

sondern längere Zeit auf einer Stelle arbeiten und nur verhältnismäßig selten, dem Fortschreiten der Baggerarbeiten folgend, ihren Standpunkt ändern und daher mehr oder weniger stationären Charakter besitzen. Weiter stehen oder fahren diese Großbagger in der Regel auf der ziemlich festen, meist sogar sehr harten Steinkohle, wodurch die Zulässigkeit dieser ungewöhnlich hohen Bodendrücke einigermaßen gerechtfertigt erscheint. Allerdings findet zumal beim Kurvenfahren auf weichem Boden oft ein beträchtliches Einwalzen oder Aufwühlen des Erdreiches statt; aus diesem Grunde eignen sich daher die auf Schreitschuhen laufenden neuen Schleppe-schaufelbagger für derartige Arbeiten im Tagebau besser und haben bereits die auf Raupen laufenden Löffelgroßbagger vielfach vordrängen können, da die Schreitschuhe wesentlich niedrigere Bodendrücke aufzuweisen haben (Abb. 9 u. 10).

Eine Anzahl weiterer Konstruktionsänderungen der Marion-Großbagger sind in den letzten Jahren fortentwickelt und verbessert worden. Der bis zu etwa 37 m lange Ausleger der Type 5561 wird jetzt meist in kastenförmigem Querschnitt (Abb. 7) portalartig durchgebildet, während früher die Gitterfachwerksbauweise bevorzugt

wurde. Eine weitere vollkommen neue und sehr zweckmäßige Anordnung besteht für den Löffelvorschub darin, daß die zugehörige Antriebsanlage auf die Spitze des A-förmigen Gerüsts über das Maschinenhaus (Abb. 7) verlegt wurde und mit ihrem Gewicht nicht mehr wie bisher den Ausleger in der Mitte belastete. Außerdem befindet sich dadurch dieser Antrieb des Löffelvorschubes mit seinen beiden Elektromotoren in viel günstigerer dynamischer Lage, und zwar fast genau in der Schwenkachse des Baggers, wodurch die Massenbeschleunigungen (Kennziffer: $W \cdot R^2$) beim Anfahren und Schwenken erheblich verringert werden. Der Ausleger selbst wird durch diese Konstruktionsänderung von der gleichzeitigen, doppelten Beanspruchung (Biegung + Knickung) durch den Wegfall des Biegemomentes (Vorschubantrieb) stark entlastet, was als bedeutender statischer Vorteil anzusehen ist und sich indirekt in einer Gewichtsverminderung desselben ausdrückt. Weiter ermöglicht die neue Kniehebelbauart des aus zwei gelenkig miteinander verbundenen Stücken des Löffelstiels (Abb. 7), infolge der Gewichtseinsparungen einen etwas größeren Löffelinhalt zu wählen und außerdem ständig eine gute Löffelfüllung auch bei schwachen Abraumschichten durch entsprechenden längeren Grabweg zu erzielen. Schließlich ist gerade diese Kniehebelbauart in kinematischer Beziehung für die Herstellung des Baggerplanums bzw. bei sehr flachen Kohlenflözen besonders geeignet und wird daher auch bei den kleinen Kohlenverladebaggern angewendet (Abb. 3). Dabei übertragen die beiden kurzen, gezahnten Vorschubstangen die Schubkräfte über eine an der Vorderseite der Maschinenplattform angelegte Zwischenstütze auf das vordere, etwas längere, ungezahnte Stück des einfachen Löffelstiels. Im obersten Punkte dieser Zwischenstütze wird in einem Kardangeln die Verbindung hergestellt, so daß sich der Löffel beim Graben innerhalb mäßiger Grenzen etwas seitlich verdrehen und ausweichen kann, falls er auf unvorhergesehene seitliche Grabwiderstände stößt.

Um das hohe Eigengewicht des Löffels nebst Löffelstiel (Abb. 1), welches bei jedem Förderspiel mit der Füllung gehoben und geschwenkt werden muß und mit dem zugehörigen Aufhängebügel wenigstens 70 bis 80 t beträgt, zu vermindern, wird nur der vordere Löffelteil, welcher beim Graben unmittelbar mit den Steinen usw. in Berührung kommt, aus höchstwertigen Stahlsorten oder Legierungen, wie z. B. Manganstahl gefertigt, die Seitenwände und die Rückwand hingegen aus Leichtmetall. Die beim Graben, insbesondere beim Losreißen von Steinen dem stärksten Verschleiß ausgesetzten Teile, wie z. B. die Reißzähne (Abb. 1), sind aus geschmiedetem Manganstahl auswechselbar vorgesehen, ebenso die Schneidlippen, in welche die Zähne eingesetzt werden. Diese Werkstoffanordnung ermöglicht es auch bei älteren Löffelbaggern, die Löffelabmessungen bei gleichem Löffelgewichte zu vergrößern, so daß dadurch die Förderleistungen um etwa 15 bis 20 % unter gleichen Arbeitsbedingungen gesteigert werden können.

Im allgemeinen kann über die Förderleistungen der amerikanischen Löffelgroßbagger gesagt werden, daß bei pausenlosem Betrieb, eingearbeitetem Bedienungspersonal und mittleren Förderwegen bis zu 100 Förderspiele stündlich im Höchsthalle ausgeführt werden können. Die Leistungen im Monatsdurchschnitt ergeben sich in der Regel bis zu 60 bis 70 % dieses Maximalwertes, so daß meist innerhalb weniger Wochen bei der Großtype Marion 5561 bei Verwendung eines Löffels von 38 m³ über 1 Mio m³ erreicht werden können. So betrug bei einem der größten Tagebauunternehmen im Staate Ohio, der Hanna Coal Co. die Gesamtförderleistung auf einer der Gruben unter Einsatz von 3 Löffelgroßbaggern mit 38, 34 und 15 m³ Löffeln monatlich etwa 2,7 Mio. m³, was einer Förderleistungszahl im Monatsdurchschnitt von etwa 70/Std. entspricht.

b) Schleppschaufel-Schreitbagger („Walking Draglines“). Während der größte Teil der im Tagebau betrieblichen älteren Löffelgroßbagger auch als

Schleppschaufelbagger (auch „Eimerseilbagger“ genannt) verhältnismäßig leicht umstellbar war, so daß außer der Auswechslung des Löffels gegen einen Schürfkübel nur ein Austausch der Ausleger mit Seilführung usw. vorgenommen zu werden brauchte, ist diese Umstellungsmöglichkeit bei den neueren Großbaggern nicht mehr der Fall, obwohl gewisse betriebliche Vorteile, besonders bei klei-

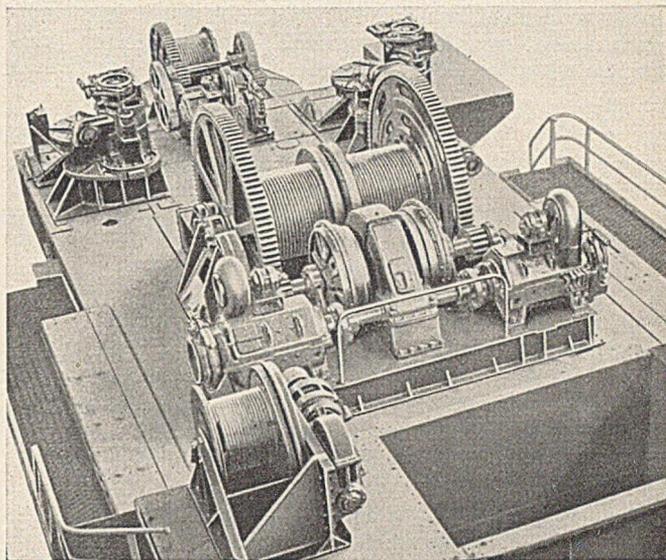


Abb. 8. Maschinenplattform des Löffelgroßbaggers Bucyrus-Erie 1050 B mit 2 getrennten Schwenkwerkantrieben.

neren Tagebauunternehmen damit verbunden waren. Durch die bereits im Abschnitt a) erwähnten zeitweisen Schwierigkeiten bei der Fortbewegung der großen Löffelbagger auf nachgiebigem oder frisch geschüttetem Boden, was vielfach den Regelfall bildet, ist man daher bei dieser Baggertattung seit etwa 10 Jahren von den bisherigen Raupenfahrwerken gänzlich abgekommen und hat ein neuartiges Fortbewegungsmittel gewählt, welches dafür

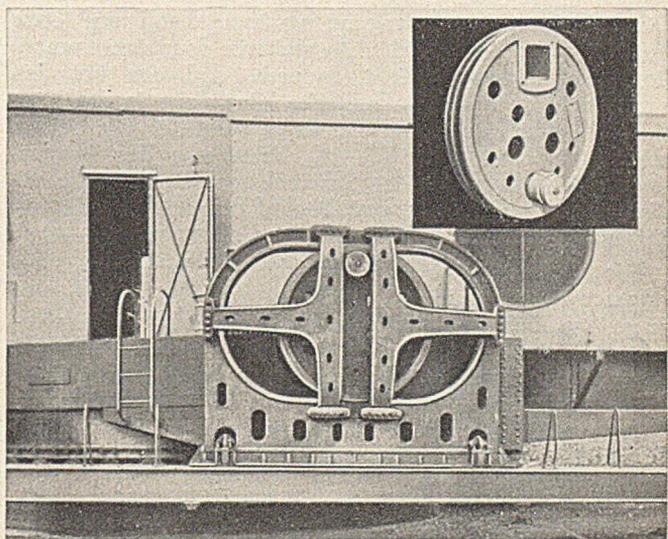


Abb. 9. Schreitwerksgetriebe eines Schleppschaufel-Schreitbaggers der Bucyrus-Erie Co. mit elliptischem Führungsrahmen. — Oben rechts: Exzentrerscheibe aus Sonderstahl mit Rollenführung und Vierkantloch zum Einführen des Endstückes der Schreitwerkswelle.

besser geeignet ist und sich bereits vorher bei Anwendung im Baubetriebe bei Erdarbeiten mit kleineren Baggern bestens bewährt hatte. Bei den auf Raupen fahrenden Löffelgroßbaggern ist dem Konstrukteur bei Forderung nach einem möglichst niedrigen Bodendruck eine der schwierigsten Aufgaben gestellt, die nur bis zu einer gewissen Grenze lösbar ist, da bei jeder vorgesehenen Vergrößerung der Raupentragflächen wegen des damit verbun-

denen Mehraufwandes an Werkstoffen für die breiteren Raupen nebst den erforderlichen zusätzlichen Abstützungen, Ausgleichshebeln usw. immer ein höheres Gewicht der Fahrwerke zur Folge hat, so daß der angestrebte Erfolg z. T. wieder aufgehoben wird. Bei den Großbaggern (Gewicht bis zu 1600 t), die auf 4 Doppelraupen fahren, gilt diese Betrachtung in besonderem Maße, weil zwecks gleichmäßiger Gewichtsübertragung und wegen der Kurvensteuerung noch Schwinghebel, Deichseln mit Lenkspindeln usw. erforderlich werden. Die im letzten Jahrzehnt entwickelten Schleppschaufel-Großbagger der Firmen

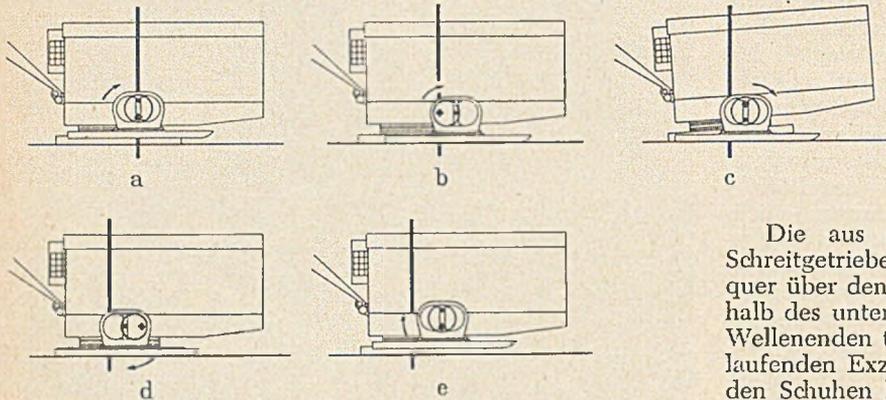


Abb. 10. Die Arbeitsphasen des Schreitbaggers der Bucyrus-Erie Co. bei der Fortbewegung.

a) Arbeitsstellung des Baggers: Plattform auf dem Boden aufsitzend, Schuhe angehoben. b) Beginn der Schreitbewegung: Drehung der Schreitwelle mit Exzenter im Uhrzeigersinne; Schuhe auf dem Boden aufgesetzt, Grundplatte noch am Boden. c) Bei fortlaufender Drehbewegung der Schreitwelle lüftet sich zunächst der rückwärtige Teil der Grundplatte vom Boden und schleift mit der Vorderkante am Boden entlang. d) Die Grundplatte wird wieder abgesenkt, die Schuhe sitzen noch auf. e) Die Schuhe werden wieder angehoben; ein voller Schritt von etwa 2,2 m Länge ist zurückgelegt.

Marion und Bucyrus-Erie sind dadurch gekennzeichnet, daß bei diesen Geräten die Bodendrücke erheblich niedriger gehalten werden können; sie liegen beim Arbeiten des Baggers meist etwa zwischen 1 bis 2 kg/cm² und steigen während der Schreitbewegung vorübergehend auf etwa den doppelten Betrag an. Ein weiterer damit zusammenhängender Vorteil entsteht dadurch, daß das bei den Raupenbaggern auftretende starke Einwalzen in das Erdreich, besonders beim Kurvenfahren, wegfällt: Die beiden Schuhe (Abb. 9—11 u. 13—14) beiderseits des Baggers werden nämlich durch das Schwenkwerk stets in die gewünschte Schreitrichtung gestellt und die Ortsveränderung des ganzen Gerätes vollzieht sich dann schrittweise.

Die Schreitvorrichtung für die Fortbewegung des Baggergewichtes muß mit Rücksicht auf die Übertragung der großen Kräfte ungewöhnlich kräftig durchgebildet werden; sie besteht in der Hauptsache aus 3 Teilen, nämlich: der großen Exzentrumscheibe mit daran befestigter kleinen Führungsrolle und dem eingefrästen Vierkantloch zur Aufnahme des Endstückes der Schreitwelle, dem zugehörigen elliptischen Führungsrahmen mit Wulst und den beiden Schreitshuhen (Abb. 9).

Die kreisförmige Exzentrumscheibe besteht aus Sonderstahl und hat auf ihrem Umfange eine Rille für den darin geführten elliptischen Führungsrahmen eingekerbt. Die Gleitrolle der Scheibe bewegt sich zwangsläufig in der lotrechten Führungsrille in der Mitte der Ellipse auf und nieder und begrenzt kinematisch die Bewegung. Die Drehbewegung der Exzentrumscheibe überträgt sich auf die Fortbewegung der Schuhe und damit auf den ganzen Bagger. Der bereits erwähnte Führungsrahmen für die Exzentrumscheibe besteht aus 2 gleichen, kräftigen Stahlgußhalb-ellipsen, ferner wird dieser Rahmen durch 2 Stützen mit T-förmigem Querschnitt gegen den Schuh verstrebt. In der zwischen den Halbellipsen gebildeten Nute bewegt sich die Gleitrolle der Exzentrumscheibe in senkrechter Richtung

(Abb. 10). Jeder der beiden Baggerschuhe ist an der unteren Kante des Führungsrahmens durch Angellager mit diesen verbunden; die so konstruiert sind, daß die Schuhe seitlich etwas auspendeln können, ebenso etwas vor- und rückwärts in der Schreitrichtung und sich damit den Gelände-Verhältnissen anpassen. Beide Schuhe sind räumlich so weit voneinander entfernt, daß sich das Baggergewicht bei der Schreitbewegung — auch im unebenen Gelände — ziemlich gleichmäßig verteilen kann. Die Schuhe selbst (Abb. 11) sind aus langen I-Trägern zusammengesetzt, die durch Querverbände verspannt sind und auf diese Weise einen widerstandsfähigen, gut versteiften Kastenträger bilden, der oben und unten mit Stahlblechen armiert ist. Auf jeder Bodenfläche der Schuhe sind einige Dreikantleisten angebracht, um diesen einen besseren Halt beim Schreiten zu geben und um gleichzeitig ein Rutschen zu verhindern.

Die aus geschmiedetem Stahl gefertigte Welle des Schreitgetriebes (550 mm ϕ an den Enden) erstreckt sich quer über den ganzen Rahmen des Baggeroberteiles, innerhalb des unteren Maschinenhauses. Jedes der vierkantigen Wellenenden trägt dabei die bei der Schreitbewegung umlaufenden Exzentrumscheiben und stellt die Verbindung mit den Schuhen her, zu beiden Seiten des Baggerunterteiles. Während bei der größten Baggertypen: Bucyrus-Erie 1150 B,

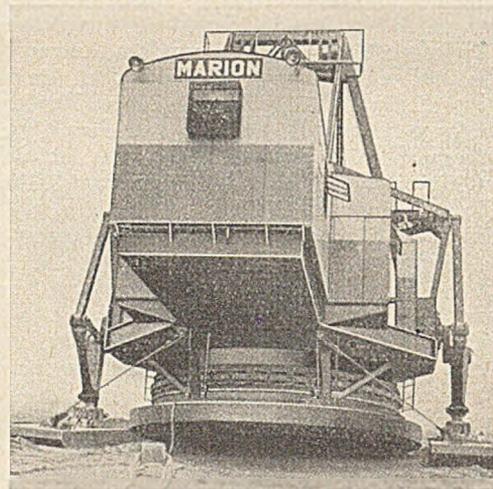


Abb. 11. Rückansicht des Marion-Schreitbaggers Type 7800 bei der Schreitbewegung. — Schuhe auf dem Boden aufsitzend, die kreisförmige Plattform schleift mit der Vorderkante über den Boden.

bzw. 1250 B die Schreittriebewelle nebst Antrieb unterhalb des Maschinenhauses durch 2 Elektromotoren von je 100 PS angetrieben wird, erfolgt bei den kleineren Baggermodellen wie z. B. 500 B der Antrieb mittels Stirnradgetriebe oder Kettenübertragung von der Schürfwinde im Maschinenhaus, welche gleichzeitig für den Antrieb des Schreitwerkes dienen.

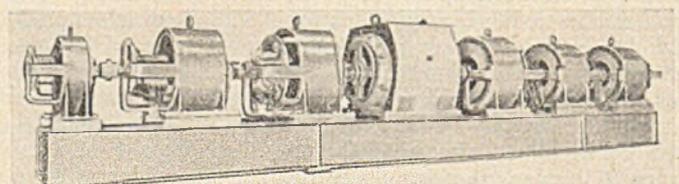


Abb. 12. Ward-Leonard-Aggregat eines Löffelgroßbaggers der Bucyrus-Erie Co. (Type 1050 B).

Mit der beschriebenen Schreitvorrichtung der Bucyrus-Erie Co. werden die einzelnen Phasen der Bewegung (Abb. 10) gleichmäßig und ohne Stöße rhythmisch durchgeführt, während das große Eigengewicht des Baggers beim Senken der Schuhe wie durch Stoßkissen sanft abgefedert

wird. Sowohl bei gutem als auch bei schlechtem und nassem Wetter, bei weichem oder hartem oder unregelmäßigem Boden bewegt sich der Bagger in die gewünschte Arbeitsstellung. Das Gerät kann scharfe oder Zickzackkurven einschlagen, auf der Stelle drehen, Hindernisse umgehen und schließlich ganz dicht an der Kante der Steilböschung zur Arbeit angesetzt werden, was mit anderen, insbesondere Raupenbaggern nicht gewagt werden kann. Bei den Großbaggertypen der Firmen Marion und Bucyrus-Erie hat der Baggerführer nur einen Druckknopf zur Betätigung der Schreitbewegung zu bedienen, außer der gelegentlichen Einstellung des Schwenkwerkes, um die Fortbewegung des Baggers in jeder gewünschten Richtung zu erreichen.

Beispiel eines neuzeitlichen Tagebaues mit Schleppschaufelbagger.

Eines der leistungsfähigsten Tagebaubetriebe der Maumee Collieries Co., die zahlreiche Gruben im Staate Indiana unterhält, ist der Tagebau Nr. 28 in der Nähe von Linton, der mit einem neuen Schleppschaufelgroßbagger Type 1150 B der Bucyrus-Erie Co. ausgestattet ist, um die Wegschaffung des Abraumes in wirtschaftlichster Weise

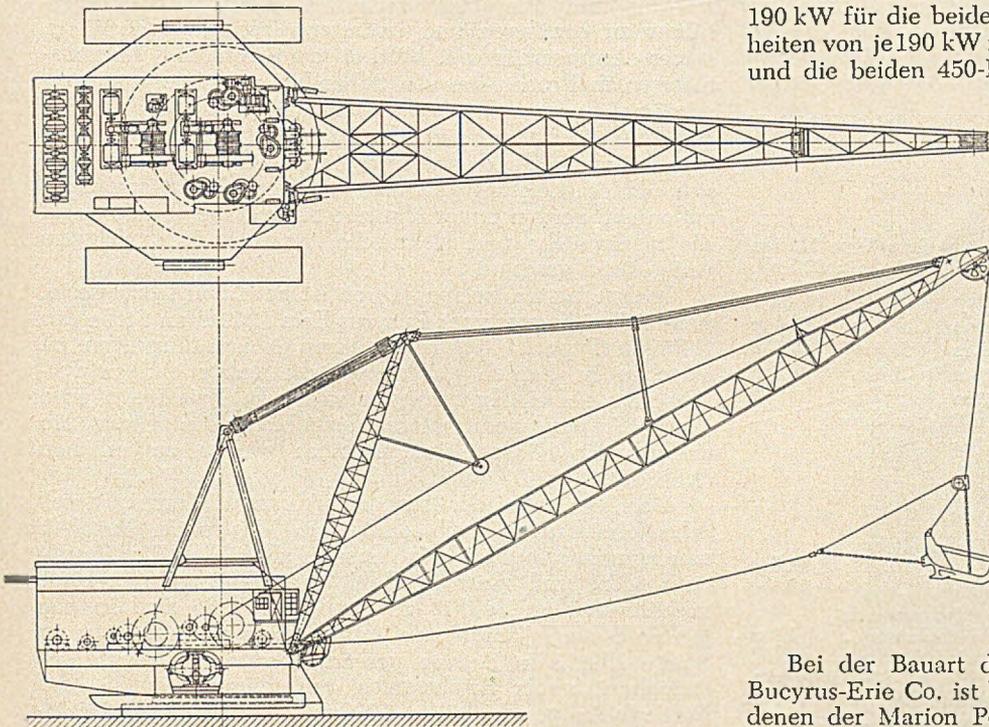


Abb. 13. Zusammenstellungszeichnung des neuen Schleppschaufel-Schreitbaggers Type 1250 B der Bucyrus-Erie Co. — Kübelinhalt: 22,5 m³. Zur Schwenkbewegung des Baggers sind 4 Antriebe mit Vorgelegen vorgesehen, die mit 4 Elektromotoren mit senkrechten Wellen angetrieben werden.

zu beschleunigen. Dieser allein in 3 Schichten arbeitende Großbagger ist mit einem 54 m langen Ausleger und einem Schürfkübel von 19 m³ Inhalt ausgerüstet; er legt täglich etwa 2500 t Steinkohle frei, welche bei einer Flözstärke von etwa 1,2 m in durchschnittlich 20 bis 25 m Tiefe liegt. Diese Grubengesellschaft mit dem Sitze in Terre Haute (Indiana) verfügt über 35jährige Erfahrungen auf dem Sondergebiete des Tagebaues von bituminösen Kohlen und ist zu der Überzeugung gekommen, daß im vorliegenden Falle nur der Schleppschaufelbagger allein die Freilegung der Kohle zweckmäßig übernehmen kann, während sonst in anderen größeren Betrieben meist die Tandearbeit zweier Großbagger bevorzugt wird. An der äußeren Umgrenzung des Kohlenfeldes von über 2 km Länge war durch vorangegangene Bohrungen bereits die Gleichmäßigkeit der Flözstärke festgestellt worden. Damit konnte das neue Großgerät zur Abdeckung des tief gelegenen Kohlenflözes herangezogen werden, dessen Ge-

winnung sich mit der früher angewandten Methode unwirtschaftlich gestaltet hatte, da das Verhältnis Decke zu Kohle fast 20:1 betrug. Bei der Abraumbeseitigung schwenkt der Bagger mit Schwenkwinkeln von nur 45 bis etwa 60° uhrwerksmäßig hin und her; er hält nur an, um den Kübel neu zu füllen und um den Inhalt während der Schwenkbewegung abzuschleudern. Vermöge der jeweiligen Schreitbewegung um etwa 6,3 m ist dabei der Bagger den konkaven Haldenmulden etwas näher und kann die Schleuderweite des Kübels zusätzlich noch erhöhen und den Arbeitsbereich damit erweitern. Schätzungsweise beträgt die durch die Zentrifugalkraft beim Schwenken gewonnene Abwurfentfernung bis zu etwa 7,5 m; durch diese Arbeitsweise wird am Kraftverbrauch eingespart und der Absetzbereich des Abraumes vergrößert. Der für diese Arbeiten eingesetzte Großbagger hat ein Dienstgewicht von etwa 1100 t mit einem Ballastgewicht von rd. 140 t; die weiteren Hauptmaße und Daten sind aus der Tabelle zu entnehmen, die der Abb. 14 beigelegt ist. Der Drehstrom von 4000 Volt Spannung wird dem Stromnetz des Staates Indiana entnommen; es werden insgesamt 12 Generatoren betrieben, und zwar 4 Einheiten von je 190 kW für die beiden 450-PS-Hubmotoren, 4 weitere Einheiten von je 190 kW für die beiden 450-PS-Hubgeneratoren und die beiden 450-PS-Schürfmotoren, 3 Einheiten von je

112,5 kW für die 3 Schwenkmotoren von je 125 PS und einem 112,5-kW-Erreger. Die gesamte elektrische Ausrüstung stammt von der General Electric Co.

Ein automatisch arbeitender Förderspielzähler wurde von der Grubengesellschaft an einem der 3 Schwenkmotoren auf der rechten Seite im Maschinenhaus angebracht, welcher fortlaufend die Schwenkbewegungen des Baggers und damit die Förderwege registriert. Bei jeder Schicht von 8 Stunden werden durchschnittlich 450 Kübelfüllungen gefördert, d. h. etwa 56 Spiele stündlich, wodurch die hohe Leistungsfähigkeit des Baggers erklärt ist.

Bei der Bauart der Schleppschaufel-Schreitbagger der Bucyrus-Erie Co. ist bemerkenswert, daß im Gegensatz zu denen der Marion Power Shovel Co. doppelte Hub- und doppelte Schürfseile angewandt werden, und zwar letztere von 62 mm ϕ und 78 m Länge, erstere von 50 mm ϕ und je 135 m Länge. Diese Anwendung von Doppelseilen wurde besonders für das Abtragen felsigen Deckgebirges für zweckmäßig befunden; es erleichtert außerdem die Auswechselbarkeit der Seile und verlängert die Zeitintervalle des Seilaustausches. Auch die doppelte, hoch über der Baggersohle (Abb. 13) gelegene Seilrollenführung schützt die Schürfseile vor Verschmutzung und dem Mitführen von anhaftendem Baggergut usw. auf die Seiltrummeln der Antriebswinde. Im allgemeinen beträgt die Lebensdauer dieser Seile ungefähr 1,2 Mio m³ Fördergut, ehe eine Auswechslung erforderlich wird, was bei ununterbrochenem Förderbetrieb etwa 2 bis 3 Monaten entspricht. Für die Baggerführer, die sich gegenseitig ablösen, ist zur Bedienung dieses Schreitbaggers eine große Geschicklichkeit und Aufmerksamkeit zur Handhabung aller Steuerorgane usw. erforderlich. Letztere besonders, um den Abraum bis genau auf die Oberfläche des Kohlenflözes zu entfernen und diesen sauber und gleichmäßig abzuschälen, obwohl die letzten Lagen fast stets aus Schiefergestein bestehen und andererseits die freigelegte Kohle nicht beschädigt werden soll. Daher müssen auch die Reißzähne des Kübels immer möglichst scharf gehalten werden, um glatte

Schnitte zu erzielen. Der geringfügige, noch überbleibende Rest von Abraum usw. wird vor dem Einsatz der Kohlenverladeschaufel (Abb. 3) durch die übliche normale Planier-raupe beseitigt. Der Abtransport der Kohle aus der Grube nach den Aufbereitungsanlagen in einer Entfernung von etwa 2,4 km wird durch gummibereifte Großraumwagen (Abb. 4) auf guter Straße durchgeführt, wobei diese Förderwagen etwa 25 bis 30 Fahrten täglich ausführen.

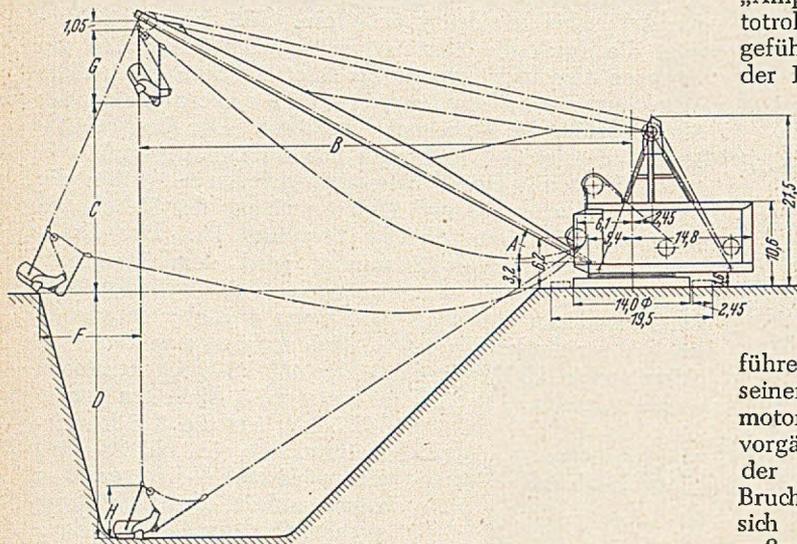


Abb. 14. Maßskizze des Schlepplöffel-Schreitbaggers Type Marion 7800. Hauptmaße: Auslegerlänge 61 m, Schürfkübelinhalt: 22,5 m³.

A Auslegerneigung	21 1/2°	29 1/2°	32°
B Ausschütthalbmesser	61,0 m	60,0 m	58,0 m
C Ausschütthöhe	20,0 m	23,0 m	25,5 m
D Max. Schürftiefe	34,0 m	31,0 m	28,5 m
F Wurfweite des Eimers	9—15 m		
(abhängig von der Geschicklichkeit des Baggerführers)			
G Auskipfmaß des Eimers	9,1 m		
H Maß der Eimeraufhängung	6,6 m		

Technische Daten:

Baggergrundfläche:		Oberer Rahmen:	
Außendurchmesser . . .	14,2 m	Breite	11,5 m
Rechn. Tragfläche . . .	154 qm	Länge	19,8 m
Durchm. d. Rollenkranses	10,1 m	Hubtrommel:	
Zahl d. Tragrollen . . .	98	Trommeldurchmesser . .	1,9 m
Schreitshuhe:		Seilgeschwindigkeit	98—110 m/min.
Breite	2,5 m	Hubseildurchmesser . . .	70 mm
Länge	13,8 m	Schürfseiltrommel:	
Tragfl. d. beiden Schuhe	67,6 qm	Trommeldurchmesser . .	1,9 m
Mittenmaß d. Spurweite	19,8 m	Max. Seilzug	130—110 t
Schreitgeschw. . . rd.	250 m/Std.	Schürfseildurchm.	78 mm
		Auslegerseildurchmesser	41 mm

Elektrische Ausrüstung:
(Installierte Gesamtleistung: rd. 1600 PS)

2 Hubmotoren von je . . .	425 PS	Gewichte:	
2 Schürfmotoren von je . .	425 PS	Dienstgewicht	rd. 1240 t
3 Schwenkmotoren von je . .	125 PS	Gegengewicht	rd. 112 t
1 Auslegereinziehmotor . . .	15 PS		

Neukonstruktionen und Ausblick auf die Weiterentwicklung.

Bei sämtlichen amerikanischen Großgeräten, d. h. Löffelbaggern und Schlepplöffelbaggern im Tagebau der Lieferfirmen Marion und Bucyrus-Erie wird bereits seit über 20 Jahren die bekannte Ward-Leonardschaltung (Abb. 12) der elektrischen Ausrüstung angewandt und zusätzlich neuerdings noch ein weiteres, verfeinertes elektrisches Steuerungssystem, welches durch die Bezeichnung „Amplidyne“ (Lieferung: General Electric Co.) oder „Rototrol“ (Lieferung: Westinghouse Electric Corp.) sich eingeführt hat. Alle einzelnen Bewegungen der Graborgane der Bagger, nämlich Hub-, Schwenk- und Vorschubwerk bzw. Schürfbewegung können damit vom Baggerführer stufenlos und äußerst präzise gesteuert werden, wodurch außerdem für ein ungewöhnlich rasches Erreichen bzw. Abstoppen der Fördergeschwindigkeiten bei hohem elektrischen Wirkungsgrade gesorgt wird. Trotz der Geschwindigkeiten, welche den Graborganen bei der Förderung erteilt werden, ist als Hauptvorteil dieser Zusatzsteuerung ein sehr genaues Anortbringen und Einsetzen derselben durch den Baggerführer zu erwähnen und entlastet diesen weitgehend in seiner Aufmerksamkeit. Dabei reagieren die Antriebsmotoren in Bruchteilen von Sekunden auf die Steuerungsvorgänge; es werden zwar bei den einzelnen Phasen der Bewegung immer nur einzelne Sekunden oder Bruchteile derselben gewonnen, aber im ganzen ergeben sich damit Leistungszuschläge bis zu 20 % stündlich; außerdem werden ungewöhnliche Stromstöße verhütet und die mechanische und elektrische Ausrüstung des Baggers weitgehend geschont.

In den letzten beiden Jahren ist noch eine verbesserte, neue Schreitbaggertypen: Bucyrus-Erie 1250 B an Stelle der früheren Type 1150 B in mehreren Neuausführungen im Tagebau in Betrieb gekommen, die außer einigen vergrößerten Arbeitsabmessungen wie z. B. Reichweite usw. auch 4 Schwenkwerkmotoren (statt bisher 3) aufweist, um dadurch die Förderleistungen noch weiter zu erhöhen (Abb. 13).

Der Gedanke der stetigen Abraumförderung durch Schaufelradbagger nach deutschem Muster im Tagebau scheint neuerdings auch in Amerika allmählich Einführung zu finden, und zwar in Gebieten, wo das Deckgebirge verhältnismäßig „leicht“ zu nennen ist. So sind in den letzten 6 bis 7 Jahren zwei größere Schaufelradbagger im Staate Illinois in Betrieb gesetzt worden, die durch Ansammlung neuer Erfahrungen auf diesem Gebiete auf Förderleistungen bis über 1000 m³ stündlich im Monatsdurchschnitt gebracht worden sind. Dabei sind die Umlaufgeschwindigkeiten des Schaufelrades in den letzten Jahren von ursprünglich 6 bis auf 10 und 12 Umdr./Min. (in Deutschland meist nur etwa 5) weiter erhöht worden, ebenso die Bandgeschwindigkeiten auf 6 bis 7 m/sec, wodurch die Förderleistungen erheblich vergrößert wurden. Ob sich diese, besonders im deutschen Braunkohlentagebau hochentwickelten Geräte auch in Amerika bei leicht zu baggerndem Material weiter einführen werden, bleibt vorläufig abzuwarten.

Kleine Löffelbagger und ihre Umbauformen.

Von Baurat Dipl.-Ing. Riedig, München-Lohhof.

Das Gewinnen kleiner Mengen Rohstoffe in natürlichen Lagerstätten oder irgendwelche Tiefbauarbeiten kleineren Ausmaßes erfordern ebenso den Einsatz von Maschinen wie mittelgroße und umfangreiche Arbeiten, wenn die Gesichtspunkte der Rationalisierung befolgt werden sollen. Kleine Eimerkettenbagger zum Durchführen von Gewinnung und Abtrag sind nicht immer möglich, weil die Grabkraft auf die Schneidkanten mehrerer Abtraggefäße verteilt und daher spezifisch verhältnismäßig klein ist (leichte Bodenarten). An Hoch-, Tieflöffel-, Greif- oder Schleppschaufelbaggern ist dagegen die Grabkraft auf nur ein Gefäß mit einer Kante (Greifbagger zwei Kanten) konzentriert, so daß man fast alle Bodenarten bewältigen kann. Für kleine Arbeiten in vorwiegend festem oder grobstückigem Material wurden daher mehrere kleine Löffelbagger entwickelt, die wie auch die größeren Geräte mehrere Umbauformen annehmen und vielfach ausgenutzt werden können.

Da die Arbeitsstellen kleiner Löffelbagger und der Umbauformen oft wechseln, sind die Fahrwerke an die dadurch bedingten Anforderungen angepaßt. Die kleinen Bagger fahren nicht nur auf Raupen, sondern auch auf gummibereiften Rädern, die durch den Baggermotor an-

Das Bedürfnis nach einem leichten, kleinen und leistungsfähigen Bagger erfüllt das Gerät LK 50 von Menck & Hambrock GmbH auf Raupen (Abb. 1), das als Schleppschaufel- oder Greifbagger zum Herstellen oder Reinigen von Gräben, Ausheben von Fundamentgruben, Gewinnen von Sand und Kies oder Torf und Beseitigen von Trümmern eingesetzt werden kann. Durch das kleine Dienstgewicht (11 t) kann man den Bagger schnell auf einen leichten Transportwagen verladen und nach einer anderen Arbeitsstelle bringen. Der Bagger mit seinen geringen Betriebs- und Unterhaltskosten leistet auch im Dauerbetrieb sehr viel. Es betragen: Inhalt der Schleppschaufel 0,32 m³, des Greifers 0,32, 0,42 oder 0,52 m³, Reißkraft am Grabgefäß 2,5 t, Leistung des Dieselmotors 28 PS, des Elektromotors 16 bis 18 kW, Hubgeschwindigkeit am einfachen Seil 40 m/min., Fahrgeschwindigkeit 14 m/min, Schwenkgeschwindigkeit 4 Uml/min, Flächen- druck beim Fahren 0,46 kg/cm². Das Windwerk hat eine Schließ- und Senktrommel, die unmittelbar angetrieben werden. Die Bremsen zu den Seiltrommeln steuert der Baggerführer durch Fußhebel.

Für Arbeiten der obengenannten Arten dienen die beiden kleinen Universalbagger B 304 und B 306 mit In-

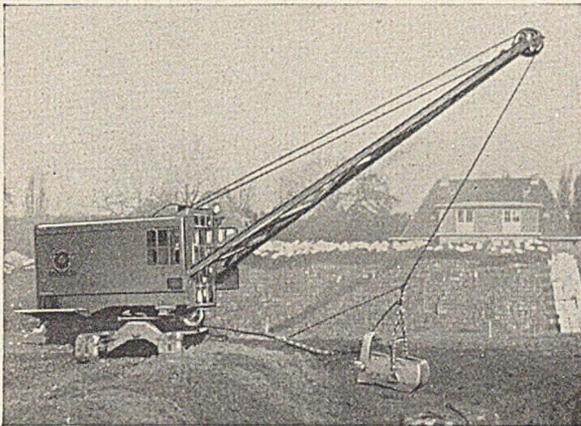


Abb. 1. 0,32-m³-Schleppschaufelbagger.



Abb. 2. 0,4-m³-Tieflöffelbagger auf Raupen.

getrieben werden und einen Teil des Gerätes bilden, oder auf einem Lastwagengestell mit eigenem Fahrmotor, durch das die Beweglichkeit eines Gerätes weiterhin gesteigert wird. Rasche Beweglichkeit ist ein Haupterfordernis der kleinen Bagger, die daher nicht durch einfaches Verkleinern der Abmessungen größerer Bagger entstanden sind, sondern Sonderbauarten mit möglichst kleinen Gewichten darstellen. Die Inhalte der Grabgefäße betragen 0,6 m³ und weniger.

Der Hochlöffelbagger dient hauptsächlich zum Abtragen von Boden und Abraum, zum Räumen von Trümmern und anderen Arbeiten über Planum, während man den Tieflöffelbagger für Arbeiten unter Planum beim Bau von Rohrleitungen, bei Erweiterungen von Fluß- und Kanalbetten oder beim Beseitigen von Abraum in Sandgruben einsetzt. Der Greifbagger ist das beim Baubetrieb am meisten verwendete Gerät zum Ausheben von Baugruben oder breiteren Gräben, zum Räumen von Trümmern und zum Verladen von Schüttgütern. Eine wesentliche Umbauform für Kanal- und Dammbauten, Flußregulierungen, Grabenzichen und sonstige Arbeiten unter Planum ist der Schleppschaufelbagger. Für Verladearbeiten kommt der normale Kran in Betracht. Mit dem Hochbaukran legt man Dachbinder auf, errichtet Gerüste oder baut in oben offenen Gebäuden schwere Teile, wie Träger, Heizkörper u. dgl. ein.

halten der Hochlöffel von 0,4 und 0,6 m³ der Demag-Baggerfabrik GmbH, bei denen die Raupen (Abb. 2) durch luftbereifte Räder ersetzt sein können. Wie das Raupenfahrwerk wird auch das Radfahrwerk über die hohle Mittelwelle vom Führersitz aus gesteuert und gelenkt. Die vorderen Lenkräder sind mit Außenscheiben versehen, die bei Reifenschäden das Rad abfangen und ein Aufsitzen der Felgen verhindern. Gelenkt werden sie durch eine elektrische Druckknopfsteuerung, durch die sich über zwei Anlasser die Räder nach der einen oder anderen Seite einschlagen. Das Windwerk enthält zwei voneinander unabhängige Seiltrommeln, die beim Hochlöffel das Hub- und Auslegerseil, beim Tieflöffel das Grab- und Auslegerseil, beim Greifer das Halte- und Schließseil und bei der Schleppschaufel das Hub- und Grabseil aufnehmen. Für die Umbauformen als Hochbaukran (Abb. 3) mit Rollhöhen von etwa 15 und 17 m eignet sich mit Rücksicht auf genügend große Standsicherheit nur das Raupenfahrwerk, das immer einen festen, ebenen und gegebenenfalls durch Schwellenroste verstärkten Untergrund bedingt.

Der Zahnkranz des Schwenkwerkes trägt auf seiner Oberfläche einen Rollenkranz, auf dem der Oberteil aufsitzt.

Die kleinen Bagger der Reihe MK der Leo Gottwald KG fahren sowohl auf Raupen, als auch auf Rädern. Auf Raupen fährt der kleine Universalbagger RG 04 mit einem Hochlöffelinhalt von $0,4 \text{ m}^3$. Er entwickelt mit dem luftgekühlten Dreizylinder-Dieselmotor von 36 PS Leistung eine Reiß-

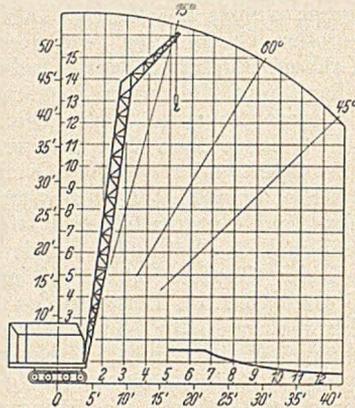


Abb. 3. $0,4\text{-m}^3$ -Universalbagger in der Umbauform als Hochbaukran.

kraft am Löffel von 10 t. Die Raupen werden durch ein Handrad im Führerstand (Abb. 4) gelenkt. Das Viergang-Fahrgetriebe läßt sich wie alle anderen Triebwerke schalten, so daß Heben, Schwenken und Einziehen im Verhältnis 1 : 6,5 geregelt werden können. In der Umbauform als Schlepplöffelbagger beträgt der spezifische Bodendruck unter den Raupen nur $0,58 \text{ kg/cm}^2$. Die Fahrwerke der Autobagger MK 1, MK 4 und MK 4A werden durch die Baggermotoren angetrieben. Der schwenkbare Oberteil der Type MK 1 kann aber auch auf einem Lastwagenfahrgestell mit eigenem Fahrmotor aufgebaut sein (Abb. 5).

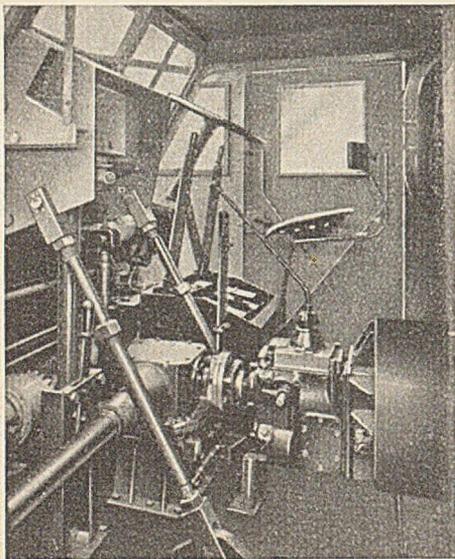


Abb. 4. Führerstand eines $0,4\text{-m}^3$ -Universalbaggers auf Raupen, die durch ein Handrad gelenkt werden.

Die Typen sind Universalbagger mit allen üblichen Umbauformen, auch als Ramme und Hochbaukran. Sie unterscheiden sich untereinander nur in der Anzahl der Gänge für die Fahrgeschwindigkeiten. Während die Hinterräder der Bagger MK 1 und MK 4 über ein Differential angetrieben werden, ist der Bagger MK 4A mit Allradantrieb ausgerüstet.

Der Universal-Autobagger UB 3 von A. Gross GmbH mit einem Hochlöffel von $0,32 \text{ m}^3$ Inhalt (Abb. 6) kann mit vier Geschwindigkeiten von 2,7 bis $18,5 \text{ km/h}$ fahren. Auf der Arbeitsstelle werden die kleinen und auf dem Transportweg die größeren Fahrgeschwindigkeiten eingeschaltet. Die Baggerleistung ist verhältnismäßig sehr groß, da man

beim Heben und Schwenken mit drei Geschwindigkeiten arbeiten kann. Im normalen Betrieb wird der zweite Gang, in schwerem Material der erste und bei leichten Bodenarbeiten der dritte Gang verwendet. Die Hauptbelastung ruht auf der Hinterachse mit Doppelrädern. Die Vorderachse ist wesentlich weniger belastet. Der Antriebsdieselmotor leistet 32 PS.

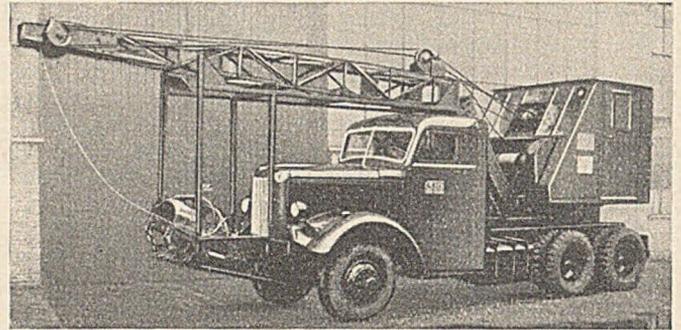


Abb. 5. $0,4\text{-m}^3$ -Schlepplöffelbagger auf einem Lastwagenfahrgestell mit eigenem Fahrmotor.

Durch luftgekühlte Dieselmotoren werden die kleinen Universal-Raupenbagger UR 4 mit einem $0,38\text{-m}^3$ -Hochlöffel (Abb. 7) und UR 5 mit einem $0,55\text{-m}^3$ -Hochlöffel von Willhag-Wilhelm Hagenkamp angetrieben. Im Windwerk beider Bagger befindet sich außer den zwei Haupttrom-

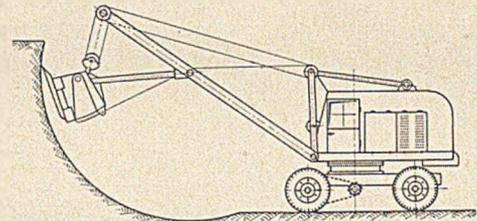


Abb. 6. Universal-Autobagger mit $0,32\text{-m}^3$ -Hochlöfleinrichtung.

meln auf der verlängerten Trommelwelle noch eine dritte kleinere Trommel, mit der der Pendelschieber des Hochlöffels geöffnet, der Tieflöffel gekippt und an der Type UR 4 der Ausleger der Greif-, Schlepplöffel-, Planier-

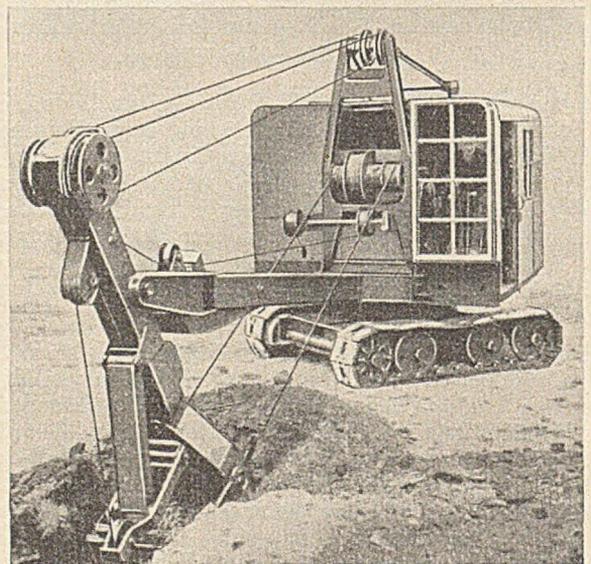


Abb. 7. $0,33\text{-m}^3$ -Tieflöffelbagger (12,3 t Dienstgewicht).

und Rammeinrichtung verstellbar wird. Bei der Hoch- und Tieflöffleinrichtung des UR 4 dient eine der beiden Hubwerkstromeln zum Verstellen. Beim UR 5 ist hierzu ein Schneckengetriebe eingebaut. Am UR 4 ist der Stiel des Hochlöffels heb- und senkbar befestigt und der Löffel wird durch Neigen oder Anheben des Auslegers vorge-

stoßen und zurückgezogen. Am UR 5 geschieht der Vorschub des Hochlöffels durch eine Zahnstange am Löffelstiel und ein Ritzel am Ausleger. Der Tieflöffel ist am Stiel pendelnd gelagert, so daß der gefüllte Löffel in jeder Auslegerstellung unmittelbar neben dem Bagger entladen werden kann und beim Beladen der Transportwagen an Zeit gespart wird. Die beiden Typen lassen sich auch mit einer Planiereinrichtung zum Verziehen von Bodenunebenheiten oder geschüttetem Material ausrüsten.

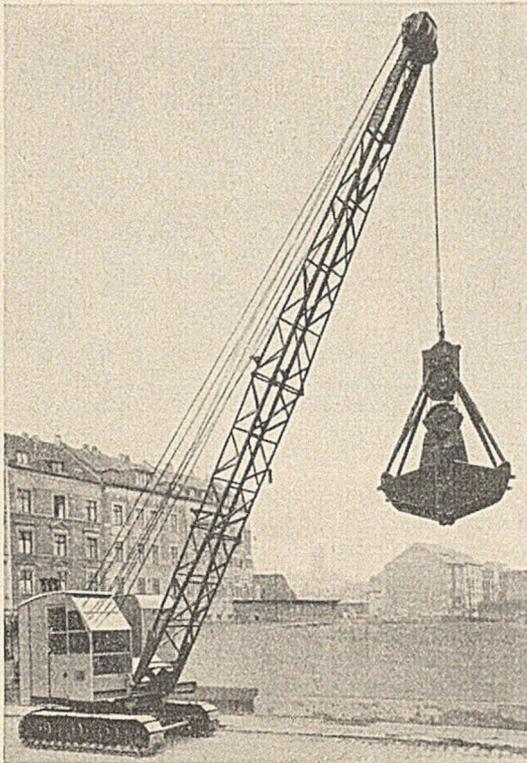


Abb. 8. 0,3-m³-Greifbagger mit besonders langem Ausleger zum Vergrößern der Ausschütthöhe.



Abb. 9. 0,5-m³-Hochlöffelbagger mit selbsttätigem Löffelvorschub.

Die kleinen Raupenbagger BUG 30, BUG 40 und BUG 50 mit Inhalten der Hochlöffel von 0,3 : 0,4 und 0,5 m³ der Baumaschinenfabrik Büniger AG (als Beispiel Abb. 8) können die Formen als Hoch-, Tieflöffel-, Greif-, Schleppschaufel-, Planierbagger, als Kran, Ramme und Stampfer annehmen. Die Hochlöffel der drei Typen (Abb. 9) schieben sich beim Abgraben selbsttätig gegen die abzutragende Wand vor, wobei der Vorschub durch

den Baggerführer geregelt werden kann. Da sich außerdem bei jedem Hub der Ausleger verstellen läßt, wird auch bei beschränkten Platzverhältnissen die Baggerleistung voll ausgenutzt. Der Tieflöffel hat auch über Planum einen großen Arbeitsbereich.

Um ein möglichst leichtes Gerät für wenig tragfähigen Boden zu schaffen, wurde der kleine Bagger W 3 der Weserhütte Otto Wolff GmbH mit einem 0,35- bis 0,5 m³-Hochlöffel und einem spezifischen Bodendruck unter den Raupen von nur 0,48 kg/cm² in Zusammenarbeit mit der Praxis entwickelt (Abb. 10). Die Raupen sind je 0,6 m breit. Die Umbauform als Hochbaukran wird durch einen

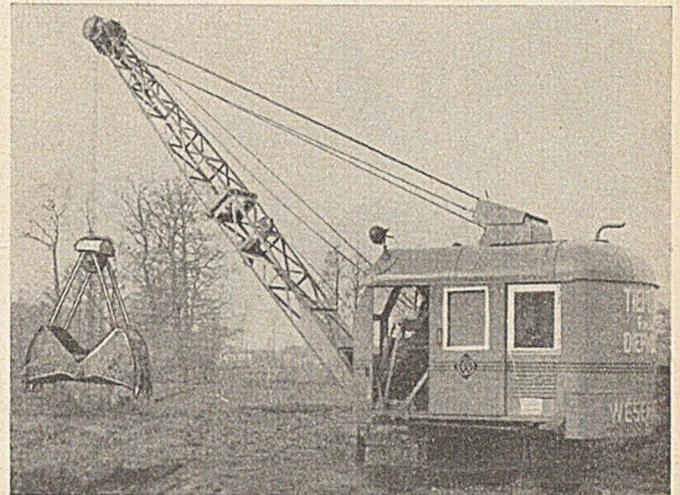


Abb. 10. 0,32-m³-Greifbagger auf Raupen.

fest am Grundbagger angelegten Tragmast und einen heb- und senkbaren Ausleger gebildet. Der Dieselmotor leistet 30 PS. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt 1,3 und 2,4 km/h, die Schwenkgeschwindigkeit 5,5 oder 4,2 Uml/min. Weitere Zahlenangaben sind: Reißkraft des Hochlöffels 6,5 t, Inhalt des Tieflöffels 0,35 m³, Baggertiefe 3 m, Inhalt des Greifers 0,32 bis 0,4 m³, Hubhöhe 9 m, Reißkraft der Schleppschaufel (0,32 bis 0,4 m³) 4,3 t, Auslegerlänge 9 m.

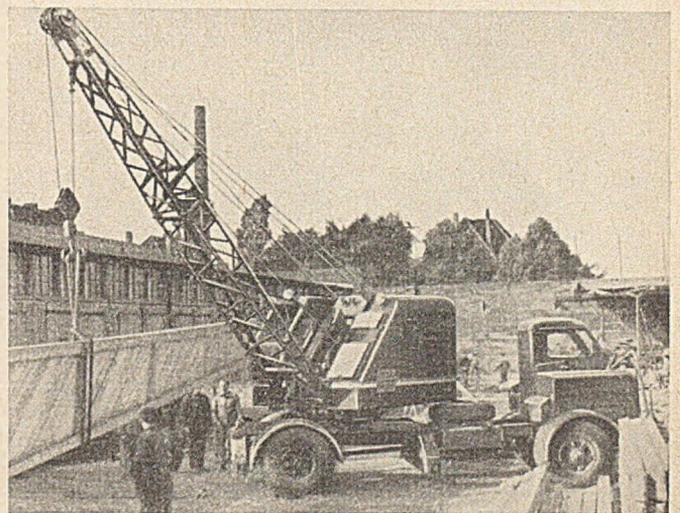


Abb. 11. 0,35-m³-Autobagger mit zweiachsigem Fahrgestell und Kraneinrichtung.

Die kleinen Typen L 101 und L 201 für Hochlöffel-inhalte von 0,35 und 0,5 m³ von Orenstein & Koppel und Lübecker Maschinenbau AG sind sowohl Universal-Raupen-, als auch Universal-Autobagger (Abb. 11). Die Autobagger sind auf einem Zweiachs- (0,35 m³) oder auf einem Dreiachsfahrgestell (0,5 m³) aufgebaut, die beide durch eigene Dieselmotoren mit Leistungen von 72 oder 150 PS angetrieben werden und mit Geschwindigkeiten bis 30

oder 45 km/h fahren. Das zweiachsige Fahrgestell hat Allrad- und das dreiachsige nur Hinterradantrieb. Zur Verbindung des schwenkbaren Oberteiles mit dem Raupen- oder Autofahrgestell der Bagger dient ein doppelseitiger Laufrollenkranz, der am Fahrgestell verschraubt ist. In der doppelseitigen Führung des Laufrollenkranzes laufen die nachstellbaren, konischen Laufrollen am Oberteil. Bei großer Belastung liegen die hinteren Laufrollen an der

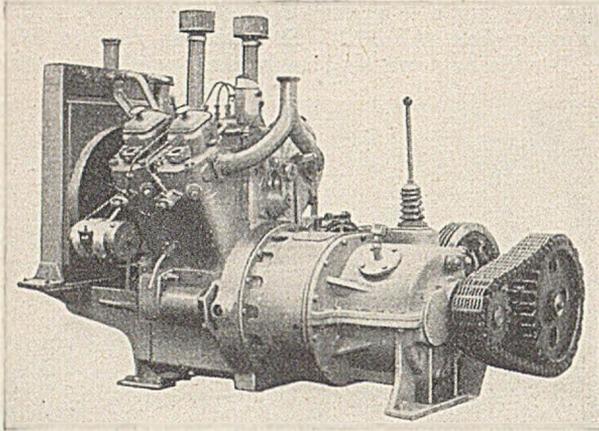


Abb. 12. Getriebekblock mit Vierzylinder-Dieselmotor, Kühlung, Abschaltkupplung und Mehrganggetriebe eines 0,5-m³-Raupen- oder Autobaggers.

oberen Laufbahn an, so daß der Oberteil gegenüber dem Fahrgestell nicht kippen kann und Oberteil und Fahrgestell mit dem Druck der vorderen Laufrollen auf die untere Laufbahn ein zusammenhängendes Aggregat bilden. Die Baggereinrichtung (Oberteil) wird durch einen Zweizylinder-Dieselmotor von 36/42 PS Leistung (L 101) oder durch einen Vierzylindermotor von 48/55 PS Leistung angetrieben. Die Motoren mit den V-förmig zueinander liegenden Zylindern sind mit der Kühleinrichtung, der Motor-Abschaltkupplung und dem Mehrgang-Schaltgetriebe zu einem kurzen Block vereinigt (Abb. 12). Der eine oder

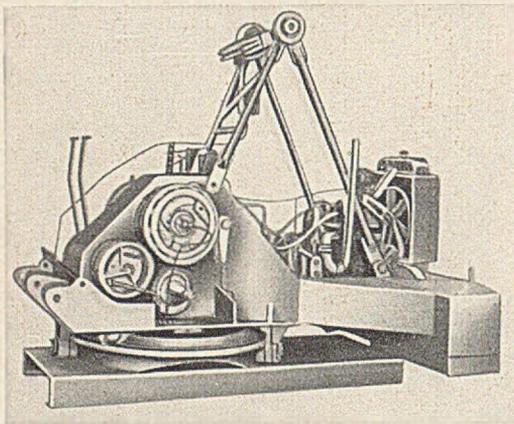


Abb. 13. Triebwerk einer auf ein Lastwagenfahrgestell aufsetzbaren Baggereinrichtung. Inhalt des Hochlöfzels 0,3 m³.

die zwei Zylinder des Dieselmotors lassen sich durch einfaches Umlegen eines Handhebels als Kompressoren umschalten, so daß man durch die Bagger auch Drucklufteinrichtungen betreiben kann. Durch Schalten der Gänge der Mehrganggetriebe ist eine sofortige Anpassung der Baggergeschwindigkeiten an die jeweiligen Arbeitsbedingungen möglich. Die beiden Typen lassen sich als Raupen- oder Autobagger mit Hoch-, Tieflöffel-, Greif-, Schleppschaufel-, Kran- und Rammleinrichtungen ausrüsten.

Eine kleine Baggereinrichtung mit einem Seilzug von 4,6 t, die von Dortmund Union Brückenbau-AG nach Lizenz Harnishfeger Co. gebaut wird und auf jedes Lastwagenfahrgestell mit genügender Tragfähigkeit aufgesetzt

werden kann, läßt sich als Hochlöfz-, Tieflöffel-, Greifbagger und Kran verwenden. Der Hoch- und Tieflöffel haben je 0,3 m³ Fassungsvermögen. Der Ausleger zum Hochlöfz ist 4,6 m und der Vorschublöffelstiel 3,4 m lang. Der Baggermotor leistet 60 PS. Die Baggereinrichtung bietet eine Reihe konstruktiver Besonderheiten. Die Triebwerke z. B. (Abb. 13) sind auf kleinstem Raum mit günstiger Schwerpunktslage zusammengefaßt. Der Getriebekasten mit Rollenketten und Kegeleädern zu den Seiltrommeln und Bremsen ist sehr einfach gebaut und völlig abge-

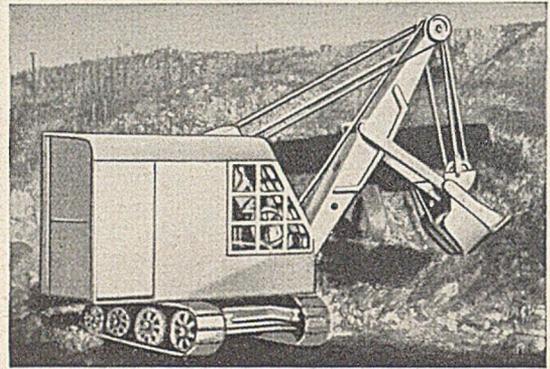


Abb. 14. 0,2-m³-Löffelbagger mit Raupenfahrwerk.

ichtet. Die Baggerbewegungen lassen sich durch eine Druckköleinrichtung leicht schalten. Die Kupplungen und Bremsen werden ständig durch einen Luftstrom unter der Schutzhaube gekühlt.

Der kleinste Raupen-Universalbagger mit einem Hochlöfz von nur 0,2 m³ Inhalt (Abb. 14) wird von R. Dolberg AG gebaut. Er kann noch die Umbauformen als Tieflöffelbagger mit einem 0,18-m³-Löffel (Abb. 15) und als Greifbagger mit einem 0,15-m³-Greifer annehmen. Da das Dienstgewicht des Baggers nur 5,7 t beträgt, kann der Bagger auf einem 6-t-Lastwagen bei Auf- und Abfahrt mit eigener Kraft schnell den Arbeitsort wechseln. Der Hochlöfz entwickelt einen Zug bis 2,5 t und der Tieflöffel bis 3,75 t. Der Dieselmotor leistet 12 oder 15 PS. Es ist auch elektrischer Antrieb (12 PS) möglich. Die

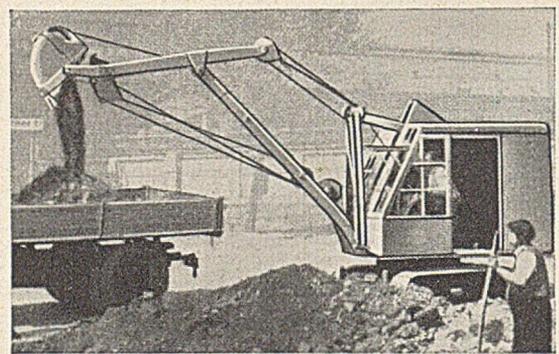


Abb. 15. 0,18-m³-Tieflöffelbagger auf Raupen.

Raupen verursachen einen spezifischen Bodendruck von 0,5 kg/cm². Durch folgende Zahlenhinweise soll der Klein-Raupenbagger weiterhin gekennzeichnet werden. Hochlöfz bagger: Abtraghöhe 4 m, Abtragweite 5,25 m, Abtragtiefe unter Planum 0,75 m — Tieflöffelbagger: Abtragweite 6 m, Abtragtiefe 3,5 m, Ausschütthöhe 4,35 m — Greifbagger: Auslegerlänge 6 und 8 m, Hubhöhe 10 m, Grabweite je nach Neigung des Auslegers von 30, 45 oder 60° 6, 5,25 oder 5 m, Grabtiefe 7, 6 oder 5 m — Grundbagger: Gesamtbreite 2 m, Breite einer Raupe 0,3 m, Länge 2,17 m. Im praktischen Betrieb des Kleinbaggers erhielt man an Leistungen: längere Zeit gelagerter Mutterboden etwa 200 m³/10 h (in Wagen gemessen), Ausschach-

tungen von Boden (Klasse C) 175 m³/10 h feste Masse auf LKW verladen, Ausschachtungen in Schieferfels 180 m³/10 h (auf LKW verladen und in Wagen gemessen). Der Brennstoffverbrauch betrug dabei 16 l/10 h.

Einen neuartigen, kleinen 0,2-m³-Hochlöffelbagger entwickelte auch die französische Firma Faure (Abb. 16), der von den üblichen Ausführungen abweicht. Löffel, Löffel-

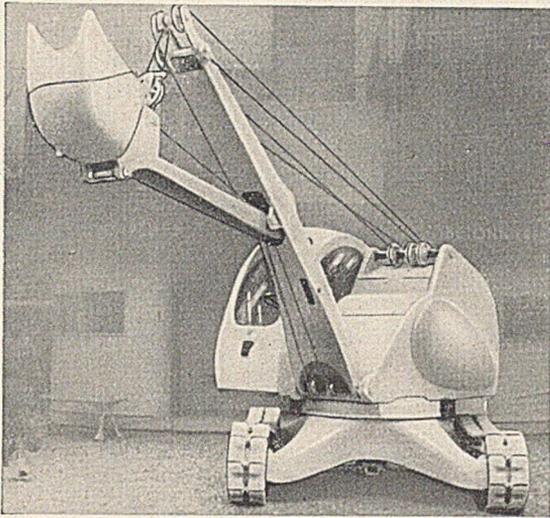


Abb. 16. 0,2-m³-Hochlöffelbagger aus gepreßten Bauteilen und mit Kippenrichtung des Löffels.

stiel, Ausleger, Unterwagengestell, Umkleidung des schwenkbaren Oberteiles, Raupenglieder usw. sind aus gepreßtem Blech gefertigt. Der Löffel wird nicht durch eine Klappe, sondern durch Kippen entleert, wozu über Rollen in der unteren Drehachse des Auslegers und über Rollen am Löffelstielgelenk Seile nach dem Löffel geführt

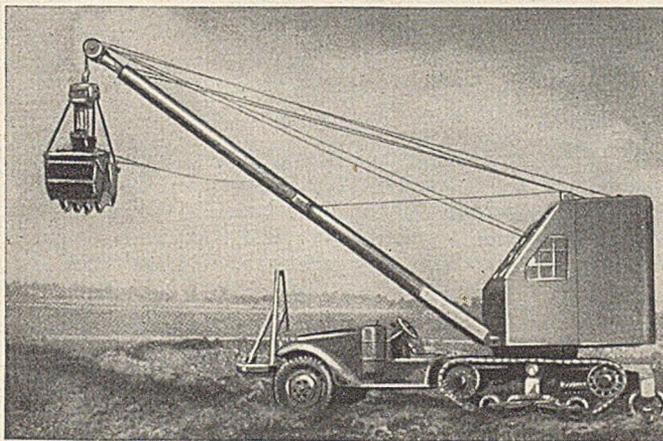


Abb. 17. 0,38-m³-Greifbagger auf einem Lastwagengestell mit Gummiraupen.

sind. Durch die ganze Bauart des Baggers wird das Gewicht sehr klein.

Auf einem Lastwagengestell mit Gummiraupen als Hinterachse fährt der kleine Universalbagger von Kalo-Maschinenfabrik GmbH (Abb. 17), der als Hochlöffel-, Greif-, Schlepplöffelbagger und als Hochbaukran arbei-

ten kann. Das Fahrgestell wird durch einen 150-PS-Benzinmotor und der Baggeroberteil mit dem Hub-, Schwenk- und Auslegerwindwerk durch einen 22-PS-Dieselmotor im Baggerhaus angetrieben. Es betragen: Inhalt des Hochlöffels 0,35 m³, des Greifers und der Schlepplöffel 0,38 m³, Hubgeschwindigkeit 44 m/min, Schwenkgeschwindigkeit 3,2 Uml/min, Fahrgeschwindigkeit bis 30 km/h, Dienstgewicht 12 t, spezifischer Bodendruck unter den Gummiraupen 0,7 kg/cm², Länge des Auslegers 8 m, Länge des Rohrgittermastes beim Hochbaukran 16 m, Ausladung bei waagrecht Stellung des hochziehbaren Auslegers 8,5 m, Tragfähigkeit hierbei 0,5 t, größte Arbeits-

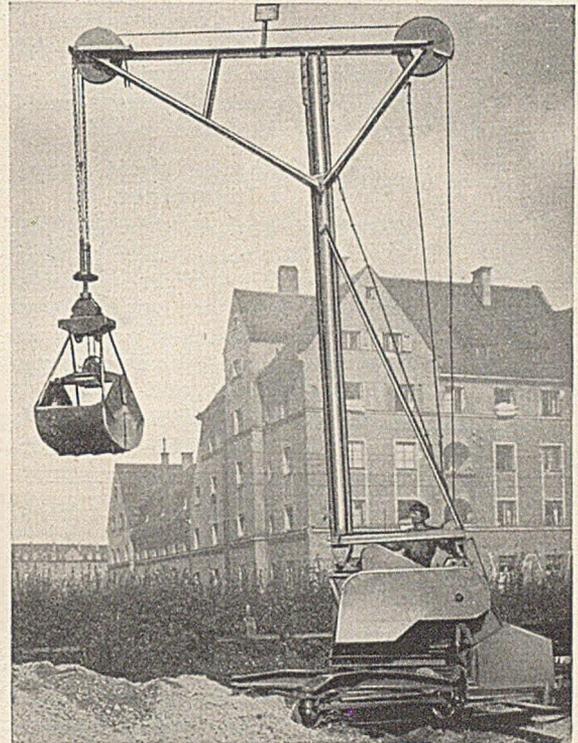


Abb. 18. Klein-Bagger auf Schienen mit 0,33-m³-Einseilgreifer.

höhe 22 m, Ausladung hierbei 3,5 m, Tragfähigkeit 1,6 bis 1,8 t, Hubgeschwindigkeit des Kranhakens 30 m/min, Schwenkgeschwindigkeit des Mastes 1 Uml/min.

Ein Klein-Bagger von Albert Schock (Abb. 18), der mit 14 m/min Geschwindigkeit auf Schienen fährt, ist mit einem senkrechten, schwenkbaren Mast von 4,5 m Höhe und mit einem Ausleger von 5,5 m Ausladung ausgerüstet. Der 0,33-m³-Einseilgreifer kann bis 7 m unter Planum arbeiten. Mit dem 8/10-PS-Verbrennungs- oder Elektromotor lassen sich unter ungünstigen Verhältnissen bis 45 m³/Tag gewachsener Lehm Boden bewältigen. Die Einrichtung erspart gegenüber dem Handbetrieb 4 bis 5 Leute. Wenn der Greifermast durch einen versteiften Kranmast bis 19 m Höhe ausgewechselt wird, erhält man einen Hochbaukran mit Tragfähigkeiten bis 1 t. Bei der größten Ausladung von 6 m, die durch Neigen des Mastes verändert wird, können Lasten bis 0,25 t gehoben werden. Die Hubgeschwindigkeit beträgt 18 bis 24 m/min und die Schwenkgeschwindigkeit 1 Uml/min.

Über die mittragende Wirkung einer zweiachial gewellten Stahlplatte („Wellstahlplatte“) als Gurt von Trägern.

Von Professor Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. C. Weber, Schlewecke (Nette).

(Fortsetzung und Schluß aus Heft 3.)

VIII. Die Schubsteifigkeit der Wellstahlplatte.

Wir betrachten wieder die Wellstahlplatte mit der Mittelfläche

$$z = f \cos(\pi x/l) \cdot \cos(\pi y/l).$$

Auf den Geraden $y = kl/2, k = \pm 1, \pm 3 \dots$ liegt sie auf Längsträgern auf (Abb. 14). An den Rändern eines Feldes greifen Schubkräfte Tl an, so daß der durchschnittliche Schubwinkel γ_0 entsteht (Abb. 15). Die wahre Zerrungs- und Spannungsenergie ist dann $T \gamma_0 l^2/2$.

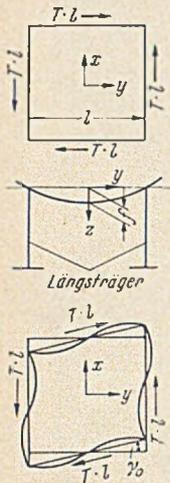


Abb. 15. Schubverformung.

1. Schubsteifigkeit ohne Längsträger.

Zunächst wird die Schubkraft Tl der Wellstahlplatte ohne Berücksichtigung der vorhandenen Längsträger bestimmt. Für diesen Fall berechnen wir die Kraft $T_0 l$. Für die Verschiebungen machen wir auf Grund von Symmetriebetrachtungen folgenden einfachen Ansatz

$$u = \gamma_0 y - c \pi f \cos(2\pi x/l) \cos(2\pi y/l)/8l, \quad (22a)$$

$$v = -c \pi f \sin(2\pi x/l) \sin(2\pi y/l)/8l, \quad (22b)$$

$$w = c \sin(\pi x/l) \sin(\pi y/l). \quad (22c)$$

Für die Zerrungen erhalten wir nach Gl. (2, 3, 4)

$$\epsilon_x = \epsilon_y = 0,$$

$$\gamma_{xy} = \gamma_0 - c \cdot \pi^2 f/2l^2.$$

Die Spannungsfunktion

$$F = xy (c \cdot \pi^2 f/2l^2 - \gamma_0)/2(1 + \nu) \quad (23)$$

erfüllt mit der Durchbiegungsfunktion w nach Gl. (22c) die Verträglichkeitsbedingung Gl. (12). Die Gleichgewichtsbedingung Gl. (9) für $p=0$ ist erfüllt, wenn folgende Beziehung zwischen den Konstanten besteht:

$$\gamma_0 = c [1 + 2h^2/3(1 - \nu^2)f^2] \pi^2 f/2l. \quad (24)$$

Die Funktionen (22) und (23) stellen also unter der Bedingung (24) eine exakte Lösung für die Wellstahlplatte ohne Längsträger dar.

Die Schubkraft eines Feldes ist

$$T_0 l = \tau_{xy} h l.$$

Hieraus folgt

$$T_0 = \frac{1}{1 + \frac{3}{2}(1 - \nu) \frac{f^2}{h^2}} \frac{E}{2(1 + \nu)} h \gamma_0.$$

Für $f=0$ erhalten wir die bekannte Beziehung für die ebene Scheibe

$$T_{0, f=0} = \frac{E}{2(1 + \nu)} h \gamma_0.$$

Mit $f/h=2,5$ und $\nu=0,3$ wird für die Wellstahlplatte

$$T_0 = \frac{1}{7,56} \frac{E}{2(1 + \nu)} h \gamma_0.$$

Die Wellstahlplatte ohne Längsträger erweist sich gegen Schub 7,56 mal nachgiebiger als die ebene Platte.

Die Zerrungs- oder Spannungsenergie eines gewölbten Feldes ist

$$\Pi_0 = \frac{1}{1 + \frac{3}{2}(1 - \nu) \frac{f^2}{h^2}} \frac{1}{2} \frac{E}{2(1 + \nu)} h \gamma_0^2 l^2. \quad (25)$$

2. Berücksichtigung der Längsträger.

Die Längsträger sind an den Geraden $y = kl/2, k = \pm 1, \pm 3 \dots$ angebracht. Nach dem Ansatz (22c) würden

wir für $y = l/2$ die Durchbiegung $w = c \sin(\pi x/l)$ erhalten, die durch die Längsträger verhindert wird. Wir werden also dem gefundenen Verschiebungszustand einen solchen überlagern für den $w_{y=l/2} = -c \sin(\pi x/l)$ wird. Der Längsträger muß hierzu auf die Wellstahlplatte eine Querkraft ausüben.

Für die Überlagerung erhalten wir folgende drei Bedingungen:

a) Auf den Geraden $y = kl/2, (k = \pm 1, \pm 3 \dots)$ ist die Verschiebung vorgegeben durch

$$w_{y=kl/2} = (-1)^{(k+1)/2} c \sin(\pi x/l)$$

b) Zwischen diesen Geraden ist die Belastung

$$p(x, y) = 0$$

c) Der durchschnittliche Schubwinkel ist gleich Null.

A. Näherungslösung mit dem Minimalansatz der potentiellen Energie.

Wir machen den Näherungsansatz

$$w = -\sin(\pi x/l) (a_1 \sin(\pi y/l) + a_3 \sin(3\pi y/l) + \dots), \\ = -\sin(\pi x/l) \sum_{n=1,3,5 \dots} a_n \sin(n\pi y/l). \quad (26)$$

Damit $w_{y=l/2} = -c \sin(\pi x/l)$ wird, müssen die Koeffizienten a_n folgende Gleichung erfüllen

$$a_1 - a_3 + a_5 - \dots = c. \quad (27)$$

Die Spannungsfunktion F wählen wir so, daß die Verträglichkeitsbedingung Gl. (12) erfüllt ist:

$$F = axy + \frac{1}{4} f \sin \frac{2\pi x}{l} \sum_{n=1,3,5 \dots} a_n \left[\frac{(n+1)^2}{(2^2 + (n-1)^2)^2} \sin \frac{(n-1)\pi y}{l} + \frac{(n-1)^2}{(2^2 + (n+1)^2)^2} \sin \frac{(n+1)\pi y}{l} \right].$$

Unter dem Summenzeichen treten Glieder mit $\sin(n-1)\pi y/l$ und mit $\sin(n+1)\pi y/l$ auf. Die Beiwerte $(n-1)$ und $(n+1)$ sind hierbei gerade Zahlen. Wir bezeichnen die sin-Funktionen mit $\sin m(\pi y/l)$ mit $m=2, 4, 6 \dots$ und fassen die Glieder mit gleichem m zusammen. Wir erhalten dann

$$F = axy + \sin \frac{2\pi x}{l} \sum_{m=2,4,6 \dots} a_m \sin \frac{m\pi y}{l}$$

mit

$$a_m = \frac{1}{4} f \left[a_{m+1} \frac{(m+2)^2}{(2^2 + m^2)^2} + a_{m-1} \frac{(m-2)^2}{(2^2 + m^2)^2} \right].$$

Aus den Gleichungen (11a) und (11b) folgt, daß hier $\partial u/\partial x$ und $\partial v/\partial y$ doppelperiodische Funktionen sind. Bei dem zu überlagernden Verschiebungszustand tritt keine weitere durchschnittliche Schubverzerrung auf, so daß u und v auch aus doppelperiodischen Gliedern und frei wählbaren einfach periodischen in y bzw. x bestehen. Nach Gl. (11c) wird

$\partial u/\partial y + \partial v/\partial x = -2(1 + \nu) a - \pi^2 f a_1/2l^2 + \text{period. Glieder.}$
Da die konstanten Glieder Null ergeben müssen, folgt

$$a = -\frac{\pi^2}{4(1 + \nu)} \frac{f a_1}{l^2}.$$

Wir bestimmen nunmehr die potentielle Energie der Wellstahlplatte, berechnen sie aber nur für ein Feld. Auf Grund der aufgestellten drei Bedingungen haben wir einen elastischen Körper, bei dem die Belastungen oder Randverschiebungen gleich Null sind, bis auf die Stützgeraden, für die die Verschiebungen $w(x, y = kl/2)$ vorgeschrieben sind.

Die gesamte potentielle Energie der Wellstahlplatte wird gleich der Zerrungsenergie der Platte, und wir erhalten die Gleichung:

$$\begin{aligned} \Pi = & \frac{E h}{2(1+\nu)} \frac{\pi^2 f^2}{8 l^2} \left\{ a_1^2 + \right. \\ & + \frac{1+\nu}{8} \sum_{m=2,4,6,\dots} \left[\frac{a_{m+1}(m+2)^2 + a_{m-1}(m-2)^2}{2^2+m^2} \right]^2 + \\ & \left. + \frac{2}{3(1-\nu)} \frac{h^2}{f^2} \sum_{n=1,3,5,\dots} a_n^2 \left(\frac{1+n^2}{2} \right)^2 \right\} = \text{Min.} \end{aligned} \quad (28)$$

Um die Koeffizienten zu berechnen, setzen wir die Ableitungen $\partial \Pi / \partial a_r = 0$. Hier ist zu berücksichtigen, daß zwischen den a_r Gl. (27) besteht. Wir werden also zweckmäßig in Gl. (28) $a_1 = c + a_3 - a_5 + \dots$ setzen. Die Glieder mit a_1 in der geschweiften Klammer lauten

$$a_1^2 + \frac{2}{3(1-\nu)} \frac{h^2}{f^2} a_1^2 = a_1^2 \left[1 + \frac{2}{3(1-\nu)} \frac{h^2}{f^2} \right].$$

Führen wir a_1 ein, so erhalten wir die Glieder mit c^2 und c :

$$\left[1 + \frac{2}{3(1-\nu)} \frac{h^2}{f^2} \right] [c^2 + 2c(a_3 - a_5 + \dots)].$$

Sind die a_r optimal bestimmt, so gibt die gesamte geschweifte Klammer den Ausdruck

$$\left[1 + \frac{2}{3(1-\nu)} \frac{h^2}{f^2} \right] [c^2 + c(a_3 - a_5 + \dots)] = \left[1 + \frac{2}{3(1-\nu)} \frac{h^2}{f^2} \right] c a_1.$$

Hiermit wird

$$\Pi_{\min} = \frac{E h}{2(1+\nu)} \frac{\pi^2 f^2}{8 l^2} \left[1 + \frac{2}{3(1-\nu)} \frac{h^2}{f^2} \right] c a_1.$$

Mit der Konstanten c nach Gl. (24) wird das Minimum

$$\Pi_{\min} = \frac{a_1/c}{1 + \frac{2}{3(1-\nu)} \frac{h^2}{f^2}} \frac{1}{2} \frac{E}{2(1+\nu)} h \gamma_0^2 l^2. \quad (29)$$

Die potentielle Energie der Wellstahlplatte mit Längsträgern, die der Schiebung γ_0 unterliegt, erhalten wir durch Addition von Π_0 nach Gl. (25) und Π_{\min} nach Gl. (29). Da diese Energie aus einem Näherungsansatz berechnet wurde, muß sie größer sein als die wahre potentielle Energie der Wellstahlplatte: $T \gamma_0^2 l^2 / 2$.

$$\Pi_0 + \Pi_{\min} = \frac{a_1}{c} + \frac{2}{3(1-\nu)} \frac{h^2}{f^2} \frac{1}{2} \frac{E}{2(1+\nu)} h \gamma_0^2 l^2 > \frac{1}{2} T \gamma_0^2 l^2.$$

Hieraus

$$T < \frac{a_1}{c} + \frac{2}{3(1-\nu)} \frac{h^2}{f^2} \frac{E h}{2(1+\nu)} \gamma_0.$$

Den Zahlenwert a_1/c erhalten wir aus dem Gleichungssystem der Koeffizienten a_r ; er ist also abhängig davon, mit wieviel Gliedern die Durchbiegungsfunktion w , Gl. (26) angesetzt wurde. Da für die ebene Scheibe $T = \frac{E h}{2(1+\nu)} \gamma_0$

ist, gibt der Bruch $\frac{a_1}{c} + \frac{2}{3(1-\nu)} \frac{h^2}{f^2}$ die Schubsteifigkeit

im Vergleich zur Schubsteifigkeit der ebenen Platte.

Gehen wir im Ansatz w Gl. (26) bis zum Glied mit a_5 , so wird für $\nu=0,3$, $a_1/c=0,767$, $a_3/c=-0,199$, $a_5/c=0,034$ und mit $f/h=2,5$

$$T < 0,798 \frac{E h}{2(1+\nu)} \gamma_0. \quad (30)$$

Wir haben hiermit für die Schubsteifigkeit eine obere Grenze gefunden.

B. Näherungslösung mit dem Minimalansatz der Ergänzungsenergie.

Die Flächenlast ist überall gleich Null. Über den Längsträgern müssen wir aber Streckenlasten anbringen, die die geforderte Durchbiegung auf diesen Geraden hervorrufen. Für die Streckenlasten machen wir für $y=l/2$ den Ansatz

$$q = 2(q_1 \sin(\pi x/l) + q_3 \sin(3\pi x/l) + \dots) \quad (31)$$

Die Ergänzungsenergie für die vorgeschriebene Verschiebung ist für ein Feld

$$\begin{aligned} -2 \cdot \frac{1}{2} \int_{x=-\frac{l}{2}}^{x=\frac{l}{2}} \left\{ \left[2 \left(q_1 \sin \frac{\pi x}{l} + q_3 \sin \frac{3\pi x}{l} + \dots \right) \right] \cdot \right. \\ \left. \cdot \left[-c \sin \frac{\pi x}{l} \right] \right\} dx = c q_1 l. \end{aligned} \quad (31a)$$

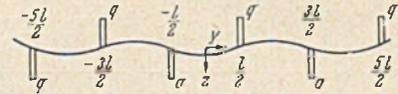


Abb. 16. Anordnung der Streckenlasten.

Die Streckenlasten q sind nach Abb. 16 über die Wellstahlplatte verteilt. Setzen wir für diese Belastung eine Fourierreihe an, so erhalten wir bei Beachtung von Gl. (31)

$$p = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{n-1} (-1)^{\frac{n-1}{2}} q_n \sin \frac{n' \pi x}{l} \sin \frac{n \pi y}{l}.$$

Wir machen nun einen Näherungsansatz für die Spannungen der Mittelfläche und für die Momente, die mit der Belastung p im Gleichgewicht sind. Hierzu müssen die Funktionen F und w so gewählt werden, daß die Gleichgewichtsbedingung Gl. (9) erfüllt ist. Diese Gleichgewichtsbedingung spalten wir auf in

$$\begin{aligned} E h \left(\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} - 2 \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} \frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} \right) - \\ - E h K \Delta \Delta w' = 0 \end{aligned} \quad (32)$$

$$\begin{aligned} \text{und} \\ -E h K \Delta \Delta w'' + p = 0 \end{aligned} \quad (33)$$

mit $w = w' + w''$

Für die Durchbiegungsfunktionen w' und w'' machen wir den Ansatz

$$w' = \sum a_{n'n} \sin(n' \pi x/l) \cdot \sin(n \pi y/l) \quad \left. \begin{matrix} \\ \\ \end{matrix} \right\} n', n = 1, 3, 5$$

$$w'' = \sum a_{n''n} \sin(n' \pi x/l) \cdot \sin(n \pi y/l)$$

und für die Spannungsfunktion

$$F = \alpha x y + \sum a_{m'm} \sin \frac{m' \pi x}{l} \sin \frac{m \pi y}{l} \quad m', m = 2, 4, 6, \dots$$

Führen wir diese Ansätze in Gl. (32) und (33) ein, so können wir $a_{n'n}$ durch die $a_{m'm}$ und die $a_{n''n}$ durch die q_n ausdrücken. Wir erhalten

$$a_{11} = -\frac{1}{2} \alpha \frac{l^2}{\pi^2} \frac{f}{K}, \quad (34a)$$

$$a_{n'n} = \left(\frac{1}{n'^2 + n^2} \right)^2 \frac{f}{4K} \left\{ (n'-n)^2 (a_{n'-1, n-1} + a_{n'+1, n+1}) + \right. \\ \left. + (n'+n)^2 (a_{n'+1, n'-1} + a_{n-1, n'+1}) \right\}, \quad (34b)$$

$$a_{n''n} = (-1)^{\frac{n-1}{2}} \frac{4 l^4}{\pi^4} \frac{q_n}{(n'^2 + n^2) E h K l}. \quad (34c)$$

Hiermit wird die Ergänzungsenergie für ein gewölbtes Feld unter Beachtung der Ergänzungsenergie der Kräfte an den Stützlinien nach Gl. (31a):

$$\begin{aligned} \Pi' = & \frac{E h}{l} \left\{ \left[2(1+\nu) \alpha^2 l^2 + \frac{\pi^4}{4 l^2} \sum a_{m'm} (m'^2 + m^2)^2 \right] + \right. \\ & \left. + K \frac{\pi^4}{4 l^2} \sum a_{n''n}^2 (n'^2 + n^2)^2 \right\} + c q_1 l = \text{Min.} \end{aligned}$$

Die $a_{n'n} = a_{n'n} + a_{n''n}$ sind hierin nach Gl. (34) durch q_n und $a_{m'm}$ auszudrücken. Aus den Gleichungen $\frac{\partial \Pi'}{\partial q_n} = 0$, $\frac{\partial \Pi'}{\partial \alpha} = 0$ und $\frac{\partial \Pi'}{\partial a_{m'm}} = 0$ werden die Freiwerte α , $a_{m'm}$, q_n

ermittelt. Für die gefundenen Optimalwerte für α , $\alpha_{m'm}$, q_n wird der Ausdruck mit der geschweiften Klammer gleich $-c q_1 l/2$. Das Minimum der Ergänzungsenergie wird also $c q_1 l/2$. Für den einfachen Näherungsansatz, der nur a und q_1 enthält, ist die Ergänzungsenergie

$$\begin{aligned} \Pi' = E h (1 + \nu) l^2 \alpha^2 + \frac{E h l^2 f^2}{8 K} \left[\left(-\alpha + \frac{2}{\pi^2} \frac{l}{E h f} q_1 \right)^2 + \right. \\ \left. + \sum_{n=3,5,\dots} \left(\frac{2}{\pi^2} \frac{2}{n^2 + 1} \frac{l}{E h f} q_1 \right)^2 \right] + c q_1 l = \text{Min.} \end{aligned}$$

Durch Differentiation nach a und q_1 erhalten wir zwei lineare Gleichungen für a und q_1 . Aus diesen finden wir q_1 und $\Pi_{\min} = c q_1 l/2$.

Mit c nach Gl. (24) ist dann

$$\begin{aligned} \Pi'_{\min} = -\frac{1}{2} \frac{E}{2(1+\nu)} h \gamma_0^2 l^2 \frac{1}{1 + \frac{2}{3(1-\nu)} \frac{h^2}{f^2}} \cdot \\ \frac{1}{1 + 4 \sum \left(\frac{1}{n^2 + 1} \right)^2 \left(1 + 3 \frac{1-\nu}{2} \frac{f^2}{h^2} \right)} \\ \text{mit} \quad 4 \sum \left(\frac{1}{n^2 - 1} \right)^2 = 0,048. \end{aligned}$$

Diese Energie muß zu der Ergänzungsenergie Π'_0 der Wellstahlplatte ohne Längsträger hinzugefügt werden. Die Ergänzungsenergie Π'_0 ist bei vorgegebenem γ_0

$$\Pi'_0 = \Pi_0 - T_0 \gamma_0 l^2 = -T_0 \gamma_0 l^2/2.$$

Folglich ist nach Gl. (25)

$$\Pi'_0 = -\Pi_0 = -\frac{2}{3(1-\nu)} \frac{h^2}{f^2} \frac{1}{1 + \frac{2}{3(1-\nu)} \frac{h^2}{f^2}} \frac{E}{2} h \gamma_0^2 l^2.$$

Die Ergänzungsenergie von einem Feld der Wellstahlplatte mit Längsträgern wird für den Näherungsansatz

$$\begin{aligned} \Pi'_0 + \Pi'_{\min} = -\frac{1}{1 + \frac{2}{3(1-\nu)} \frac{h^2}{f^2}} \left[\frac{2}{3(1-\nu)} \frac{h^2}{f^2} + \right. \\ \left. + \frac{1}{1 + 0,048 \left(1 + 3 \frac{1-\nu}{2} \frac{f^2}{h^2} \right)} \right] \frac{1}{2} \frac{E}{2(1+\nu)} h \gamma_0^2 l^2. \end{aligned}$$

Und es muß gelten $\Pi'_0 + \Pi'_{\min} > -\frac{1}{2} T \gamma_0 l^2$

$$\begin{aligned} \text{oder} \\ \frac{1}{1 + \frac{2}{3(1-\nu)} \frac{h^2}{f^2}} \left[\frac{2}{3(1-\nu)} \frac{h^2}{f^2} + \right. \\ \left. + \frac{1}{1 + 0,048 \left(1 + 3 \frac{1-\nu}{2} \frac{f^2}{h^2} \right)} \right] \frac{1}{2} \frac{E}{2(1+\nu)} h \gamma_0^2 l^2 < \frac{1}{2} T \gamma_0 l^2. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hieraus} \quad T > \frac{1}{1 + \frac{2}{3(1-\nu)} \frac{h^2}{f^2}} \left[\frac{2}{3(1-\nu)} \frac{h^2}{f^2} + \right. \\ \left. + \frac{1}{1 + 0,048 \left(1 + 3 \frac{1-\nu}{2} \frac{f^2}{h^2} \right)} \right] \frac{E h}{2(1+\nu)} \gamma_0. \end{aligned}$$

Wir haben hiermit für die Schubsteifigkeit eine untere Grenze gefunden.

Berechnen wir den Faktor von $\frac{E h}{2(1+\nu)} \gamma_0$, so erhalten wir den Wert 0,768. Berücksichtigen wir bei der Berechnung von Π'_{\min} auch die Glieder mit q_3 und a_{22} , so ergibt sich der Wert 0,790. Wir können also die Schubkraft T , die den durchschnittlichen Schubwinkel γ_0 bei der Wellstahlplatte mit Längsträgern hervorruft, eingrenzen durch

$$0,790 \frac{E h}{2(1+\nu)} \gamma_0 < T < 0,798 \frac{E h}{2(1-\nu)} \gamma_0.$$

Im weiteren rechnen wir mit

$$\gamma_0 = \frac{2(1+\nu)}{0,79} \frac{T}{E h} = 3,3 \frac{T}{E h}. \quad (35)$$

IX. Die elastischen Konstanten der Wellstahlplatte mit Längsträgern.

Auf die Wellstahlplatte mit Längsträgern wirken Normal- und Schubkräfte, die in der Mittelebene $z=0$ der Platte liegen. Wir wollen die elastischen Konstanten der Wellstahlplatte bestimmen, um sie durch eine ebene Platte mit denselben geometrischen Abmessungen und dem gleichen elastischen Verhalten zu ersetzen. Durch die Mitwirkung der Längsträger ist die Wellstahlplatte in der Längsrichtung steifer als senkrecht dazu, so daß die ideale Ersatzplatte eine orthotrope Scheibe wird.

Die Schubsteifigkeit ist schon mit Berücksichtigung der Längsträger berechnet, und wir erhielten mit $h/f=2/5$ nach Gl. (35)

$$\gamma_0 = 3,3 T/E h.$$

Wird die Wellstahlplatte ohne Längsträger in x -Richtung durch eine Kraft X' je Längeneinheit gezogen und in y -Richtung mit der Kraft Y' je Längeneinheit, so wird nach Gl. (17) und (18)

$$\epsilon_x = 1,85 X'/E h + 0,55 Y'/E h,$$

$$\epsilon_y = 0,55 X'/E h + 1,85 Y'/E h.$$

Sind die Dehnungen gegeben, so folgen daraus die Kräfte nach

$$X'/E h = 0,594 \epsilon_x - 0,176 \epsilon_y, \quad (36a)$$

$$Y'/E h = -0,176 \epsilon_x + 0,594 \epsilon_y. \quad (36b)$$

Fügen wir nun die Wirkung der Längsträger noch hinzu. Die Kräfte X' und Y' wirken in der Wellstahlplatte. Gleichzeitig wird der Längsträger in seiner Anschlußgeraden an die Wellstahlplatte um ϵ_x gedehnt. Die hierzu erforderliche Kraft, die in der Mittelebene der Wellstahlplatte wirkt, sei $X''l$. Auf die Wellstahlplatte wirken bei gegebenen Dehnungen ϵ_x und ϵ_y

$$X = X' + X'', \quad (37a)$$

$$Y = Y'. \quad (37b)$$

In Abb. 17 ist ein Längstreifen dargestellt. Im Seitenriß sehen wir die Verteilung der Dehnungen ϵ_x : $\epsilon_x = \epsilon_{x_0} - (\epsilon_{x_0} - \epsilon_{x_u}) z/H$.

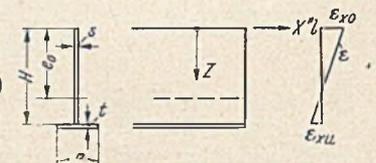


Abb. 17. Dehnungen im unbelasteten Längsträger.

Die Spannungen $\sigma_x = E \epsilon_x$ müssen die Kraft $X''l$ geben, die am oberen Punkt angreift:

$$E \int \epsilon_x df = X'' l.$$

Das Moment für den oberen Punkt ist dann Null:

$$E \int z \epsilon_x df = 0.$$

Setzen wir in beide Gleichungen den Ausdruck für ϵ_x ein, so erhalten wir für den oberen Punkt

$$E \epsilon_{x_0} = 4 \frac{X'' l}{H s} \frac{1 + 3 \frac{B t}{H s}}{1 + 4 \frac{B t}{H s}} \quad (37c)$$

und für den Unterflansch

$$E \epsilon_{x_u} = -2 \frac{X'' l}{H s} \frac{1}{1 + 4 \frac{B t}{H s}}. \quad (37d)$$

Mit $B/H=1/3$ und $t/s=1,5$ wird

$$E \epsilon_{x_0} = 3,33 \frac{X'' l}{H s}, \quad E \epsilon_{x_u} = -0,67 \frac{X'' l}{H s}$$

mit $H/l=3/4$ und $s/h=1$ wird

$$X''/E h = 0,225 \epsilon_{x_0}.$$

Setzen wir für diesen Wert für X'' und X' und Y' nach Gl. (36a) und (36b) in Gl. (37a) und (37b) ein, so erhalten wir

$$X/E h = (0,594 + 0,225) \epsilon_x - 0,176 \epsilon_y,$$

$$Y/E h = -0,176 \epsilon_x + 0,594 \epsilon_y.$$

Wir lösen diese Gleichungen nach $E \epsilon_x$ und $E \epsilon_y$ auf und erhalten

$$\begin{aligned} E \epsilon_x &= 1,305 X/h + 0,387 Y/h, \\ E \epsilon_y &= 0,387 X/h + 1,799 Y/h. \end{aligned}$$

Für die orthotrope Ersatzscheibe ist $X/h = \sigma_x$, $X/h = \sigma_y$ und $T/h = \tau_{xy}$ und $\gamma_0 = \gamma_{xy}$. Wir erhalten für die orthotrope Scheibe das Elastizitätsgesetz

$$\left. \begin{aligned} E \epsilon_x &= \alpha_{11} \sigma_x + \alpha_{12} \sigma_y \\ E \epsilon_y &= \alpha_{12} \sigma_x + \alpha_{22} \sigma_y \\ E \gamma_{xy} &= \alpha_3 \tau_{xy} \end{aligned} \right\} \quad (38)$$

Mit den Koeffizienten

$$\left. \begin{aligned} \alpha_{11} &= 1,305 \\ \alpha_{12} &= 0,387 \\ \alpha_{22} &= 1,799 \\ \alpha_3 &= 3,30 \end{aligned} \right\} \quad (39)$$

Für die Spannungen in der orthotropen Scheibe gelten die Gleichgewichtsbedingungen $\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} = 0$, $\frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} = 0$. Diese werden befriedigt durch den Ansatz einer Spannungsfunktion F nach $\sigma_x = \frac{\partial^2 F}{\partial y^2}$, $\sigma_y = \frac{\partial^2 F}{\partial x^2}$, $\tau_{xy} = -\frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y}$. Für die Scheibe bestehen zwischen den Zerrungen und den Verschiebungen die Beziehungen

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \epsilon_x, \quad \frac{\partial v}{\partial y} = \epsilon_y, \quad \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} = \gamma_{xy}.$$

Drücken wir die Zerrungen durch die Spannungen nach Gl. (38) aus und diese durch Ableitungen von F , so erhalten wir

$$\begin{aligned} E \frac{\partial u}{\partial x} &= \alpha_{11} \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} + \alpha_{12} \frac{\partial^2 F}{\partial x^2}, \\ E \frac{\partial v}{\partial y} &= \alpha_{12} \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} + \alpha_{22} \frac{\partial^2 F}{\partial x^2}, \\ E \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) &= -\alpha_3 \frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y}. \end{aligned}$$

Hieraus folgt die Verträglichkeitsbedingung

$$\alpha_{11} \frac{\partial^4 F}{\partial y^4} + (2\alpha_{12} + \alpha_3) \frac{\partial^4 F}{\partial x^2 \partial y^2} + \alpha_{22} \frac{\partial^4 F}{\partial x^4} = 0. \quad (40)$$

Dieses ist die Differentialgleichung der orthotropen Scheibe.

X. Die mittragende Breite der orthotropen Scheibe.

1. Theoretische Untersuchung.

Wir untersuchen einen in der x -Richtung unendlich langen Träger, der aus Oberflansch, Steg und Unterflansch besteht. An beiden Rändern des Oberflansches sind unendlich breite mittragende Platten angeschlossen (Abb. 18), die die elastischen Eigenschaften einer orthotropen Scheibe haben. Wir betrachten die eine Platte, die sich von $y=0$ am Rande des Oberflansches bis $y=+\infty$ erstreckt.

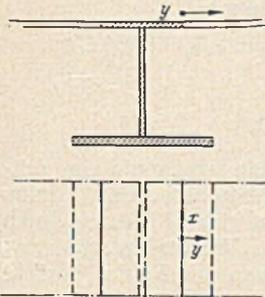


Abb. 18. Am Träger angeschlossene Platten.

Die Platte, die am anderen Ende des Oberflansches angeschlossen ist, verhält sich symmetrisch dazu.

Infolge der Belastung entstehen Biegemomente im Träger, die in eine Fourierreihe entwickelt werden können. Für ein Teilmoment sei

$$M = M_n \cos(n\pi x/L).$$

Gesucht werden die Spannungen und Dehnungen im Träger.

Bei der Untersuchung gehen wir von der üblichen Annahme aus, daß die Dehnung ϵ_x über der Trägerhöhe einen linearen Verlauf hat. An der Anschlußstelle sei die Dehnung in Längsrichtung

$$\epsilon_{x0} = \epsilon_n \cos(n\pi x/L). \quad (41)$$

Die Platte, die sich bis $y=+\infty$ erstreckt, betrachten wir als orthotrope Scheibe mit den Randbedingungen:

- Die Dehnung ϵ_x des Randes $y=0$ genügt Gl. (41).
- Die Verschiebung v der Randpunkte $y=0$ in y -Richtung ist gleich Null.

- Alle Spannungen werden Null für $y=+\infty$.

Für die Spannungsfunktion F der Halbebene $y > 0$ machen wir den Ansatz

$$F = f_n(n\pi y/L) \cos n\pi x/L. \quad (42)$$

Die elastischen Eigenschaften der orthotropen Scheibe sind durch Gl. (38) gegeben. Für die Spannungsfunktion F gilt die Differentialgleichung (40). Setzen wir F nach Gl. (42) in die Differentialgleichung ein, so erhalten wir für $f_n(\eta)$ mit $\eta = n\pi y/L$

$$\alpha_{11} \frac{d^4 f_n}{d\eta^4} - (2\alpha_{12} + \alpha_3) \frac{d^2 f_n}{d\eta^2} + \alpha_{22} f_n = 0. \quad (43)$$

Wir machen den Ansatz $f_n = e^{\mu\eta}$. Dann wird die charakteristische Gleichung

$$\alpha_{11} \mu^4 - (2\alpha_{12} + \alpha_3) \mu^2 + \alpha_{22} = 0.$$

Aus dieser Gleichung finden wir für μ vier Werte:

$$\mu_1 = |\mu_1|, \quad \mu_2 = |\mu_2|, \quad \mu_3 = -\mu_1, \quad \mu_4 = -\mu_2.$$

Die beiden positiven Werte μ_1 und μ_2 sind wegen der Bedingung c) unbrauchbar, und wir erhalten die Lösung

$$F = C \cos \frac{n\pi x}{L} \left[e^{-\mu_1 \frac{n\pi y}{L}} + \beta e^{-\mu_2 \frac{n\pi y}{L}} \right].$$

Die Konstante β bestimmen wir durch die Randbedingung b). Nach Gl. (38) ist

$$E \epsilon_y = \alpha_{12} \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} + \alpha_{22} \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} = \left(\frac{n\pi}{L} \right)^2 C \left\{ -\cos \frac{n\pi x}{L} \cdot \left[e^{-\mu_1 \frac{n\pi y}{L}} (\mu_1^2 \alpha_{12} - \alpha_{22}) + \beta e^{-\mu_2 \frac{n\pi y}{L}} (\mu_2^2 \alpha_{12} - \alpha_{22}) \right] \right\}. \quad (44)$$

Wegen $\epsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y}$ folgt durch Integration für die Punkte des Randes $y=0$

$$E v_{y=0} = -C \frac{n\pi}{L} \cos \frac{n\pi x}{L} \left[\frac{\mu_1^2 \alpha_{12} - \alpha_{22}}{\mu_1} + \beta \frac{\mu_2^2 \alpha_{12} - \alpha_{22}}{\mu_2} \right] = 0.$$

Hieraus folgt

$$\beta = -\frac{\mu_2}{\mu_1} \frac{\mu_1^2 \alpha_{12} - \alpha_{22}}{\mu_2^2 \alpha_{12} - \alpha_{22}}. \quad (45)$$

Nun folgt für die Längsdehnung auf der x -Achse

$$E \epsilon_{x,y=0} = -C \left(\frac{n\pi}{L} \right)^2 \cos \frac{n\pi x}{L} \cdot \left[(\mu_1^2 \alpha_{11} - \alpha_{12}) + \beta (\mu_2^2 \alpha_{11} - \alpha_{12}) \right]. \quad (46)$$

Die Längskraft in der orthotropen Halbscheibe für einen Schnitt $x = \text{const}$ wird

$$\int_0^\infty h \sigma_x dy = h \int_0^\infty \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} dy = -h \left(\frac{\partial F}{\partial y} \right)_{y=0}.$$

In beiden angeschlossenen Halbscheiben erhalten wir die Längskraft

$$\begin{aligned} P_x &= -2h \left(\frac{\partial F}{\partial y} \right)_{y=0}, \\ &= 2h \frac{n\pi}{L} C \cos \frac{n\pi x}{L} (\mu_1 + \beta \mu_2). \end{aligned} \quad (47)$$

Aus den Gleichungen (46) und (47) folgt der Zusammenhang zwischen der Längskraft P_x und der Längsdehnung $E \epsilon_{x,y=0}$

$$P_x = 2h \frac{L}{n\pi} \frac{\mu_1 + \beta \mu_2}{(\mu_1^2 \alpha_{11} - \alpha_{12}) + \beta (\mu_2^2 \alpha_{11} - \alpha_{12})} E \epsilon_{x,y=0}. \quad (48)$$

Ersetzen wir die beiden Platten durch einen ideellen Anteil des Oberflansches von der Stärke h und Breite B_e , so gilt für diesen

$$P_x = B_e h E \epsilon_{x,y=0}. \quad (49)$$

Durch Vergleich der Gl. (48) mit Gl. (49) folgt:

$$B_e = \frac{2}{\pi} \frac{\mu_1 + \beta \mu_2}{(\mu_1^2 \alpha_{11} - \alpha_{12}) + \beta (\mu_2^2 \alpha_{11} - \alpha_{12})} \frac{L}{n} \quad (50)$$

Mit dieser ideellen Breite sind beide Platten bei der Berechnung des Trägheitsmomentes des Trägers in Rechnung zu stellen. Sind I , W_o und W_u ermittelt, so werden die Dehnungen ϵ_{x_o} und ϵ_{x_u} für den Träger gefunden:

$$\epsilon_{x_o} = M/E W_o, \quad \epsilon_{x_u} = M/E W_u.$$

Aus ϵ_{x_u} folgt ohne weiteres die Spannung im Unterflansch, aus ϵ_{x_o} die Spannung im Anschlußpunkte des Steges und im Oberflansch.

Für die orthotrope Scheibe haben wir hiermit $\epsilon_{x,y=0} - \epsilon_{x_o}$. Aus Gl. (44) und (46) folgt das Verhältnis der Dehnungen am Rande:

$$\frac{\epsilon_{y,y=0}}{\epsilon_{x,y=0}} = \frac{(\mu_1^2 \alpha_{12} - \alpha_{22}) + \beta (\mu_2^2 \alpha_{12} - \alpha_{22})}{(\mu_1^2 \alpha_{11} - \alpha_{12}) + \beta (\mu_2^2 \alpha_{11} - \alpha_{12})}$$

Damit können wir die durchschnittlichen Dehnungen am Rande der orthotropen Scheiben bestimmen.

Für die Zahlenwerte nach Gl. (39)

$$\alpha_{11} = 1,305; \quad \alpha_{12} = 0,387; \quad \alpha_{22} = 1,799 \quad \text{und} \quad \alpha_3 = 3,30$$

lautet die charakteristische Gleichung:

$$1,305 \mu^4 - 4,074 \mu^2 + 1,799 = 0.$$

Die Lösungen sind:

$$\mu_1 = 1,61 \quad \text{und} \quad \mu_2 = 0,731.$$

Nach Gl. (45) erhalten wir $\beta = -0,228$ und nach Gl. (50)

$$B_e = 0,314 L/n.$$

Das Verhältnis der Dehnungen wird:

$$\frac{\epsilon_{y,y=0}}{\epsilon_{x,y=0}} = -0,149.$$

2. Mittragende Breite für die Längsträger.

Wir nehmen an, daß ein Längsträger belastet ist, und die benachbarten Längsträger nur die Wellstahlplatte versteifen. Das Moment des Längsträgers ist in eine Fourierreihe zerlegt. Für die Fourierreihe, für die L/n wesentlich größer als die Feldlänge l ist, gilt die Untersuchung nach 1. mit einigen Abänderungen. Die Wellstahlplatte ist beim Längsträger unmittelbar an den Steg angeschlossen, so daß kein Oberflansch vorhanden ist. Wieder werden Steg und Unterflansch bei der Berechnung der Biegespannungen in Rechnung gesetzt, so daß für diesen Träger die aussteifende Wirkung auf die Wellstahlplatte in Fortfall kommt. Wir ziehen darum von der Kraft P_x nach Gl. (48) erst den Betrag $X''l$ nach Gl. (37c) ab. Nach dieser Gleichung ist

$$X''l = \frac{1}{4} \frac{1 + 4 \frac{Bt}{Hs}}{1 + 3 \frac{Bt}{Hs}} Hs E \epsilon_{x_o}.$$

Mit $\epsilon_{x_o} = \epsilon_{x,y=0}$ der orthotropen Scheibe wird

$$P_x - X''l = \left[\frac{2}{\pi} h \frac{\mu_1 + \beta \mu_2}{(\mu_1^2 \alpha_{11} - \alpha_{12}) + \beta (\mu_2^2 \alpha_{11} - \alpha_{12})} \frac{L}{n} - \frac{1}{4} \frac{1 + 4 \frac{Bt}{Hs}}{1 + 3 \frac{Bt}{Hs}} Hs \right] E \epsilon_{x,y=0}.$$

Dieses ist die Kraft der orthotropen Scheibe ohne Mitwirkung des belasteten Längsträgers. Für den Ersatzflansch gilt

$$P_x - X''l = B_e h E \epsilon_{x,y=0}.$$

Daraus folgt die mittragende Breite

$$B_e = \frac{2}{\pi} \frac{\mu_1 + \beta \mu_2}{(\mu_1^2 \alpha_{11} - \alpha_{12}) + \beta (\mu_2^2 \alpha_{11} - \alpha_{12})} \frac{L}{n} - \frac{1}{4} \frac{1 + 4 \frac{Bt}{Hs}}{1 + 3 \frac{Bt}{Hs}} H \frac{s}{h} \quad (51)$$

Wir führen die Berechnung für ein Zahlenbeispiel durch, wählen $L/nl = 7$ und die früheren Verhältniswerte: $L/nl = 7$, $H/l = 0,75$, $B/l = 0,25$, $t/h = 1,5$, $s/h = 1$. Dann ist nach Gl. (19)

$$B_e = 0,314 L/n - 0,22 l = (2,20 - 0,22) l = 1,98 l.$$

Mit dieser Breite des Oberflansches erhalten wir den Querschnitt nach Abb. 19. Für diesen Querschnitt wird

$$\begin{aligned} e_o &= 0,181 l; & e_u &= 0,569 l; \\ I &= 0,0852 l^3 h; & W_o &= 0,471 l^2 h; \\ W_u &= 0,150 l^2 h. \end{aligned}$$

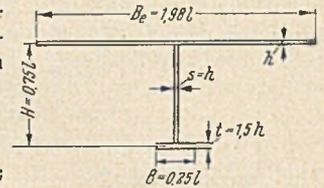


Abb. 19. Ersatzträger.

Die Spannungen im Träger werden

$$\sigma_{x_o} = 2,12 M/l^2 h, \quad \sigma_{x_u} = -6,67 M/l^2 h.$$

Für die Wellstahlplatte erhalten wir die Dehnungen

$$\epsilon_{x,y=0} = 2,12 \frac{M}{E l^2 h} \quad \text{und} \quad \epsilon_{y,y=0} = -0,149 \epsilon_{x,y=0} = -0,316 \frac{M}{E l^2 h}.$$

Die Spannungen in der Ecke eines Feldes der Wellstahlplatte werden nach Gl. (21)

$$\sigma_{x, \text{Eckpkt.}} = 0,984 E \epsilon_{x,y=0} + 0,214 E \epsilon_{y,y=0} = 2,02 \frac{M}{l^2 h},$$

$$\sigma_{y, \text{Eckpkt.}} = 0,214 E \epsilon_{x,y=0} + 0,984 E \epsilon_{y,y=0} = 0,14 \frac{M}{l^2 h}.$$

Die Spannung $\sigma_{x, \text{Eckpkt.}}$ unterscheidet sich nur wenig von der Spannung im Anschlußpunkt des Steges, die Spannung $\sigma_{y, \text{Eckpkt.}}$ ist unbedeutend.

3. Mittragende Breite für den Querträger.

Wir nehmen an, daß die Querträger so weit voneinander entfernt liegen, daß für sie die Theorie unter 1. gilt. Nur verlaufen sie in y -Richtung, so daß x und y zu vertauschen sind.

Die charakteristische Gleichung lautet dann

$$\alpha_{11} - (2 \alpha_{12} + \alpha_3) \mu^2 + \alpha_{22} \mu^4 = 0.$$

Weiter wird

$$\beta = - \frac{\mu_2 \mu_1^2 \alpha_{12} - \alpha_{11}}{\mu_1 \mu_2^2 \alpha_{12} - \alpha_{11}}$$

und

$$B_e = \frac{2}{\pi} \frac{\mu_1 + \beta \mu_2}{(\mu_1^2 \alpha_{22} - \alpha_{12}) + \beta (\mu_2^2 \alpha_{22} - \alpha_{12})} \frac{L}{n}.$$

Für die angegebenen Zahlenwerte wird

$$\mu_1 = 1,37, \quad \mu_2 = 0,622, \quad \beta = -0,228 \quad \text{und} \quad B_e = 0,268 L/n.$$

XI. Schlußwort.

Die Untersuchung zeigt, wie man allgemein die mittragende Breite von orthotropen Scheiben berechnet. Hierzu gehören auch ebene Scheiben, die in einer Richtung durch Längsträger versteift sind. Für die Wellstahlplatte wird die Spannungserhöhung in den Ecken der Felder berücksichtigt.

Wichtig ist, daß man bei der Untersuchung stets von den Dehnungen ausgeht, da diese bei den zusammengesetzten Teilen gleich sind.

Für die Untersuchung der Wellstahlplatte infolge einer beliebigen Flächenbelastung sind die Grundgleichungen angegeben.

Für periodische Belastungen läßt sich die Untersuchung in ähnlicher Weise wie für die Wellstahlplatte mit Kräften in der Mittelebene durchführen.

Eine neuartige Bandanlage zur Kühlung der Zuschlagstoffe für Massenbeton.

Von Abteilungsdirektor H. Hofmann, in Fa. J. Pohlig, Aktiengesellschaft, Köln-Zollstock.

Zu den verschiedenen Verfahren, die zur Beherrschung der Abbindewärme im Massenbeton angewandt wurden, ist ein neues für eine Staumauer in Indien zur Anwendung gekommen, welches sich gut bewährt hat. Es handelt sich um ein System von Gurtförderern, auf denen sämtliche Zuschläge — außer Zement — durch Wasser und Luft vor dem Mischen gekühlt werden. An der Baustelle, dem Vaitarna-Damm, 120 km nordöstlich von Bombay, ist mit Temperaturen von durchschnittlich mehr als 40° C zu rechnen. Die im zweiten Baujahr befindliche Schwergewichtsmauer hat einen Betoninhalt von 566 000 m³ bei 82 m

system gekühlt werden. Das für die Vorkühlung der groben Zuschläge, zur Kühlung der Sortenbunker im Betonmischerturm und als Anmachwasser dienende Wasser wird auf die Temperatur von 3° C gekühlt. Die entfeuchtete Luft, die zur Kühlung von Grob- und Feinsand dient, wird auf 6° C gekühlt. Eine Kühlung von Zement ist nicht vorgesehen worden.

Der Aufbau der Anlage ist folgendermaßen durchgeführt worden: Von der Aufbereitungsanlage für die Zuschläge führt eine 4,1 km lange Pohlig-Zweiseilbahn mit einer anschließenden 145 m langen Seilhängebahn zum

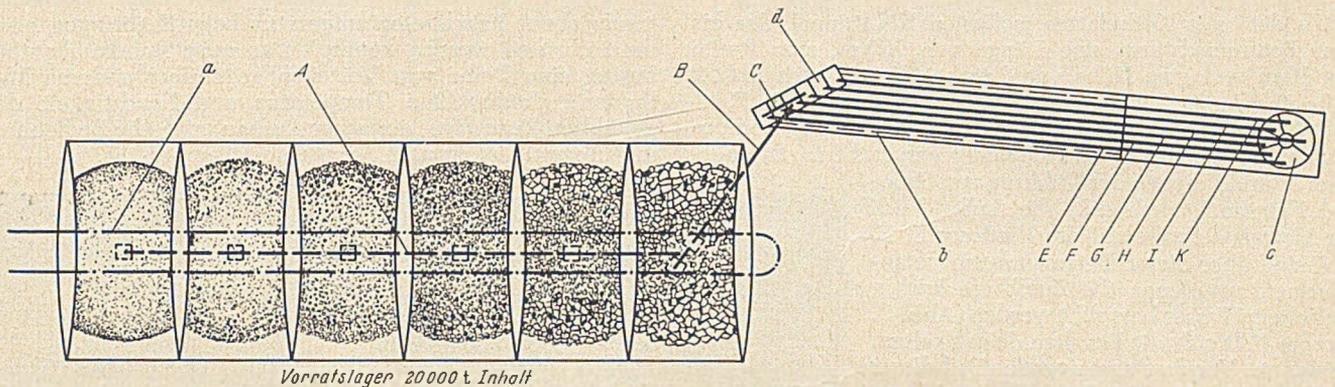


Abb. 1. Anordnung der Kühlbandanlage, a Seilhängebahn, b Kühlkammer, c Betonmischerturm, d Sortenbunker, A Tunnelentnahmeband, B Querband, C Fahr- und Reversierband, E, F, G, K Grobkornbänder, H, J Sandbänder.

größter Höhe und einer Kronenlänge von 555 m. Die Mauerkrone liegt auf 164,7 m über dem Meeresspiegel. Das Stauwerk soll in Verbindung mit dem schon bestehenden Tansa-Damm bzw. Tansa-See die Wasserversorgung von Bombay um mehr als das Doppelte vergrößern. Der Vaitarna-See wird einen Nutzinhalt von 210 Mio. m³ erhalten, sein Einzugsgebiet wird etwa 450 km² groß sein.

Die Betoneinrichtungen sind für eine stündliche Leistung von 92 m³ ausgelegt. Die Temperatur des Frischbetons soll nach dem Mischen 12,5° C, nach dem Transport zur Verwendungsstelle 15,5° C nicht übersteigen. Es wurde daher für die Baustelle eine Kühleinrichtung mit zwei Zentrifugalkompressoren für die Kühlmedien Wasser und Luft vorgesehen, mit denen die Zuschläge auf einem Band-

Vorratslager von 20 000 t Inhalt in der Nähe der Baustelle. Der im Entnahmetunnel unter dem Vorratslager eingebaute Gurtförderer entnimmt nacheinander die einzelnen Körnungen, die über zwei weitere Förderer zu einem Sortenzwischenbunker vor der eigentlichen Kühlbandanlage gebracht werden (Abb. 1). Die Gurtförderer A, B, C leisten in 8 Minuten 45 t einer jeden Sorte, so daß entsprechend der sechs Sorten und einer jeweiligen Pause von 2 Minuten beim Wechsel von der einen zur anderen Sorte sechsmal je Stunde gewechselt werden kann. Damit keine Verwechslungen der Körnungen in den Zwischenbunkern auftreten können, sind die Aufgabevorrichtungen im Vorratstunnel mit den Stellungen des fahr- und reversierbaren Förderers C über den Sortenbunkern verriegelt.

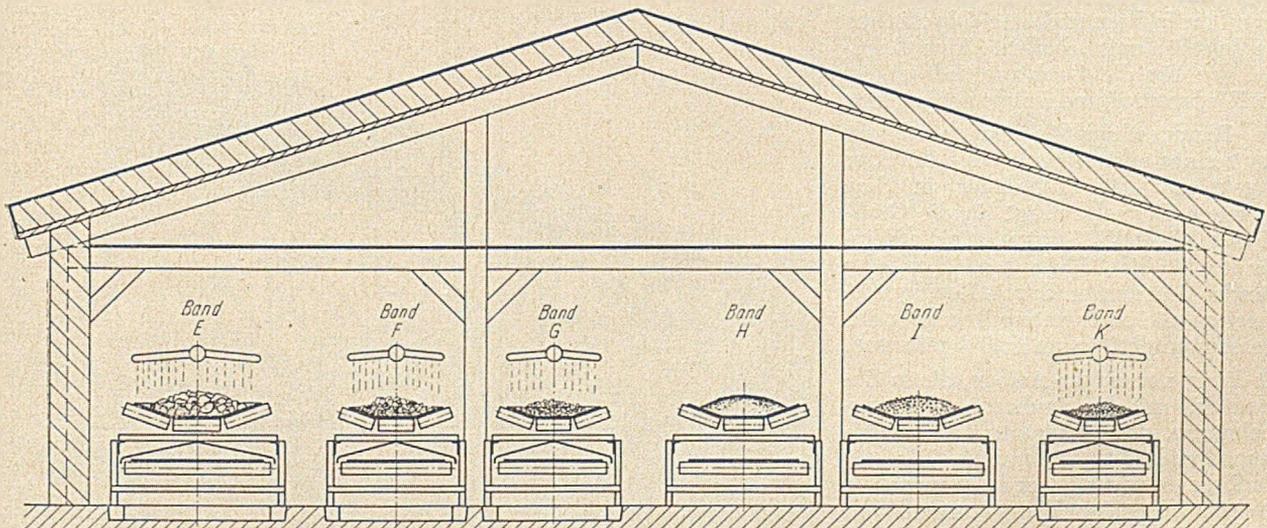


Abb. 2. Querschnitt durch den Kühlkammer.

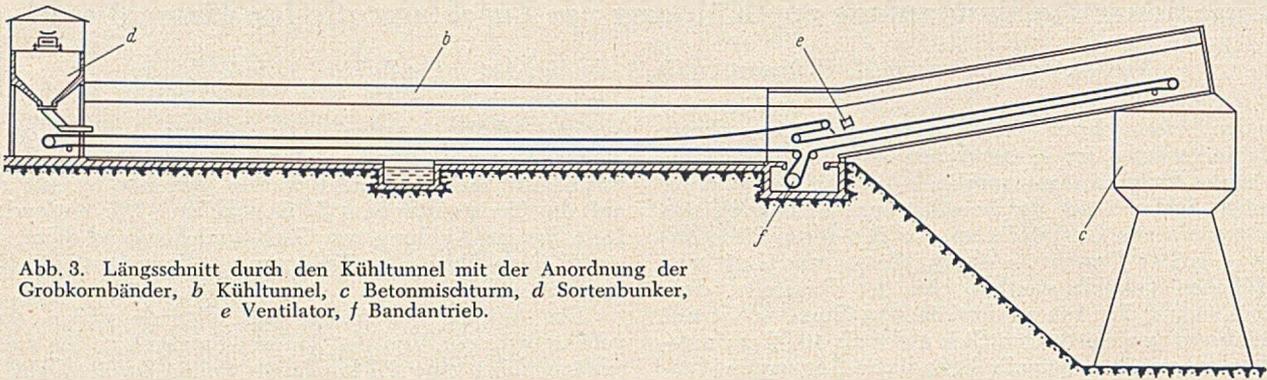


Abb. 3. Längsschnitt durch den Kühltunnel mit der Anordnung der Grobkornbänder, b Kühltunnel, c Betonmischurm, d Sortenbunker, e Ventilator, f Bandantrieb.

In dem mit Korkplatten isolierten Kühltunnel, der bis zum Betonmischurm eine Länge von 100 m, eine Breite von 10 m und eine Höhe von 3 m hat, liegen nach Abb. 2 sechs Bänder nebeneinander. Die Gurtförderer E, F, G und K sind für die Kühlung der groben Zuschlagskomponenten 150 bis 10 mm durch Wasser vorgesehen. Die Förderer H und J dienen der Kühlung von Grob- und Feinsand durch gekühlte Luft. Nach der Materialaufgabe auf die Förderer E, F, G, K sind über diesen Berieselungsrohre angeordnet, aus denen die Zuschläge kräftig mit kaltem Wasser besprüht werden (Abb. 4). Hierbei füllt sich die Bandmulde mit kaltem Wasser an. Vor dem ansteigenden Teil dieser Förderer ist eine Bandschleife eingebaut, über die im Sturz das Fördergut gewendet wird. Gleichzeitig wird das Fördergut von dem über der Wendestelle angebrachten Ventilator erfaßt, wobei das an den Steinen anhaftende Wasser durch einen Rost durchgeblasen wird und gleichzeitig eine Trocknung des Materials eintritt. Das Wasser aus der Bandmulde läuft vor der Bandschleife seitlich vom Band herunter und wird wieder dem Kühlprozeß zugeleitet. Das Fördergut wird innerhalb der zum Betonturm führenden 30 m langen Schrägbrücke durch einen durch Propeller hergestellten Kaltluftstrom weiter getrocknet (Abb. 3).

Auf den Gurtförderern H und J erfolgt die Kühlung der beiden Sandsorten durch trockene Kaltluft. Über diesen Förderern sind innerhalb der Kühltunnelstrecke je drei Wendeapparate vorgesehen, die den Beladequerschnitt aufrühren und neue Oberflächen für die Luftkühlung schaffen. Eine Bandschleife, wie für die Grobkornförderer, ist bei den Förderern H und J nicht vorgesehen.

Die Bandgeschwindigkeiten sind zur Erzielung eines ausreichenden Kühleffektes klein gehalten. Die Kühldauer in dem 100 m langen Tunnel beträgt für die Grobkornbänder 20 bis 25 Minuten, für die Feinkornbänder 30 bis 35 Minuten. Sämtliche Kühlbänder sind zusätzlich mit Regelgetrieben versehen, die eine weitere Regelung der Bandgeschwindigkeiten um $\pm 20\%$ gestatten.

Mit dieser neuartigen Anlage, die in Zusammenarbeit mit der Bauherrin, der Bauunternehmung, des Lieferanten der Kältemaschinen und des Lieferanten für die Gurtförderer entwickelt wurde, werden für die groben Zuschläge Temperaturen von $4,5^\circ\text{C}$ und für den Sand solche von 22°C erreicht, so daß die mit $15,5^\circ\text{C}$ (60°F) vor-

geschriebene Frischbetontemperatur beim Einbringen noch unterschritten werden konnte. Das neue Bandkühlsystem besitzt eine Reihe von Vorteilen gegenüber anderen Methoden: gleichmäßige Temperatur und Feuchtigkeit der gekühlten Zuschläge, einfacher Aufbau, einfache Bedienung und Regelfähigkeit nach Menge und Temperatur.



Abb. 4. Spannenden der Grobkornbänder im Kühltunnel, rechts Berieselungsrohr.



Abb. 5. Zweiseilbahn und Seilhängebahn über dem 20 000 t-Lager.

Kurze Technische Berichte.

Turmdrehkrane für Bauarbeiten.

Zum Einbringen von Baustoffen, Schalungen, Stahl- oder Fertigteilen und ähnlichen Lasten beim Errichten von Gebäuden, Sperrmauern oder anderen Hochbauten aus Beton, von Stahl- und Betonbrücken, größeren Fundamenten, beim Aufstellen von Spundwänden für Wasserbauten oder zum Bedienen von Lagerplätzen in Betonsteinwerken und Baustoffhandlungen setzt man häufig Turmdrehkrane ein, die eigens für die Belange bei Bauarbeiten ausgeführt sind und besondere Anforderungen erfüllen. Die zahlreichen Anforderungen beziehen sich auf Anpassen an wachsende

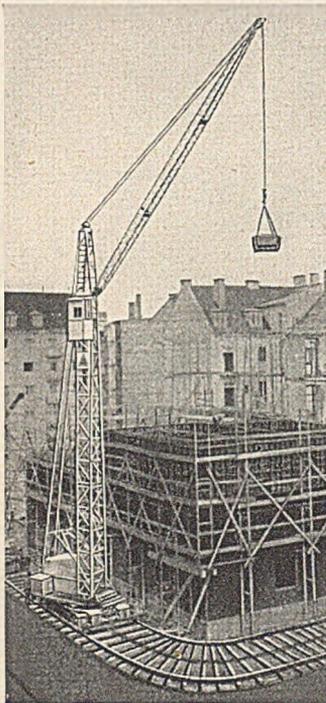


Abb. 1. 0,8 bis 2 t-Turmdrehkran mit Fahrwerk für sehr enge Kurven bis 3,5 m Radius.

Bauhöhen, leichte Ortsveränderlichkeit auf der Baustelle, Zerlegbarkeit und rasches Auf- und Abbauen beim Baustellenwechsel, kleine Gewichte, Anpassen an verschiedenartige Ortsverhältnisse, gute Übersicht über das Bestreichungsfeld, möglichst mehrfache Ausnutzung, genügende Betriebssicherheit trotz Rauheit des Baubetriebes, Wirtschaftlichkeit im Einsatz und geringer Raumbedarf auf den meist begrenzten Baustellen.

Vorteilhaft sind bei den Turmdrehkranen für Bauarbeiten die großen Hubhöhen bis etwa 50 m, das große Bestreichungsfeld durch einen langen Wipp- oder Laufkatzenausleger (bis etwa 50 m Durchmesser) und die Fahrbarkeit auf Schienen mit teilweise sehr engen Kurvenradien längs einer Baufront. Vorherrschend ist der elektrische Mehrmotorenantrieb

Tabelle 1. Turmdrehkrane für Hochbauten.

Hersteller	Type	Tragfähigkeit t	Ausladung m	Hakenhöhe m	Arbeitsgeschwindigkeiten			Bemerkungen
					Heben m/min	Fahren m/min	Schwenken Uml./min	
Hüttenwerk Sonthofen	TK 12	0,8	16	19,2	25	1,2	1 mit Laufkatzenausleger, Fahrgeschwindigkeit der Katze 80 m/min	
	TKV 40	2 bis 6	20 bis 7,5	17 bis 40	30	1		
	TKL 40 ¹	2 bis 5	20 bis 5	17 bis 27	30	1		
Krangemeinschaft Hilgers AG., Rheinbrohl, Vögele AC., Mannheim	BDK 75	0,6	14	19,2	30	1,5	Die Krane können in Greifbagger umgebaut werden, für die die Zahlen mit ² gelten	
	BDK 150	1	16	21	30	1		
	BDK 300	1,5	20	26	30	1		
		2	20	40	30	1		
Karl Peschke, Maschinenfabrik, Zweibrücken	T 9	0,5	14	14	28	1,5		
	T 16	1	16	19	28	1,3		
Maschinenfabrik Otto Kaiser KG., Oberlahnstein	TK 5	0,5	10	18	25	1,35	³ Krane mit waagrechteten Auslegern und Laufkatzen	
	TK 8	0,6	12,5	22	25	1,2		
	TK 10	0,75	13	20	30	1,2		
	TK 14	0,85	16	20	26	1,2		
	TK 16,3	1	16	20	28	1,2		
	TK 16,3 K ³	2 bis 0,75	3 bis 16	17	28	1,2		
	TK 30	1,5	20	27	30	1,1		
	TK 30 K ³	4 bis 1,5	3 bis 20	25	30	1,1		
	TK 50	2	25	33	30	0,8		
	TK 50 K ³	5 bis 2	4 bis 25	28	30	0,8		
Jul. Wolff & Co., GmbH., Heilbronn	Form 20	1 bis 2,7	20 bis 8	23 bis 37	30	1		
Hans Liebherr, Krane, Werkzeugmaschinen, Kirchdorf/Iller	Form 16/53	1 bis 2,5	16 bis 6	19 bis 31	28	1,2		
Dortmunder Brückenbau C. H. Jucho, Dortmund	W 16	0,8 bis 2,5	16 bis 4,8	20 bis 30	30	1,3	Gesamtgewicht 17 t	
	W 20a	1,5 bis 4	20 bis 6	20 bis 35	30	1,1		29,5 t
	W 25a	2 bis 5,5	25 bis 7,5	30 bis 45	30	0,9		50 t
Leo Gottwald KG., Düsseldorf	TBB	0,75 bis 2	12 bis 5	20 bis 27	15	2	Ein Universalkran, auch als Greifbagger und Verladekran	

mit den einfachen Steuerungsteilen für die Kranbewegungen. Es gibt aber auch kleinere Ausführungen mit Antrieb durch einen Motor, der auch eine Verbrennungsmaschine sein kann, wenn der Anschluß an ein Netz nicht oder nur mit größerem Kostenaufwand möglich ist.

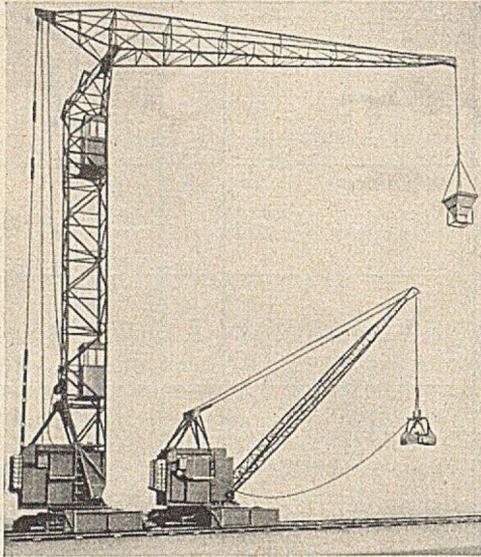


Abb. 2. Turmdrehkran mit mehreren Führerständen. Rechts: die Umbauform für Greiferbetrieb.

Eine Übersicht über die Turmdrehkrane für Bauarbeiten bringt die Zusammenstellung. Im einzelnen sind die Krane wie folgt gebaut:

Von den zwei Ausführungen vom Hüttenwerk Sonthofen kann an der größeren ein waagrechter Ausleger mit einer Laufkatze angebracht werden, durch die jede Ausladung innerhalb des Bestreichungsfeldes schnell möglich ist. Die größte Hakenhöhe bleibt allerdings konstant. Der kleinere Kran mit 0,8 bis 2 t Tragfähigkeit hat eine selbsttätige, bei jeder Ausladung ohne Umschalten wirkende Überlastungssicherung. Ein Überschreiten der steilsten Lage des Auslegers verhindert ein End-

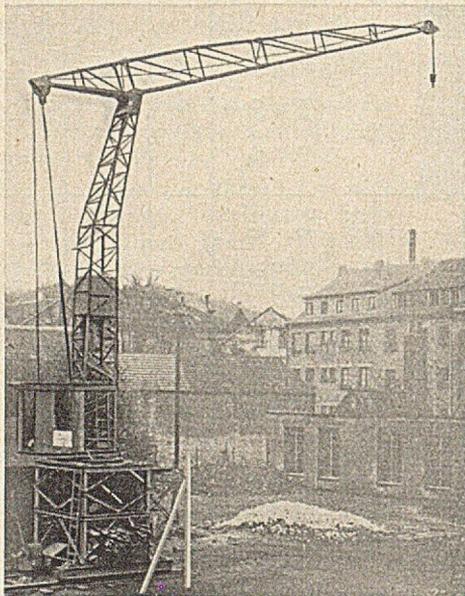


Abb. 3. Turmdrehkran für 0,6 bis 1,8 t Tragfähigkeit bei Ausladungen von 14 bis 4,5 m.

schalter. Gleiskrümmungen mit kleinsten Halbmessern bis 3,5 m der inneren Schiene (Abb. 1) ermöglicht eine besondere Kurvenfahrvorrichtung. Der Turm mit dem Ausleger schwenkt auf einer Drehscheibe über dem Fahrwerk. In den Grundteilen gleich gebaut ist die größere Type, bei der der Turm an einem Ring und in einem Spurlager schwenkt. Das Kippen infolge von Überlastungen sichert eine neuartige Vorrichtung. Zum Befahren von Kurven enthält das Fahrwerk ein Differentialgetriebe. Wie bei allen Turmdrehkranen für Bauarbeiten kön-

nen die Hakenhöhe und Ausladung durch Ein- oder Ausbauen von Zwischenstücken im Turm und Ausleger vergrößert oder verkleinert werden.

Zur mehrfachen Verwendung lassen sich die drei Arten von Turmdrehkranen der Krangemeinschaft Hilgers AG. - Vögele AG. in Greifbagger auf Schienen umbauen (Abb. 2), indem nach Abnehmen des Turmes ein schräger Ausleger am Turmfuß angesetzt wird. Mit der Greifereinrichtung führt man vorbereitende Erdarbeiten oder Entladungen von Waggons aus. Normalerweise wird die kleinere Ausführung für 0,6 bis 1,5 t Tragfähigkeit durch nur einen Elektro- oder Dieselmotor angetrieben, wobei der Kranführer alle Kranbewegungen gleichzeitig oder einzeln schalten kann. Wie bei den anderen beiden Ausführungen kann die kleinere Ausführung neuerdings auch durch drei Elektromotoren angetrieben werden. Um mit dem Wachsen eines Bauwerkes eine gute Übersicht über das Bestreichungsfeld zu gewährleisten, befinden sich an den beiden grö-

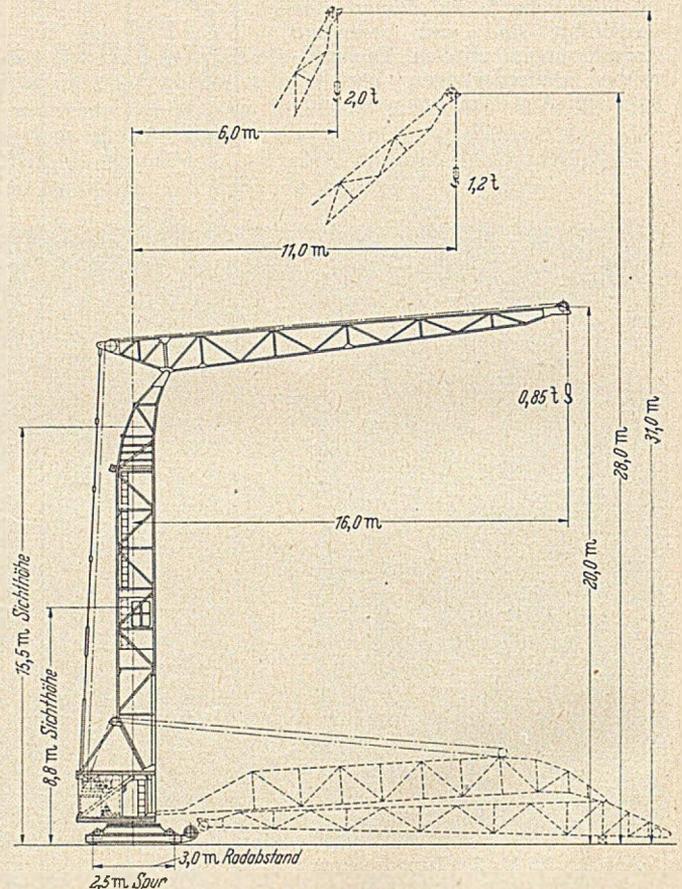


Abb. 4. Leichtbaukran mit 0,85 bis 2 t Tragfähigkeit. Unten: Mast und Ausleger vor dem Aufrichten.

ßeren Ausführungen drei Führerstände, von denen der eine am Kranunterteil und die beiden anderen in 6 oder 7 und 15 oder 16,5 m Höhe liegen. Die drei regelbaren Schleifringläufermotoren in den zwei größeren Ausführungen leisten: Heben 15 (19), Fahren 5,5 (11), Schwenken 3 (11) PS. Zum genauen Regeln der Hubgeschwindigkeit enthalten die Hubgetriebe der größeren Ausführungen dreistufige Schalteinrichtungen. Die Neigung der Ausleger aller Ausführungen wird durch Motorantrieb verstellt. Bei dem kleinen Kran mit Einmotorenantrieb gibt eine Anzeigevorrichtung etwaige Überlastungen an. Alle Krane mit elektrischem Mehrmotorenantrieb haben selbsttätige Überlastungssicherungen, die die Stromzufuhr unterbrechen.

Durch drei Elektromotoren werden auch die zwei Arten von Turmdrehkranen von Karl Peschke, Baumaschinenfabrik (Abb. 3), angetrieben. Für schwere und leichte Lasten können im Hubwerk beider Krane zwei Geschwindigkeiten von 12 und 34 m/min eingeschaltet werden. Das Fahren geschieht mit 28 m/min und das Schwenken mit 1,5 (1,3) Uml./min. Die Motoren der größeren Ausführung leisten: Heben 12, Fahren 6, Schwenken 3,5 PS. Um eine Last sicher zu halten, liegt im Antrieb des Hubwerkes ein elektrischer Bremslüftmagnet, der auf eine reichlich bemessene Bremse wirkt. Im Unterwagen wird der Druck des Schwenkmastes durch Spurlinsen aus-

Bronze, die zum Vereinfachen des Aufstellens des Kranes aus mehreren Teilen bestehen und durch Schrauben zusammengehalten werden, und im oberen Teil des Gestelles durch nachstellbare Stahlrollen aufgenommen. Die Standsicherheit eines Kranes wird durch Stützen und Schienenzangen vergrößert. Zusätzlich kann eine Überlastungssicherung vorgesehen werden.

Von den 10 Formen der Krane von Maschinenfabrik Otto Kaiser AG (Abb. 4) stellen die sechs kleineren Leichtbau- und die vier größeren Großtummdrehkrane mit Hakenhöhen bis 50 m dar. Die drei kleineren Ausführungen werden durch einen Elektro- oder Verbrennungsmotor angetrieben. Drei Ausführungen sind mit waagrechten Auslegern versehen, auf denen Laufkatzen verfahren, so daß jede Stelle innerhalb des Bestreichungsfeldes ohne weiteres erreichbar ist. Überlastungssicherungen an allen Kranen verhüten Unfälle durch zu große Lastmomente. Der Kraftbedarf für die einzelnen Bewegungen der vier größeren Ausführungen ist: Heben 25—25—35—35,

kann. Im Schaltschrank ist außerdem ein elektrisches Schütz untergebracht, das beim Ansprechen der Sicherheitseinrichtung den Stromkreis zum Hubwerk unterbricht und nach Beseitigen der Überlast wieder schließt. Der Kran wiegt 16,7 t. Die Motoren leisten: Heben 11,5, Fahren 7,2, Schwenken 3,5, Einziehen des Auslegers 7,2 PS.

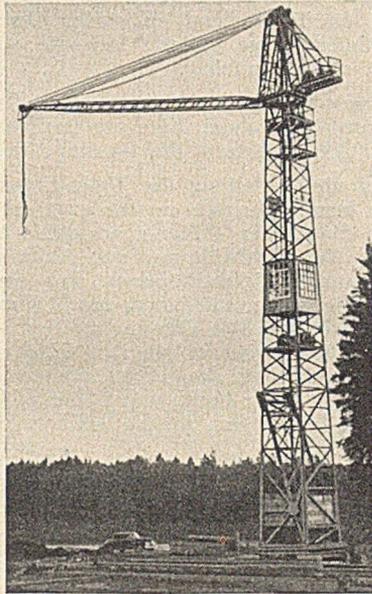


Abb. 5. Turmdrehkran mit Tragfähigkeiten bis 2,7 t.

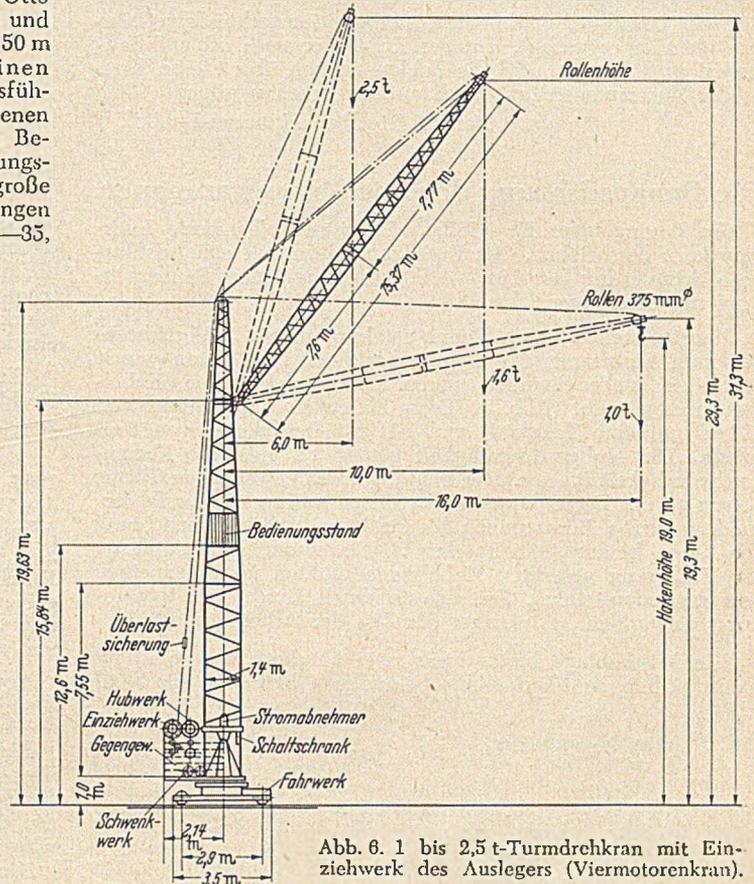


Abb. 6. 1 bis 2,5 t-Turmdrehkran mit Einziehwerk des Auslegers (Viermotorenkran).

Fahren 15—15—20—20, Schwenken 3,5—3,5—5,5—5,5 PS. Die Spurweiten aller Krane liegen zwischen 2 und 3,8 m. Die lotrechten Türme schwenken entweder auf einer Drehscheibe unmittelbar über dem Fahrwerk oder in einem Spurlager mit dem unteren, spitz zulaufenden Turmende und in einem Ring im oberen Teil des Turmbockes.

An dem Turmdrehkran von Jul. Wolff & Co. GmbH. (Abb. 5) ist der Ausleger durch ein elektrisch angetriebenes Einziehwerk unter der Last verstellbar. Eine selbsttätige Überlastungssicherung für alle Auslegerstellungen, eine selbsttätige Abschaltung in den Endstellungen des Auslegers und eine Begrenzung des Lasthubes bieten völlige Betriebssicherheit. Durch eine Schnellsenkeinrichtung für Lasten bis 0,35 t läßt sich ein Kranspiel beträchtlich abkürzen. Der am Turm schwenkbare Teil ist hoch gelegt, so daß der Kran unmittelbar am Bauwerk entlangfahren kann und die Ausladung weitgehend ausgenutzt wird. Da zwei hintereinander liegende Räder des Fahrwerkes angetrieben werden, lassen sich Kurven bis etwa 25 m Halbmesser befahren. Das Einziehen des Auslegers über die gesamte Ausladung von 20 bis 8 m dauert 1,2 min. Alle eingebauten Drehstrommotoren leisten zusammen 25 kW.

Außer dem Turmdrehkran mit 1 bis 2,5 t Tragfähigkeit (Abb. 6) baut Hans Liebherr, Krane-Werkzeugmaschinen, noch zwei weitere Arten, die außer den Hubleistungen nicht nennenswert von dem 1 bis 2,5 t-Kran abweichen. Am Turmfuß befindet sich ein Einziehwerk mit eigenem Motor, durch das sich der Ausleger mit der in beliebiger Höhe hängenden Last rasch verstellen läßt. Das Seil zum Verstellen des Auslegers bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von 12,5 m/min. Überlastungen verhindert eine besondere Sicherung. Der leere Haken oder eine kleine Last werden durch den unter Stromlaufenden Hubmotor rasch gesenkt. Die Steuerungseinrichtungen für die vier Motoren und eine elektrische Senkbremsschaltung sind nicht nur im hochliegenden Bedienungsstand, sondern auch in einem Schaltschrank im Turmfuß eingebaut, so daß der Kran wahlweise von oben oder von unten aus bedient werden

Von den drei Ausführungen der Krane von Dortmunder Brückenbau C. H. Jucho kommt hauptsächlich der Turm-Wippkran mit 1,5 bis 4 t Tragfähigkeit in Betracht (Abb. 7). Der Ausleger kann gerade oder geknickt sein. Der geknickte Ausleger (Abb. 7) kommt durch

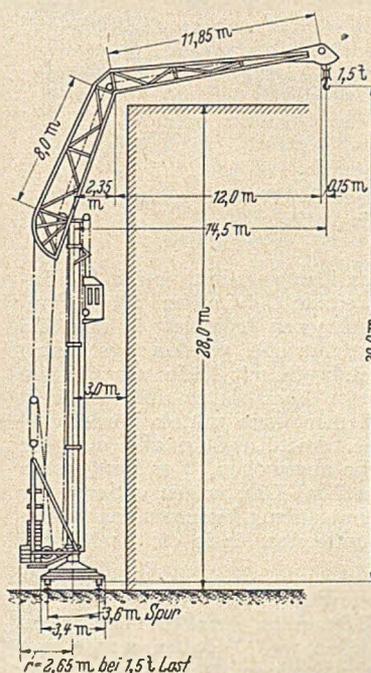


Abb. 7. Turm-Wippkran mit höhenverstellbarem Führerstand am senkrechten Rohrmast.

Einsetzen eines Knietückes in den geraden Ausleger zustande. Mit ihm wird die Hakenhöhe auf 29 m vergrößert, wobei das zu errichtende Bauwerk höher als der lotrechte Rohrmast sein kann. Die Neigung des geknickten Auslegers ist nicht verstellbar, während sie bei geradem Ausleger verändert werden kann. Das Bestreichungsfeld des geraden Auslegers ist ein Kreis bis 40 m Durchmesser. Der Führerstand, der am lotrechten Rohrmast mitschwenkt, hängt wie die Kabine eines Aufzuges heb- und senkbar an Seilen, so daß der Kranführer die beste Sichtmöglichkeit schnell einstellen kann. Durch seine tiefe Schwerpunktlage steht der Kran schon von selbst sehr fest. Gegen Kippen ist er trotzdem durch eine Meßvorrichtung der Lastmomente gesichert, die bei Überlast

das Hub- und Wippwerk abschaltet. Der Kran kann Kurven bis 3,5 m kleinstem Halbmesser befahren und daher an alle Stellen eines Baublockes gelangen. Das Hubwerk ist so gebaut, daß der Haken auch Stellen bis 10 m unter Planum erfaßt.

Ein Universal-Turmdrehkran der Leo Gottwald KG., der für Greifer- oder Verladebetrieb eingerichtet werden konnte und sich gut bewährte, wird heute aus fabrikationstechnischen Gründen nicht mehr gebaut. Da der Kran aber noch oft auf Baustellen zu finden ist, sind die Zahlenangaben über diesen Kran in der Zusammenstellung auch aufgenommen worden.

Baurat Riedig, München-Lohhof.

Die Bauausführung der Loch-Sloy-Staumauer.

Im Bauingenieur 27 (1952) S.176 ist die Talsperre Loch-Sloy kurz beschrieben. Als Ergänzung dazu soll eine ausführliche Schilderung der 1947—1950 stattgefundenen Bauausführung der Staumauer folgen.

Baustelleneinrichtung. Zuerst sei kurz über die Vorrichtungen zum Einbringen des Betons berichtet. Der Beton wurde von zwei nebeneinander angeordneten elektrischen Kabelkränen angebracht (Abb. 1). Diese hatten eine Spannweite von 41,2 m und eine Tragkraft von 10 t für Betonkübel von 3 m³ Inhalt. Die Hubgeschwindigkeit betrug 1,27 m/s, die Katzenschwindigkeit 5,1 m/s. Die Fahrlänge der beweglichen Türme betrug 64 m. Diese wurden allerdings sehr selten verfahren, sondern kleine Bewegungen bis zu 10 m in der Querrichtung der Krane besorgte ein Trecker. Die von der Bauverwaltung zur Verfügung gestellten Kabelkrane wirkten im allgemeinen sehr zufriedenstellend. Zeitverluste durch Bruch und Reparaturen entstanden bei weniger als 2 % der Arbeitsstunden.

Die Mischanlage bestand aus zwei Mischern von je 1,5 m³ Inhalt. Über der Mischanlage befanden sich 6 Silos für Sand

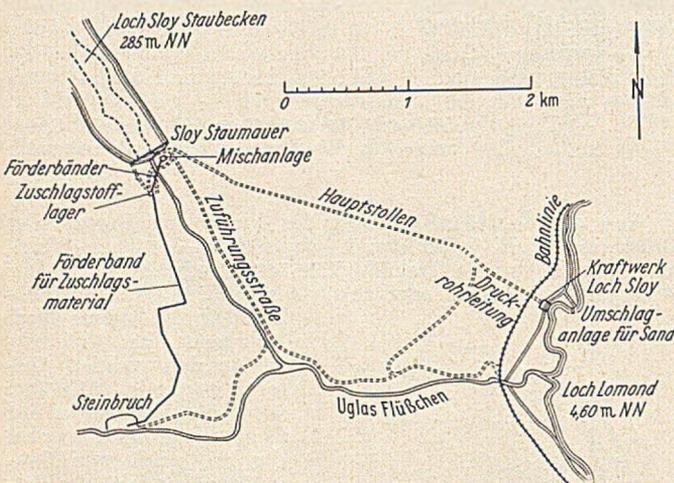


Abb. 1. Lageplan der Baustelle mit den Zuführungswegen für die Zuschlagstoffe.

und die verschiedenen gröberen Zuschlagstoffe von je 20 t Inhalt. Der Sand wurde von einem 7-t-Greifer mit 1,15 m³ Greiferinhalt von einem nahegelegenen Lageplatz in den Silo befördert. Die gröberen Zuschlagstoffe wurden aus einem 2,5 km entfernt gelegenen Steinbruch mit Hilfe von 609 mm breiten Förderbändern zu einem Vorratslager und von dort in die Silos befördert. Der Zement kam mittels Förderband und Elevator zur Mischanlage. Die Zuschlagstoffe und der Zement wurden vor der Zugabe abgewogen. Der Fertigbeton wurde von der Mischanlage in 3-m³-Kübelwagen entleert, die von einem wenig geeigneten Schrägaufzug bis unter den Kabelkran gefördert wurden. Dort entleerten sie in die 3-m³-Kübel des Kabelkrans.

Die groben Zuschlagstoffe wurden in Korngrößen von 5 bis 19 mm, 19—38 mm und 38—63,5 mm im Steinbruch gebrochen und gesiebt. Das Brechen, Sieben und Waschen wurde von der Bauverwaltung selber vorgenommen. Von dem Diorit-Steinbruch wurden die Zuschlagstoffe durch eine Reihe von 12 hintereinander geschalteten Förderbändern zu einem Vorratslager in der Nähe der Baustelle gebracht. Durch drei

Förderbänder wurden die Stoffe von dort zur Verwendungsstelle gefördert. Der Bandtransport ging mit einer Geschwindigkeit von 74 m/min vor sich. In der Stunde wurden bei einer maximalen Förderbandneigung von 18° ungefähr 100 t Zuschlagstoffe gefördert.

Der Sand kam aus einem Sandvorkommen am Südende des Lodi Lomond, ungefähr 35 km von der Baustelle entfernt. Er wurde auf dem Wasserwege nach Iveruglas, das in ungefähr 5 1/2 km Entfernung von der Verwendungsstelle liegt, befördert, wo er in 5-t-Kipploren verladen und zur Baustelle verfahren wurde. Eine Flotte von zwei Schleppern und 15 Kähnen von je 50 t Tragfähigkeit waren für den Transport des Sandes erforderlich. Sie wurde auf dem Landwege zum Loch Lomond herangeschafft.

An Zement wurde gewöhnlicher Portland-Zement benutzt und in einem Schuppen von 45/12 m Größe gespeichert. In diesem Schuppen konnten 1500 t Zement aufbewahrt werden, die für mindestens 2 Wochen reichten. Im Schuppen lief, wie schon erwähnt, ein Förderband zu einem Elevator zur Beschickung der Mischanlage. Dieses bewegte sich mit einer Geschwindigkeit von 25 m/min.

Zur Wasserversorgung der ganzen Baustelle diente ein Hochbehälter von 50 m³ Inhalt. Eine provisorische Dieselekraftanlage von 3600 kW belieferte die Baustelle mit Strom.

Fangedämme und Ableitung des Uglas-Flusses. Im Jahre 1947 wurde ein kurzer Fangedamm für ganz geringen Anstau des Wassers um die tiefsten 4 Pfeiler aus deren Aushubmassen gebaut (Abb. 2). Zur Durchführung des Abflusses des Loch Sloy, des sogenannten Uglas-Flüßchens, war ein zeitweiliger Durchlaß durch die Mauer mit einem anschließenden Gerinne gebaut worden (Abb. 3). Die Öffnung in der Mauer befand sich im Scheitel des Bogens neben dem Hochwasserüberfall. Sie war als Verbreiterung des 1,5 m breiten Kontraktionschlitzes im Beton in 4,9 m Breite und 3,35 m Höhe ausgeführt worden. 1950 wurde mit dem Anstau des Sees begonnen und die Öffnung zubetoniert.

Aushub. Ungefähr 28 000 m³ über dem Felsen lagernder Kies und sandiger Lehm und etwa 43 000 m³ Felsen wurde für die Gründung der Mauer ausgehoben. Der Felsen bestand aus Glimmerschiefer, der im oberen Teil stark rissig und verwittert, aber tiefer unten im allgemeinen gesund war. Eine größere Verwerfung befand sich in der Nähe des linken Ufers, wo allein ungefähr 2000 m³ Felsen bis 23 m Tiefe unter der ursprünglich vorgesehenen Gründungssohle ausgebrochen werden mußten, bis man auf zur Gründung geeigneten harten, blauen Glimmerschiefer traf (Abb. 4). Hier war früher ein Wasserfall vorhanden gewesen. Die Überlagerung hob man mit Seitenneigungen von 1:1 aus. Von 1947 an wurde der Aushub mit 10-t- und 7-t-Greifern getätigt, nachher mit einem 1 1/2-m³-Eimerseilbagger, mit einem Löffelbagger und mit den Kabelkränen (Abb. 2). Im März 1948 war der Aushub zum größten Teil beendet, mit Ausnahme der Arbeiten in der Nähe des alten Wasserfalles, die bis in die ersten Monate des Jahres 1950 dauerten.

Zementeinpressungen. Zementeinpressungen wurden durch die Herdmauer hindurch vorgenommen. Damit sollte ein Dichtungsschleier gegen den Durchtritt des Sickerwassers unter dem Damm erstellt werden. Die Bohrlöcher wurden erst ausgepreßt, nachdem die Mauer bis zu etwa 2/3 ihrer Höhe fertiggestellt war. Sie hatten einen gegenseitigen Abstand von etwa 2,3 m oder in stark rissigem Felsen weniger. Die Löcher wurden anfänglich in Tiefen von 18,3 bzw. 9,15 m ausgeführt. In Fällen, wo die eingepreßte Zementmilk sehr leicht aufgenommen wurde, wurden die Löcher wieder aufgebohrt und später in größerer Tiefe ausgeführt. Bei schlechtem Felsen stellte man Tiefen bis zu 37 m her. Der Druck wurde zum 1 1/2- bis 2fachen der Stauhöhe angenommen. Im ganzen wurden 4900 lfdm Bohrlöcher von 10 cm \varnothing erstellt und 460 t Zement eingepreßt, das sind im Mittel etwa 95 kg je lfdm Bohrlöcher.

In stark rissigem Felsen wurden die Bohrlöcher dichter gesetzt. Zuerst wurden 6,1 m des Bohrlöcheres mit einer Mischung von einem Teil Zement auf vier Teile Wasser ausgepreßt. Wenn nach der Einpressung von ungefähr 1 t unter dem genannten Druck das Loch noch in stärkerem Maße Mischgut aufnahm, wurde die Mischung dickflüssiger gewählt, bis es kein weiteres Einpreßgut mehr aufnahm.

Beton. Der Beton wurde in fünf verschiedenen Mischungen hergestellt. Beton mit 248 kg Zement je m³ Fertigbeton wurde für den gewöhnlichen Massenbeton der Staumauer ge-

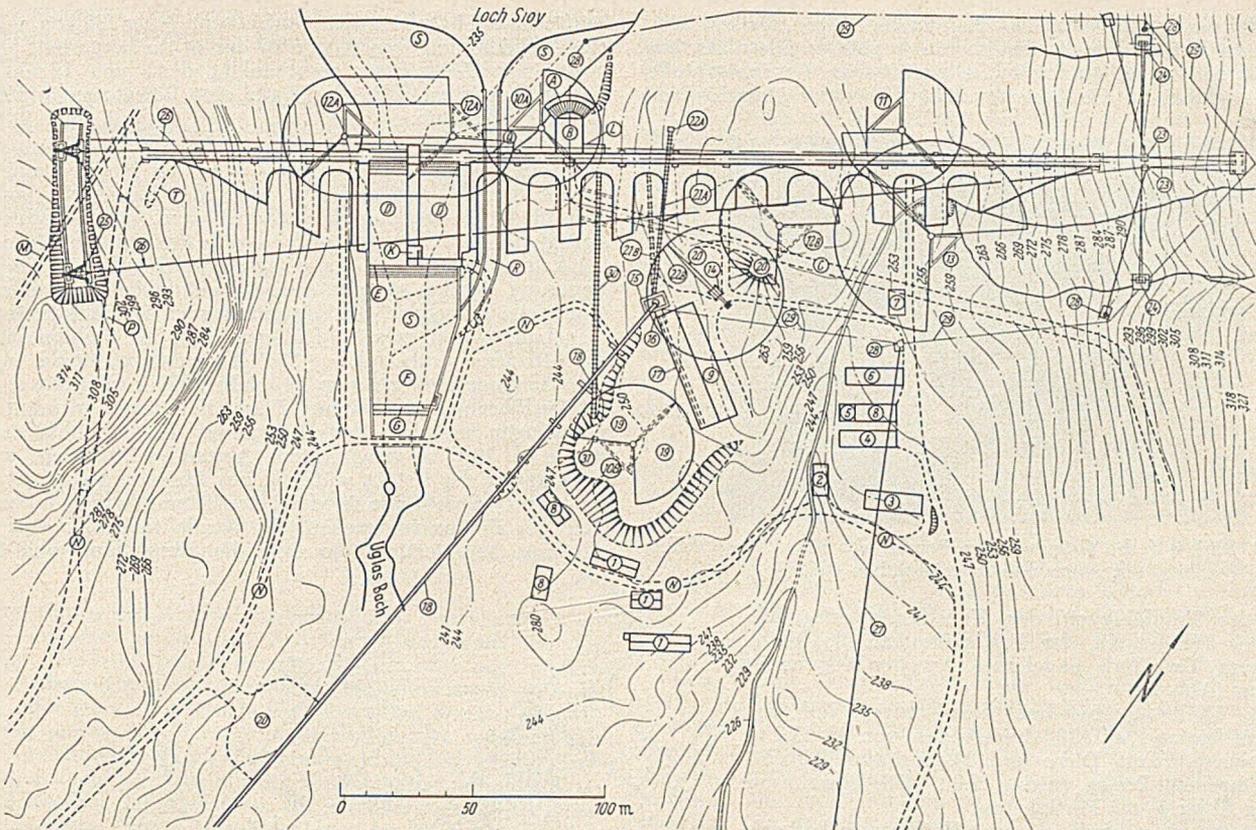


Abb. 2. Lageplan der Baustelleneinrichtung der Loch-Sloy-Staumauer.
A Entnahmereden. — B Entnahmeturm. — C Stollen. — D Balken der Hochwasserüberfalles. — E Hochwasserüberfall, Schwelle. — F Tosbecken. — G Abschlußmauer. — K Schieberkammer. — L Anlagestelle des Verwaltungsbootes. — N Zuführungsstraße. — P Tunnel der Zuführungsstraße. — Q Zeitweilige Öffnung in der Staumauer zum Wasserabfluß. — R Ableitungsrinne. — S Fangedamm. — 1 Bürogebäude. — 2 Garage. — 3 Magazinbaracke. — 4 Tischlerbaracke. — 5 Kompressorenhaus. — 6 Maschinenhaus. — 7 Elektriker. — 8 Speiseräume. — 9 Zementschuppen. — 10 A 10 t-Derrick, 30 m Ausladung. — 10 B Spätere Stellung des 10 t-Derricks, fest. — 11 7 t-Derrick, 30 m Ausladung. — 12 A 7 t-Derrick, 30 m Ausladung.

12 B Spätere Stellung des 7 t-Derricks, fest. — 13 10 t-Derrick, 37 m Ausladung, fest. — 14 7 t-Kran, 30 m Ausladung. — 15 Mischanlage. — 16 Zementelelevator. — 17 Förderband für Zement. — 18 Förderband für die Zuschlagstoffe. — 19 Platz zur Herstellung der Fertigbetonteile. — 20 Sandvorräte. — 21 A Schrägaufzug für Beton. — 21 B Spätere Stellung des Schrägaufzuges. — 22 A Windwerk für den Schrägaufzug. — 22 B Spätere Stellung des Windwerkes. — 23 Feste Türme der Kabelkrane. — 24 Bedienungshäuschen der Kabelkrane. — 25 Bewegliche Türme der Kabelkrane. — 26 Äußerste Stellung der Kabelkrane. — 27 11 kV Überlandleitung von dem zeitweiligen Krafthaus in Iveruglas. — 28 Transformatoren und Schalt-räume. — 29 Stromzuführung. — 30 Schrägaufzug für den Transport der Fertigbetonteile. — 31 Windwerk für den Schrägaufzug.

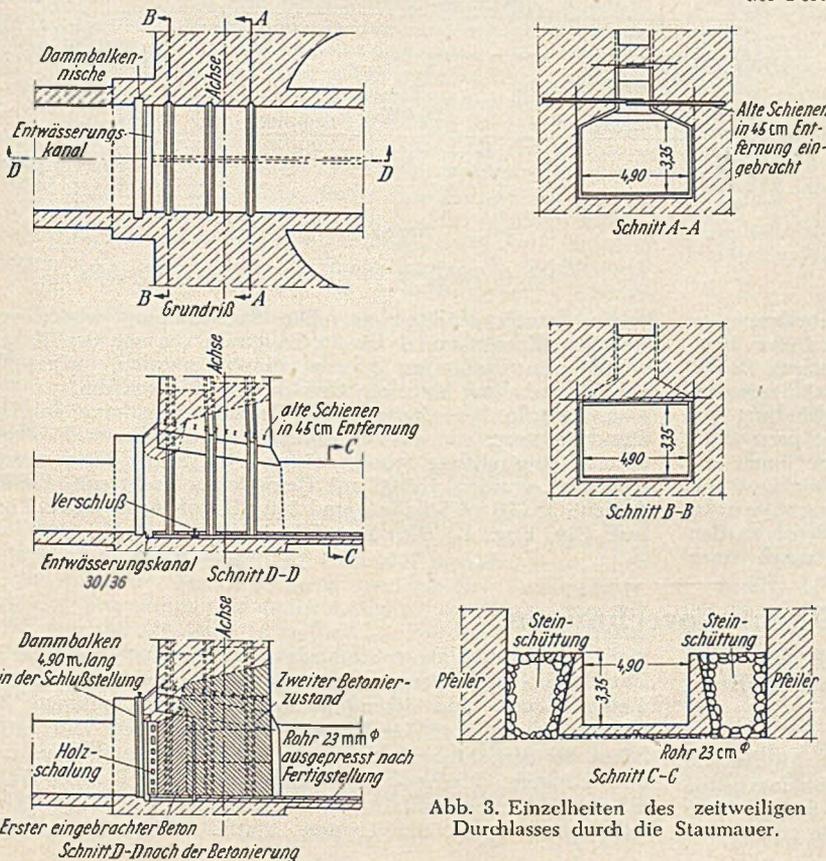


Abb. 3. Einzelheiten des zeitweiligen Durchlasses durch die Staumauer.

wählt. Dieser wurde etwa zu $\frac{3}{4}$ der Gesamtmenge ausgeführt. Beton mit 300 kg Zement wurde für kleinere Massenbetonquerschnitte, und zwar für Stützmauern usw. verwendet. Beton mit 380 kg Zement fand für den Vorsatzbeton der Staumauer in einer Stärke von 75 cm und für die Herdmauer, mit 450 kg Zement für größere Stahlbetonteile und mit 530 kg Zement für stark bewehrte Fertigbetonteile Verwendung.

Das Betonieren wurde bei niedrigen Temperaturen, und zwar bei steigender Temperatur bei 1°C und bei fallender bei 3°C eingestellt. Der Beton wurde mittels Rüttelmaschinen eingebracht.

Vor dem Betonieren wurde jeweils die Oberfläche des Felsens bzw. des schon erhärteten Betons gründlich gereinigt und dann zuerst eine ziemlich dickflüssige Schicht Zementmilch vor dem Aufbringen des Betons eingebracht. Einige Stunden nach Einstellen der Betonierung wurde die Arbeitsfuge durch einen kräftigen Druckwasserstrahl gesäubert. Dadurch sollte aller Zementschlamm entfernt werden. Nach der Reinigung wurde keine Behandlung der Arbeitsfugen mit Picken und ähnlichem vorgenommen. Nur die vertikalen Fugen wurden vor dem Weiterbetonieren mit Druckluftklopfmaschinen behandelt. Obschon der Gebrauch von Steineinlagen bis zu 4 t Gewicht von der Baubehörde zugelassen war, wurden diese wegen Behinderung des Bauvorganges nicht eingelegt.

Fertigbeton. Während des Jahres 1949 wurde es immer klarer, daß man bei dem dauernden Regenwetter bis zu 4500 mm jährlicher Regenmenge, bei der Knappheit an Facharbeitern

und der Kompliziertheit der Schalung die Bögen, Balken usw. nicht an Ort und Stelle betonieren konnte, sondern sie aus Fertigbeton herstellen mußte. Die einzelnen Fertigbetonteile durften dabei an Gewicht ungefähr 10 t nicht überschreiten,

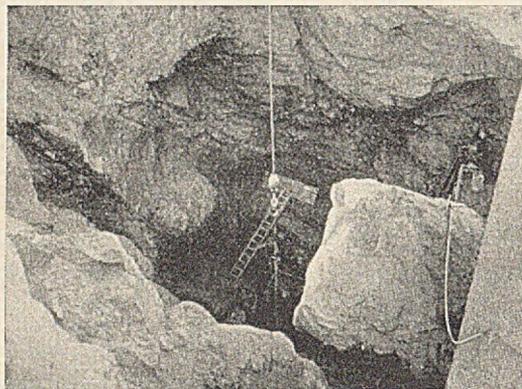


Abb. 4. Blick auf die Gründung im Bereich des alten Wasserfalles, 26 m tief unter dem ursprünglichen Gelände.

was der Tragfähigkeit der Kabelkrane entsprach. Bei der Herstellung der Fertigbetonbauteile konnten zum Teil auch angelernte Arbeiter verwendet werden (Abb. 2).

Die Wölbung zwischen dem oberen Teil des Pfeilers bestand aus 13 Einzelbögen von je 11,1 m Spannweite, 76 cm Dicke und 33 cm Höhe (Abb. 5). Die einzelnen Bögen wogen 10,2 t. Die Bewehrung betrug 61 kg je m³ Fertigbeton.

Die Stahlbetonbalken des Hochwasserüberlaufs (Abb. 6) hatten 11,95 m freie Länge zwischen den Pfeilern. Sie bestanden aus winkelförmigen Balken

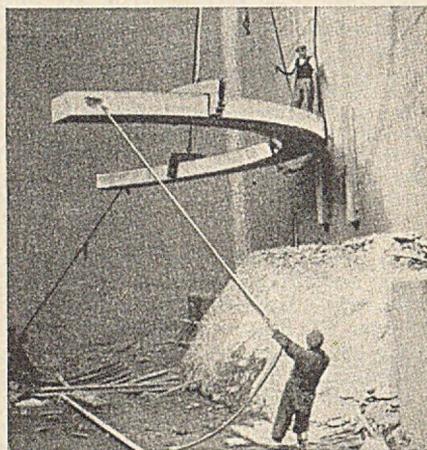


Abb. 5. Einbringen eines Fertigbetonbogens.

von 14,3 m Länge und wurden mit Hilfe des Kabelkranes so verlegt, daß an den Seiten eine Auflagerlänge von 1,00 m bzw. 1,44 m blieb. Daran schloß mit einem Spielraum von 23 cm, der nachher vergossen wurde, der Pfeilerbeton an. Steckeisen von etwa 29 mm Ø sorgten für eine innige Verbindung der Balken mit den Pfeilern. Die Balken lagen nicht ganz dicht nebeneinander, sondern es befand sich zwischen ihnen ein Spielraum von 5 mm. Das sollte verhindern, daß die Last von den oberen auf die unteren Balken direkt übertragen wurde. Die Übertragung der Last konnte nur durch den Beton an den Auflagern stattfinden. Die Fugen wurden oben durch einen

keilförmigen Betonstreifen geschlossen. Jeder Balken war mit einer Überhöhung von 25 mm in der Mitte hergestellt worden und einer Überhöhung rechtwinklig dazu von 18 mm. Ein Balken wog etwa 10,3 t und hatte eine Bewehrung von 142 kg je m³ Fertigbeton.

Ähnlich wurden als Fertigbetonteile u. a. die Brüstung auf der Staumauer und die Brücken über den Hochwasserüberfall gebaut, letztere mit einem Gewicht der Einzelteile von 9,5 t und 180 kg Bewehrung je m³ Fertigbeton. Die verschiedenen Fertigbetonteile wurden nach der Betonierung 6 Tage bzw. bei kaltem Wetter 7 Tage gelagert. Nach weiteren 28 Tagen Lagerung wurden sie mit dem Kabelkran gefaßt und an Ort und Stelle eingebaut. Im ganzen wurden 2400 m³ Fertigbeton eingebracht, und zwar 174 Bögen und 148 Stahlbetonbalken des Hochwasserüberfalles. Die Fertigbetonbauteile wurden vom Sommer 1949 bis zum Frühjahr 1950 ausgeführt.

Ausführungseinzelheiten. Beim Betonieren wurden Dehnungsfugen zwischen den Pfeilern in den Scheiteln der Gewölbe in 19,77 m waagrechttem Abstand vorgesehen, um die Verkürzung des Betons während des Abbindens sich auswirken zu lassen. Eine Fuge in der Querrichtung wurde im unteren Teil der Pfeiler vorgesehen. Es wurde innerhalb von Stahl- schalung betoniert. Diese ließ die Herstellung von 1,12 m

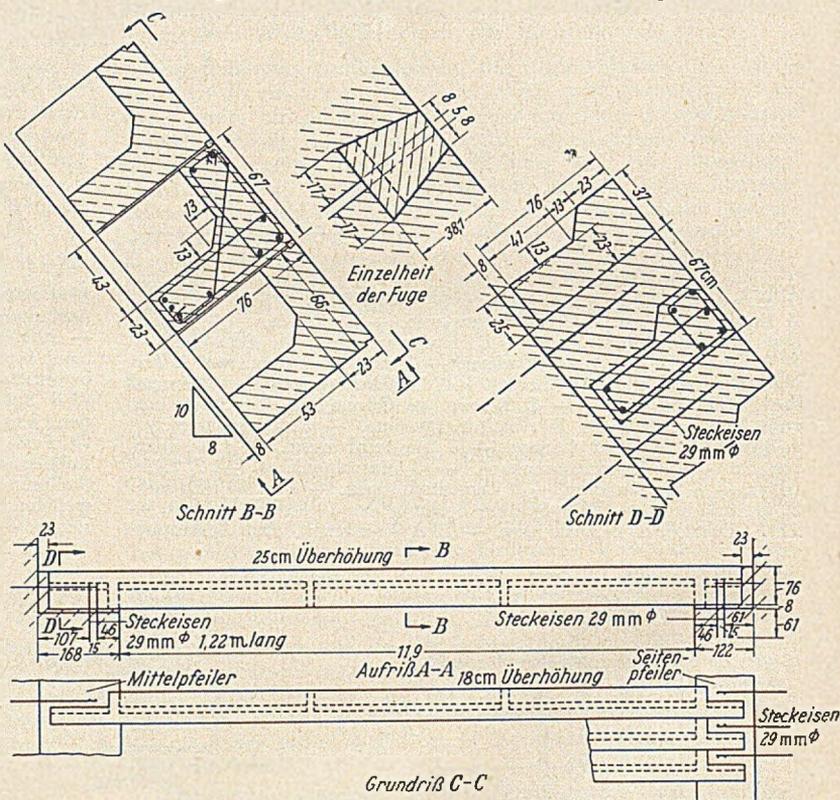


Abb. 6. Stahlbetonbalken des Hochwasserüberfalls.

hohen Betonierschichten zu. Die Stahlschalung wurde von 9 kleinen Kranen von 1 bis 3 t Tragkraft, die von den Kabelkranen von Pfeiler zu Pfeiler versetzt wurden, aufgestellt. Die Stahlschalung hatte ein Gewicht von 250 kg/lfdm.

Es wurde bei der größten Tagesleistung eine mittlere Stundenleistung von 44 m³ Beton und bei der besten Wochenleistung eine mittlere Stundenleistung von 34 m³ Beton erzielt. Insgesamt wurden 153 000 m³ Beton eingebracht mit 48 000 t Zement, 58 000 m² Schalung und 300 t Bewehrung. [Nach Proc. Inst. Civ. Eng. 1 (1952) Part. III, Aug. 1952, S. 169—204.]

Dr.-Ing. Fritz Orth, Berlin.

Buchbesprechungen.

Sorembe, Johannes: Technische Tabellen für Büro und Baustelle. 252 S., Gr. DIN A 5, Bremen-Blumenthal: Buchdruckerei F. Pförtner, 1952. Brosch. DM 12,75, geb. DM 13,75.

Diese neue Tabellensammlung umfaßt in 9 Abschnitten die Gebiete Erd- und Maurerarbeiten (29 S.), Betonarbeiten (22 S.), Estrich-, Fliesen- und Stakerarbeiten (5 S.), Zimmerarbeiten (69 S., davon 35 S. Querschnittswerte für zusammen-

gesetzte I-Brettbalken), Schmiede- und Eisenarbeiten (38 S.), Dachdecker- und Klempnerarbeiten (5 S.) sowie (75 S.) Allgemeines (Raum- und Eigengewichte, Belastungsannahmen, Berechnungsgrundlagen für Bauteile aus künstlichen und natürlichen Steinen; Mauerwerk aus natürlichen Steinen, neue und alte Längen-, Flächen- und Körpermaße mit Umrechnungstabellen für diese und für 84 verschiedene Maßstäbe). Nicht behandelt werden die Gebiete Statik, Mechanik und Be-

messungsverfahren. In einem Nachtrag (9 S.) wird der Bedarf an Steinen und Mörtel auf Grund der neuen Ziegelnormen gebracht.
A. Troche, Hannover.

Dittrich, Rudolf: Betongefüge und Rissebildung in Betonfahrbahndecken. Ein Untersuchungsbericht. (= Heft 1 d. Wissenschaftl. Ber. d. Bundesanstalt f. Straßenbau.) 27 S., Gr. DIN A 4, mit 38 Abb. Berlin: Willh. Ernst & Sohn, 1952. Geh. 4,80 DM.

Der Wissenschaftliche Bericht enthält die Untersuchungsergebnisse von Betonproben, die aus 7 Fahrbahnplatten einer unbewehrten 13 Jahre alten Betonfahrbahndecke der Autobahn zwischen Oelde und Rheda entnommen wurden. D. wollte feststellen, ob die in den untersuchten 7 Platten aufgetretenen

Querrisse auf eine stellenweise Gefügelockerung des Betons nach seiner Erhärtung zurückzuführen sind. Zur Beurteilung des Gefüges der entnommenen Bohrkernstücke diente das Raumgewicht im getrockneten Zustande und die Wasseraufnahme.

Auf Grund der Auswertung der vielen Einzelwerte kommt D. zu dem Ergebnis, daß eine Gefügelockerung in dem Beton nicht vorliegt. Es zeigt sich jedoch deutlich, wie zu vermuten war, daß Querrisse besonders dort auftraten, wo das Betongefüge und damit die Betonfestigkeit sich sprunghaft ändern. Solche schwachen Stellen im Unterbeton führen bei zweilagigen Decken stärker zu Rißbildungen als wenn sie im Oberbeton vorhanden sind. D. kommt auf Grund der Ergebnisse zu dem Schluß, daß alles zu tun ist, um die Entstehung solcher schwachen Stellen beim Bau von Betonfahrbahndecken zu vermeiden.
Th. Kristen, Braunschweig.

Verschiedenes.

Zweite Zuschriften

zu der Arbeit

U. Finsterwalder: Dywidag-Spannbeton

Bauingenieur 27 (1952) S. 141—158.

Erste Zuschriften: Bauingenieur 27 (1952) S. 418—424.

I.

Wenn die in den Zuschriften behandelten Ausführungen im Aufsatz des Herrn Dr.-Ing. Finsterwalder noch zu der Hoffnung berechtigt haben mögen, daß die eine oder andere seiner vorhergegangenen einseitigen Behauptungen richtiggestellt oder wenigstens eingeschränkt werden könnte, so muß angesichts seiner Erwiderung leider festgestellt werden, daß diese Erwartungen enttäuscht worden sind. Bei dieser Entwicklung bedauere ich sehr, trotz aller Achtung vor dem Wissen und Können des Verfassers, die Erwiderung F.s als einen perfektionierten Versuch zur Ablenkung der Fachwelt von den wahren Hintergründen seiner Zweckpropaganda gegen die anderen Verfahren bezeichnen zu müssen.

Dort, wo die Verfasser der Zuschriften für die Stähle höherer Festigkeit eintreten, verwirrt F. den Leser dadurch, daß er statt von diesem klaren Begriff von „möglichst hochgespannten Vorspanneisen“ und wiederholt von „extrem hochgespannten Stählen“ spricht. Diese gibt es nicht, denn die DIN 4227 begrenzt die Spannung auf $0,75 \sigma_S$ oder $0,55 \sigma_B$. Als selbstverständlich wird hierbei vorausgesetzt, daß das Material den Anforderungen an einen Spannbetonstahl genügt. Unter relativer Betrachtung gibt es demnach keine Unterschiede in den zulässigen Spannungen der Spannbetonstähle. Nicht anders verhält es sich mit der falschen Behauptung, daß in den Zuschriften von unvermeidbaren Rissen im Spannbeton gesprochen wurde. Nur von möglichen Rissen im noch nicht vorgespannten Beton habe ich gesprochen. Diese Begriffsverwechslungen passen nicht zu dem im Aufsatz und in der Erwiderung betonten Anspruch auf die einzig richtige Herausarbeitung der Grundlagen des Spannbetons und der Analyse und Diskussion der Spannungszustände.

Die unsachliche Darstellung findet ihre Fortsetzung bei der Erwähnung der Schweizer Versuche¹⁾. Sie dienen wissenschaftlichen Zwecken. Bei der Balkenserie IX, auf die F. hinwies, entsprach die Bewehrung der Zugzone aus St 180/193 nur $\mu = 0,087\%$ von F_b ! Sie wurde mit $\sigma_v = 160 \text{ kg/mm}^2 = 0,83 \sigma_B$ übertrieben hoch angespannt. Bei einem mit St 165 nach DIN 4227 für die gleiche Gebrauchslast entworfenen Balken gleichen rechteckigen Querschnitts liegt aber, je nachdem in der Druckzone unter den Vorspannkraften und dem Eigengewicht im Beton Biegezugspannungen vorübergehend in Kauf genommen werden oder nicht, μ zwischen 0,4 und 0,5 % von F_b , d. h. die Bewehrung der Serie IX beträgt nur $1/5$ derjenigen, die sich in der deutschen Praxis für diese Balken ergeben hätte. Das behauptete Zerplatzen des gesamten Spannbetonträgers ist ein Produkt der Phantasie. Das Warnsignal der Rißlast und ihr Verhältnis zur Bruchlast erfährt, wenn nach DIN 4227 bemessen wird, durch die Änderung der Stahlgüte keine nennenswerte Verschiebung. Deutsche Versuche mit Spannbetonträgern, von denen einer mit St 90, ein anderer mit St 165 bewehrt wurde, ergaben außer annähernd gleicher Rißlast für den St 165 eine um rd. 15 % höhere Bruchlast. Das Warnsignal traf also beim St 165 relativ früher ein. Herr F. hat dieses ihm bekannte Versuchsergebnis in seinen Behauptungen nicht nur ignoriert, sondern sogar in das Gegenteil verkehrt. Das ist zu bedauern. Denn der Leser erwartet vom Autor, daß er sich einer sachlich und wissenschaftlich begründeten Betrachtungsweise befleißigt. Dazu gehört

außer der wahrheitsgemäßen Aufzählung aller für ein Versuchsergebnis grundlegenden wichtigen und entscheidenden Merkmale auch eine Berücksichtigung der dem Autor bekannten Versuchsergebnisse.

Das letzte und neueste Glied in dieser Kette ist der Hinweis auf den beim Vorspannen erreichbaren Genauigkeitsgrad. Der Sicherheitsgrad wird durch mögliche kleine Unterschiede dieser Art nicht berührt. Die in den gekrümmten Stäben aus $\sigma 26$ St 90 erzeugten Biegespannungen sind im Vergleich hiermit sehr viel bedenklicher.

Das Wesen des Spannbetons in technischer und kostenmäßiger Hinsicht verlangt im Grundsätzlichen die Verwendung hochfester Betone und Stähle. Auch das wurde u. a. durch die erwähnten deutschen Versuche bewiesen. Bei der Bündelbewehrung nach Freyssinet kann jede Stahlgüte verwendet werden. Die Ebene für den unnötigen Streit ist daher falsch gewählt. Die Angriffe des Herrn F. auf andere Verfahren sind nur eine Verteidigung des St 90. Damit sollen anscheinend besondere Zugzustände in den Anwendungsbedingungen für den St 90 erreicht werden. Denn der St 90 erfordert je t Vorspannkraft höhere Lieferkosten. Deshalb kämpft Herr F. auch so zäh um die beschränkte Vorspannung. Das Aufrollen von Gewinden, das beim St 90 gerade noch möglich ist, macht ihn zwar hoffähig für Spannbeton, aber das ist noch nicht die Qualifikation zum König, schon eher die zum Zaunkönig der Spannbetonstähle. Denn der viel zu geringe Sicherheitsbeiwert gegen die Fließgrenze in gekrümmten Stäben $\sigma 26$ und die geringere Haftung trüben den angeblichen Glanz. Die höherwertigen Stähle aber sind keine Spannungshochstapler, wie es F. wahrhaben möchte.

Der Wettbewerb verlangt von einem Unternehmerringenieur die Förderung der eigenen Entwicklungsleistung und nicht die z. T. wahllose Aufstellung von Behauptungen zur Schädigung anderer Verfahren. Nur die Zulässigkeit dieser Art kritischer Betrachtung bestreite ich. Die Legitimation zu solcher unsachlichen Kritik könnten auch die allerbesten Ingenieurleistungen in 2×21 Jahren Praxis nicht liefern.

Die für die Dreirosenbrücke in Basel 1931 vorgeschlagene „Schalenbrücke“ mit 42 freiliegenden Drahtseilen als Zugband²⁾ ist keine Spannbetonbrücke.

Dr.-Ing. E.h. Max Lütze, Frankfurt a. M.

II.

Die ersten Zuschriften mit der Erwiderung haben gezeigt, daß F. grundlegend abweichende Anschauungen vertritt. Die zunächst als vorherrschend erscheinende Meinungsverschiedenheit, ob St 90 oder höherwertiger Stahl, ist tatsächlich nur eine Nebenerscheinung dieser abweichenden Anschauung. Herr Dr.-Ing. Finsterwalder setzt sich tatsächlich für einen ganz anderen Spannbeton ein als die übrigen Verfasser, so daß m. E. aneinander vorbeigeredet wurde.

Jede Entwicklungsstufe der Betonbauweisen ist durch eine Grundidee gekennzeichnet.

1. Die Idee des Stahlbetons: Die Zugspannungen, die der Beton nicht aufnehmen kann, werden durch Stahlbewehrung aufgenommen. Wegen Rostsicherheit müssen die unvermeidlichen Risse möglichst klein und gut verteilt bleiben, d. h. es können nur bescheidene Stahlspannungen zugelassen werden. Zu diesem konstruktiven Nachteil des Stahlbetons tritt ein zweiter, rein statischer Nachteil der Rissebildung hinzu: Durch den Wegfall eines Teiles des tragenden Querschnitts müssen wesentliche Trägereile nur als tote Last mitgetragen werden.

¹ M. Ritter u. P. Lardy: Vorgespannter Beton, Zürich 1946.

² Bauingenieur 12 (1931) S. 390.

2. Die Idee des vorgespannten Betons (Koenen): Durch Vorspannen der Stahleinlagen können die Risse kleiner gehalten werden. Die Grundidee des Stahlbetons, daß die Zugspannungen durch die Stahleinlagen getragen werden müssen, ist beibehalten.

3. Die Idee des Spannbetons (Freysinet): Durch Vorspannen des Betonquerschnitts (mit oder ohne Vorspannglieder — siehe Richtlinien) wird der ganze Querschnitt des Betonbauteiles tragfähig gemacht, so daß alle Spannungen aus Gebrauchslasten vom Betonquerschnitt aufgenommen werden können, ohne daß durch Risse verlorene Querschnittsteile entstehen.

Wenn Herr F. in seiner Erwiderung schreibt: „... daß alle drei Einsender die seit Freysinets grundlegenden Arbeiten herrschende Ansicht vertreten...“, „Deshalb müssen die Grundsätze des klassischen Stahlbetons ... eingehalten werden“ und es „ist ein Riß in der Zugzone eines Spannbetonbalkens ohne Bedeutung, da die gesamte Zugkraft des Balkens ohne Berücksichtigung einer im Beton verlaufenden Zugkraft voll durch den Stahl aufgenommen wird...“, dann ist es offensichtlich, daß er nicht den Spannbeton der o. a. Grundidee 3 meint wie die übrigen Verfasser, wenn sie Spannbeton sagen. Herr Dr. F. hält an der Grundidee des Stahlbetons fest und vertritt demnach die oben unter 2. definierte Idee des vorgespannten Stahlbetons. Wegen der Festhaltung an der Grundidee des Stahlbetons ist es verständlich, daß ihm der Rundstahl St 90 geeigneter erscheint als die Litzen St 180 oder Drähte St 165. Tatsächlich ist unter „Dywidag-Spannbeton“ vorgespannter Stahlbeton gemeint, denn es ist ... „ein Riß in der Zugzone eines Spannbetonbalkens ohne Bedeutung...“, nicht aber für die Vertreter des Spannbetongedankens.

Die meisten Mißverständnisse erklären sich aus dieser Verschiedenheit der Auffassung des Begriffes Spannbeton. Das trifft insbesondere auch für seine Auffassung zu, daß für die Festlegung der zulässigen unteren Spannungsgrenze für Holzträger ganz andere Gesichtspunkte gelten als für Spannbetonträger, weil „die gesamte Zugkraft des Balkens ... voll durch den Stahl aufgenommen wird“. Von der Grundidee 3 des Spannbetons ausgehend, ist es irrig, bei der Festlegung der zulässigen Spannung, die ja für den Bereich Gebrauchslasten gefordert wird, von gerissener Zugzone auszugehen, wenn gleichzeitig volle Mitwirkung des ganzen Querschnitts vorausgesetzt wird.

Wenn sich auch die meisten Meinungsverschiedenheiten aus der Verschiedenheit der Auffassung des Begriffes Spannbeton erklären, läßt sich der Widerspruch der zwischen einer Anzahl von Behauptungen des Herrn F. und dem tatsächlichen Sachverhalt bestehen, in keiner Weise erklären. Das in meiner Zuschrift gebrachte vergleichende Beispiel sei „mit der hohen Betonvorspannung von 75,7 kg/cm²...“ für St 90 ungünstig gewählt worden. Dabei ist der von F. wahrscheinlich persönlich bearbeitete Kornwestheimer Dywidag-Versuchsträger mit einer Zugrandvorspannung von 224 kg/cm² entworfen worden. Die in meinem Beispiel gewählte Verteilung der St 90-Stäbe sei ungünstig: „Verteilt man bei diesem Beispiel jedoch die Bewehrung 2/3 auf die untere und zu 1/3 auf die obere Randzone des Querschnitts, wie das bei St 90 üblich ist, dann steigt das Widerstandsmoment um rd. 15 %.“ „Die Tragfähigkeit vergrößert sich hierdurch auf 83 tm und ist sogar größer als der von Herrn Dr.-Ing. Kani für St 180 ermittelte Wert...“ Verteilt man aber tatsächlich die St 90-Glieder in der angegebenen Weise, dann wird unter gleichen Voraussetzungen wie in der 1. Zuschrift nicht 83 tm erhalten, sondern 74,5 tm. Für den Bereich der Gebrauchsspannungen mit $\min \sigma_{zul} = 0$ ergibt sich für den St 90-Träger eine Tragfähigkeit von 43,5 tm und den St 180-Träger 52,0 tm. Die von F. vorgeschlagene Verteilung der Vorspannbewehrung bedeutet also für St 90 eine Verschlechterung gegenüber der von mir in der 1. Zuschrift gewählten Anordnung, da jetzt die Tragfähigkeit des St 180 rd. 20 % höher ist als die des St 90-Trägers. Die Erhöhung des Widerstandsmoments, die übrigens nicht 15 %, sondern nur 10 % beträgt, kann die höheren Verluste durch Schwinden und Kriechen nicht aufheben. Dennoch behauptet Dr. F.: „Eine Vergrößerung des Widerstandsmoments ist wichtiger als die Empfindlichkeit gegen das Kriechen.“ Dabei ist leicht anzusehen, daß eine Vergrößerung des Widerstandsmoments viel billiger durch Vergrößerung des Betonquerschnitts zu erreichen ist als durch einen Mehrquerschnitt an Stahl usw.

Dr.-Ing. G. Kani, Stuttgart

III.

Es ist bedauerlich, daß die Erwiderung von Dr. Finsterwaller wieder Behauptungen enthält, die den Tatsachen nicht entsprechen und die nur dazu dienen sollen, Spannbeton mit Stählen höherer Festigkeit schlecht zu machen.

So ist z. B. die Genauigkeit der Vorspannung gerade bei zusammengefaßten Kabeln aus Drähten oder Litzen (Verfahren Baur-Leonhardt) wesentlich besser zu erreichen und zu prüfen als bei Einzelspanngliedern. Bei diesem Verfahren ist es im Laufe der Entwicklung gelungen, die Reibung an Umlenkstellen beachtenswert zu vermindern. Die Verlängerungen des Kabels werden durch mehrere Kontrollöffnungen entlang des Bauwerks auch an Zwischenpunkten gemessen, so daß die tatsächliche Reibung berücksichtigt werden kann. Für die Prüfung ist der erzielte Spannweg jederzeit nach dem Spannvorgang an der offenliegenden Spannluke meßbar. Da die gesamte Vorspannkraft mit einer Druckleitung, die alle Pressen verbindet, aufgebracht wird, kann auch jederzeit die Spannkraft im Ganzen geprüft werden, was wesentlich einfacher ist, als wenn hunderte Einzelstäbe jeweils durch nochmaliges Ansetzen der Presse zu prüfen sind, ohne daß dabei der Spannweg prüfbar ist.

Kabel aus dünnen Drähten werden durch die meist nötigen Krümmungen der Spannglieder weniger beeinträchtigt als dicke Stäbe, die vor allem am Gewinde der Verankerungen und Stoßmuffen große Empfindlichkeit gegen zusätzliche Biegung zeigen.

Der in meiner ersten Zuschrift mit 1500 bis 1800 kg/cm² angegebene Schwellwert für Litzen aus kaltgezogenen Drähten ist inzwischen durch Versuche mit 2500 kg/cm² ermittelt worden, also rund viermal so hoch als der entsprechende Schwellwert der St 90-Stäbe.

Alle bisherigen Bruchversuche an Spannbetonbalken beweisen, daß es unrichtig ist, zu sagen, „aus Sicherheitsgründen müsse die Haftspannung für 1,75 p + 0,75 g dimensioniert sein“. Bei jedem Stahlbetonbalken ist bei den 1,75fachen Lasten die Haftung an den Rissen längst überwunden.

Selbst die größten Leistungen und Erfahrungen legitimieren einen Ingenieur nicht, zu behaupten, daß nur die „mittleren Vorspannungen“ usw. zuverlässige Bauwerke geben, wenn Versuche, Praxis und Theorie beweisen, daß die vollkommene Vorspannung mit höherwertigen Stählen besser ist.

Dr.-Ing. Fritz Leonhardt, Stuttgart.

Erwiderung.

Ich stimme mit Herrn Kani darin überein, daß ich eine besondere Art des Spannbetons, abweichend von der Koenens und Freysinets vertrete. Sie ist durch die Forderung gekennzeichnet, den Spannbeton grundsätzlich für 2 Zustände zu konstruieren, für den Zustand der Gebrauchslast, für den Freiheit von Rissen gefordert wird, wobei geringere Dehnungen des Betons, die er rissefrei aushält, nicht ausgeschlossen werden (beschränkte Vorspannung) und für den Zustand der 1,75-fachen Gebrauchslast, wobei in diesem Endzustand Risse nur in dem bei nicht vorgespanntem Stahlbeton für die 1,0fache Gebrauchslast üblichen Maß auftreten sollen. Aus der zweiten Forderung ergibt sich logisch die Notwendigkeit der Anwendung der bewährten Grundsätze des klassischen Stahlbetons:

Verteilung der Bewehrung über den Zugquerschnitt (keine konzentrierten Spannglieder), Herstellung des Verbunds (Vorspannung mit nachträglichem Verbund) und Begrenzung der Stahldehnungen (Bevorzugung eines Stahles mittlerer Streckgrenze, von dem man für das gleiche Geld eine viel größere Stahlmenge einbauen kann als mit hochgespannten Drähten).

Der meinen Kritikern gemeinsame Drang nach hohen Stahlvorspannungen entspricht nach meiner Ansicht einer Überbewertung der durch Schwinden und Kriechen des Betons hervorgerufenen Spannungsänderung, wobei übersehen wird, daß die Genauigkeit der Einbringung der Vorspannung bedeutungsvoller ist. Ich erläutere das an einem aus der Praxis gegriffenen Beispiel der Spannungen in einem Brückenquerschnitt.

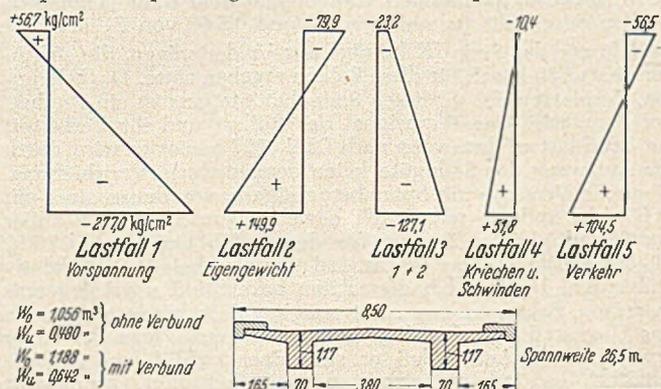


Abb. 1. Spannungsbilder eines vorgespannten Plattenbalkens.

Aus den hohen Werten der im wesentlichen entgegengesetzt gerichteten Spannungen der Lastfälle 1 (Vorspannung) und 2 (Eigengewicht) ist unmittelbar ersichtlich, daß es für die Genauigkeit der Spannungen des Lastfalles 3 (Vorspannung + Eigengewicht) ausschlaggebend ist, die Vorspannung nach Lastfall 1 genau einzubringen. Dagegen erscheint der Spannungszustand 4 (Schwinden und Kriechen), der durch besonders hohe Stahlspannungen verkleinert werden kann, wegen seiner geringen absoluten Größe weniger wichtig. Für den Lastfall 5 (Verkehr) ist es aber von Bedeutung, wenn das Widerstandsmoment durch das Einlegen eines verhältnismäßig großen Stabquerschnitts wesentlich (im Beispiel bei dem maßgebenden Wu von 0,480 m³ auf 0,642 m³) vergrößert wird.

Bei Querschnitten, die weniger durch Eigengewicht und mehr durch Verkehrslast beansprucht werden, können mit St 165 geringere Randspannungen errechnet werden als mit St 90. Im Endergebnis wird trotzdem das tatsächliche Spannungsbild günstiger sein, wenn die Vorspannung mit größerer Genauigkeit und Zuverlässigkeit eingebracht wird (genaue Einstellung der Dehnungen durch die Gewinde, günstige Reibungsverhältnisse durch Anspannen von einzelnen Stangen, nachprüfbares Vorspannprotokoll).

Die Einwendungen der Herren Lütze und Leonhardt über die Bedenklichkeit der beim Ziehen stärkerer Spanneisen um Krümmungen auftretenden zusätzlichen Beanspruchungen wirft ganz allgemein das Problem der Nebenspannungen auf. Wenn Herr Lütze beim Stahl 90 diese Nebenspannungen für bedenklich hält und dabei doch offenbar an eine unzulässige Überbeanspruchung und eine Bruchgefahr denkt, so ist zunächst festzustellen, daß bei St 90 bisher Stabbrüche nicht aufgetreten sind, was von vergüteten Drähten nicht ohne Einschränkung behauptet werden kann.¹ Das Problem der Nebenspannungen bedarf aber in diesem Zusammenhang grundsätzlich einer näheren Betrachtung und Abklärung.

Sowohl beim normalen Stahlbeton als auch beim Spannbeton sind die zulässigen Beanspruchungen mit einem nach einheitlichen Gesichtspunkten gewählten Abstand von der Streckgrenze bzw. der Bruchgrenze festgesetzt. Bei den im Stahlbeton üblichen Stählen niedriger Streckgrenze und bei St 90 ist hierbei für die zulässige Beanspruchung der Abstand von der Streckgrenze maßgebend, während bei den vergüteten Stählen der Abstand von der Bruchgrenze maßgebend ist, da die Streckgrenze bei diesen Stählen durch die Vergütung sehr nahe an die Bruchgrenze gebracht ist. Während ein Stahl niedriger oder mittlerer Streckgrenze die Eigenschaft hat, daß durch Kaltverformung die Streckgrenze um etwa 50 % gehoben wird, ist diese hierin liegende Reserve und Sicherheit bei den vergüteten Stählen von vornherein bis auf etwa 10 % ausgeschöpft.

Im allgemeinen ist man der Meinung, daß diese Reserve nur beim Biegen von Haken und Aufbiegungen in Anspruch genommen wird, die bei Spannbetonstäben nicht vorkommen. Tatsächlich ist jedoch diese Reserve auch notwendig, um die an Oberflächenkerben auftretenden Dehnungen und Spannungen auszugleichen. In der Praxis ist zu wenig bekannt, daß die Dehnung im Grund einer ganz oberflächlichen Spitzkerbe mit 90° Flankenwinkel örtlich auf das 5fache der normalen Dehnung ansteigt und im Grund eines feinen Oberflächenrisses sogar auf das 9fache.² Wenn der Stab die zulässige Beanspruchung erhält, wird deshalb die Dehnung im Grund einer Kerbe weit über die Streckgrenze hinausgehen. Die Spannungsspitze wird hierbei abgebaut. Da aber an dieser Stelle eine Querschnittsverminderung und auch eine Exzentrizität der Kraft vorhanden ist, wird die Beanspruchung im Grund der Kerbe immer wesentlich höher sein als im normalen Stab. Sie kann

bei Beanspruchung des Stabes auf die Streckgrenze leicht die Bruchgrenze überschreiten, wenn die Verfestigungsreserve zwischen Streckgrenze und Bruchgrenze nur sehr klein ist, was bei den vergüteten Stählen der Fall ist.³

Außerdem macht man die unangenehme Erfahrung, daß plastisch verformte Stellen mehr zum Rostangriff neigen, daß sich also eine vorhandene Kerbe durch das Rosten weiter vertieft (Spannungskorrosion).⁴ Das spricht gegen die Anwendung dünner Stabquerschnitte.

Beim Spannbeton muß man beachten, daß die Spannkraft durch künstliche Maßnahmen eingebracht werden und die Streckgrenze bei Abweichungen von dem theoretisch angenommenen Spannungsbild, mit denen mehr oder weniger zu rechnen ist, viel leichter einmal erreicht wird als bei nicht vorgespanntem Beton, wo die Stabkräfte eine direkte Funktion der in ihren Grenzwerten bekannten natürlichen Lasten sind. Die Sicherheit, die durch den beabsichtigten Abstand von der Streckgrenze gegeben ist, ist unter diesen Umständen nicht sehr hoch zu bewerten. Um so notwendiger ist die Sicherheit, die darin liegt, daß sich die Streckgrenze durch Kaltverformung gegenüber dem Ausgangswert wesentlich heben kann. Diese mögliche Hebung beträgt bei dem naturharten Stahl 90 in Übereinstimmung mit den üblichen Baustählen bis zu 50 %, bei den vergüteten Drähten aber nur bis zu 10 %, und dieser Wert scheint nach den gemachten Erfahrungen ungenügend zu sein. Nach meiner Meinung sollte mit Rücksicht auf die Sicherheit die Streckgrenze nicht höher als auf 75 % der Bruchgrenze gebracht werden. Bei Verwendung solcher Materialien würden die Richtlinien für vorgespannte Bauteile DIN 4227, die die zulässige Spannung mit maximal 75 % der Streckgrenze bzw. maximal 55 % der Bruchgrenze festlegen, auch unter Würdigung der vorstehenden Ausführungen nach wie vor angemessen sein, und die Sicherheit würde verbessert werden.

Wenn man im Spannbeton überhaupt Stähle höherer Wertigkeit als sonst im Bauwesen üblich verwendet und die höhere Festigkeit im gleichen Verhältnis wie sonst ausnützt, so bedarf dies einer besonderen Begründung, da diese Stähle naturgemäß weniger Verformungsreserven besitzen und eine hieraus mögliche Einbuße an Sicherheit nicht vertreten werden könnte. Zunächst fallen Haken und Aufbiegungen, bei denen das Material sehr stark kalt verformt wird, weg. Außerdem wird bei Verkehrsbeanspruchung die Formänderungsarbeit auf der Zugseite eines Trägers überwiegend von dem vorgespannten Beton durch Verringerung der Druckspannungen übernommen, während die Eisen in sehr viel geringerem Maß arbeiten müssen als bei nicht vorgespannten Konstruktionen. Beispielsweise erhalten bei einem Anteil der Verkehrslast an der Gesamtlast von 50 % die vorgespannten Eisen nur etwa 12 % Spannungsänderung gegenüber 50 % bei einer nicht vorgespannten Konstruktion.

Die Schwingwerte, die bei St 90 nachgewiesen wurden, sind für diese Beanspruchungen mehr als ausreichend. Sowohl ein gebogener und wieder gerade gerichteter Stab als auch die Muffenverbindung und die Verankerung ertragen bei einer Grundspannung von 4000 kg/cm² eine Schwellspannung von 900 kg/cm² beliebig oft. Schwellbeanspruchungen dieser Größe kommen jedoch in der Praxis des Spannbetons nicht vor. Sie betragen vielmehr bei Straßenbrücken bis zu 250 kg/cm² und bei Eisenbahnbrücken bis zu 500 kg/cm². Die von meinen Kritikern geäußerten Bedenken sind deshalb unbegründet.

U. Finsterwalder, München.

PS.: Die Diskussion wird hiermit geschlossen. Die Herausgeber.

¹ Leonhardt: Beton- u. Stahlbetonbau 48 (1953), S. 27.

² Neuber: Kerbspannungslehre S. 154/155, Abb. 93.

³ Jäniche: Beton- u. Stahlbetonbau 46 (1951), Abb. 12 und Schwier: Beton- u. Stahlbetonbau 47 (1952), Abb. 6.

⁴ M. Werner u. W. Ruttman: 2. VDI 94 (1952), S. 1128.

DIN 4015*. Erd- und Grundbau. Fachausdrücke und Formelzeichen.

Vorbemerkung.

Zu Abschnitt 1: Grundlagen. Die Bezeichnungen sind nach dem Gesichtspunkt festgelegt, daß große lateinische Buchstaben nur für Kräfte, Rauminhalte und Flächen benutzt und alle Längen mit kleinen lateinischen Buchstaben bezeichnet werden. Eine Ausnahme bilden die Zeichen für Zeit, Temperatur und Zähigkeit, die nach den Gepflogenheiten in der Physik mit t , T und η bezeichnet wurden.

* Din 4015. Entwurf Februar 1953. Einsprüche bis zum 30. 6. 1953 an die FNBau-Geschäftsstelle, Bamberg 4, Postschließfach 43.

Zu Abschnitt 2: Dichte und Zustandsformen. Es wurde zwischen „Anteil“ und „Gehalt“ unterschieden, wobei mit Anteil stets der Raumanteil bezogen auf die Raumeinheit und mit Gehalt das auf das Trockengewicht bezogene Teilgewicht (z. B. Wassergewicht) verstanden wird. Die Zustandsformen: Ausroll-, Fließ- und Schrumpfgrenze sollen als Dezimalbruch und nicht in Hundertteilen angegeben werden.

Zu Abschnitt 3: Gewichte. Alle Gewichte der Raumeinheit sind mit γ bezeichnet, sie werden nur durch Zeiger (Indizes) unterschieden.

Zu Abschnitt 4: Kräfte und Spannungen. Für Einzel- und Linienlasten werden große lateinische Buchstaben verwendet, eine besondere Kennzeichnung der Linienlast durch einen Querstrich, z. B. \bar{P} , wird nicht empfohlen, die Kennzeichnung würde z. B. bei Erddruckrechnungen, wo stets E als Linienlast der Wand aufzufassen ist, zu umständlich sein.

Spannungen im Innern werden stets mit griechischen Buchstaben, an der Grenze zweier Stoffe mit lateinischen Buchstaben angegeben.

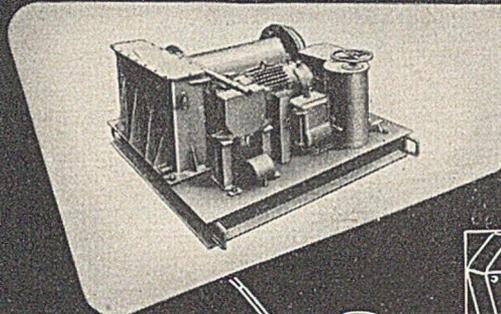
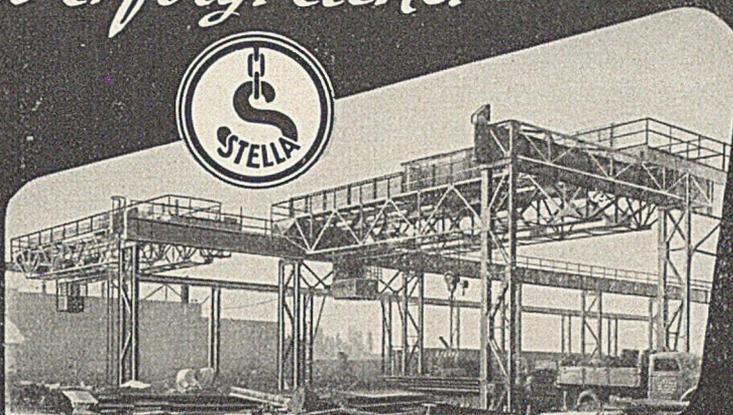
Zu Abschnitt 5: Versuche. Den Bezeichnungen bei der Auswertung des Verdichtungsversuches liegt die Druck-Porenziffer-Gleichung von Terzaghi zugrunde $\varepsilon = \varepsilon_0 - \frac{1}{C} \ln(p + p_c)$ Die Zeiger (Indizes) bei C und bei p_c bezeichnen den Verdichtungs- (v) oder Schwellvorgang (s).

Fachausdruck	Formelzeichen	Maßeinheit
1 Grundlagen.		
Gewicht	G	kg (t)
Rauminhalt	V	cm ³ (m ³)
Fläche	F	cm ² (m ²)
Länge	l	cm (m)
Breite	b	cm (m)
Tiefe (von der Bezugsebene nach unten)	t	cm (m)
Höhe (von der Bezugsebene nach oben)	h	cm (m)
Schichtdicke	d	cm (m)
Durchmesser	$2r$	cm (m)
Zeit	t	sec
Temperatur	T	°C
Zähigkeit	η	g sec/cm ²
2 Dichte und Zustandsformen.		
Porenanteil	n	1
für lockerste Lagerung	n_0	1
für dichteste Lagerung	n_d	1
mit Wasser erfüllter Porenanteil	n_w	1
Porenziffer	$\varepsilon = \frac{n}{1-n}$	1
für lockerste Lagerung	ε_0	1
für dichteste Lagerung	ε_d	1
Verdichtungsfähigkeit	$D_f = \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_d}{\varepsilon_d}$	1
Verdichtungsgrad	$D_g = \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon}{\varepsilon_0 - \varepsilon_d}$	1
Wassergehalt	w	1
Natürlicher Wassergehalt	w_n	1
Ausrollgrenze	w_a	1
Fließgrenze	w_f	1
Schrumpfgrenze	w_s	1
Bildsamkeit	$w_{fa} = 100(w_f - w_a)$	1
Zustandszahl	$k_w = \frac{w_f - w_n}{w_f - w_a}$	1
Sättigung	$S_r = 100 \frac{n_w}{n}$	1
3 Gewichte.		
Stoffgewicht der Bodenkörner	γ_s	g/cm ³
Stoffgewicht des Wassers	γ_w	g/cm ³
Raumgewicht des Bodens	γ	t/m ³
Raumgewicht des trockenen Bodens	γ_t	t/m ³
Raumgewicht des wasser-gesättigten Bodens	γ_g	t/m ³
Raumgewicht des Bodens unter Auftrieb	γ_a	t/m ³

Fachausdruck	Formelzeichen	Maßeinheit
4 Kräfte und Spannungen.		
Einzellast	P	kg (t)
Linienlast	\bar{P}	kg/cm (t/m)
Erddruck	E	kg/cm (t/m)
Erddruck (angreifender Erddruck)	E_a	kg/cm (t/m)
Ruhedruck	E_o	kg/cm (t/m)
Erdwiderstand	E_p	kg/cm (t/m)
Hauptspannungen	σ_1	kg/cm ²
	σ_2	kg/cm ²
	σ_3	kg/cm ²
Normalspannungen	σ	kg/cm ²
Scherspannungen	τ	kg/cm ²
Gleichförmige Auflast	p	kg/cm ² (t/m ²)
Sohlspannung (Bodenpressung)	p_s	kg/cm ²
Strömungsdruck	p_i	kg/cm ³
Kapillardruck	p_k	kg/cm ²
Erddruckspannung	e_a	kg/cm ² (t/m ²)
Erdwiderstandsspannung	e_p	kg/cm ² (t/m ²)
Ruhedruckspannung	e_o	kg/cm ² (t/m ²)
Erddruckbeiwert	λ_a	1
Erdwiderstandsbeiwert	λ_p	1
Ruhedruckbeiwert	λ_0	1
Kritisches Hauptspannungs-verhältnis	λ_c	1
5 Versuche.		
Durchlässigkeitsversuch		
Durchlässigkeit (nach Darcy)	k	cm/sec
Hydrostatische Druckhöhe	h_w	cm (m)
Hydrostatisches Gefälle	$i = \frac{h_w}{l}$	1
Druckgefälle	$i_p = i \cdot \gamma_w$	kg/cm ³ (t/m ³)
Verdichtungsversuch (Kompressionsversuch)		
Verdichtungsbeiwert	C_v	1
Schwellbeiwert	C_s	1
Festwert für Verdichtung	p_{cv}	kg/cm ²
Festwert für Schwellung	p_{cs}	kg/cm ²
Steifeziffer	S	kg/cm ²
Setzung (nach Verfestigung [Konsolidierung])	s	cm
Zeit-Setzungsversuch		
Setzung zur Zeit t	s_t	cm
Zeitbeiwert	$\tau = \frac{c \cdot t}{h^2}$	1
Verfestigungsgrad	$\mu = \frac{s_t}{s}$	1
Verfestigungsbeiwert	$c = \frac{k}{\gamma_w} \cdot S$	cm ² /sec
Porenwasserüberdruck	p_u	kg/cm ²
Scherversuch		
Scherfestigkeit	τ_s	kg/cm ²
Kohäsion	c	kg/cm ²
Winkel der inneren Reibung	ϱ	°
6 Berechnungsverfahren.		
Grenzbelastung	$\max p$	kg/cm ²
Zulässige Bodenpressung	$\text{zul } p$	kg/cm ²
Bettungsziffer	$C_b = \frac{p_s}{s}$	kg/cm ³
Pfahlwiderstandsziffer	$C_p = \frac{P}{s}$	kg/cm
Böschungsneigung	β	°
Sicherheitsgrad	γ_s	1

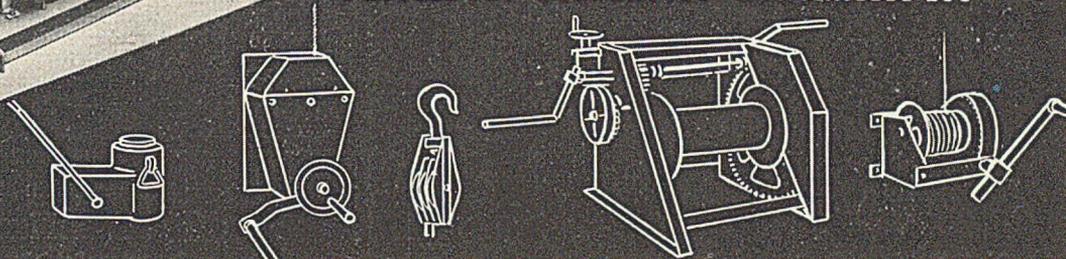
Schneller und erfolgreicher

Ablauf betrieblicher
Arbeit durch »STELLA«
Krane und Hebezeuge



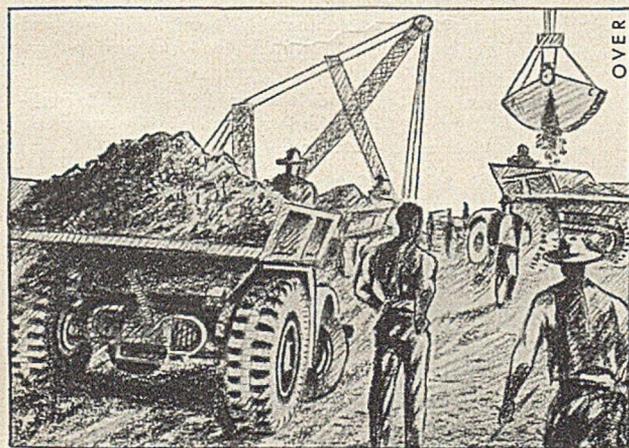
SCHIESS-DEFRIES

HEBEZEUG- UND KRANBAU G.M.B.H.
DÜSSELDORF-OBERKASSEL · HANSAALLEE 255



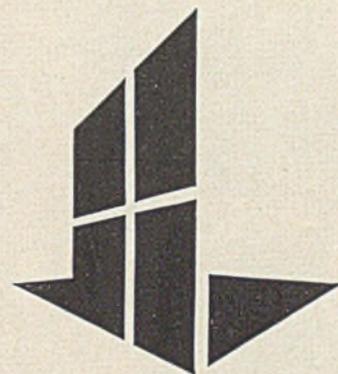
1094

Auf der Technischen Messe Hannover vom 26. 4. — 5. 5. 1953 in Halle 1, Stand 121



Zettelmeyer AUTO-SCHÜTTER

Hubert Zettelmeyer · Konz b. Trier



Es gibt keinen Baustoff

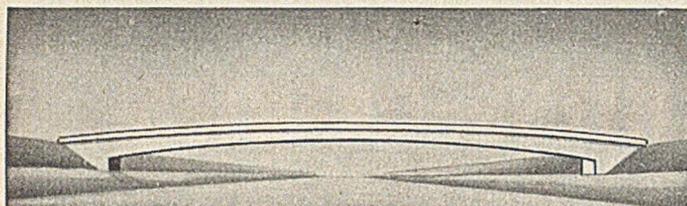
der in so vielzähligen Sorten hergestellt wird, der so vielseitig im Hoch- und Tiefbau verwendet werden kann, weil er aus gezeichnete und verlässliche Eigenschaften besitzt und der besonders im Innenausbau Mensch und Raum solche außerordentlichen Dienste leistet wie beispielsweise die deutsche Holzfaserverplatte. Achten Sie deshalb auf die nächsten Anzeigen.

TORKRET

G M B H

Berlin NW 87, Reuchlinstraße 10-17 Telefon: 39 28 58
Techn. Büro Essen-Steele, Henglerstr. 47 Tel.: 516 49

Beton-Spritzmaschinen, Beton-Injektoren, Beton-Pumpen, Verkauf - Vermietung, Ausführung v. Torkretierungen an Massivdecken u. Stahlbetonkonstruktionen



SPANNBETON
ANLEITUNG UND AUSRÜSTUNG FÜR DIE VERFAHREN
„LEOBA“ „BBRV“  „BAUR-LEONHARDT“
ARBEITSGEMEINSCHAFT **SEIBERT-STINNES** MOLHEIM-RUHR



TRIUMPH
*Perfekt UND
Norm*
**IN NEUER
Form**

TRIUMPH WERKE NÜRNBERG A. G.

STELLENANGEBOTE

Wasserbau — Wasserkraft
Großunternehmen sucht in Dauerstellung
Konstruktions-Chef
sowie mehrere erfahrene und selbständig arbeitende
**Diplom- und Fachschul-Ingenieure
mit Baustellen-Praxis**
als Statiker und Konstrukteure zur Projektbearbeitung
Ausführliche Bewerbungen mit den üblichen Unterlagen, handgeschriebenem Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild, Gehaltsansprüchen und Angabe des frühesten Eintrittstermins erbeten unter „Der Bauingenieur 731“ an den SPRINGER-VERLAG, Anzeigenabteilung, Berlin W 35, Reichpietschufer 20

Ausschreibung:

Beim Bauordnungsamt der Stadt Gelsenkirchen ist die Stelle eines

Baustatikers

zu besetzen.

Bedingungen: Abgeschlossene Fachschulbildung, gründliche Erfahrung auf allen Gebieten des Ingenieurbauwesens, Befähigung, statische Berechnungen für statisch bestimmte und unbestimmte Systeme aufzustellen und zu prüfen. Vergütung nach Verg.-Gr. IV TO. A. Bewerber, die unter das Gesetz zu Art. 131 GG. fallen, werden bevorzugt. Bewerbungen sind mit den erforderlichen Unterlagen (Lebenslauf, beglaubigte Zeugnisabschriften, Lichtbild usw.) innerhalb eines Monats nach Erscheinen dieser Ausschreibung einzusenden an

Stadtverwaltung — Hauptamt — Gelsenkirchen

Wir suchen zum baldigen Eintritt einen

erstklassigen Maschineningenieur

mit umfassender Betriebserfahrung in Hütten- und Walzwerken

und einen

Bauingenieur

mit langjähriger Erfahrung in Entwurf, Ausführung und Abrechnung großer Industriebauten für unsere Neubau-Revisionsabteilung.

Bewerbungen mit handgeschriebenem Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Lichtbild, Gehaltsforderung und Referenzen erbitten wir an unsere Personalabteilung.

MANNESMANN AKTIENGESELLSCHAFT
Düsseldorf, Postfach 6037

Für die Bauabteilung eines großen chemischen Werkes wird zur Bau-Überwachung ein jüngerer

Diplom-Ingenieur

mit guten Hochschulzeugnissen und einigen Jahren Baustellenpraxis, möglichst im Industriebau, gesucht.

Bewerbungen unter Beifügung der üblichen Unterlagen unter „Der Bauingenieur 758“ an den Springer-Verlag, Anzeigenabteilung, Berlin W 35, Reichpietschufer 20, erbeten.

STELLENGESUCHE

Tiefbauingenieur

27 Jahre, ledig, mit mehrjähriger Praxis in Statik, Planung Bauleitung und Abrechnung, z. Zt. in ungekündigter Stellung in einem großen Industriebauwerk, sucht ausbaufähige Stellung bei einem Bauunternehmen. Angebote unter „Der Bauingenieur 735“ an den Springer-Verlag, Anzeigenabteilung, Berlin W 35, Reichpietschufer 20, erbeten.



GHH

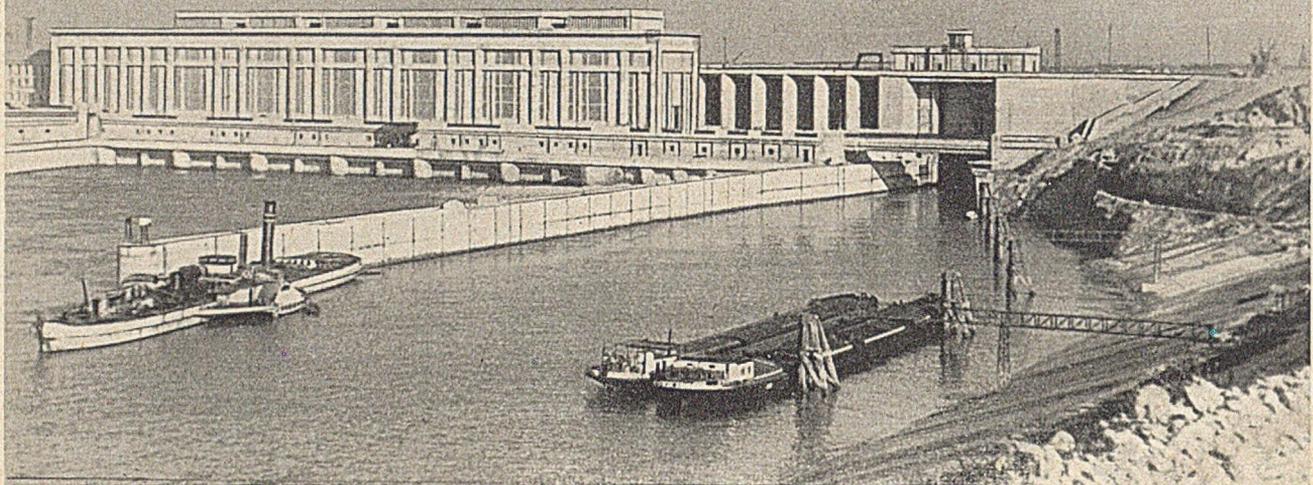
STAHLHOCHBAUTEN

GUTEHOFFNUNGSHÜTTE

WERK STERKRADE · OBERHAUSEN / RHEINLAND



lieferte für:



STAUSTUFE DONZÈRE MONDRAGON CNR LYON

1600 Tonnen

Einlaufwehre im Werkskanal

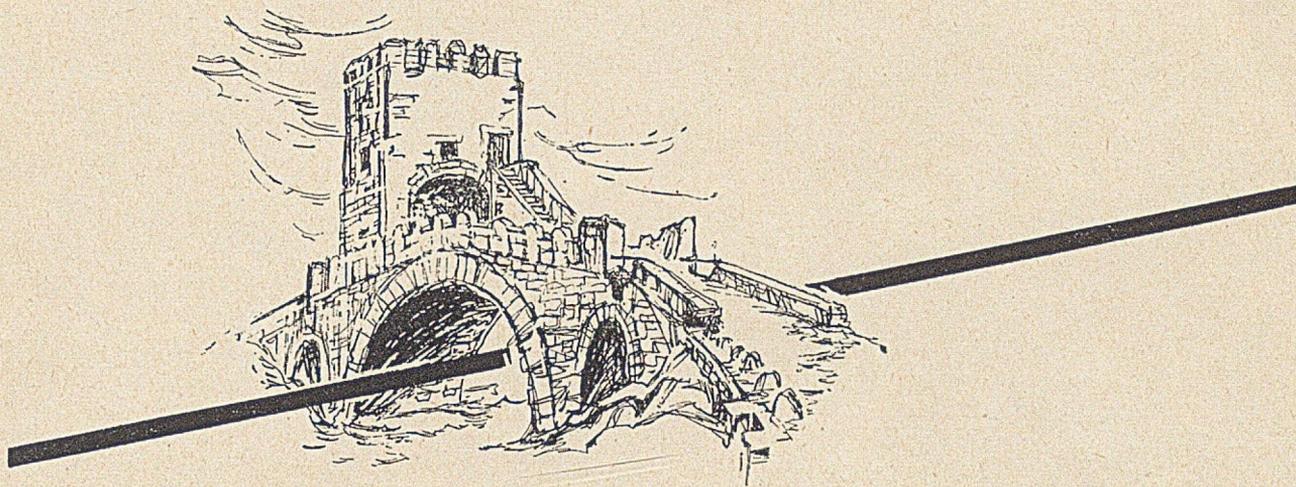
•
Segementwehre und Stauklappen
im Entlastungsbauwerk

•
Füll- und Entleerungseinrichtung
für Schleusen mit 27 m Gefälle

DINGLERWERKE AKTIENGESELLSCHAFT

ZWEIBRÜCKEN-PFALZ und BIERBACH-SAARLAND

Ponte Salario erbaut 569 n. Chr.



EISEN wider religiöse Vorschrift

Im alten Rom war die Verwendung von Eisen beim Brückenbau aus religiösen Gründen verboten.

Obwohl der Brückenbau in Händen der Priester lag, deren Titel „Pontifex“ die Bedeutung des Brückenbaus in der römischen Antike aufzeigt, hat man sich keineswegs immer an diese Vorschrift gehalten. Es wurden zahllose Brücken gebaut, bei denen die Bohlen mit Eisenklammern befestigt waren.

Brücken ganz aus Eisen und Stahl zu erbauen, blieb jedoch der Neuzeit vorbehalten. Die wachsende, durch den Fortschritt der Stahltechnik und der Statik bedingte Einführung des Stahls im Brückenbau hat völlig neue Möglichkeiten erschlossen, die dem modernen Verkehr zugute kommen. Es gibt heute praktisch keine Brückenbauaufgabe mehr, die nicht mit Stahl bewältigt werden könnte.

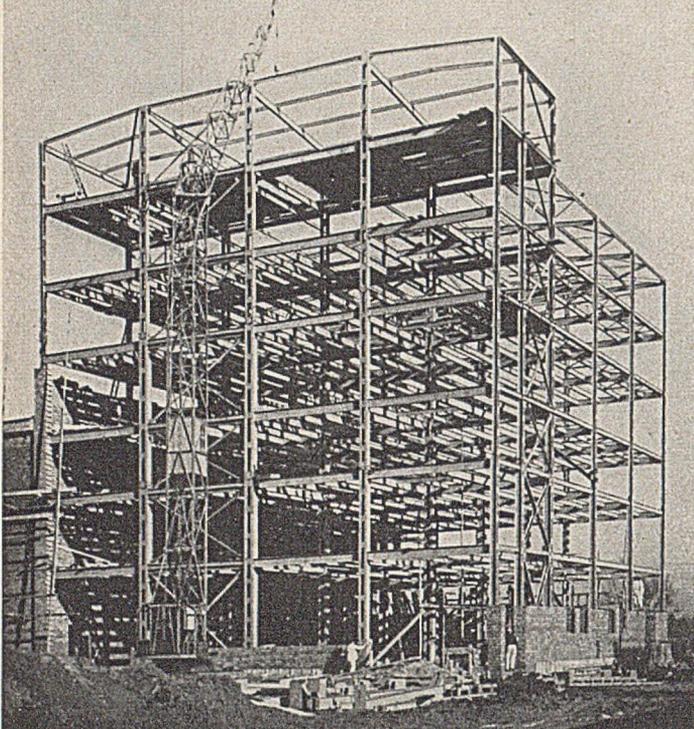
Die Beratungsstelle für Stahlverwendung als Informationsstelle der Eisen- und Stahlindustrie will: den Stahlverbraucher kostenlos in allen Fragen der Stahlverwendung fachmännisch beraten, die Erfahrungen über Fortschritte in der Stahlverwendung in der ganzen Welt sammeln und den deutschen Stahlverbrauchern zur Verfügung stellen, die Fachwelt laufend über den Werkstoff Stahl und seinen Nutzen für jedermann unterrichten.



BERATUNGSSTELLE FÜR STAHLVERWENDUNG

Düsseldorf · Kapellstraße 12 · Fernsprecher 45312

STAHLSCHELETT FÜR EIN PERLON - SPINNEREIGEBÄUDE



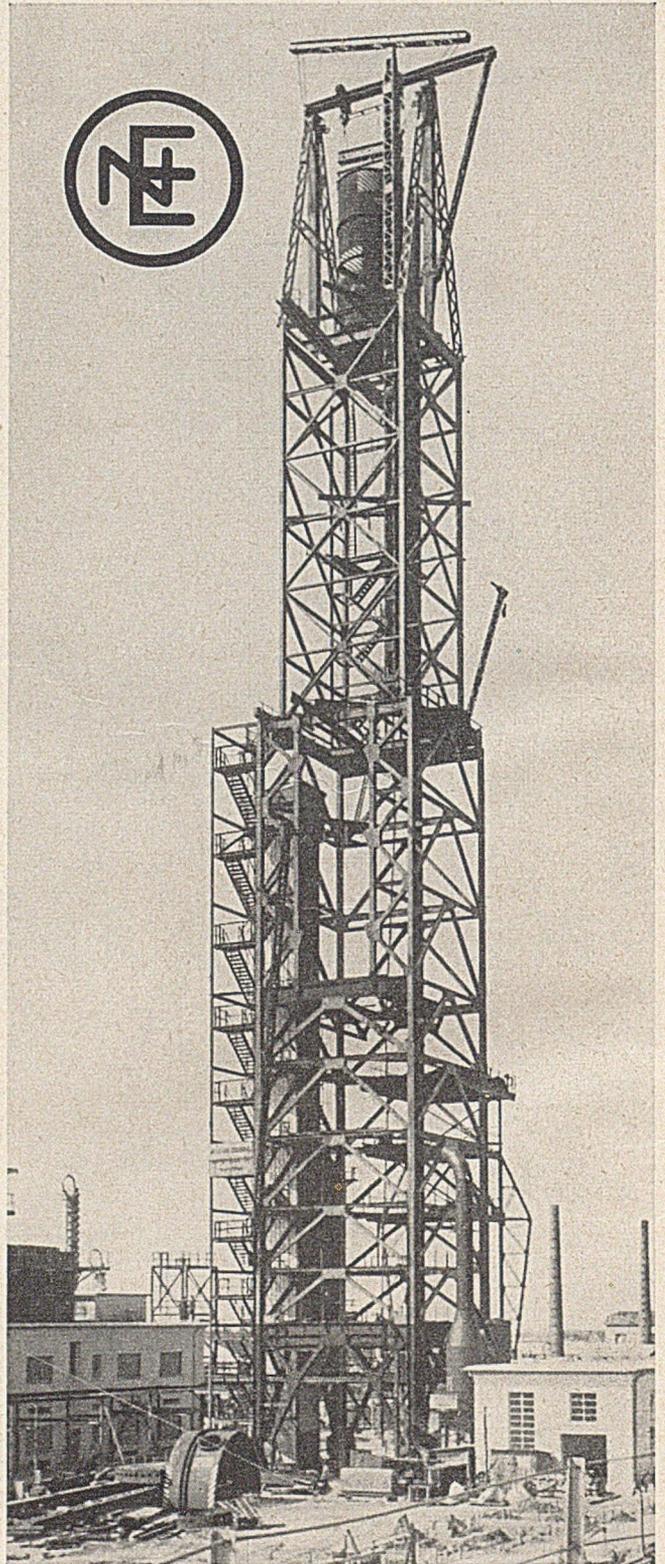
STAHLHOCHBAUTEN
STAHLBRÜCKEN
STAHLWASSERBAUTEN
KRANE - HEBEZEUGANLAGEN
TRANSPORTANLAGEN
MASTE - TÜRME
BEHÄLTER - BUNKER - SILOS



Frisch

EISENWERK GEBR. FRISCH KG. AUGSBURG

EISENHOCH- UND BRÜCKENBAU BEHÄLTERBAU — GITTERMASTE



NEUSSER EISENBAU
BLEICHERT K.G.
NEUSS / RHEIN

Fassade aus verzinkten Stahlprofilen für „4711“

Entwurf: Architekt Koep, Köln



SIEGENER AKT.-GES.
FÜR EISENKONSTRUKTION
BRÜCKENBAU UND VERZINKEREI **GEISWEID**

ZEISS



VERMESSUNGSGERÄTE

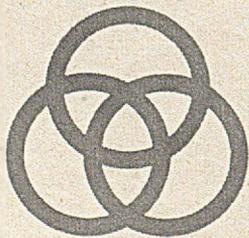
AUSKUNFTE UNTER 10/F DURCH VEB OPTIK CARL ZEISS JENA

BRÜCKEN ALLER ART



**ERNST-WALZ-BRÜCKE
HEIDELBERG**
— Verbundbauweise —
Freivorbau der Mittelöffnung

PLANT UND BAUT



STAHLBAU RHEINHAUSEN