

DIE BAUTECHNIK

Alle Rechte vorbehalten.

Die neuere Entwicklung der Baumaschinen.

Von Fr. Riedig, Zeulenroda (Unt. Haardt).

Der Grundzug der bisherigen Entwicklung der Baumaschinen lag darin, daß die Güte und Wirtschaftlichkeit der Maschinenarbeit ebenso in Rücksicht gezogen wurden wie die Beschäftigung einer möglichst großen Zahl von Arbeitskräften. Durch den Aufschwung der Wirtschaft und die dadurch bedingte Nachfrage nach Arbeitskräften ist jedoch der Weg, den die Entwicklung der Baumaschinen nehmen muß, in eine andere Richtung gewiesen worden. Durch die Nachfrage nach Arbeitskräften ist der Gesichtspunkt, eine möglichst große Zahl Arbeitskräfte zu beschäftigen, weggefallen. In anderen Ländern geht man bei Bauarbeiten vielfach fabrikmäßig vor, um durch die Einsparung von Arbeitskräften eine Bauausführung billiger zu gestalten. Bei uns dagegen ist das fabrikmäßige Arbeiten auf Baustellen geboten, weil die erforderliche Zahl Arbeitskräfte, die ein handwerkmäßiges Arbeiten mit sich bringt, nicht mehr verfügbar ist.

Die Aushub- und Fördereinrichtungen waren ihrem Wesen nach schon immer darauf eingestellt, die Handarbeit zu ersetzen und zu beschleunigen, und hatten mit ihrer Entwicklung verhältnismäßig bald einen gewissen, wenigstens äußeren Abschluß erreicht. Der Umbau-Löffelbagger z. B. besteht in seiner heutigen Form schon seit einigen Jahren. Durchgreifende Veränderungen sind an diesen Geräten in letzter Zeit nicht festzustellen, wie z. B. auch die Technischen Messen in Leipzig der letzten Jahre erkennen ließen. Eine jede Maschine bleibt niemals auf dem gleichen Entwicklungsstande längere Zeit stehen. Veränderungen und Verbesserungen werden immer vorgenommen, auch wenn sie weniger augenfällig sind. Der 0,6-m³-Umbaubagger der R. Dolberg AG¹⁾ z. B. hat einen kombinierten Ausleger erhalten, um den Umbau des Baggers von einer Form in die andere mit möglichst wenig Aufwand an Zusatzeinrichtungen und Leuten vornehmen zu können.

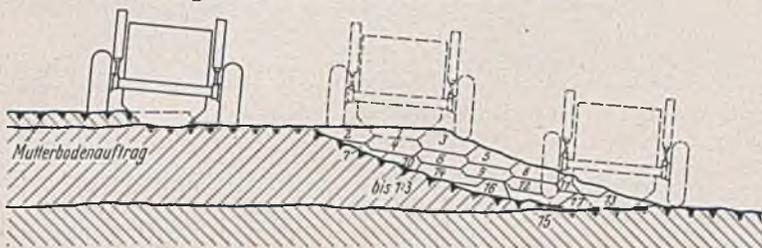


Abb. 1. Herstellung einer Böschung durch einen Schürfwagen.

Bei den gewöhnlichen Förderbändern, die auf Baustellen sehr verbreitet sind, ist die Förderhöhe durch den Böschungswinkel des zu fördernden Massengutes beschränkt. Wird der Böschungswinkel überschritten, so rutscht das Gut wenigstens teilweise zurück, und die Förderleistung sinkt oder hört bei weiterer Zunahme der Förderhöhe ganz auf. Dämme oder Halden lassen sich mit gewöhnlichen Förderbändern meistens nicht schütten. Um diese Lücke auszufüllen, ist ein neues Förderband („Stellband“ von Wilh. Stöhr) entstanden, mit dem nicht nur eine große Förderleistung (bis 100 m³/h), sondern auch eine große Steigung (bis 40°) bei geringer Förderlänge erreicht wird. Die Förderbahn ist bis zwei Drittel ihrer Gesamtlänge ausladend und auch abnehmbar und mit dem Antrieb als festes oder bewegliches Förderband zu verwenden. In der Höhe wird das Förderband nicht wie die gewöhnlichen Bauarten von Hand, sondern durch den Antriebmotor verstellbar. — Zum Aufladen von Schüttgütern aller Art sind die fahrbaren Auflader (z. B. von E. Wieger) wirtschaftliche Geräte.

Die Schürfwagen²⁾ (Menck & Hambrock G. m. b. H.), die in ihrer Arbeitsweise den Elmerseilbaggern ähneln, aber auch gleichzeitig alle Eigenschaften und Vorzüge eines geländegängigen, gleislosen Fördermittels aufweisen, haben wegen ihrer Wirtschaftlichkeit beim Ab- und Auftragen geringerer Bodendicken eine weitere Verbreitung gefunden. Böschungen können durch Schürfwagen im Auftrag bis 1 : 3 hergestellt werden (Abb. 1), wobei man zur Vergrößerung der Standfestigkeit die Hinterräder (Riesenschwinge) auf die breitere Spur umsteckt. Im Abtrag lassen sich Böschungen bis 1 : 2 erzielen, wenn die Hinterräder auf schmale Spur gesetzt sind. Ist der Boden wenig tragfähig, so können hinten vier Räder, die paarweise in Schwingen gelagert sind, angebracht werden. Die Vorderräder haben

walzenartige Formen und sollen das schichtenweise aufgetragene Schüttgut verdichten und den Fahrweg ebenen. Zur Bedienung eines Schürfwagenzuges einschl. Schlepper genügt ein Mann. Die Leistungen in mittlerem Boden bei 7,5 km/h Fahrgeschwindigkeit betragen:

mittlerer Fahrweg	Leistung	mittlerer Fahrweg	Leistung
m	m ³ /8h	m	m ³ /8h
25	340	300	160
50	310	500	200
100	280	800	85
150	240	1000	75

Die Leistungen sind naturgemäß niedriger als bei einem Bagger mit gleich starkem Motor (50 PS). Man muß jedoch bedenken, daß in den Leistungen die Förderwege eingeschlossen sind und für Gleis, Rollwagen usw. keine Nebenkosten entstehen.

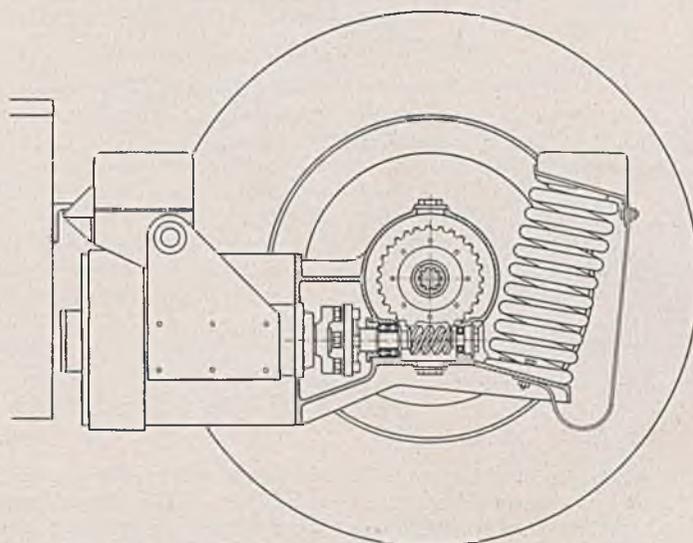


Abb. 2. Antrieb eines Rades eines Elektrolastwagens.

(Bauart Bleichert-Transportanlagen G. m. b. H.)

Unter den Lastkraftwagen, die zu Förderarbeiten aller Art auf Baustellen dienen und manchmal unmittelbar an den Bauvorgängen beteiligt sind, z. B. beim Straßenbau zum Beschicken der Verteiler beim Aufbringen bituminöser Decken, sind die Elektrolastwagen zu vollwertigen Fahrzeugen entwickelt worden. Die Entwicklung äußert sich nicht nur in der Vergrößerung der Tragfähigkeiten auf 4 und 6 t, sondern auch in der fortgeschrittenen Antriebsart der Räder. An den Stromwagen der Bleichert-Transportanlagen G. m. b. H. z. B. sind die Motoren gleichzeitig Tragorgane (Abb. 2) und ersparen vollkommen die hinteren Tragachsen. Das Gehäuse eines Motors ist am Fahrgestell angelenkt und das Triebwerk (ohne Ausgleich) am Motor unmittelbar angeblockt. Die Tatzen des Triebwerkes sind durch Schraubenfedern abgefangen.

Beim Verdichten von Schüttungen (Dämmen, Schotter, Gründungen u. dgl.) hat sich die Erkenntnis weiter durchgesetzt, nach der die kleinstmöglichen Hohlräume (Porenvolumen) durch Schwingschläge erreicht werden. Die auf diesem Grundsatz aufgebauten Schwingungsverdichter, z. B. des Losenhausenwerkes AG, arbeiten sehr wirtschaftlich. Das Gerät, das durch die Schwingmasse Fliehkräfte von 5000 kg erzeugt, verbraucht an Dieselöl 2 l/h und ergibt dabei folgende Leistungen:

Bodenart	Schütthöhe cm	Leistung	
		einmalige Verdichtung m ² /h	zweimalige Verdichtung m ² /h
Trockener, leichter Sand; Stein- schlag	80 bis 100	250 bis 350	150 bis 200
Bindiger, schwerer Sand . . .	40 bis 80	200 bis 250	100 bis 150

¹⁾ Bautechn. 1936, Heft 18, S. 256.

²⁾ Bautechn. 1936, Heft 13, S. 204, ebenda 1936, Heft 28, S. 420.



Abb. 3. Dieselmotor-Einradwalze beim bituminösen Straßenbau.

Die beiden Vorderräder dienen nur zur Unterstützung und zum Lenken, nicht aber zum Verdichten. (Bauart J. Kemna.)

Bituminöse Decken auf Straßen und Radfahrwegen werden vorteilhaft durch die Einradwalzen³⁾ z. B. von J. Kemna (Abb. 3) verdichtet, bei denen gegenüber den üblichen Zweiradwalzen (3/7 und 4/7 Druckverteilung) die Wellenbildung auf ein Mindestmaß herabgesetzt wird.

An den Mischmaschinen für Zementbeton, Teerbeton, Mörtel u. dgl. sind ähnliche Entwicklungserscheinungen wie an allen übrigen Baumaschinen festzustellen. Die Stetig-Betonmischer von G. Anton Seelemann & Söhne z. B. können anpassen, so daß man mit möglichst wenig Personal auskommt. In einen Mischer läßt sich ein 2,5 m großes Stück einsetzen, wodurch die gewöhnliche Ausschütthöhe von 1,6 m auf 4,1 m wächst (Abb. 4). Der Mischer mit

sich dem Wachsen eines Betonbauwerkes anpassen, so daß man mit möglichst wenig Personal auskommt. In einen Mischer läßt sich ein 2,5 m großes Stück einsetzen, wodurch die gewöhnliche Ausschütthöhe von 1,6 m auf 4,1 m wächst (Abb. 4). Der Mischer mit

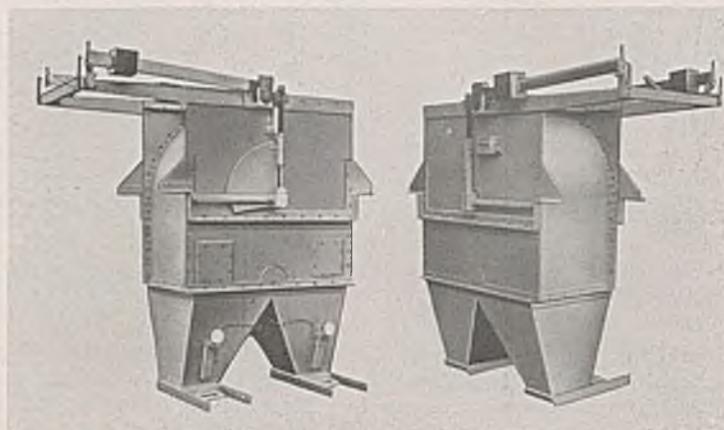


Abb. 5. Selbsttätige Wiegeeinrichtung für Durchlaufmischer.

(Bauart G. Anton Seelemann & Söhne.)

Eigenschaften von Sand und Ton durch den Wassergehalt verändert werden, hat man den Gemischen zur Erhöhung der Standfestigkeit (Stabilität) einmal Kies bis 2,5 cm Korngröße und dann etwa 5% Zement des Gesamtgewichtes vom trockenen Sand und trockenen Ton zugesetzt. Der Zement wirkt auf die Tonteilchen und nimmt ihnen ihre kolloidalen Eigenschaften, so daß das ganze Gemisch wasserfest wird.

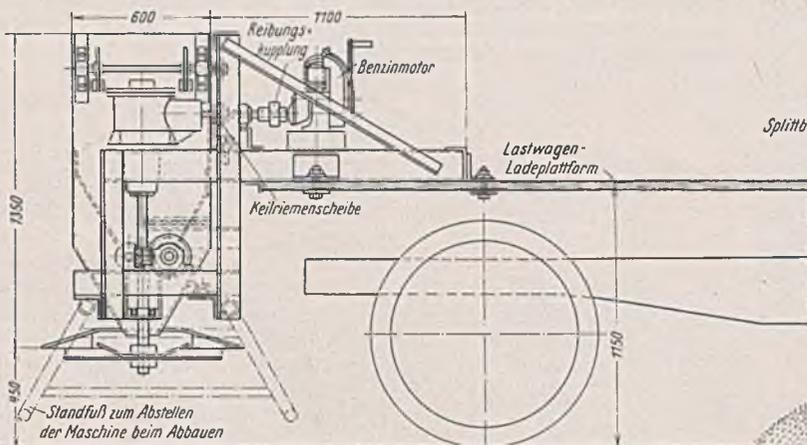
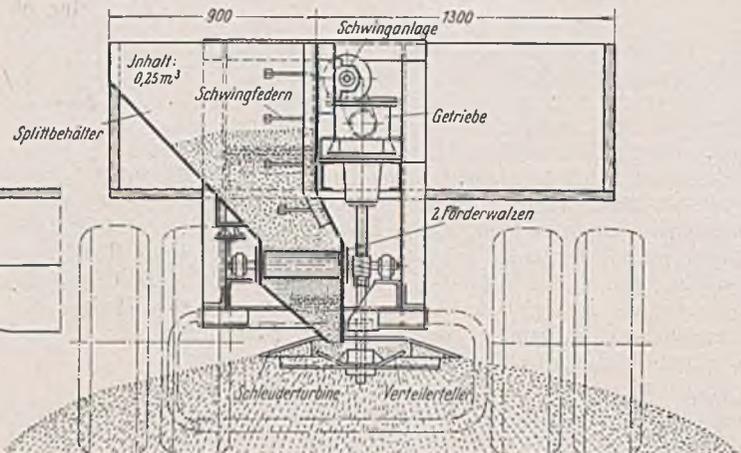


Abb. 6. Motorbetriebene Splittschleuder zum Ansetzen an einen Lastkraftwagen.

(Bauart Heinrich Frisch.)



einer tatsächlichen Leistung von 25 m³/h kann vier verschiedene Zuschlagstoffe und zwei Bindemittel verarbeiten. Die 2,6 m langen Zubringerschnecken ermöglichen eine unmittelbare Beschickung durch Muldenkipper oder Lastkraftwagen. Für solche Fälle, in denen die Verarbeitung von zwei Bindemitteln, z. B. Zement und Traß oder Zement und Thurament, und die anschließende Abwiegung bestimmter Mengen Gemisch gefordert sind, wurden ein Bindemittelvormischer und eine selbsttätige Wiegeeinrichtung entwickelt (Abb. 5). Die Wiegevorrichtung ist in den Grenzen von 30 bis 100 kg für eine Füllung einstellbar.

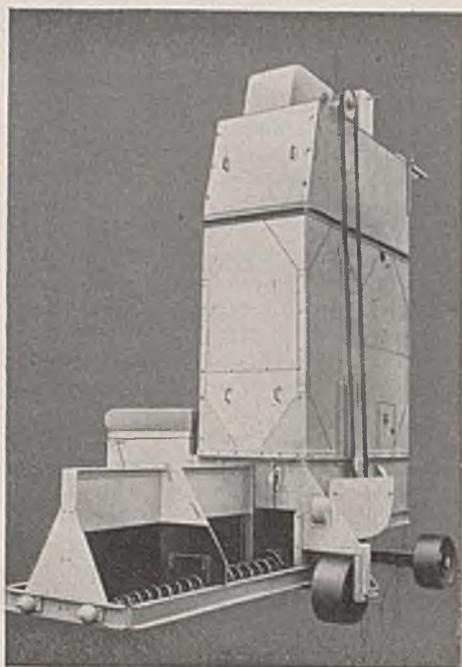


Abb. 4. Stetig-Betonmischer mit vergrößerter Ausschütthöhe (von 1,6 auf 4,1 m).

Tatsächliche Leistung 25 m³/h. (Bauart G. Anton Seelemann & Söhne.)

Im Bau von Straßendecken scheint eine Änderung bevorzustehen, indem man Sand-Ton-Gemische mit Kies und etwas Zement verwendet. Sand-Ton-Mischungen sind wegen ihrer inneren Reibung (trockener Sand) und Kohäsion (Ton) als Straßendecken bis zu einem gewissen Grade standfest (stabil). Da jedoch die

³⁾ Bautechnik 1936, Heft 48, S. 702.

Eine gewöhnliche Mischmaschine genügt im allgemeinen zur Erzeugung dieser Gemische nicht, da vor allem der Ton gut geknetet werden muß. Günstige Erfahrungen machte man bisher mit den Gegenstrom-Schnellmischern mit eingebauten Knetkollern der Maschinenfabrik Gustav Eirich, die nach einer Mischzeit von 1½ bis 2 Minuten ein völlig gleichmäßiges Gemisch als lose Masse liefern. Die Masse wird dann auf der vorher angefeuchteten Oberfläche in etwa 30 cm Dicke ausgebreitet und durch Schafffußwalzen verdichtet. Das Gemisch kommt auch als Unterbau für dünne, bituminöse Decken oder Kleinpflaster in Frage.

Die grundsätzliche Bauart des Gegenstrom-Schnellmischers gibt die Möglichkeit, je nach der Ausbildung der Werkzeugarten auf das Mischgut verdichtend oder auflockernd einzuwirken. Werkzeuge mit auflockernder Wirkung hatten die besten Ergebnisse bei der Erzeugung von Leichtbeton, so daß der Gegenstrommischer

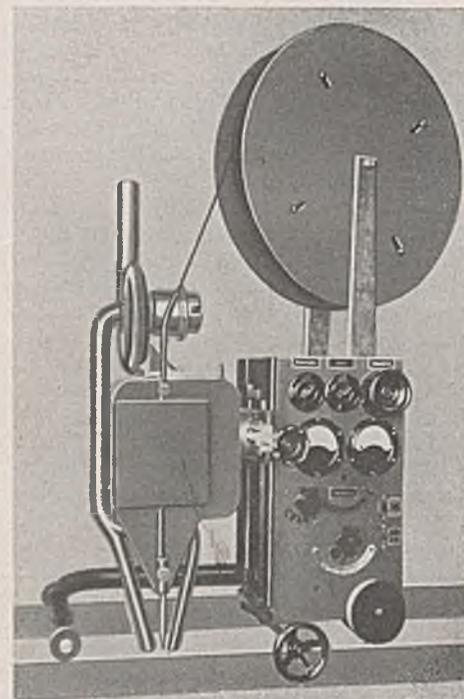


Abb. 7. Selbsttätige Schweißeinrichtung mit Schweißkopf für blanken Draht.

(Bauart Kjellberg.)

mit der kleinsten Schaumstoffmenge (Iporit) auskommt. Durch den Gegenstrommischer, der in wenigen Minuten von der Verarbeitung von Leichtbeton auf die Verarbeitung von Schwerbeton und umgekehrt umgestellt werden kann, ergibt sich die Möglichkeit, auch wasserarme, erdfuchte Betonarten rasch und gründlich zu mischen. Die Verarbeitung von wasserarmem Beton ist insofern von Bedeutung, als die neueren Verdichtungsgeräte diesen Beton ohne weiteres verdichten können. Erdfeuchter Beton im Mischungsverhältnis 1 : 6 erreicht die gleichen Festigkeiten wie weich angemachter Beton im Mischungsverhältnis 1 : 3.

Beim Neubau von Straßen mit bituminösen Abschlußdecken wird das Bestreuen des Belages mit Splitt im allgemeinen durch motorbetriebene Splittschleudern ausgeführt, die an den Seiten fahren und den Splitt fächerartig über die ganze Straßenbreite schleudern. Werden Straßen nur ausgebessert, so lohnt sich vielfach der Einsatz solcher Schleudern nicht, so daß man den Splitt mit der Schaufel im Handbetrieb verteilt. Um auch diese Arbeit zu beschleunigen und zu mechanisieren, ist eine Motorschleuder (von Heinrich Frisch) entstanden, die an jeden Lastkraftwagen leicht angebaut werden kann (Abb. 6). Der Splitt wird im Behälter durch eine Schwinganlage in dauernder Bewegung gehalten, so daß sich keine Hohlräume bilden können. Die beiden Förderwalzen sind zwangläufig mit dem Schleuderteller verbunden, so daß die Splitzufuhr selbsttätig geregelt wird. Die Streubreite ist zwischen 3 und 8 m einstellbar.

Die Bestrebungen, möglichst große Werkstoffersparnisse zu erzielen, führten zu einem neuen Druckluftheizer der Frankfurter Maschinenbau AG vorm. Pokorny & Wittekind. Der Maschinensatz ist auf einem Rohrrahmen aufgebaut, der gleichzeitig als Sammelbehälter für die erzeugte Druckluft dient. — Ein weiterer Verdichter besitzt eine öl-

gesteuerte Druckluft-Mengenregelung, durch die die Luftherzeugung des Verdichters sich einer wechselnden Luftentnahme anpaßt, wobei der Druck gleichmäßig bleibt.

Auf den Baustellen gewinnt die Schweißtechnik nicht nur zum Verbinden, sondern auch zum Trennen von Eisenteilen eine immer größere Bedeutung. Grundsätzlich ist es heute gleichgültig, ob autogen oder elektrisch geschweißt oder geschnitten wird. Der Einwand, daß die autogenen Geräte auf den Baustellen sich leichter betreiben ließen als die elektrischen, trifft nicht mehr zu, da auf fast allen Baustellen elektrischer Strom zur Verfügung steht. An der Entwicklung der autogenen Geräte hat z. B. „Griesogen“ einen großen Anteil, die die Schweiß- und Schneidbrenner schon seit längerer Zeit überwiegend aus Leichtmetall herstellte. Für viele Zwecke genügen auf Baustellen die kleinen Schweißbrenner aus Leichtmetall für 0,2 bis 9 mm Schweißstärke und mit einem Einsatz zum Schneiden von 0,5 bis 6 mm Werkstoffdicke. Die autogenen Schneidbrenner können auch selbsttätig arbeiten.

Beim Bau stählerner oder teilweise stählerner Brücken schweißt man die Teile, besonders bei vollwandigen Trägern, vielfach selbsttätig auf elektrischem Wege. Die Geräte müssen möglichst wenig ortsgebunden sein. Eine solche selbsttätige Schweißeinrichtung von Kjellberg z. B. (Abb. 7) arbeitet ohne Relais und ohne Wasserkühlung. Zum Verschweißen von getauchten oder ummantelten Elektroden, von blankem Draht oder Seelendraht und von Kohleelektroden für die Dünnblechschweißung dienen drei schnell und bequem auswechselbare Schweißköpfe. Der Elektrodenschweißkopf verschweißt alle handelsüblichen Mantelelektroden, und der Drahtschweißkopf nimmt den Draht von einer Rolle. Die Schweißköpfe, die in beliebige Schrägstellungen gedreht werden können (Kehlnähte), haben nur einmotorigen Antrieb.

Alle Rechte vorbehalten.

Aufschlickungsarbeiten am Kaiser-Wilhelm-Kanal.

Von Regierungs- und Baurat Knoll, Stettin, früher Brunsbüttelkoog.

Die günstigen Eigenschaften des Nordseeschlicks und seine vorteilhaften Verwendungsmöglichkeiten zu Zwecken der Landgewinnung dürften durch die planmäßigen Landgewinnungsarbeiten an der Nordseeküste, besonders im Wattengebiete der schleswig-holsteinischen Westküste, und die Einweihung des Adolf-Hitler- und Hermann-Göring-Kooges und anderer in den letzten Jahren zur Kenntnis weiterer Kreise gelangt sein.

Weniger bekannt dürfte dagegen sein, daß man bei der Verwendung des Schlicks nicht nur auf die Arbeit der Naturkräfte und ihre Förderung in Form von Anlandungen angewiesen ist, wie bei der Landgewinnung aus aufgeschlickten Wattflächen — wobei Ebbe und Flut in langen Zeiträumen diese Aufschlickung besorgen —, sondern daß auch die Möglichkeit besteht, den Schlick unmittelbar aus dem Meere zu gewinnen und ihn durch unmittelbare Aufspülung, oder nach Ablagerung in getrocknetem Zustande weiter gefördert, landeskulturellen Zwecken zuzuführen.

Derartige Schlickverwertungen sind — abgesehen von verschiedenen verhältnismäßig kleineren Arbeiten — m. W. in größerem Umfange bisher nur im Stettiner Haff, an der Weser und im Stromgebiete der Ems ausgeführt, und zwar dort sowohl in einer größeren, zusammenhängenden Aufspülung mit Schlickförderung in Rohrleitungen über verhältnismäßig weite Entfernungen, z. B. auf der Ostseite des Dollart im „Larrelt-Wybelsumer Polder“, als auch in zahlreichen kleineren Aufschlickungen in Poldern unmittelbar am Dortmund-Ems-Kanal, aus denen nach Ablagerung der getrocknete Schlick abgefahren wird.

Im Bereiche des Kaiser-Wilhelm-Kanals sind erst vor einigen Jahren die ersten Versuche mit der landwirtschaftlichen Verwendung des in großen Mengen anfallenden Schlicks unternommen worden.

Vor der westlichen Ausmündung des Kaiser-Wilhelm-Kanals werden in der Elbe durch Ebbe und Flut erhebliche Schlickmassen ununterbrochen hin- und herbefördert. Die Strömungsberuhigung innerhalb des Kanalvorhafens und die darin sich ausbildenden Strömungswirbel begünstigen eine verstärkte Schlickablagerung in diesem Vorhafenbecken. Zur Aufrechterhaltung der notwendigen Fahrwassertiefe ist die Kanalverwaltung gezwungen, dort alljährlich etwa 4 bis 4½ Mill. m³ flüssigen Schlick fortzubaggern. Durch die Schleusungen zur Flutzeit wird ständig auch Schlick in den Binnenhafen befördert, so daß auch hier zur Vermeidung von Untiefen fortgesetzt große Saugbagger eingesetzt werden müssen. Die dort jährlich zu entfernende Schlickmenge beläuft sich auf durchschnittlich ½ bis ¾ Mill. m³.

Für die großen, im Außenhafen gebaggerten bzw. zu baggernden Schlickmassen hat sich irgendeine nutzbringende Verwendungsmöglichkeit bisher nicht finden lassen. Die wirtschaftliche Verwertung des Schlicks ist in jedem Falle ausschlaggebend von der Transportfrage bzw. den Transportkosten beeinflußt; eine lohnende Verwendung daher stets nur in nicht allzu großer Entfernung vom Gewinnungsorte aus möglich. Da in der Nachbarschaft und näheren Umgebung der Baggerstellen im Außenhafen bei Brunsbüttelkoog sich überwiegend ertragreiche Marschflächen befinden, konnte dort der Schlick im landeskulturellen Interesse bisher nicht verwertet werden. Die gebaggerten Schlickmassen sind deshalb

durchweg in etwa 5 km Entfernung vom Außenhafen in der Elbe wieder verklappt worden.

Die Befürchtung liegt dabei nahe, daß man immer wieder mehr oder weniger nur denselben Schlick fortbaggert, der — in einigen Kilometern Entfernung verklappt — durch die Tideströmungen wieder in den Vorhafen hineinbefördert würde. Betrachtet man aber die Karte der Elbmündung (Abb. 1) nicht nur in diesem kleinen Ausschnitt an der Elbmündung bei Brunsbüttelkoog, sondern über die ganze Länge hinfort, in der Schlick angetroffen wird, so leuchtet ein, daß diese Befürchtung nicht begründet ist, da das Gebiet um Brunsbüttelkoog doch nur einen verschwindend kleinen Teil aus dem gesamten Schlickgebiete der Elbe darstellt.

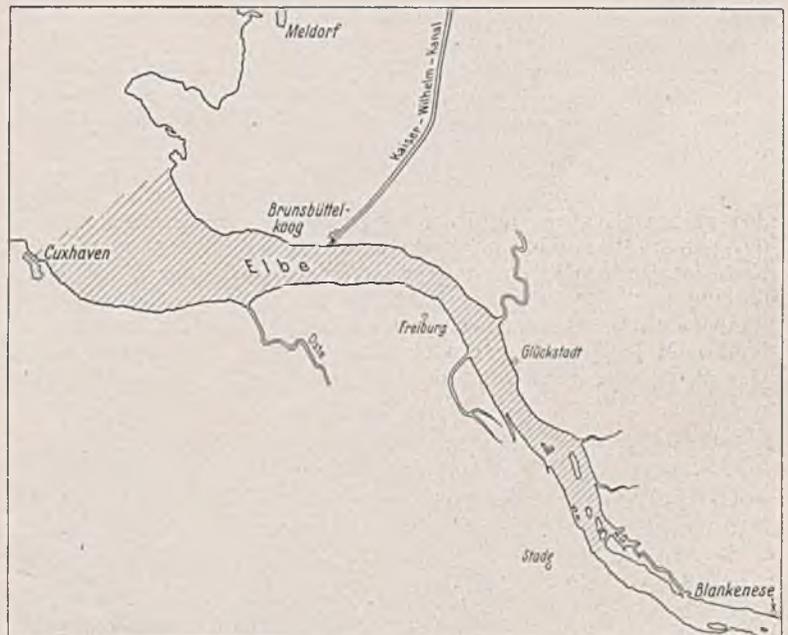


Abb. 1. Schlickgebiet der Elbe (schraffiert) und Vorhafen Brunsbüttelkoog (schwarz).

Weniger ertragreiche Flächen, in der Hauptsache zu tief liegende Moorwiesen, werden erst etwa 5 km östlich von Brunsbüttelkoog angetroffen, von wo sie sich auf beiden Seiten des Kanals hinziehen, und zwar nördlich bis ungefähr zur Hochdonner Hochbrücke bei Kanal-km 20 und südlich bis zur sog. Wilsterau- oder Bebekschleuse bei km 17. Im Norden sind es die Moorwiesen der Averlak-Burg-Kudenseer Niederung (Abb. 2) und im Süden die Mooregebiete am Bütteler Kanal bei Landscheide-Sushörn, Ecklak-Seedorf, Äbtissinwisch und bis zum Vaaler-Moor-Gebiet.

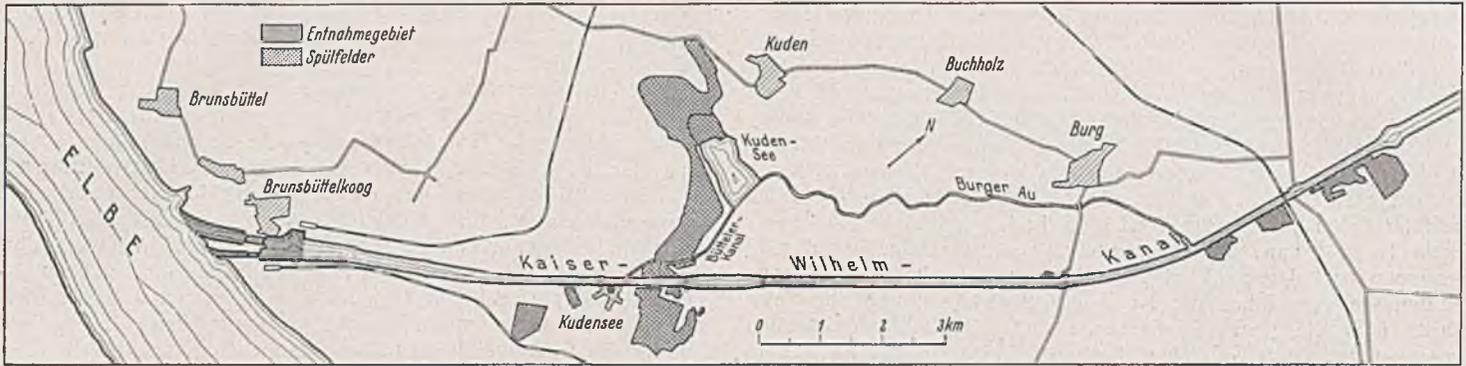


Abb. 2. Übersichtskarte der Aufschlickungsarbeiten am Kaiser-Wilhelm-Kanal.

Es lag nahe, zu versuchen, wenigstens die im Binnenhafen gebaggerten Schlickmassen landwirtschaftlicher Ausnutzung in der näheren Umgebung zuzuführen, anstatt sie den umständlichen Weg durch die Schleusen zur Elbe zu befördern und dort zu verklappen. Es ist deshalb bereits im Jahre 1929 auf der Nordseite des Kanals etwa in der Höhe des Kudensees bei km 8,7 ein kleinerer Aufspülungsversuch unternommen worden, der befriedigend verlief.

Auf Grund dieses guten Ergebnisses entschloß sich die Landschaft Süderdithmarschen zu einer Vereinbarung mit der Kanalverwaltung zwecks Überspülung ihrer bei Kudensee gelegenen Moorländereien. Über ein Spülgerüst, ein Aufnahmebecken, eine etwa 120 m lange Rohrleitung und eine anschließende offene Spülrinne wurde der flüssige Schlick den einzelnen Flächen zugeleitet, die zur Aufspeicherung des Schlicks vorher eingedeicht werden mußten (Abb. 3 sowie Abb. 4 bis 7).

Auf diese Weise sind in den Jahren 1929 bis 34 rd. 120 ha mit Schlick überspült und in fruchtbares ertragreiches Ackerland verwandelt worden.

Abgesehen hiervon konnten jedoch mit einer einzigen Ausnahme, bei der eine Aufspülung vom vorhandenen Spülgerüst aus möglich war, einzelne Privatleute nicht mit Schlick beliefert werden, weil sich für kleinere Flächen die Kosten durch die jeweils erforderliche Anlage eines Spülgerüsts mit Rohrleitung zu teuer stellten. Es sind daher seinerzeit lediglich noch einige zusammenhängende ertraglose Sandflächen der Kanalverwaltung in der Nähe der Hochdonner Brücke überspült worden, bei denen die Gesamtgröße und die zu erwartende Einnahmesteigerung aus Verpachtung die Aufwendung der Kosten für die Spülgerüstanlage zu rechtfertigen schienen. Diese Annahme hat sich durch die später tatsächlich erzielte bedeutende Erhöhung der Pachteinahmen bestätigt.

Die Kosten der Aufspülungsarbeiten erhöhen sich, zumal bei kleineren Vorhaben, wesentlich allein durch die Spülgerüstanlage, da die Kanalverwaltung sich im übrigen nur die ihr selbst durch die Vornahme der Aufspülungsarbeiten entstehenden Mehrkosten ersetzen läßt.

Die Rechnung stellt sich etwa wie folgt.

Die im Binnenhafen gebaggerten Schlickmengen mußten früher in den großen Saugbaggern der Kanalverwaltung, die je etwa 1100 m³ flüssigen Schlick fassen, durchgeschleust und in der Elbe verklappt werden. Nach langjährigen Erfahrungen ergab sich hierbei eine Durchschnittsleistung von vier Ladungen innerhalb der achtstündigen Betriebszeit. Aus den jährlichen Baraufwendungen errechnen sich die Ausgaben auf rd. 600 RM je Betriebstag des einzelnen Baggers, die Selbstkosten für Gewinnung und Beseitigung einer Baggerladung im Binnenhafen somit

auf rd. 150 RM. Soweit also die Aufspülungsflächen, wie es bei der großen Aufspülung für die Landschaft Süderdithmarschen bei Kudensee (Abb. 4 bis 7) der Fall war, so gelegen waren, daß die normale Betriebsleistung von vier Ladungen innerhalb der achtstündigen Schicht erreicht werden konnte, waren nur die Mehrkosten zu erstatten, die durch den Kohlenverbrauch infolge der Kreislarbeit zum Hochdrücken der Baggermassen gegenüber dem sonst üblichen Verklappen entstanden, wozu dann noch die anteiligen Kosten für Verzinsung und Amortisation oder für Aufbau, Entfernung und Wertminderung der Spülgerüstanlage sowie für besonders gestelltes Bedienungspersonal treten. Bei den großen Flächen, die bei der Kudenseer Aufspülung berücksichtigt werden konnten, wurden diese anteiligen Kosten so gering, daß der Landschaft

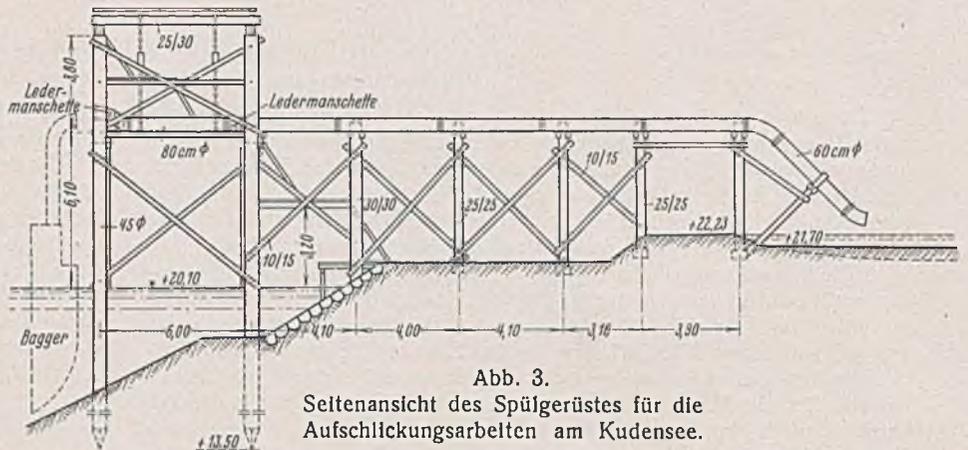


Abb. 3. Seitenansicht des Spülgerüsts für die Aufschlickungsarbeiten am Kudensee.

schließlich an Mehrkosten nur 14 RM je Ladung von 1100 m³ flüssigen Schlicks angerechnet zu werden brauchten. Aus zahlreichen Aufmaßen hat sich ergeben, daß eine Ladung von 1100 m³ flüssigen Schlicks im großen Durchschnitt eine Ausbeute von rd. 280 m³ erdfeuchtem Boden ergibt. Der Preis des aufgebrauchten Bodens stellt sich damit auf nur 5 Rpf/m³. Da ferner im allgemeinen eine mittlere Aufschlickungshöhe von 50 cm durchgeführt wird, ergeben sich die reinen Schlickkosten dort zu 250 RM/ha. Hierzu kommen allerdings noch die Kosten der vom Empfänger selbst aufzuwendenden Arbeiten für Eindeichung der einzelnen Flächen, Durchführung der Entwässerung und — soweit erforderlich — für Bau und

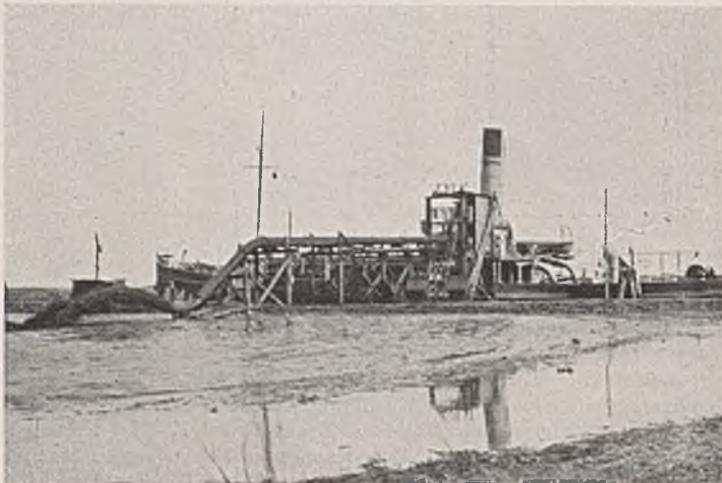


Abb. 4. Bagger am Spülgerüst Kudensee in Arbeit.



Abb. 5. Spülrohrauslauf am Spülbecken Kudensee.

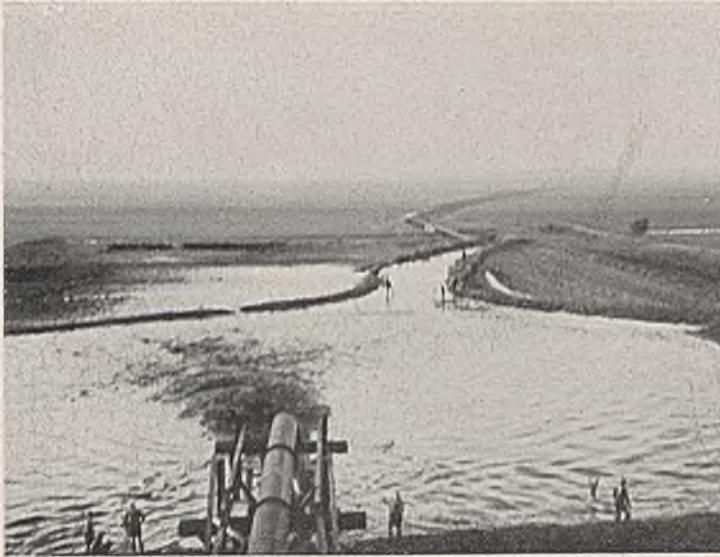


Abb. 6. Spülbecken Kudensee von oben während des Spülens.



Abb. 7. Spülbecken Kudensee von oben, nach Aufnahme einer Baggerladung.

Unterhaltung der Spülrinnen. Diese Kosten können je nach den örtlichen Verhältnissen stark schwanken. Es fällt hierbei auch sehr ins Gewicht, ob der einzelne Besitzer die Arbeit selbst ausführen kann oder ob er sich dazu bezahlte Kräfte annehmen muß. Bei der Landschaft Süderdithmarschen haben die Kosten im Durchschnitt etwa 700 bis 750 RM je ha überspülter Flächen betragen und damit die Gesamtkosten der fertigen Fläche auf rd. $250 + 750 = \text{rd. } 1000 \text{ RM}$ je ha gebracht.

Die Vorteile der Überspülung lagen und liegen klar auf der Hand und sind unbestritten. Der Landschaft Süderdithmarschen ist es z. B. möglich gewesen, Mehrpachten von etwa 150 RM/ha zu erzielen, wodurch eine sehr vorteilhafte Verzinsung der Gesamtaufwendungen erreicht wurde. (Die wirtschaftlichen Einzelheiten sind weiter unten behandelt.)

gerüstanlage nicht aufbringen konnte bzw. weil durch diese Kosten die Aufwendungen für die Aufschlickung je ha so hoch geworden wären, daß eine ausreichende Wirtschaftlichkeit sich nicht mehr erzielen ließ. Es ist natürlich versucht worden, einzelne dicht beieinander liegende Interessenten zusammenzuschließen oder zu entsprechenden Genossenschaftsbildungen anzuregen. Diese Versuche sind aber durchweg erfolglos geblieben, zumal auch in den meisten Fällen solche Höfe hätten mit einbezogen werden müssen, die in der Entschuldung lagen.

Es galt somit, ein Verfahren zu finden, das die Durchführung der Aufschlickungsarbeiten ohne die kostspielige Spülgerüstanlage ermöglichte.

Nach längeren Erwägungen und Versuchen ist dieses Verfahren durch Verwendung einer Spritzdüse gefunden, die es ermöglicht, den Schlick ohne Zwischenschaltung einer Spülgerüstanlage an den Verwendungsstellen unmittelbar vom Bagger aus über die Kanaldeiche hinwegzuspritzen.

Es handelt sich bei der Spritzdüse um ein etwa 6 m langes Rohr, das den Austrittsquerschnitt der Druckrohrleitung der großen Saugbagger von 700 mm auf 280 mm verjüngt (Abb. 8). Das Spritzrohr ist gelenkig an dem Spülrohr befestigt und kann bei Bedarf schnell herangeklappt und mit Klemmbügeln am Druckrohr befestigt werden. Im übrigen kann es so weit von dem Druckrohr abgeschwenkt werden, daß dieses Rohr nach wie vor auch bei Bedarf an den Spülgerüstanlagen angeschlossen werden kann. (Die Einzelheiten der Ausführungen ergeben sich aus Abb. 9 bis 12, die das Spritzrohr im hoch- und abgeklappten Zustande zeigen, sowie Abb. 13, die den Bagger in Spritzfähigkeit zeigt.) Der Betrieb spielt sich dabei in der Weise ab, daß der soweit als möglich an das Ufer herangefahrene Bagger die Vordertrosse ausbringt und sie durch ein oder zwei Hilfskräfte an Land an einem der in 100 m Abstand am Ufer vorhandenen Festmachepoller befestigen läßt, womit der Bug des Baggers gehalten wird. Die Festlegung des Hecks geschieht in sehr einfacher Weise durch Herablassen des Saugrüssels, wodurch eine durchaus feste und verlässliche Verankerung erreicht wird. Die Zeit, die zur Ausführung dieser beiden Maßnahmen erforderlich ist, genügt im allgemeinen, um auch die Spitzdüse anzuklappen und betriebsfertig zu befestigen, soweit nicht der Bagger bereits mit ausgelegter Düse gefahren ist, was jedoch nur bei geringem Schiffsverkehr zugelassen wird.

Sobald der Saugrüssel herabgelassen ist, wird sofort mit dem Überspritzen des Schlicks begonnen. Die reine Spritzzeit ist dabei naturgemäß etwas länger als die zum Herausspülen bei kurzer Rohrleitung erforderliche Zeit, da durch den engeren Querschnitt trotz höheren Druckes sekundlich nur etwas geringere Mengen gefördert werden können. Berücksichtigt man aber die bei dem Spülgerüstverfahren umständlicheren und zeitraubenderen Anlegemanöver (weil hier an das bestehende Spülgerüst fast mit Zentimetergenauigkeit herangefahren werden muß) sowie die hier unbedingt in den Zeitabschnitt des Spülvorganges hineinfallenden Aufenthalte durch die Verbindung und Lösung des Druckrohres mit bzw. von dem Spülgerüstrohr, so ergibt sich, daß die Gesamtzeiten des Spritzvorganges nicht wesentlich höher sind als die des Spülvorganges. Hierdurch wird —

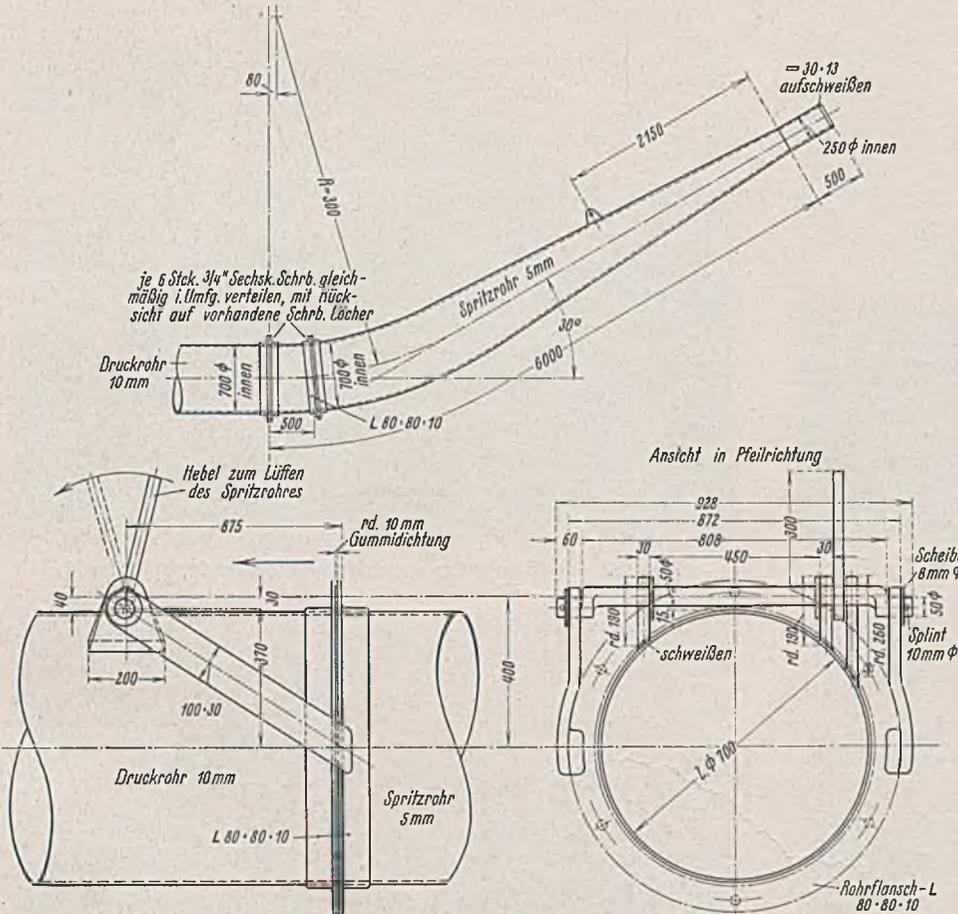


Abb. 8. Ausbildung der Spritzdüsen für die Saugbagger.

Nachdem damit der Beweis der wirtschaftlichen Durchführbarkeit erbracht war, war der Wunsch der Moorwiesen und sonstige ertraglose oder zu tief liegende Flächen besitzenden Landbevölkerung allgemein, auch der großen Vorteile einer Schlicküberspülung teilhaftig zu werden. An entsprechenden Anträgen hat es daher nicht gefehlt. Aber alle diese Versuche scheiterten an der Kostenfrage, weil der einzelne mit seinem kleinen für Überspülung in Betracht kommenden Besitz von im allgemeinen höchstens 10 ha und herunter bis unter 1 ha die Kosten der Spül-

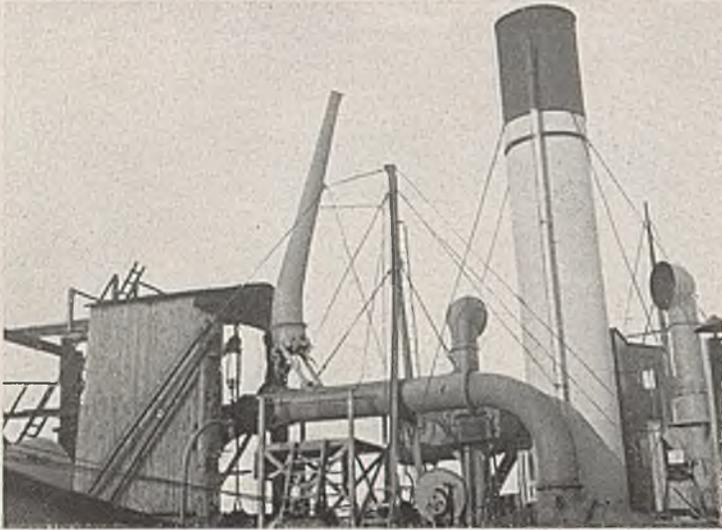


Abb. 9. Spülrohr hochgeklappt, Bagger am Spülgerüst.

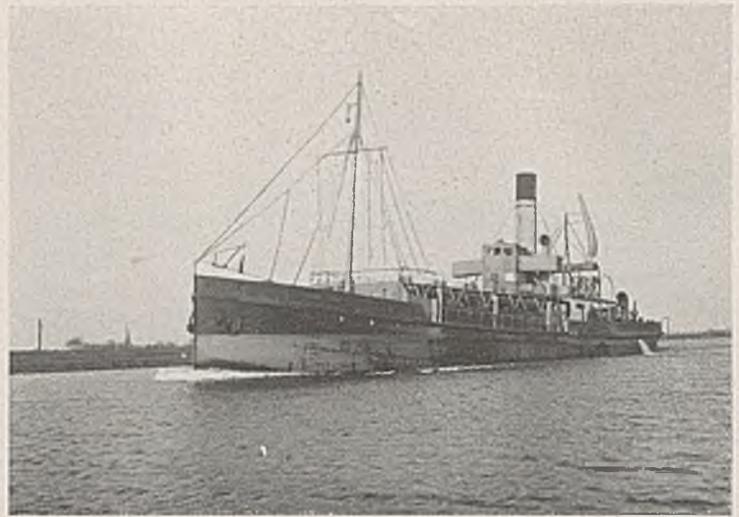


Abb. 10. Bagger mit hochgeklapptem Spülrohr von vorn.

von besonders gelagerten Flächen abgesehen — das Spritzverfahren infolge Wegfalls der Kostend er Spülgerüstanlage immer wirtschaftlicher sein als das Spülverfahren. Zur Vermeidung von Ausrissen in den Deichen, über die der Spritzstrahl hinweggeht, sowie von Auskolkungen an den Auftreffstellen hat sich der Einbau einfacher Schutzvorrichtungen aus Brettern, Schwarten, Wellblech od. dgl. als zweckmäßig erwiesen (Abb. 14).

Das Weiterleiten des Schllicks kann dann in genau gleicher Weise wie beim Spülverfahren geschehen, wenn vom Bagger aus nicht bis zur Verwendungsstelle hingedrückt, sondern in ein Aufnahme- und Ausgleichbecken (Abb. 14) hineingespült wird. Die Verwendung eines Ausgleichbeckens mit anschließendem offenem Schlickgraben ist immer dann möglich, wenn zwischen Auffangbecken und Spülflächen ausreichendes Gefälle vorhanden ist. Je größer das Gefälle ist, um so geringer sind die an

den Schlickrinnen (Abb. 15 u. 16) auszuführenden Reinigungsarbeiten. Das geringste Gefälle, das bei den Arbeiten der Kanalverwaltung bisher vorgekommen ist, betrug etwa 1:2000 bei den Aufschlickungen der Landschaft Süderdithmarschen, wo der Schlick auf Entfernungen bis zu 4 km gefördert werden mußte. Hier zeigte sich aber, daß jeweils nach 3 bis 4 Wochen die Rinne so stark verschlickt war, daß sie gereinigt werden mußte. Im Spritzverfahren können also alle die Flächen Schlick erhalten, die mit der Auffangfläche am Kanaldeich durch Gräben verbunden werden können, deren Gefälle möglichst nicht kleiner ist als 1:1000, in besonderen Fällen aber bis auf 1:2000 heruntergehen kann, wenn es wirtschaftlich vertretbar ist, die dann regelmäßig notwendigen Reinigungsarbeiten an den Schlickrinnen und die damit verbundenen Verzögerungen der Aufschlickungsarbeiten in Kauf zu nehmen.

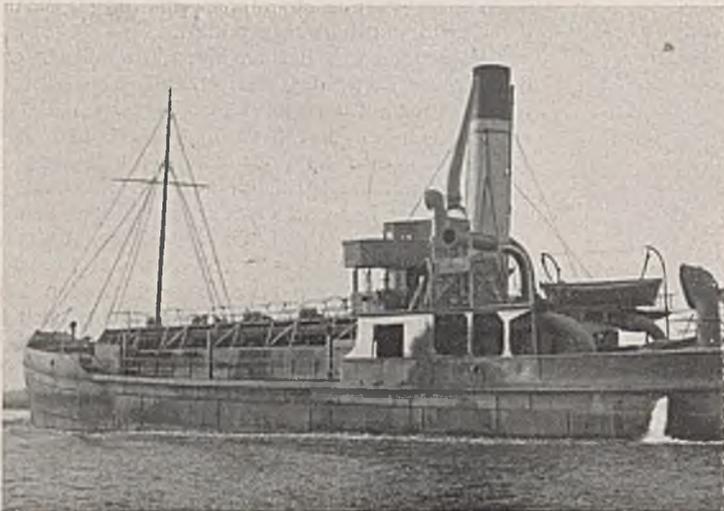


Abb. 11. Bagger mit hochgeklapptem Spülrohr von der Seite.



Abb. 12. Spülrohr im abgeklappten Zustande, spritzfertig.



Abb. 13. Bagger in Spritztätigkeit. Anfang des Spritzstrahles.



Abb. 13a. Bagger in Spritztätigkeit. Ende des Spritzstrahles.

Mit diesen Gefällen können bei hoch gelegenen Auffangflächen unter Umständen auch weit vom Kanal entfernte Felder erreicht werden, denn der Schlickstrahl beim Spritzverfahren kann auch in etwa 8 m Höhe über dem Kanalwasserspiegel (der zugleich etwa der mittleren Höhe der anschließenden Moorländereien entspricht) aufgefangen werden. Eine derartige Aufschlickung ist — allerdings ohne weitere Fortleitung — auf der Südseite des Kanals bei km 8,5 durchgeführt worden (Abb. 17 u. 18, wo das am Berg angesetzte Auffanggerüst zu erkennen ist).

Die Einführung des Spritzverfahrens hat die darauf gesetzten Erwartungen durchaus erfüllt. Die Anforderungen von seiten der Kanal-anlieger bis herunter zu kleinsten Besitzern sind schlagartig so gewachsen, daß die Verwaltung zur Zeit Mühe hat, alle Wünsche auch nur einigermaßen zu befriedigen, und daß für den im Binnenhafen anfallenden Schlick die Verwendung zur Bodenverbesserung restlos sichergestellt ist. Es ist jetzt nicht mehr nötig, schwierige Zusammenschlußverhandlungen zu führen, sondern jeder Besitzer, dessen Feld vom Kanal aus unmittelbar oder mit offener Spülrinne zu erreichen ist, kann seine Vereinbarungen ohne Zeitverlust mit der Kanalverwaltung tätigen.

Bei richtiger Einteilung wird dabei eine Inanspruchnahme der zu überschlickenden Felder nie auf länger als auf die Dauer eines Jahres erforderlich sein. Der Besitzer hat also im ungünstigsten Falle nur mit dem Ausfall eines einzigen Jahresertrages zu rechnen. In den meisten Fällen ist es aber möglich gewesen und wird es auch in Zukunft möglich sein — bei während des ganzen Jahres ununterbrochenen Aufspülungsarbeiten mindestens für etwa die Hälfte der in Frage kommenden Flächen —, auch diesen Verlust zu vermeiden und die Aufschlickung, wenn nicht ganz, so doch größtenteils zwischen zwei Fruchtfolgen durchzuführen, d. h. also mit der Aufspülung bzw. Aufspritzen erst nach der Ernte im August und September zu beginnen und die Fläche dann zur Frühjahrsbestellung im April oder Mai schon wieder trocken zur Verfügung zu stellen.

Bei größeren Flächen ist man zur Erreichung dieses Zieles auch so vorgegangen, daß jeweils nur ein so großer Teil zur Überschlickung bereitgestellt wurde, wie er mit Sicherheit noch vor Eintritt der Frostperiode

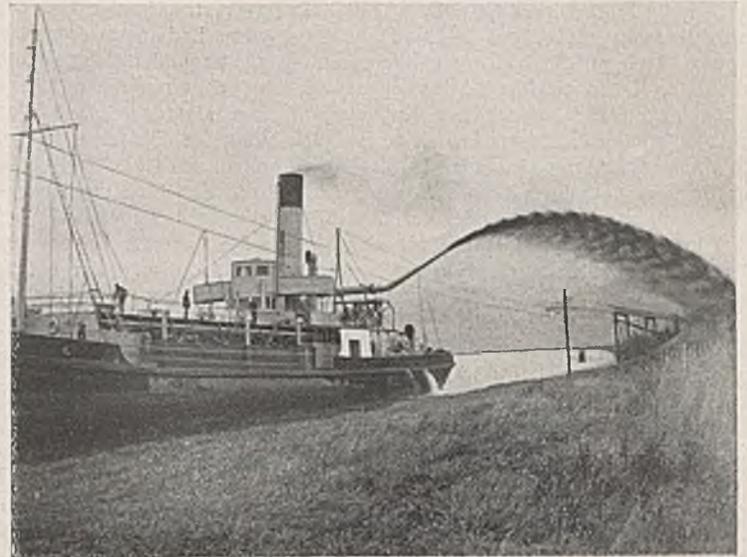


Abb. 17. Schlickbeförderung mit Spritzrohr auf hoch gelegene Ländereien mit Auffanggerüst, von der Seite gesehen.

überspült und entwässert werden konnte. Einigen Besitzern ist es dadurch ermöglicht worden, die Kosten der späteren Aufschlickungen dann sofort aus den Mehrerträgen der vorher überspülten Flächen zu bezahlen.

Hinsichtlich der Vergütung für die Schlicklieferungen ist daran festgehalten worden, daß sich die Kanalverwaltung im allgemeinen nur die ihr durch das Aufspülen bzw. Aufspritzen entstehenden Mehrkosten vergüten läßt. Eine sehr große Rolle bei den Mehrkosten spielt die jeweilige Entfernung vom Gewinnungspunkte der Schlickmassen, den Baggerstellen im Binnenhafen bis etwa km 4 des Kaiser-Wilhelms-Kanals (Abb. 2). Sobald



Abb. 14. Aufnahmebecken für den Schlickstrahl. Die Auftreffstellen sind mit Schwarten geschützt.

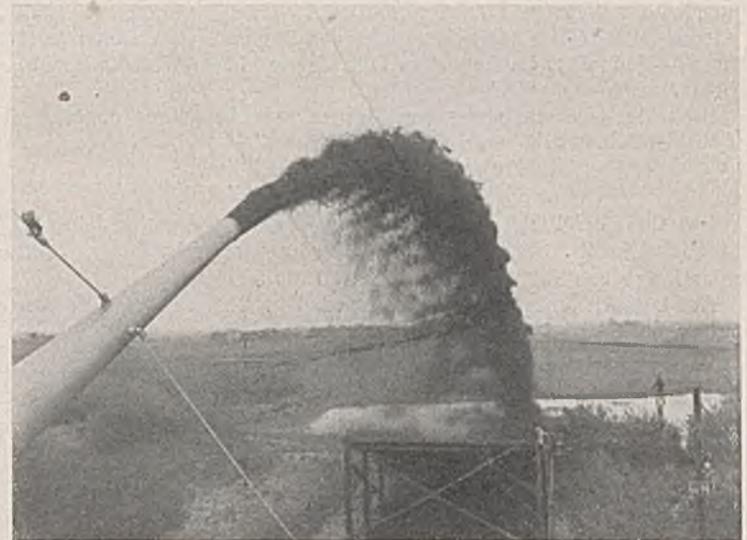


Abb. 18. Spritzarbeit am Auffanggerüst der hoch gelegenen Fläche vom Bagger aus gesehen.



Abb. 15. Schlickrinne mit Abzweigung vor Beginn der Arbeiten.



Abb. 16. Bagger in Spritztätigkeit. „Der Schlickstrom kommt.“

nämlich die Flächen so weit abliegen, daß die Bagger infolge der längeren Fahrzeit nicht mehr ihre Normleistung von vier Ladungen erreichen können, steigen die von den Interessenten zu tragenden Mehrkosten erheblich. Denn als Mehrkosten entstehen dann nicht nur die erhöhten Kohlenkosten usw. durch die Kreiselarbeit zum Herausbefördern des Schlicks, sondern auch der Ausfall an Baggerleistung, für die, wie erwähnt, die Kanalverwaltung sich mit rd. 150 RM/Ladung an den täglichen Kosten des Baggers beteiligen kann. Welchen Einfluß die Zunahme des Förderweges hat, möge ein Beispiel von Aufspülungsarbeiten zeigen, die bei etwa km 20 des Kanals ausgeführt werden, wo die äußerste Grenze für die wirtschaftliche Durchführung überhaupt liegen dürfte. Bei dieser Entfernung von den Baggerstellungen können die Saugbagger nur noch zwei Ladungen innerhalb der achtstündigen Schicht baggern, fördern und aufspülen. Da die Selbstkosten der Verwaltung für die Schlickentfernung im Binnenhafen sonst nur 150 RM/Ladung betragen, kann sie in diesem Falle von den täglichen Kosten des Baggers, die, wie erwähnt, rd. 600 RM ausmachen, auch nur $2 \times 150 \text{ RM} = 300 \text{ RM}$ tragen. Die restlichen rd. 300 RM müssen also vom Schlickempfänger übernommen werden. So kommt es, daß dort bei km 20 des Kanals für die Schlickladung nicht 14 RM wie bei km 8, sondern einschließlich der Kreisel- usw. Mehrkosten 168 RM je Ladung, das sind 60 Rpf je m^3 erdfeuchten Schlicks, zu zahlen sind. Da somit bei 50 cm Aufschlickung die reinen Schlickkosten bereits auf 3000 RM/ha kommen würden, muß dort durch gründlichere — u. U. auch recht kostspielige — Einebnung der zu überschlickenden Flächen versucht werden, mit einer Schlickhöhe von im Mittel nur etwa 25 bis 30 cm auszukommen, um die für den Schlick aufzuwendenden Kosten auf ein wirtschaftlich noch vertretbares Ausmaß zu beschränken.

Bei den zur Überschlickung gestellten Flächen handelt es sich größtenteils um geringwertige oder auch ganz ertraglose, mehr oder weniger saure Moorwiesen. Ihr Ertrag ist im allgemeinen danach zu bemessen, daß sie — als Viehweiden verwendet — Nahrung für ein bis zwei Stück Jungvieh/ha bieten. Das entspricht einem Geldwerte von 50 bis 100 RM/ha. Soweit es sich um bessere und etwas ertragreichere Wiesen handelt, werden sie nach Möglichkeit zur Heugewinnung ausgenutzt und liefern dann Heu im Werte von auch nur etwa 75 bis 100 RM/ha. Die Fälle, in denen sich höhere Heuerträge aus den Moorwiesen erzielen lassen, müssen — jedenfalls im fraglichen Gebiete am Kaiser-Wilhelm-Kanal — zu den Ausnahmen gerechnet werden.

Nach der Überschlickung sind bisher, von besonders ungünstigen Jahren abgesehen, folgende Erträge je ha ermittelt worden:

an Futterrüben 2500 bis 3000 Ztr.,
an Hafer 50 bis 70 Ztr.

Das sind, bei Preisen von nur 40 Rpf für die Rüben (im Jahre 1937 sind 60 Rpf je Ztr. bezahlt worden) und 8 RM für den Hafer, Brutto-Hektarerträge von 1000 bis 1200 bzw. 400 bis 560 RM.

Auf kürzlich fertiggestellten Flächen haben sich z. B. folgende Werte ergeben.

Erbhofbauer R.:

überschlickte Fläche = 4,6 ha,
bezahlte Schlickkosten = 840 RM,
Haferertrag = 290 Ztr. = 2320 RM.

Erbhofbauer Sch.:

überschlickte Fläche = 2,5 ha,
bezahlte Schlickkosten = 430 RM,
Haferertrag = 130 Ztr. = 1040 RM.

Hierbei ist zu berücksichtigen, daß beide Flächen zu früh, als sie noch nicht genügend abgetrocknet waren, eingesät worden sind und die ganze Wachzeit hindurch unter starken Regenfällen zu leiden hatten.

Es handelt sich hierbei um Bruttozahlen. Die Reinerträge liegen hierneben niedriger. Zum Überblick gebe ich eine Tabelle für dieselben beiden Flächen, in der alle tatsächlich entstandenen Baraufwendungen — ohne die Eigenleistungen der betreffenden Bauern — enthalten sind. Es ergibt sich danach in beiden Fällen ein Mehrertrag von rd. 200 RM/ha. Bei Rübenanbau ist dieser Mehrertrag noch größer.

Nach den bisherigen Erfahrungen ist in den ersten Jahren irgendeine Düngung nicht erforderlich. Wenn nun vielleicht auch anzunehmen ist, daß nach einigen Jahren die Erträge etwas zurückgehen werden, so ist doch der große wirtschaftliche Erfolg überzeugend.

Für die reichseigenen Pachtflächen der Kanalverwaltung hat sich zum Teil ein noch günstigeres Ergebnis gezeigt. Es handelt sich hier um früher so gut wie ertraglose magere Sandflächen, auf denen neben einigen Weiden kaum etwas wuchs, so daß für das Gesamtgebiet von rd. 17 ha früher nur eine Jahrespacht von insgesamt 50 RM erzielt werden konnte.

Jetzt, nach Durchführung der Überspülung sind dieselben Flächen für zusammen 4100 RM/Jahr verpachtet. Wenn nun auch zuzugeben ist, daß infolge des großen Bedarfs an Ackerland die Pachtsätze seinerzeit durch das gegenseitige Überbieten der Interessenten etwas hoch getrieben sind und nach Ablauf der ersten Pachtzeit bei Weiterverpachtung nicht ganz wieder erreicht werden, so wird doch auf die Dauer für die frag-

lichen Flächen immer noch mit einer Gesamtpacht von rd. 3500 RM gerechnet werden können, womit eine sehr vorteilhafte Verzinsung der für die Herrichtung und Überspülung der Flächen insgesamt aufgewendeten Kosten von rd. 30 000 RM erreicht sein dürfte. (Die örtlichen Verhältnisse lagen in dem stark welligen Gelände wesentlich ungünstiger als bei den vorerwähnten Mooregebieten, so daß dementsprechend auch die Herrichtungskosten je ha wesentlich höher wurden. Trotzdem ließ sich auch für diese hohen Kosten die ausreichende Verzinsung aus den Pachteinnahmen erzielen.)

Es dürfte von Interesse sein, auch die Auswirkungen vom gesamtwirtschaftlichen Standpunkte aus zu untersuchen.

Wie bereits vorstehend ausgeführt, können die Jahreserträge der unkultivierten Flächen im großen Durchschnitt nur zu etwa 75 RM/ha angenommen werden. Andererseits lassen sich auf richtig überschlickten und durch Überwinterung und Frost „reif“ gewordenen Böden Brutto-Erträge erzielen, die sich bei Rüben auf rd. 1000 bis 1200 RM und bei Hafer auf 400 bis 560 RM/ha belaufen. Die Reinerträge beim Haferanbau lagen in den aufgeführten Beispielen zwischen 300 und 400 RM und die Mehrerträge bei 200 RM/ha. In beiden Fällen handelte es sich aber um Flächen, die mit 100 bzw. 200 RM/ha auch schon vor der Überschlickung einen verhältnismäßig viel höheren Ertrag hatten als die Moor- oder Sandflächen, die sonst im allgemeinen zur Überschlickung kommen. Man wird daher den Mehrertrag bei Haferanbau unbedenklich zu 250 RM/ha annehmen können, zumal das Ergebnis beider untersuchten Flächen erheblich unter der Ungunst der Witterung zu leiden gehabt hatte. Berücksichtigt man beim Rübenanbau noch die höheren Bearbeitungskosten (Rübenziehen und Unkrautbeseitigung) und Abfuhrkosten infolge der größeren Mengen und Gewichte, so wird doch auch hierfür der neue Reinertrag, wenn man diese gesamten Bearbeitungskosten, die beim Haferfeld rd. 160 RM ausmachten, auf höchstens 400 RM/ha schätzt, mit 700 RM/ha nicht zu hoch gegriffen sein. — Für diese allgemein-volkswirtschaftliche Betrachtung darf es dabei keine Rolle spielen, ob der Bauer die geernteten Mengen auf den Markt bringt oder selbst verbraucht. Maßgebend muß sein allein der volkswirtschaftliche Wert des erzielten Gutes.

Zusammenstellung der Einnahmen und Aufwendungen

	Erbhofbauer Sch.	Erbhofbauer R.
I. Allgemeine Angaben		
Größe der Fläche	2,5 ha	5,1 ha
davon mit Hafer bestellt	2,2 ha	4,6 ha
	Teil abgedrosen	Rest Rüben
früherer Ertrag	260 RM (Pferdeweide)	15 St. Vieh je 50 RM = 750 RM + Luzerne 250 RM = 1000 RM
Einheit des alten Ertrages	rd. 100 RM/ha	rd. 200 RM/ha
Ertrag nach Überschlickung	130 Ztr. Hafer + 200 " Stroh	280 Ztr. Hafer + 400 " Stroh
Einheit des neuen Ertrages	52 Ztr. Hafer/ha + 80 " Stroh/ha	63 Ztr. Hafer/ha + 80 " Stroh/ha
II. Jährliche Aufwendungen		
Kosten der Einsaat	1240 Pfd. je 12 RM = 144 RM	2500 Pfd. je 8 RM = 200 RM
dsgl. für 1 ha	rd. 60 RM	rd. 40 RM
Kosten für Abmähen	70 RM	150 RM
dsgl. für Binden u. Hocken	30 RM	275 RM
dsgl. für Abfuhr u. Dreschen	175 RM	250 RM
gesamte jährliche Unkosten	144 + 275 = 420 RM	200 + 500 = 700 RM
jährliche Unkosten für 1 ha	170 RM	150 RM
III. Einmalige Aufwendungen		
Kosten der Schlicklieferung	430 RM	840 RM
dsgl. für 1 ha	172 RM	182 RM
IV. Einnahmen		
Erlös für Hafer	1040 RM	2320 RM
dsgl. für 1 ha	416 RM	504 RM
Erlös für Stroh	140 RM	270 RM
Gesamterlös	1180 RM	2590 RM
dsgl. für 1 ha	472 RM	565 RM
Reinertrag	1180 - 420 = 760 RM = 345 RM/ha	2590 - 700 = 1890 RM = 410 RM/ha
Mehrertrag	760 - 260 = 500 RM auf 2,2 ha = 226 RM/ha	1890 - 1000 = 890 RM auf 4,6 ha = 195 RM/ha

Man wird daher mit Berechtigung folgern können, daß der frühere Reinertrag, ohne Rücksicht auf etwaige Verzinsung des aufgewandten Kapitals für Herrichtung und Entwässerung der Flächen sowie Schlickbezug, sich durch die Überschlickung bei Haferanbau um etwa 250 RM/ha und bei Rübenanbau um 600 RM/ha erhöhen läßt¹⁾. Die gesamten Herrichtungskosten einschließlich Schlickkosten haben sich bei der Landschaft Süderdithmarschen, wie bereits angeführt, auf rd. 1000 RM je ha belaufen. Berücksichtigt man, daß bei den weiteren Überschlickungen die Bauern z. T. etwas höhere Schlickkosten bezahlen mußten, andererseits aber ihre eigene Arbeitskraft nicht voll in Ansatz zu bringen brauchten, da ja

¹⁾ Der neue Reinertrag ist gleich dem früheren Reinertrag + Erhöhung, also 700 RM = 100 + 600 RM.

zumeist verfügbare Freizeiten für die Arbeiten an den Schlickfeldern verwendet werden konnten und nur in geringem Umfang Baraufwendungen notwendig wurden, so dürfte man eher zu ungünstig als zu günstig rechnen, wenn man für den Normalfall die gesamten Gesteungskosten des saarfertigen Schlickfeldes mit 1100 bis 1200 RM/ha annimmt und dementsprechend die vom Mehrertrage abzusetzenden Zinsen mit etwa rd. 50 RM/ha. Dadurch ermäßigt sich der Mehrertrag beim Rübenanbau auf 550 RM und beim Haferanbau auf 200 RM/ha. Da ferner in etwas stärkerem Maße Rüben angebaut werden als Hafer, so dürfte man den wirklichen Verhältnissen sehr nahe kommen, wenn man den durch Überschlickung unter normalen Verhältnissen im großen Durchschnitt erzielbaren Mehrertrag zu 400 RM/ha ansetzt. Und dieser Wert dürfte daher mit großer Wahrscheinlichkeit der Untersuchung des gesamten volkswirtschaftlichen Ergebnisses zugrunde gelegt werden können.

Zur Verwertung von Überschlickungsarbeiten kommen und kamen in den letzten Jahren, wie eingangs angeführt, die im Binnenhafen im Ausmaße von $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Mill. anfallenden m^3 flüssigen Schlicks, das sind im Mittel etwa 600 Ladungen jährlich oder, da die Ladung im Mittel $280 m^3$ festen Schlick enthält, etwa 170 000 m^3 Schlick jährlich.

Mit dieser Masse können alle Jahre rd. 35 ha in ertragreichen Schlickboden verwandelt werden.

Der Volkswirtschaft wird dadurch eine jährliche Ertragsteigerung von $35 \times 400 = 14 000$ RM zugeführt, ein Betrag, der kapitalisiert einem jährlichen Zuwachswerte des Volksvermögens von etwa $\frac{1}{3}$ Mill. RM entspricht. Da von der Reichskanalverwaltung seit Beginn der Aufspülungsarbeiten in etwa 7 Jahren bis jetzt rd. 250 ha aufgeschlickt worden sind, kann somit die in dieser Zeit nebenbei erzielte Werterhöhung der Anbauflächen auf rd. 2 Mill. RM geschätzt werden.

Hierbei konnte allerdings, wie erwähnt, die zahlenmäßig nicht einwandfrei zu erfassende Eigenarbeit der beteiligten Bauern bei Herrichtung und Entwässerung der Rinnen, Deiche und Spülfelder, sowie bei Ackerbestellung und Ernte auf den aufgeschlickten Flächen wohl nicht überall voll berücksichtigt werden. Es ist daher ohne weiteres zuzugeben, daß ein überall verschiedener, größerer oder kleinerer Teil des ermittelten Mehrertrages von durchschnittlich 400 RM/ha diese nicht voll berücksichtigte, eigene Mehrarbeit der Eigentümer zur Voraussetzung hat und somit in gewissem Umfang als Entschädigung für Eigenarbeit betrachtet werden mußte.

Andererseits ist aber zu betonen, daß es durch die Aufschlickungsarbeiten der Kanalverwaltung überhaupt erst ermöglicht wurde, diese sonst mehr oder weniger brachliegenden zusätzlichen Arbeitsleistungen zur Wertsteigerung des Bodens heranzuziehen und einzusetzen.

Nicht in allen Fällen lassen sich sofort diese günstigen Ergebnisse erzielen. — Wenn es nicht gelingt, noch vor Einbruch des Frostes eine Schlickdecke in genügender Dicke aufzubringen und abzutrocknen, so kann es bei besonders tiefliegenden Flächen in den Mooregebieten vorkommen, daß sich bis zum Beginn der Saatperiode eine ausreichende Trockenlegung nicht erzielen läßt. Wenn dann noch ungünstige Witterungsverhältnisse eintreten, so trocknet nur oberflächlich eine dünne Schicht ab, während die darunterliegenden Teile breiig-flüssig bleiben. Es leuchtet ein, daß in solchen Fällen infolge der mangelnden Bodengare die Erträge später weit hinter den normalen Zahlen zurückbleiben. Dieser Fehlschlag wird aber im allgemeinen stets nur die Ernte eines Jahres treffen, da es — bisher jedenfalls — durchweg möglich gewesen ist, dann im folgenden Jahre die gewünschten Erfolge zu erzielen.

Durch die vorstehend erläuterten Arbeiten der Kanalverwaltung ist es bisher, wie erwähnt, leider nur möglich gewesen, die im Binnenhafen anfallenden Schlickmengen der Bodenverbesserung und landwirtschaftlichen Ertragssteigerung zuzuführen (Abb. 2).

Für die etwa sechsmal so großen Mengen im Vorhafen der alten und neuen Schleusen von Brunsbüttelkoog hat sich bis heute eine solche Verwendung im landeskulturellen Interesse noch nicht durchführen lassen, obwohl es an dahingehenden Überlegungen nicht gefehlt hat.

Nur vereinzelt — etwa ein- bis zweimal in der Woche — konnten von den aus dem Vorhafen zur Bekohlung in den Binnenhafen fahrenden Baggern solche „Eibladungen“ mitgenommen werden, die dann stets anschließend aufgespült bzw. aufgespitzt wurden.

Diese Eibladungen wurden und werden von den Interessenten stets gern aufgenommen, weil sie etwas „schwerer“ sind als die Kanalladungen, d. h. im allgemeinen etwas mehr feste Masse enthalten.

Eine Verwendung des in den Außenhäfen gebaggerten Schlicks zur Aufspülung bzw. Aufspritung in größerem Umfang ist aber nach dem im Binnenhafen üblichen Verfahren aus wirtschaftlichen und betrieblichen Gründen nicht möglich. Einmal würde der Schleusenbetrieb durch die vielen Baggerdurchfahrten empfindlich beeinträchtigt werden. Weiterhin würde die Baggerleistung im Vorhafen infolge der Zeitverluste durch Schleusen und Kanalfahrt so bedeutend sinken, daß entweder die doppelte Anzahl Bagger eingesetzt oder das ganze Jahr über mit Doppelschichten gearbeitet werden müßte, was sich schon allein wegen der erhöhten Havariegefahr bei Dunkelheit verbietet. Und endlich würden infolge der Notwendigkeit doppelten Baggereinsatzes für dieselbe

Baggerleistung die Schlickkosten so unverhältnismäßig steigen (die vollen Selbstkosten von zwei weiteren Baggern müßten darauf verrechnet werden), daß eine wirtschaftliche Verwendung zu Aufschlickungsarbeiten nicht mehr zu erzielen wäre.

Als einzige Möglichkeit bleibt daher, die Bagger im Vorhafen zu belassen und die Schlickbeförderung über ein im Vorhafen zu erbauendes Spülgerüst mit anschließender Rohrleitung oder offener Rinne durchzuführen. Als Aufnahmegebiet steht hierfür zunächst die Gesamtfläche der Averlak-Burg-Kudenseer Niederung zur Verfügung, in der sich auch die bereits von der Landschaft Süderdithmarschen überschlickten Flächen am Kudensee befinden (s. Abb. 2). Das Gesamtgebiet ist etwa 1800 ha groß. Da aus dem Schlickanfall des Brunsbüttelkooger Vorhafens etwa 200 ha im Jahre mit einer ausreichenden Schlickdecke versehen werden können, würde dieses Gebiet den gesamten Schlickanfall des Vorhafens für die Dauer von 9 bis 10 Jahren aufnehmen können. Allerdings würde der Schlick bis zu einer Entfernung von 20 km gefördert werden müssen.

Auf derartige Entfernungen sind Ausführungen von Schlicktransporten bisher nicht bekanntgeworden. — Der Aufspülungsplan bedarf daher — neben der Untersuchung der rein landeskulturellen sowie Entwässerungs- und Umlegungsfragen — zunächst der sorgfältigsten technischen Durcharbeit.

Es wird voraussichtlich möglich sein, das Baggergut zunächst von den Baggern auf eine gewisse Entfernung in ein hochgelegenes Ausgleich- und Aufnahmebecken zu drücken. Von dort müßte es unter Ausnutzung des vorhandenen Höhenunterschiedes entweder durch Rohrleitungen von großem Durchmesser oder offene Rinnen in freiem Gefälle weitergeleitet oder von dort aus durch besondere Pumpanlagen fortgedrückt werden.

Die Wahl des Transportverfahrens hängt von noch ausstehenden Versuchen und vergleichenden Wirtschaftlichkeitsberechnungen ab, die eingeleitet sind.

Die spätere Ausführung dieses großen Aufschlickungsplanes würde eine erhebliche Wert- und Ertragsteigerung der jetzt größtenteils wenig ertragreichen und sauren Moorwiesen der Averlak-Burg-Kudenseer Niederung bedeuten und damit nicht nur zum Vorteil aller beteiligten Besitzer dienen, sondern auch im Interesse des Vierjahresplanes und der Erzeugungsschlacht liegen.

Wenn so die Überschlickung zur landwirtschaftlichen Ertragsteigerung und Gesundung schwer kämpfender bäuerlicher Betriebe führen kann, so ist es bedauerlich, daß gerade die ärmsten Bauern, die die Verbesserung ihrer Ländereien am nötigsten hätten, oft aus Geldmangel einfach nicht in der Lage sind, die Überschlickung, deren unstreitbare Vorteile ihnen ohne weiteres einleuchten, überhaupt oder in ausreichendem Umfang durchzuführen, weil sie selbst die geringen Schlickkosten nicht aufbringen können und als Erbhofbauer auch nicht die Möglichkeit haben, selbst für Vorhaben, deren große Rentabilität offen klarliegt, Darlehen aufzunehmen.

Für Durchführung von Meliorationen, Verwandlungen von Weiden in Ackerland u. dgl. können regierungseitig Beihilfen gegeben werden. Für Überschlickungsarbeiten trotz ihres wesentlich höheren Erfolges sind aber — wohl weil derartige Arbeiten noch nicht genügend bekannt sind — bisher irgendwelche Beihilfen oder Unterstützungen nicht zu erlangen gewesen. Es wäre in hohem Grade wünschenswert, wenn die für die Bewilligung von Beihilfen zuständigen Stellen auch die Überschlickungsarbeiten in den Kreis der behilffsfähigen Bodenverbesserungsarbeiten aufnehmen würden. Sie würden manchem schwer ringenden Bauern, besonders in den armen Mooregebieten eine wesentliche Erleichterung bringen und zu einer sofort fühlbar werdenden Ertragsteigerung beitragen können im Interesse des einzelnen und im Interesse der Gesamtheit.

Nach Beendigung der vorstehenden Abhandlung wird bekannt, daß Förderungsmaßnahmen für Schlickgewinnung und Schlickverwertung des Reichs- u. Preußischen Ministeriums für Ernährung und Landwirtschaft, die bisher nur im Reg.-Bezirk Aurich und in Oldenburg durchgeführt wurden, nun auch für Schleswig-Holstein zugelassen sind. Ein entsprechender Runderlaß ist bereits den in Frage kommenden Stellen zugegangen.

Leider läßt sich aber das in Aurich und Oldenburg angewandte Beihilfungsverfahren nicht ohne weiteres auf die Verhältnisse am Kaiser-Wilhelm-Kanal übertragen, weil dort die Aufschlickungsarbeiten grundsätzlich anders gelagert sind.

Es werden in Aurich und Oldenburg Beihilfen bis zu 2,50 RM je m^3 aufgebrauchten stichfesten Schlick gegeben.

Diese Förderung geht davon aus, daß dort der Schlick in getrocknetem Zustande meist ziemlich weit über Land befördert werden muß, um dann in wenigen Zentimetern Dicke ausgestreut und untergepflügt zu werden. Für 1 ha werden daher nur etwa 100 bis 150 m^3 benötigt, so daß die Beihilfen etwa 250 bis 375 RM/ha erfordern. Infolge des Landtransports stellen sich die Schlickkosten ziemlich hoch.

Bei den Aufschlickungsarbeiten am Kaiser-Wilhelm-Kanal, wo im Mittel eine rd. 0,5 m dicke Schlickdecke meist mehr oder weniger unmittelbar aufgespült wird, kommen dagegen Schlickmengen von durchschnittlich 5000 m^3 je ha in Betracht. Dafür sind aber in Schleswig-

1000 ha = 10 km². Die Entstehung der Sümpfe ist wohl geologisch darauf zurückzuführen, daß die sehr geschieberelchen Flüsse, die vom Olymp herunterkommen, eine alte Meeresbucht allmählich auffüllten und ihre Geschiebe dabei immer mehr nach Norden vorschoben. Den weiter östlich in die Bucht oder in die Ebene sich ergießenden Bächen wurde dabei der Abfluß abgesperrt oder wenigstens erschwert, und so bildeten sich die Sümpfe.

Zur Trockenlegung der Sümpfe wurden die in sie einmündenden und sich in ihnen verlierenden Bäche soweit als möglich oberhalb der Einmündung in die Sümpfe abgefangen und mit möglichst großem Gefälle seitlich von ihnen abgeführt. Durch das größere Gefälle wird v vergrößert und damit $F = Q : v$ verkleinert, also die Menge des Bodenaushubs vermindert. Selbstverständlich wurde aber dafür gesorgt, daß die zulässige Geschwindigkeit nicht überschritten wurde. Da es sich um Entwässerungskanäle handelt, mußte HHW unterhalb der Geländelinie bleiben, so daß, anders als bei Hochwasserkanälen, der volle Abflußquerschnitt durch Bodenaushub gewonnen werden mußte. Der Entwässerung dienten zwei Kanäle: Der sogenannte Südkanal (s. Lageplan u. Abb. 2) führt das aus dem Gölbach-See kommende Wasser südlich an der Sumpfniederung vorbei. Er nimmt außer dem Gölbach und dem Karapinar in seinen verschiedenen Verästelungen alle kleinen Rinnsale von Süden her auf.



Abb. 2. Südkanal zur Entwässerung der Sümpfe. Rechts hinten: Ehemalige Sumpfflächen.

Einen ähnlichen Sammler auf der Nordseite der Sümpfe durchzuführen, um die von Norden kommenden Wasserläufe abzufangen, war der Gelände-Verhältnisse wegen (steiler, felsiger Hang) nicht möglich. Der zweite Entwässerungskanal zieht sich deshalb in der Mitte der Sümpfe hin. Seiner Bedeutung entsprechend wurde er als Hauptkanal bezeichnet. Mit seinem oberen Ende schließt er an das Bett des Narlidere an, dessen Wasser also — unvermeidlicherweise — mit durch das Sumpfgelände geführt wird. Bei der Schmalheit des Sumpfstreifens hat es der Anlegung von Zuführungskanälen, wie der Erfolg zeigt, i. a. nicht bedurft. Nur in der großen östlichen Sumpffläche war ein solcher nötig. Außer-



Abb. 3. Hauptkanal zur Entwässerung der Sümpfe.

dem wurde ein Stichkanal zur Austrocknung des kleinen Dudaklumpfes angelegt. An einigen Stellen der Kanäle wurden Absperrschützen ausgeführt, und in fast alle Brücken sind Dammbalkennuten eingebaut, damit man im Bedarfsfalle gewisse Kanalabschnitte, soweit das der natürliche Zufluß gestattet, trockenlegen kann.

Der Hauptkanal vom Narlidere an bis zur Mündung in den Delitschal ist 16 km lang, der Südkanal vom Ende des Gölbachside bis zur Mündung in den Delitschal hat 11 km Länge. Die Kanäle sind zur Erzielung eines möglichst großen Gefälles ziemlich gerade geführt (s. Abb. 2). Sie haben Trapezprofile. Ein regelrechtes Andecken oberhalb des Normalwasserstandes mit Rasenkuchen oder eine Bekleidung mit gutem Boden und Ansäen der Böschungen wäre sehr erwünscht gewesen, konnte aber nicht durchgeführt werden. Man erwartet ein Bewachsen ohne besonderes Zutun.

Die erwartete Wirkung dieser Kanäle und der Abfangung der Zuflüsse von Süden her ist in vollem Maße eingetreten. Das ehemalige Sumpfgelände, in dem vorher die Wasserbüffel tief im Schlamm lagen, ist jetzt schon zum größten Teil unter den Pflug genommen (Abb. 3). Wie gewöhnlich ist auch hier mit einer Entwässerung auch die Notwendigkeit einer Bewässerung verbunden. Für das nötige Bewässerungsnetz hat der frühere holländische Sachverständige noch grundsätzliche Vorschläge hinterlassen. Um nicht an vielen Stellen kostspielige Absperrbauwerke in die Entwässerungskanäle einbauen zu müssen, die das Wasser in die Bewässerungskanäle hätten bringen sollen, hat er vorgeschlagen, nur etwa am Kopfe des Südkanals ein solches Bauwerk anzubringen und dann aus einem kleinprofiligen besonderen Bewässerungskanal das südlich vom Südkanal gelegene, und aus einem zweiten, rechts abzweigenden Bewässerungskanal das zwischen Südkanal und Hauptkanal gelegene Gelände zu bewässern. Vorläufig sind diese Bewässerungsanlagen noch nicht im einzelnen bearbeitet.

3. Die Regelung der kleineren Flüsse.

Eine Regelung auch der kleineren Flüsse war nötig, weil sie wertvolles Kulturland durch Ausuferungen, Überschwemmungen, Verschotterungen, Abrisse, Bettverlegungen usw. verwüsteten.

Die wichtigeren und gefährlicheren der Flüsse sind die von Süden kommenden. Sie sind im Olympgebirge, das sich unmittelbar neben der Brussa-Ebene erhebt, Wildbäche mit sehr großem Gefälle und im Frühjahr großer Wassermenge. Aus dem Gebirge bringen sie reichlich Gerölle und Geschiebe mit, die, wie gewöhnlich, weniger dem gegenwärtigen Abriß vom Gestein entstammen mögen, als den Ablagerungen aus früheren Zeiten, die von den Bächen angenagt und abgetragen werden. Im Osten beginnend, ist hier zuerst der Aksu zu nennen, der aus einem etwa 50 km² großen bergigen Einzugsgebiet in einem anmutigen Tal steil herabkommt und normalerweise in einem künstlichen Bett in den Gölbach-See fließt. Bei größeren Fluten ist dieser Wildbach auf seinem Schuttkegel, den er weit in die Ebene vorgeschoben hat (vgl. die Karte), breit nach Nordwesten zu in die Ebene eingeflossen. An vielen frischen Schotterablagerungen sieht man, daß dieser Weg auch in neuerer Zeit noch oft eingeschlagen worden ist.

Dieser Bach war mühselig in ein schmales Bett gedrängt, und wie erwähnt, am Ausgange des Tales von seinem natürlichen Laufe nach Osten abgelenkt worden. Die baulichen Vorkehrungen waren unzulänglich, und so brach der Damm oder die flankierende Mauer bald hier, bald da, wenn der Bach im Frühjahr Hochwasser führte. Bei etwa 50 km² Einzugsgebiet mag das normale Hochwasser meist nicht über 18 m³/sek hinausgehen. Es mögen aber auch in außergewöhnlichen Fällen kurze Hochwasserspitzen von über 100 m³/sek erreicht werden können. Auf solche konnte der Ausbau jedoch nicht erstreckt werden. Wir haben etwa 1,5 km oberhalb des Talaustrages einen Flügeldamm schräg durch das Tal gezogen, der an den einen Hang anschließt und das Hochwasser auf das am anderen Hange hinlaufende Bett des Aksu hinleitet, jedenfalls aber das Gelände unterhalb des Dammes vor Überströmung schützt. Dieser Flügeldamm wurde dann als Längsdamm entlang dem Bachbett hingeführt bis an die Kreuzung mit der Staatsstraße Brussa—Yenişehir. Dort, am Ausgange des Tales, wurde eine Eisenbetonbrücke mit weiter Durchflußöffnung geschaffen. Die ganze wasserseitige Böschung des Flügel- und Längsdammes wurde mit kräftigem Bruchsteinpflaster geschützt, das genügend tief unter die Bachsohle hinabgreift, und dessen Fuß mit Bruchsteinen überschüttet ist.

Unterhalb der Brücke ist der Lauf des Baches auf dem Böschungskegel hinab in den Stausee geleitet worden. Das Bett ist mit Sohlenpflaster, Dammböschungspflaster und Abschlußschwelle mit Stein-Drahtgewebe-Körpern gesichert.

Für normale Hochwasser ist der Ausbau genügend, bei sehr großen Hochwassern werden Beschädigungen nicht zu vermeiden sein. Da diese Hochwasserspitzen aber immer nur kurze Zeit anhalten, werden sich die Zerstörungen nicht so weit fortsetzen, daß es wieder zu Flußausbrüchen kommt, sofern die nötigen Instandhaltungsarbeiten ausgeführt werden. Weitergehende Sicherungen am Aksu vorzunehmen, die jede Beschädigung der Ufer und der Sohle ausschlossen, wäre wirtschaftlich nicht zu rechtfertigen gewesen.

Auf den Aksu folgt westwärts der Karapınar, ein harmloser Bach, der in nie versiegenden Quellen in der Ebene selbst entspringt, also kein Wildbach ist und nur deshalb der Verbesserung bedurfte, weil er auf dem Wege über ein primitives Bewässerungsnetz große Flächen unter Wasser setzte und Wege ungangbar machte, besonders aber weil er in die Sümpfe einmündete, die trockengelegt werden mußten. Dieser Bach wurde in den Südkanal eingebunden.

Ein echter Wildbach mit bedeutenden Frühjahrswassermengen ist dagegen der westwärts folgende Delitschai. Er kommt aus dem östlichen Teile des Olympgebirges heraus, durchströmt die Ebene in nordwestlicher Richtung und kreuzt die Straße Brussa—Yenişehir in mehreren Armen. Es sind wilde, mit weißem, rundem Grobschotter und Gerölle bedeckte breite Abflußstreifen, die manchmal tief in die erdig-kiesigen Bodenmassen eingeschnitten sind, streckenweise auch fast ohne Einschnitt im Gelände hinlaufen, nur manchmal von behelfmäßigen Dämmen unzulänglich geschützt. Hier war es nötig, geregelte Abflußquerschnitte mit mäßiger Abflußgeschwindigkeit und demgemäß richtigem Verhältnis von R und J auszubauen. Zum Schutze gegen weitere Verwilderung ist eine Geröllzurückhaltung erforderlich. Der Verfasser hat hierfür, da an eine ausreichende Wildbachverbauung in absehbarer Zeit nicht zu denken ist, eine Geröllfanganlage oberhalb der Staatsstraße Brussa—Yenişehir vorgeschlagen.



Abb. 4. Ausgebesserte Brücke über den geregelten Delitschai.

Nach dem von anderer Seite hierfür aufgestellten Entwurf war der Delitschai vorläufig erst von dem Dorfe Samanlıköy ab ausgebaut worden (Abb. 4). In diesem Entwurf waren die Böschungen zu steil und die Kurven durch zu weit gehende Anpassung an den alten Verlauf des Flusses zu scharf gewählt. Die darauf zurückzuführenden erheblichen Uferzerstörungen wurden später durch Achsverbesserungen und Uferschutz mittels Pflasterungen u. dgl. behoben. Auf den später ausgeführten Strecken wurden nach Angaben des Verfassers von Haus aus flachere Böschungen und sanftere Krümmungen angewendet.

Die jetzt ausgebaute Strecke von Samanlıköy bis zur Einmündung in den Nilufer ist etwa 7 km lang.

Bei Panayırköy wurde eine neue Brücke in Eisenbeton ausgeführt. Die alte I-Balkenbrücke bei Samanlıköy wurde gründlich ausgebessert.

$3\frac{1}{2}$ km westlich des Delitschai kreuzt der Kaplıkaya die Staatsstraße Brussa—Yenişehir in mehreren Armen. Das Bild des Flusses ist etwa das gleiche wie beim Delitschai. Aus dem Gebirge sieht man diesen wilden Fluß wie aus einem Tor herausbrechen, und wie auf einer Gleitbahn strömt er auf seinem Schuttkegel herab. Der augenblickliche Lauf streicht von Westen nach Osten am Gebirge hin. Wenn dieser nicht durch geeignete Flußbett-Umgestaltung tief in den Kegel eingeschnitten wird, ist es sicher, daß er in absehbarer Zeit eine andere Mantellinie dieses Kegels als Wasserlauf ausbilden wird. Vom Fuße des Schuttkegels fließt der Kaplıkaya fast genau nach Norden auf die Staatsstraße zu. Hier ist flußbaulich — von wertlosen Behelfsmaßnahmen abgesehen — nichts getan. Ebenso auf der Strecke unterhalb der Staatsstraße bis zur Mündung in den Delitschai. Für den Kaplıkaya hat der Verfasser die gleichen Vorschläge gemacht wie für den Delitschai-Oberlauf, nämlich ein weites Geröllfangbecken oberhalb der Staatsstraße und anschließend profilmäßigen Ausbau bis zur Einmündung in den Delitschai. Der Balıklıdere, westlich des Kaplıkaya, ist diesem durchaus ähnlich. Für ihn gelten deshalb auch die gleichen Verbesserungsvorschläge.

Der Gökdere, der die Stadt Brussa mitten durchfließt, ist noch viel dringender als die anderen Flüsse einer gründlichen Verbesserung bedürftig. Er kommt ebenfalls aus dem Olympgebirge. In die in früheren Zeiträumen entstandenen Ablagerungen der Terrasse, auf der die Stadt Brussa erbaut ist, hat er sich so tief eingeschnitten, daß die Massen, wahrscheinlich durch gute Schmierung auf dem darunterliegenden Felsen oder auf zwischengelagerten Tonschichten unaufhaltsam in die tiefe Rinne des Flusses rutschen und durch das Wasser des Gökdere fortgetragen werden. Es sind bereits zahlreiche Häuser am Einstürzen.

Hier hilft unserer Meinung nach nur eine Auffüllung des tiefen Tales. Das wird am besten mit Hilfe von Stein-Drahtgewebe-Körpern geschehen.

Am Ausgange des jetzigen Flußeinschnittes, also kurz oberhalb der Staatsstraße, wird man eine Reihe von Gefällstufen zur Überwindung des Höhenunterschiedes einbauen müssen. Von der Straße bis zum Delitschai bedarf der Gökdere nur des Ausbaues eines geregelten Profils in wohl erwogenen Maßverhältnissen.

Zur Abfangung der Gerölle wird für einige Zeit die Wirkung der Stein-Drahtgeflecht-Sperren unter Auffüllung des tiefen Tales genügen. Wenn dies erreicht ist, wird man nach dem Gebirge hin Rückhalteanlagen errichten und die Hänge gegen Abspülungen sichern müssen (Schutz der Böschungsfüße).

Die Flüsse oder Bäche, die von Norden kommen, sind im wesentlichen der Narlıdere im Osten und der Kelesen im Westen der Brussa-Ebene.

Der Narlıdere (Granatapfel-Bach) kommt aus einem anmutigen Gebirgstale, mit einer kleinen im Sommer fast ganz verschwindenden Wassermenge heraus. Nur im Frühjahr schwillt er stark an. Nach seinem Austritt in die Ebene schwenkt er schroff nach Westen um. Sein Gefälle ist auch hier noch ziemlich bedeutend. Man konnte den Bach also nur mit sehr geringem Profilradius (R) dort fließen lassen, wenn man nicht $v = c \sqrt{R} \sqrt{J}$ allzu groß werden lassen wollte. Kleine Tiefe (oder kleiner Profilradius) macht große Breite nötig. Es ist aber immer unerwünscht, ein sehr kleines Mittel- und Niedrigwasser in einem breiten Bett abzuführen, also hin- und herpendeln zu lassen. Das Einbauen einer Niedrigwasserrinne würde jedoch die Ursache zu einer Vergrößerung des Profilradius R und damit der Geschwindigkeit v sein. Der Verfasser hat deshalb das z. B. auch bei der Flutrinne Glauchau angewandte Prinzip hier wieder angewendet und für die über 1 m^3 hinausgehenden Wassermengen ein besonderes Hochflutbett geplant. Dieses wurde für nur 35 cm Wassertiefe ausgeführt. Die breite, ebene Sohle soll begrünen und kann fast das ganze Jahr hindurch in Furten ohne Brücken überschritten werden. An der auf der Karte deutlich hervortretenden scharfen Ecke des Narlıdere wird das Teilungsbauwerk erbaut: Ein Eisenbetondurchlaß mit Tauchwand und (für besondere Fälle) hölzernem Senkschutz, steht am Anfange des Kleinwasserbettes; eine Betonschwelle sperrt den Einlauf in das Flutbett ab, die bei einer gewissen Wassermenge ohne Zutun überströmt wird. Die Abmessungen des Durchlasses einerseits und die Länge und die Höhenlage der Betonschwelle andererseits führen eine Teilung der Wassermenge nach vorausbestimmtem Verhältnis herbei.

Erst dort, wo das Gefälle des Narlıdere geringer wird und die Anwendung größerer Wassertiefen unbedenklich ist, wird das Flutbett mit dem Kleinwasserbett wieder vereinigt. Der weitere Verlauf des Narlıdere führt dann in das Sumpfigebiet und durch dieses hindurch und trägt die Bezeichnung Hauptkanal, der oben schon erwähnt wurde.

Der Kelesen ist bereits 1932 nach früheren Entwürfen umgelegt und umgebaut worden. Leider war dort trotz des weichen Bodens ein Böschungsverhältnis 1 : 1 angewendet worden, so daß bei Hochwasser und $v = 2 \text{ m/sec}$ erhebliche Uferbeschädigungen und Bachverschüttungen eingetreten sind.

4. Die Arbeiten am Niluferfluß.

Der bedeutendste der aus dem Olympgebirge kommenden Flüsse ist der Nilufer. Die Brussa-Ebene berührt er nur im Westen, nachdem er unterhalb Misköy die Talschluchten verlassen hat. Er führt Geschiebe und Gerölle verschiedener Korngröße. Bei kleinen Hochwassern werden feinere Kiese, in ruhigeren Nebenströmungen auch Sand abgesetzt. Bei großem Hochwasser werden diese Stoffe an vielen Stellen wieder abgeschwemmt, dafür aber grobe Gerölle abgelagert. Auf lange Strecken hat der Nilufer, weit ausgebreitet und verästelt, sein Bett durch Geschiebeablagerung immer mehr aufgelandet. Man hat sich durch unzulängliche Dämme geschützt, und so ist der Fluß bald hier, bald da ausgebrochen, oft nur in Rinnsalen, und hat auch seitlich Geschiebe abgesetzt. So ist das aus den Schichtenlinien des Planes erkennbare Bild entstanden, das erkennen läßt, daß der Nilufer auf einem Geländerücken hinfloß.

Das war natürlich eine bedrohliche Lage, und es kamen häufig verwüstende Ausbrüche vor. Unter diesen Verhältnissen mußte für den neuen Nilufer ein neues Bett geschaffen werden. Es konnte auch nicht neben dem alten hingeführt werden, weil das Gefälle viel zu stark war.

Vor allem mußte die Geschiebebewegung aufgehoben werden, die je nach dem Grade der Wasserführung Ablagerungen bildete oder Abbrüche verursachte. Ein Beharrungszustand wird hier erreicht, wenn die Geschiebe ferngehalten werden. Dann werden zwar bei Hochwasser die feineren Massen des Flußbettes anfangs abgetragen, die gröberen Kiese werden aber liegenbleiben und eine schützende Auskleidung bilden.

Die Regelung des Nilufer erstreckt sich auf eine Länge von 10 km. Sie beginnt mit dem Geröllfangbecken unterhalb des Austrittes des Flusses aus dem Gebirge und endet bei der Wiedereinmündung des Niluferkanals in das alte Flußbett. Nachdem der Bau der durchaus unwirtschaftlichen Talsperre bei Sarıkaya fallengelassen war, mußte zur Zurückhaltung der Geschiebe irgendeine wirksame Maßnahme getroffen werden. Da Aufforstung und Wildbachverbauungen viele Jahre in Anspruch genommen, dann eine sehr sorgsame Unterhaltung gefordert und vielleicht auch nur beschränkter Erfolg in der Verminderung der Geschiebeführung

gehabt hätten, wurde eine große Geröllfanganlage (Abb. 1 ganz links unten) geschaffen, wie sie der Verfasser auch für die anderen Gebirgsflüsse (siehe oben) vorgeschlagen hat.

Durch zwei lange Dämme, der linke langs des Nilufer, der rechte schräg die Niederung durchquerend und an die hochwasserfreie Flanke anschließend, wurde ein Becken von etwa 600 000 m³ Fassungsraum geschaffen, das durch ein Wehr in Halbkreisform abgesperrt wird. (An dieses Wehr schließen die Dämme an, Abb. 5.) Die zwei Quadranten des Halbkreiswehres sind aus Betonwehrmauern gebildet. Zwischen diesen beiden Viertelkreisen liegt ein Schützenwehr, das nur bei Niedrigwasser geöffnet wird.

Die über den Rücken der festen Wehre und der Schützentafel stürzenden Wassermassen fallen konzentrisch in einen Toskessel (Abb. 5) und strömen aus diesem unter einer zweifeldrigen Eisenbetonstraßenbrücke (der neuen Mihrapli-Brücke) in etwa nördlicher Richtung ab. Die alte Mihrapli-Brücke ist abgebrochen worden. Sie bestand zum Teil aus einer Spitzbogenfolge, zum Teil aus Walzprofilträgern und konnte ohne Bedenken beseitigt werden.

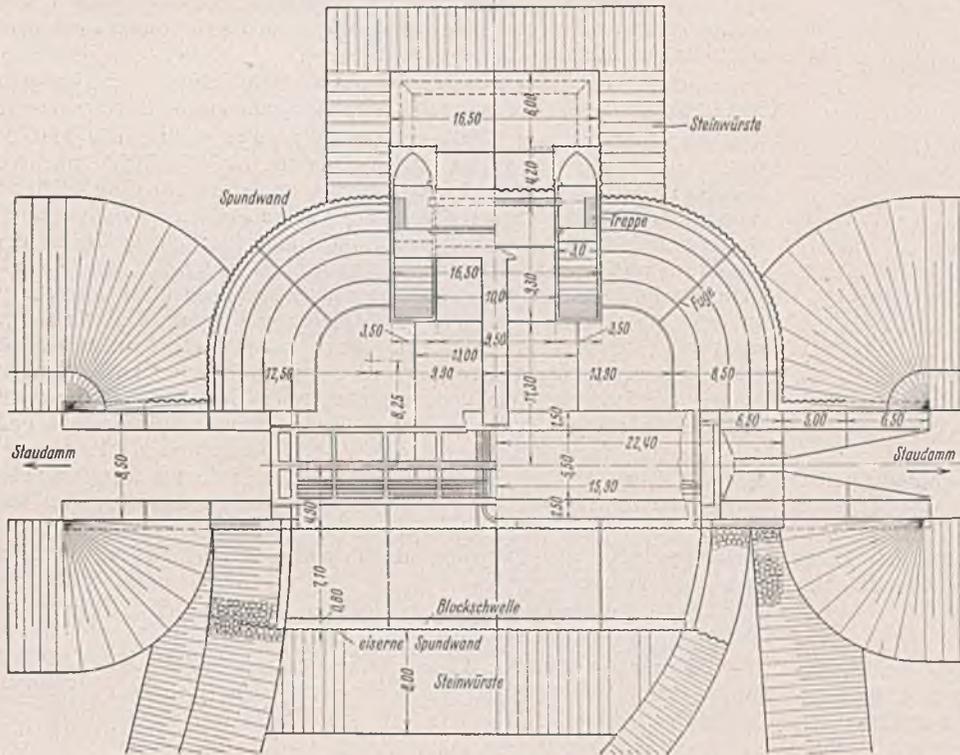


Abb. 5. Halbkreiswehr des Geröllfangbeckens.

Wenn das Wehrschütz geschlossen ist, werden sich die Sande und Kiese des Nilufer in das Becken absetzen. Nach Maßgabe der Verlandung des Beckens werden in die Gleitnuten der Wehrpfeiler nach und nach Eisenbetonbalken eingebaut, so daß schließlich auch das Schützenwehr auf diese Weise in ein festes umgewandelt wird. Endzustand wird nach Jahrzehnten sein: ein mit aufgefangenen Sanden und Kiesen aufgefülltes Becken, dessen Sohle bündig an die Wehrkrone anschließt und mit natürlichem Gefälle flußaufwärts ansteigt. Die Krone der Erddämme ist höher als die Wehrkrone, und so ist auch dann noch Schutz gegen Ausuferungen vorhanden. Die Flußstrecke unterhalb dieses Bauwerkes hatte ein so starkes Gefälle, daß es bedenklich gewesen wäre, das gesamte Hochwasser von bis zu 250 m³/sek in einem einheitlichen Querschnitt zusammenzufassen. Die sehr geringe Niedrigwassermenge würde in einem solchen breit anzulegenden Bett nur dann befriedigend abgeführt werden können, wenn man in dieses eine Niedrigwasserrinne eingebaut hätte. In dem tieferen Teile des so gestaffelten Profils hätte sich jedoch bei HW eine so große Wassergeschwindigkeit eingestellt, daß auch die benachbarten, ungepflasterten Teile des Flutbettes starken Angriffen der Strömung ausgesetzt gewesen wären. Es schien deshalb richtig, auch für den Abfluß des Niedrigwassers eine Rinne außerhalb des Flutbettes zu schaffen (wie oben beim Narlidere beschrieben). Deshalb wurde unterhalb des Bauwerkes der Geröllfanganlage (Mihrapli-Brücke) eine Teilung des Flusses vorgenommen: schmales tieferliegendes Bett rechts neben dem 60 m breiten flachen und begrüntem Hochwasserbett. Die Sohle des Flutbettes liegt um 1,27 m höher als die des Niedrigwasserbettes. Daher springt die Flutrinne erst bei größeren Wassermengen an. Bei einer höchsten Gesamtwassermenge von $Q_{max} = 250$ m³/sek übernimmt der Kanal 150 m³/sek und das 60 m breite Flutbett 100 m³/sek. Dabei hat es nur 80 cm Wassertiefe. Das Gefälle ist 4,11 : 1000, die Schleppkraft also 3,3 kg/m². Die unbefestigte, künftig mit Pflanzenwuchs bedeckte Flutbettsohle wird also den Angriffen des Wassers auch bei HW gewachsen sein. Bei HHW ist in dem sogenannten kleinen Bett (Kanal) eine Wassertiefe von 2,10 m

vorhanden. Dann tritt eine Schleppkraft von 8,5 kg/m² ein. Flußschotter hält eine Schleppkraft von 2 bis 5 kg/m² gerade noch aus²⁾. Schoklitzsch gibt an, daß Geschiebe aus plattigen Kalksteinen von 1 bis 2 cm Dicke und 4 bis 6 cm Länge bei einer Schleppkraft von 4,6 kg/m² eben noch in Bewegung geraten. Es besteht also kein Zweifel, daß die Sohle des Niedrigwasserbettes mit Pflaster oder Beton befestigt werden mußte. Um jedoch die Wassergeschwindigkeit durch glatte Sohlen- und Böschungsverkleidungen nicht zu groß werden zu lassen, bedurfte es einer künstlichen Aufrauung der Verkleidung (Rippen, Steinblossen u. ähnl.).

Die beiden Flußbetten führen unter Brücken der Eisenbahn Brussa—Mudanya durch und vereinigen sich kurz vor der Aptalbrücke (Straßenbrücke). Dieses jahrhundertealte türkische Bauwerk, eine Spitzbogenfolge mit sehr dicken Pfeilern (Abb. 6), sollte auf Anordnung der Regierung erhalten bleiben. Manche ihrer Öffnungen waren durch Flußkies völlig, andere zum großen Teil verschüttet. Bei HW hat der Fluß die Brücke unter Überfluten der Felder seitlich umgangen. Infolge der Tieferlegung der Flußsohle gelang es zwar, den Durchflußquerschnitt der Brücke sehr erheblich zu vermehren. Sie bleibt aber trotzdem ein unangenehmes Hindernis im Flusse, wenn dieser bis zu 250 m³/sek Hochwasser führt. Sie bildet außerdem mit ihren steilen Rampen und ihrer äußerst bescheidenen Breite auch für den immer lebhafter werdenden Verkehr Brussa—Mudanya ein so großes Hindernis, daß sie in Zukunft doch einmal wird beseitigt werden müssen.

Für die weitere Niluferstrecke wurde wiederum eine Zweiteilung in Flutbett und Niedrigwasserbett vorgenommen. Der vor Jahren erbaute, aber weder am oberen noch am unteren Ende angeschlossene 8 km lange Niluferkanal wurde an den Niluferfluß oben und unten angeschlossen und dazu bestimmt, die Wassermengen bis zu 25 m³/sek allein aufzunehmen, an der Abführung des Hochwassers aber bis zu 75 m³/sek bei 250 m³/sek Gesamtwassermenge teilzunehmen. Die restlichen Hochwassermengen, im Höchsfalle also 250 — 75 = 175 m³/sek, soll das Flutbett abführen.

Als Flutbett konnte nicht, wie von früheren Planarbeitern beabsichtigt, das alte Niluferflußbett verwendet werden. Hierüber wurde bereits oben (s. Abb. 1) berichtet. Das neue Bett bildet — in flußbaulicher Hinsicht erwünscht — einen großen S-Bogen mit großen Halbmessern und geht erst an der Einmündung des Delitschal in das alte Flußbett über, das von dieser Stelle an wieder brauchbar war und nur verhältnismäßig geringer Ausbesserungen bedurfte. Das neu gegrabene Hochwasserbett hat ein Gefälle von etwa 2 : 1000 und bei $Q_{max} = 175$ m³/sek eine Wassertiefe von 1,33 m, entsprechend 1,24 m Profilradius, wobei sich nach der Rechnung eine mittlere Geschwindigkeit von 2 m/sek entwickelt. Die Schleppkraft ist etwa $\frac{1,33 \times 2}{1000} = 0,0027$ t/m² = 2,7 kg/m². Um zu diesem Verhältnis zu gelangen, wurde dem Flutbett eine Breite von 60 m gegeben. Die Böschungen der Ufer sind 1 : 3 geneigt und werden — ebenso wie die Flußbettsohle — begrünt.

Die Teilung des Nilufers am Beginn des Niluferkanals wird durch ein ziemlich umfangreiches Bauwerk, den sogenannten Regulateur (Abb. 7), bewirkt. Er trennt das Flutbett durch ein 40 m langes Betonwehr mit Sturzbett und Blockschwelle, Spundwand und Steinwürsten und ein 10 m breites Schützenwehr vom oberen Nilufer ab. Erst wenn der Wasserspiegel die

²⁾ „Hütte“ Des Ingenieurs Taschenbuch, 26. Aufl., Bd. III, S. 501.



Abb. 6. Alt türkische Brücke bei Brussa (Aptalbrücke).

Wehrkrone übersteigt, tritt Wasser in die Flutrinne ein. Das ist bei einer Wasserführung von 25 m³/sek.

Der Niluferkanal ist durch eine Betonschwelle an den Oberen Nilufer angeschlossen, die mit dessen Sohle bündig liegt. Dann folgt ein Kiesfang, der nach dem Flutbett zu gespült werden kann, wenn man das erwähnte Schützenwehr öffnet. Mit Hilfe dieses beweglichen Wehres ist es auch möglich, bei kleinerer Wasserführung alles Wasser in das Flutbett eintreten zu lassen und den Niluferkanal ganz wasserfrei zu halten. (Instandsetzungsarbeiten.) Die ursprüngliche Planung sah am Anfang des Niluferkanals ein bewegliches Wehr mit versenkbaren Schützen vor.

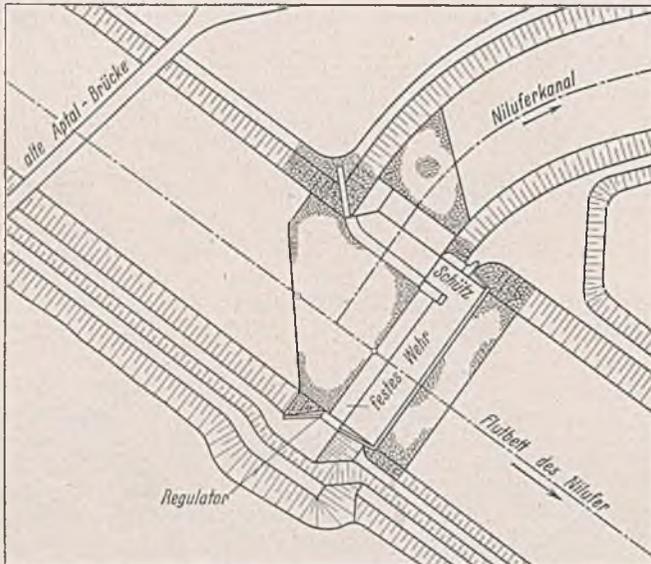


Abb. 7. „Regulateur“.

Tellungswehr am Anfang des Niluferkanals.

Die Notwendigkeit, die Schützenstellung der Hochwasserführung genau anzupassen, sprach bei der Abgelegtheit der Anlage und den sonstigen obwaltenden Verhältnissen gegen eine solche Lösung. Die nach dem Vorschlag des Verfassers ausgeführte Anlage bedarf i. a. auch bei Hochwasser keiner Bedienung und erwies sich auch in konstruktiver Hinsicht vorteilhafter.

Bemerkungen über den Bauvorgang.

Für die Herstellung aller dieser neuen Wasserläufe war die Wasserarmut in den heißen Monaten günstig. Naßbaggerungen oder Flußumleitungen kamen nicht in Frage. Pumparbeit war nur für die Gründung



Abb. 8.

der Kunstbauten zu leisten. Trotz der niedrigen Arbeitslöhne wurden die Erdarbeiten nur ausnahmsweise von Hand ausgeführt (Kelesen). Im allgemeinen verwendete der Unternehmer Menck & Hambrock- oder Demag-Bagger in Form des Eimerseilbaggers (Abb. 8). Die Massen wurden bei den weniger breiten Wasserläufen (Delitschai, Hauptkanal, Südkanal u. a.) unmittelbar seitlich abgesetzt. Damit wurden Dämme längs der Kanalufer gebildet. Es war nötig, eine breite Berme neben dem Einschnitt stehenzulassen, damit im Falle eines Uferangriffes die Dammmassen nicht herabrutschten. Die Ablagerungsmassen wurden nach landesüblicher Gewohnheit nicht gerammt oder gewalzt, sie konnten aber der großen Schüttungsbreite wegen immerhin als Dämme für die Hochwasserabführung

mit in die Entwürfe eingearbeitet werden, denn sie werden vom Wasser nur kurze Zeit und nur auf geringe Höhe in Anspruch genommen. Bei den breiten Flußbetten des Nilufer hingegen mußte der Bagger mehrere Fahrten machen und die zwischenabgelagerten Massen nochmals weiterfordern.

Der Betrieb mit den Baggern ging lange Zeit Tag und Nacht. Sie wurden von Dieselmotoren angetrieben.

Für die Herstellung des Hauptkanals und des Südkanals fand streckenweise auch ein Förderband-Pflug amerikanischer Herkunft Verwendung (Abb. 9). Gezogen wurde diese Maschine durch einen Raupenschlepper. Die Erfahrungen waren trotz des geradezu idealen Baggergutes nicht sehr gut. Solange sehr genau Spur gehalten wurde und der Pflug, der die Bodenmassen auf das querlaufende Förderband schob, waagrecht, also nicht quergeneigt lief, machte der Betrieb einen sehr wirtschaftlichen Eindruck, aber bei Schrägstellung oder Aus-der-Spur-geraten stellten sich oft so erhebliche Betriebsstörungen ein, daß das Gesamtergebnis nicht befriedigte und das Gerät endgültig stillgelegt wurde. Die Eimerseilbagger gingen sämtlich auf Raupen. Einer hatte rd. 45 m Auslegerlänge. Sie wurden auch zum Herausreißen von Bäumen benutzt. Auch in den Sumpfgebieten haben sich die Bagger auf Raupen gut bewährt, sie sind nur selten versackt.

Über die bei der Herstellung des Gölbösch-Dammes angewandten Methoden hat der Verfasser bereits anderweit sehr ausführlich berichtet³⁾.

Die Veranschlagung derartiger Arbeiten wird in einer „Série de prix“ durchgeführt, die die Regierung (Ministerium für öffentliche Arbeiten) selbst aufstellt. Die Einzelpreise werden aus einer „Analyse de prix“ entwickelt. Das ist eine behördlich festgelegte Preisentwicklungsformel, in der verschiedene Variable zum Ausdruck kommen: die Lohnhöhe, der Preis für ein Pferdefuhrwerk, die tägliche Arbeitsstundenzahl, die Aushubtiefe, die Förderweite. Obgleich Maschinenarbeit darin nicht vorgesehen ist, wird die Formel auch für solche Arbeit angewendet. Daß diese Art der Preisberechnung für Großausführungen oftmals nicht brauchbar ist, ist ohne weiteres einzusehen: Es fehlt der Einfluß der zu leistenden Menge, die Jahreszeit, die Bodenart, die verschiedene Leistungsfähigkeit der Arbeiter und vieles andere mehr. So kommen für Baggerungen und Förderungen größeren Umfanges oft zu hohe Preise heraus. In den Angeboten geben die Unternehmer im Wege der öffentlichen Ausschreibung nicht etwa selbst kalkulierte Einzelpreise, sondern prozentuale, für alle Preise gleich große Nachlässe (z. B. 15%) auf die regierungsseitig berechneten Preise ab. Derjenige, der den größten Nachlaß gewährt, muß den Zuschlag erhalten.

Die Weitervergebung der Aufträge in Losen an Tacherons (Subakkordanten) ist nicht verboten und sehr verbreitet.

Zu Arbeiten ähnlichen Umfanges und ähnlicher Art wie die in der Brussa-Ebene bieten die geographischen Verhältnisse Anatoliens in reichem Maße Gelegenheit.



Abb. 9. Förderband-Pflug.

Zur Zeit ist die Regelung des Küçük Menderes (Kleiner Mäander) im Gange, der im Altertum als Kaistros bekannt war und wie der eigentliche Mäander von jeher die Ingenieure vor schwierige Aufgaben gestellt hat. Diese Arbeit wie auch die Regelung der Brussa-Ebene und die vom Verfasser anderwärts beschriebene Ausführung der ersten Talsperrenmauer in der Türkei bei Ankara wurden von türkischen Unternehmern und mit türkischen Arbeitern und Ingenieuren ausgeführt. Ausländer waren nur in beschränkter Anzahl, vornehmlich mit der Plangestaltung und der Bauleitung, aber zum Teil auch als Meister und Maschinisten beschäftigt.

³⁾ Wkr. u. Ww. 1937, Heft 8.

Der Einfluß der mechanischen Verdichtung der Hinterfüllung von Stützkörpern auf ihre Standsicherheit.

Alle Rechte vorbehalten.

Von Dr.-Ing. Paul Müller, Düsseldorf.

Die fortschreitende Technik der Verdichtung von Dämmen durch Stampf-, Walz-, Knet- und Rüttelgeräte sollte Veranlassung geben, der hierdurch bedingten Änderung der Größe des angreifenden Erddrucks und seiner Richtung erhöhte Beachtung zuzuwenden, um Bauwerkschäden zu vermeiden.

Die Verhältnisse beim aktiven Erddruck sind mit den bekannten Einschränkungen rechnerisch zugänglich. Wir wissen, daß der Erddruck in vielen Fällen höher ist als der theoretische Wert. Müller-Breslau hat dies schon 1906 durch Messungen festgestellt. Er empfahl daher auch, mit den einfachsten Formeln zu rechnen und die Richtung von E so anzunehmen, wie man es in jedem einzelnen Fall verantworten könnte. In der Praxis wird diesen Umständen durch ungünstige Voraussetzungen bei der theoretischen Ermittlung Rechnung getragen.

AC: Gleitfläche, auf der der Keil ABC gegen die Mauer abrutschen kann.
AC₁: Gleitfläche, auf der der Keil ABC₁ nach oben nachgeben kann.
Der mögliche Erddruck liegt zwischen den Grenzen AC und AC₁.

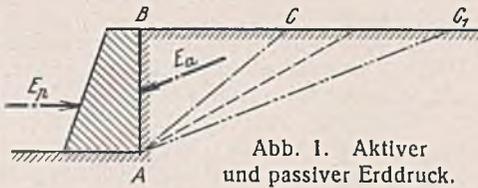


Abb. 1. Aktiver und passiver Erddruck.

Die Seitendrücke einer mechanisch verdichteten Hinterfüllung sind der Berechnung unzugänglich. Wir können nur sagen, daß diese Kräfte zwischen aktivem Erddruck und passivem Erdwiderstand liegen müssen, gleiche Verhältnisse vorausgesetzt (Abb. 1). Der Unterschied ist groß; er beträgt z. B. für schwach feuchten Sand mit $\varphi = 40^\circ$ und $\gamma = 1770 \text{ kg/m}^3$ $E_a = 179 \text{ h}^2$ gegenüber $E_p = 7160 \text{ h}^2$). Es ist somit in diesem Falle $E_p = 40 E_a$. Daß ein verdichteter Boden größere Erddrücke liefern muß — ganz abgesehen von seinem erhöhten Raumgewicht —, beweist folgende Überlegung.

Die Entstehung eines Erddrucks auf eine Mauer wird bedingt durch eine Formänderung der Hinterfüllungserde. Diese ist wieder abhängig von der Nachgiebigkeit der Fundamentsohle, einerlei ob es sich um eine elastische oder bleibende Verformung des Erdreichs unter dieser Gründungssohle handelt.

Bei einer Hinterfüllung ohne Verdichtung wird das bei der ersten Bewegung der Mauer auf der Gleitfläche abrutschende Erdprisma natürlichen Zustandsänderungen ausgesetzt, d. h. es wird in senkrechten oder schrägen Streifen auf einer oder mehreren geraden oder gekrümmten Gleitbahnen abrutschen (Abb. 2). Hierbei können keine größeren Kräfte nach außen frei werden, als diesem Bewegungsvorgang entsprechen.

- 1: abrutschender senkrechter Streifen auf gerader Gleitebene,
- 2: abrutschender schräger Streifen auf gerader Gleitebene,
- 3: abrutschender senkrechter Streifen auf gekrümmter Gleitebene,
- 4: abrutschender schräger Streifen auf gekrümmter Gleitebene.

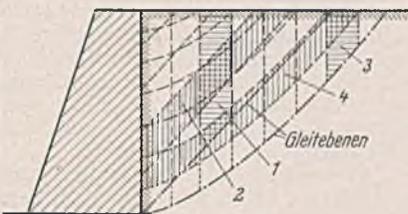


Abb. 2. Gleitebenen im Erdreich.

Bei einer mechanischen Verdichtung dagegen wird dieser natürliche Vorgang ganz anders aussehen.

Zunächst wird die Bewegung vorzeitig eingeleitet, und es wird die Bewegung der einzelnen Erdstreifen gefördert. Es tritt somit auch dann Bewegung ein, bzw. vollzieht sich weiter, wenn nach den im Boden vorhandenen Bedingungen Ruhe herrschen würde. Unter dem Verdichtungsgerät bilden sich ferner Kraft- und Bewegungszustände, ähnlich denen, die ich an anderer Stelle beschrieben habe²⁾.

Mit den Bezeichnungen der Abb. 3 folgt für die Größe der Kraft W

$$W = \frac{P + \gamma \cdot \frac{b^2}{2} \cdot \text{tg } \alpha}{\sin \varphi + \cos \varphi \cdot \text{ctg } (\alpha - \varphi)}$$

Andererseits ist der Erddruck des lose geschütteten Bodens gegen die Fläche BD ohne die Wirkung von P

$$E_s = \gamma \cdot \frac{b^2}{2} \cdot \text{tg}^2 \alpha \cdot \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

Der Erddruck eines mechanisch verdichteten Bodens ist $E_v = E_s + W$, und es ergibt sich somit

$$\frac{E_v}{E_s} = 1 + \frac{P}{\gamma \frac{b^2}{2} \cdot N} + \frac{\text{tg } \alpha}{N}$$

worin $N = [\sin \varphi + \cos \varphi \cdot \text{ctg } (\alpha - \varphi)] \text{tg}^2 \alpha \cdot \text{tg}^2 (45^\circ - \frac{\varphi}{2})$.

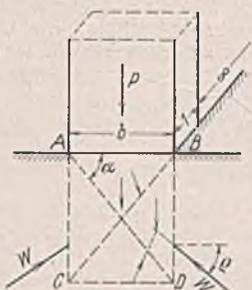


Abb. 3. Bruchprismen im Erdreich.

Für $\gamma = 1,6 \text{ t/m}^3$ und $\varphi = 35^\circ$ ist beispielsweise, wenn $P = 1 \text{ t}$, bei $b = 1 \text{ m}$ Belastungsbreite, und wenn wir $\alpha = 60^\circ$ annehmen, $\frac{E_v}{E_s} \approx 2,5$,

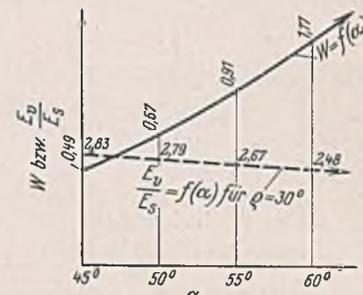


Abb. 4. Veränderlichkeit von W und $\frac{E_v}{E_s}$ mit α .

d. h. unter dem Einfluß einer statischen Last 1 t auf eine Belastungsfläche von 1 m^2 Größe ist der gesamte Erddruck auf die Wand des Bruchprismas 2,5mal so groß wie der bei lose geschüttetem Boden entstehende. Mit veränderlichem Winkel α ändert sich der Quotient $\frac{E_v}{E_s}$ nur wenig (Abb. 4).

Diese Rechnung macht keinen Anspruch auf Erfassung der bei gestampfter Hinterfüllung entstehenden Verhältnisse, was, wie ich bereits erwähnte, nicht möglich ist. Sie vermittelt aber einen Überblick über

die bei einfachen statischen Vorstellungen entstehenden Kräftebilder, die von denen der gewohnten Erddrucktheorie grundverschieden sind.

Daß beim Stampfen Bruchprismen unter dem Stampfer entstehen, erhellt aus folgender Überlegung:

Die Tragfähigkeit P eines lose geschütteten Sandbodens vom Raumgewicht $\gamma = 1,6 \text{ t/m}^3$ und einem Reibungswinkel $\varphi = 30^\circ$ unter einer quadratischen Lastfläche von 400 cm^2 Größe beträgt nur $P = 144 \text{ kg}$, wobei sich der Winkel α zu 43° ergibt. Die gleichmäßig verteilte Pressung unter der Belastungsfläche ist somit $p = 0,36 \text{ kg/cm}^2$. Diese Pressung wird beim Stampfen wohl stets überschritten, so daß Bruchprismen mit obigen Kräftebildern entstehen. Ist $\varphi = 35^\circ$, wird mit sonst gleichen Voraussetzungen $p = 0,74 \text{ kg/cm}^2$ bei $\alpha = 48^\circ$. Auch diese Pressung dürfte stets unterhalb der beim Stampfen erzeugten liegen.

In der Tiefe wird $\frac{E_v}{E_s}$ natürlich kleiner. So ist z. B. für eine senkrechte Wand von $1,19 \text{ m}$ Höhe ($\alpha = 50^\circ$) bei $\varphi = 30^\circ$ $W = 0,67 \text{ t}$, während der aktive Erddruck auf die gleiche Fläche, wenn ihr Schwerpunkt 4 m unter der Erdoberfläche liegt, $E_s = 0,266 (4,595^2 - 3,405^2) = 2,53 \text{ t}$ ist.

Demnach wird $\frac{E_v}{E_s} = \frac{0,67 + 2,53}{2,53} = 1,26$ ohne den Einfluß der oberen

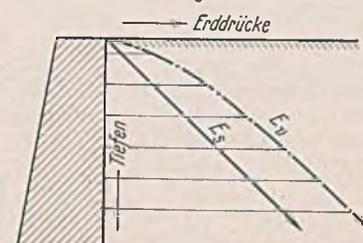


Abb. 5. Abnahme des Einflusses der Verdichtung mit der Tiefe.

gestampften Schichten auf die betrachtete zu berücksichtigen. Ich wiederhole, daß diese rechnerische Vorstellung die wahren Verhältnisse nur beleuchten, aber nicht ergründen kann.

In den oberen Schichten überwiegt der Einfluß von E_v . Diese sind aber gerade die gefährlichen für die Standsicherheit der Stützkörper, da die Hebelarme der wenn auch verhältnismäßig kleinen Erddrücke groß sind.

Die Abnahme des Einflusses der Verdichtung auf den aktiven Erddruck mit zunehmender Tiefe wird durch Abb. 5 dargestellt.

Die Verdichtungsarbeit wird, soweit sie nicht durch die Reibung im Erdreich aufgezehrt wird, eine vermehrte Verschiebung der Erdteilchen nach allen Richtungen des Raumes zur Folge haben.

Wird diesen Verschiebungen durch Widerstände, d. h. durch die Mauern Halt geboten, so entstehen Kräfte, d. h. Erddrücke. Die Verdichtung geschieht lagenweise. Die bei jeder Schicht erzeugten Seitendrücke pflanzen sich auch in der Tiefe fort. Sie addieren und überlagern sich.

Je größer die Kräfte sind, die diese Bewegungen hervorrufen, um so größer sind die Wege und um so größer die bei gesperrten Wegen erzeugten Angriffe.

Je weniger zusammendrückbar und je kleiner die innere Reibung der Hinterfüllung, um so größer sind bei gleicher Verdichtungsarbeit die Erddrücke (Grenzfall Wasserdruck unter Überdruck, wobei der volle Überdruck neben dem Wasserdruck zur Wirkung kommt).

Aus der Erkenntnis, daß man die zahlenmäßige Auswirkung vorstehender Überlegungen nicht wird meistern können, ist man zur Messung der „Verdichtungsdrücke“ übergegangen. Leider sind bislang nur ganz vereinzelte Meßergebnisse bekanntgeworden. Diese lassen aber bereits erkennen, daß es unerlässlich ist, die theoretischen aktiven Erddruckzahlen erheblich zu erhöhen, um zu den Verdichtungsdrücken zu gelangen. Die unter den üblichen Annahmen ermittelten aktiven Erddrücke dürfen jedenfalls verdoppelt werden.

¹⁾ Vgl. Müller, Erddrucktabellen.

²⁾ Vgl. P. Müller, Tragfähigkeit und Formänderungswiderstand des Bodens. Bautechn. 1935, Heft 17, S. 219.

Man bedenke hierbei auch, daß noch andere ungünstige Umstände zu der Verdichtungsarbeit hinzukommen können. Der Spannungszustand im Erdboden kann durch die Umschließung dieser Erdkörper mit Widerlager, Flügeln und Straßendamm ungünstig beeinflusst werden. Dynamische Wirkungen treten neben statischen auf. Im oberen Teil der Stützkörper können Keilwirkungen mitwirken, da die Rückenflächen vielfach abgeschrägt sind.

Es leuchtet ferner ein, daß durch die Verdichtung die Richtung des Erd-drucks flacher und somit ungünstiger werden muß. Soweit mir bekannt, liegen hierüber noch keine Beobachtungen vor. Ich empfehle, auch hierbei lieber etwas ungünstiger zu rechnen und den Reibungswinkel zwischen Hinterfüllung und Wand gefühlsmäßig auf $\frac{2}{3}$ bis $\frac{1}{3}$ des üblichen Wertes zu vermindern.

Die höheren Erddrücke haben zur Folge, daß das Bodendruckdiagramm sich immer mehr vom Rechteck entfernt (Abb. 6).

Von den drei Bewegungen der Fundamentfuge, Setzung, waagerechte Verschiebung und Drehung um einen Punkt unterhalb dieser Fuge, wird die Drehung den größten Einfluß auf die Standsicherheit der Stützmauer



Abb. 6. Bodendrucke und Bewegungen in der Bodenfuge.

ausüben. Der Drehpunkt D liegt um das Maß unter der Mitte der Gründungssohle bei nur Druckübertragung, das der Bettungszahl des Baugrundes bei den gegebenen Abmessungen der Fundamentfläche entspricht, starren Fundamentkörper und Verhältnigleichheit zwischen Pressung und Einsenkung (idealen Baugrund) vorausgesetzt.

Bei Flachgründungen muß man durch Vergrößern der Mauermassen das Druckdiagramm dem Rechteck wieder nähern.

Bei Pfahlgründungen, namentlich solchen von hoher Tragfähigkeit, braucht man diese Maßnahme nur beschränkt anzuwenden. Hierbei achte man darauf, daß die Mauer auch ohne Hinterfüllung standsicher sein muß, da dieser Zustand längere Zeit dauern kann. Er erfordert genügend Pfähle auch auf der Rückseite der Wand.

Zusammenfassend können wir sagen:

Mechanisch verdichtete Boden hinterfüllungsmassen erzeugen erheblich größere Erddrücke gegenüber denen, die bei alleiniger Schüttung entstehen. Durch die Verdichtung wird ferner die Richtung des Erd-drucks flacher.

Bei den Gründungen von Bauwerken, die diesen Kräften ausgesetzt sind, ist entsprechend zu verfahren, da sonst unzulässige Bewegungen mit Sicherheit zu erwarten sind.

Es empfiehlt sich, den Stützwänden in allen Fällen eine „Vorneigung“ zu geben, um hierdurch die in der Bodenfuge eintretende, durch die Verformung im Erdreich bedingte Bewegung auszugleichen.

Vermischtes.

Erdbaukurs der E. T. H. in Zürich. Das Institut für Erdbauforschung an der E. T. H. Zürich veranstaltet vom 28. bis 31. März 1938 im Hauptgebäude der E. T. H. in Zürich bei einer Mindestteilnehmerzahl von 50 vollzahlenden Personen einen Erdbaukurs. Kursgeld 30 Fr., Tageskarte 9 Fr., Einzelvortrag 2,50 Fr. In 20 Vorträgen und Aussprachen soll der Ingenieur und Techniker über die Möglichkeiten einer wirksamen Unterstützung der Erdbau Praxis durch die moderne Erdbauforschung orientiert werden. Die Vortragsreihe gliedert sich in vier Gruppen:

1. „Aufbau und geologische Verteilung des Baugrundes“, 28. März von 9.⁰⁰ bis 15.¹⁵ Uhr. Vortragende: Prof. Dr. P. Niggli, Prof. Dr. H. Pallmann, Dr. F. de Quervain.

2. „Untersuchungsmethoden des Baugrundes“, 28. März ab 15.³⁵ Uhr und 29. März ab 8.¹⁵ Uhr. Vortragende: Dr. A. von Moos, Dipl.-Ing. R. Häfeli, Privatdozent Dr. F. Gaßmann.

3. „Statik des Baugrundes und der Erdbauten“, 29. März ab 14.¹⁵ Uhr und 30. März ab 8.¹⁵ Uhr. Vortragende: Prof. Dr. M. Ritter, Dipl.-Ing. E. Maag, Prof. Dr. E. Meyer-Peter, Privatdozent Dr. H. Favre, Dipl.-Ing. R. Müller.

4. „Anwendung in der Praxis“, 30. März ab 14.¹⁵ Uhr und 31. März von 8.¹⁵ bis 18.⁰⁰ Uhr. 8 Vorträge verschiedener Vortragenden.

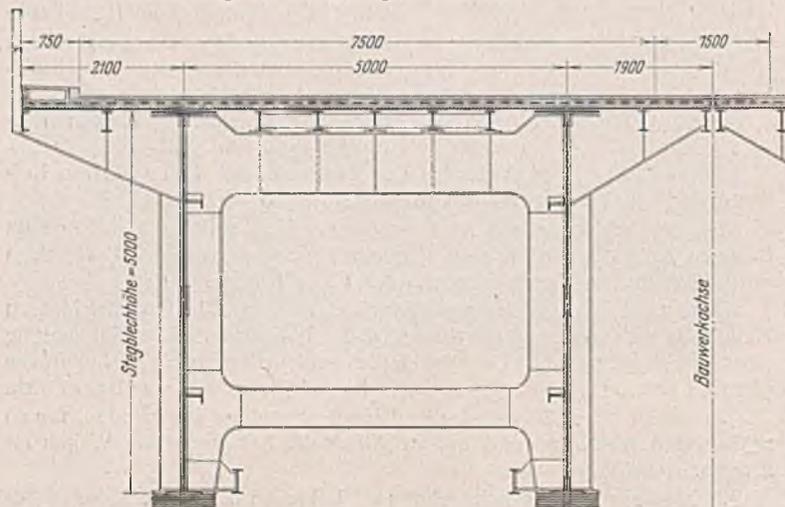
Anmeldungen an die Geotechnische Prüfungsstelle der E. T. H., Zürich 6, Sonneggstraße 5.

Zuschrift an die Schriftleitung.

(Ohne Verantwortung der Schriftleitung.)

Stahlbrücken mit Plattengurtungen.

Unter diesem Titel veröffentlichte in Bautechn. 1938, Heft 4, S. 41, Herr Prof. Dr.-Ing. Eiselin einen Sonderentwurf für eine Reichsautobahnbrücke, bei dem die aus Buckelblechen und Längsträgern bestehende Fahrbahn als Gurtung des Hauptträgers mitwirkt.



Nach diesem Grundgedanken, dessen Ausführung eine erhebliche Ersparnis an Stahlgewicht gestattet, wurde bereits im Jahre 1936 ein Entwurf für Autobahn- und Straßenbrücken von dem Unterzeichneten ausgearbeitet, der dann gelegentlich des Planes einer großen Autobahnbrücke im Jahre 1937 von der Firma B. Seibert G. m. b. H., Saarbrücken, einer behördlichen Stelle vorgelegt wurde. Es handelte sich hierbei gemäß vorstehender Querschnittskizze um eine Brücke, die als Vollwandträger mit einer Flachblechrostfahrbahn konstruiert ist. Gerade die Verwendung eines Flachblechrosts in einer Bauart ähnlich der von Geheimrat Dr. Schaper vorgeschlagenen Ausbildung erscheint für den vorliegenden Zweck besonders geeignet, einmal wegen der günstigen Rostwirkung an sich und zum anderen, weil in der durchgehenden Flachblechabdeckung, die ohne Materialverschwendung sehr kräftig (14 bis 16 mm dick) gehalten

werden kann, die Einleitung und Verteilung der Längsspannungen über alle mitwirkenden Teile in günstiger Weise vor sich gehen kann.

Um über das wichtigste Problem der Konstruktionen dieser Art, nämlich die Kräfte- und Spannungsverteilung, auch auf dem Wege der Versuchsforschung Klarheit zu bekommen, wurden bereits im November 1937 durch die Firma B. Seibert G. m. b. H., Saarbrücken, in der Materialprüfungsanstalt der T. H. Stuttgart (Prof. Graf) Versuche aufgenommen, die zur Zeit noch laufen, weshalb auch der Entwurf noch nicht veröffentlicht ist. Jedoch lassen die bis jetzt vorliegenden Versuchsergebnisse erkennen, daß bei geeigneter Ausbildung die sowohl von der Firma B. Seibert G. m. b. H., wie von Prof. Eiselin und anderen erstrebte volle Mitwirkung der Fahrbahn als Hauptträgerglied erreicht werden kann. Eine Veröffentlichung über den angedeuteten Entwurf nach Abschluß der Versuche bleibt vorbehalten.

Gegenüber dem von Prof. Eiselin veröffentlichten Entwurf weist jedoch die erwähnte Brückenform mit Flachblechen in der Konstruktion erhebliche Vorteile auf; es sind bei ihr einige konstruktive Mängel vermieden, die m. E. für das angestrebte Ziel — nämlich die einwandfreie Mitwirkung der Fahrbahn — von Bedeutung sind.

1. Die verwendeten Buckelbleche erscheinen zur Aufnahme von Längskräften wenig geeignet, da sie infolge ihrer Wellenform bei Beanspruchung durch Zug- oder Druckkräfte zusätzliche Momente erhalten, unter denen sie Formänderungen erleiden, die eine Übertragung von Kräften in Brückenlängsrichtung ausschließen. Die aufgeschweißten Aussteifungsflacheisen können nicht ausreichen, um die Formänderungen zu verhindern und das zusätzliche Moment aus Längskraft und Stichhöhe aufzunehmen.

2. Die Einleitung der Gurtkräfte erscheint bei der dargestellten Ausbildung der Fahrbahn und ihres Anschlusses an die Hauptträger in vollem Maße nicht gewährleistet.

Es ist zu beachten, daß der größte Teil der Gurtkraft bei der angenommenen vollen Mitwirkung der Fahrbahn eben durch diese übertragen wird, und zwar geschieht die Einleitung nicht nur am Brückenende, sondern entsprechend der Zunahme des Hauptträgermomentes an jedem Knoten. Für die Überleitung dieser Kräfte steht der nach Abb. 3 u. 4 des Aufsatzes von Prof. Eiselin dargestellte schwache Anschluß der Fahrbahn an die Hauptträgergurt zur Verfügung. Dieser Anschluß ergibt zudem infolge seiner Außermittigkeit in den Gurtstäben ein Biegemoment und greift beim Untergurt sogar nur auf der einen Seite des zweiwandigen Profils an.

Aber auch die Weiterleitung der Kräfte zu den mittleren Längsträgern über die Buckelbleche erscheint zweifelhaft.

Wohl ist zu Anfang des Aufsatzes Eiselin gesagt, daß die unteren Flansche der Rippen durch Verbände in den äußeren Knoten zur Mitwirkung gezwungen werden können. Da aber die Einleitung der Gurtkräfte nicht nur an den äußeren Knoten, sondern, wie oben gesagt, an jedem Knoten geschieht, müßten die Verbände sich über die ganze Brücke erstrecken, was natürlich ein großer Nachteil wäre.

Die oben geschilderten Mängel sind bei dem Entwurf des Unterzeichneten mit einer Flachblechfahrbahn oder auch mit versteiften Tonnenblechen, wie ersichtlich, vermieden. Bei Flachblechen kommt noch der Vorteil der Verminderung der toten Last um das Gewicht der Buckelblechfüllung hinzu.

Dipl.-Ing. W. Winckel.

Herr Professor Dr.-Ing. Eiselin, dem wir die vorstehende Zuschrift zur Äußerung vorlegten, hat erklärt, daß er mit Rücksicht auf die von ihm bereits am 27. Januar angekündigte, bis jetzt noch nicht eingegangene „Fortsetzung“ seines Aufsatzes in Heft 4, in der u. a. auch die in der „Zuschrift“ erwähnten Fragen behandelt werden sollen, von einer Erwiderung auf die Zuschrift absehen möchte. Die Schriftleitung.

INHALT: Die neuere Entwicklung der Baumaschinen. — Aufschlickarbeiten am Kaiser-Wilhelm-Kanal. — Die Trockenlegung der Sümpfe und die Hochwasser-Regulierung in der Brussa-Ebene. — Der Einfluß der mechanischen Verdichtung der Hinterfüllung von Stützkörpern auf ihre Standsicherheit. — Vermischtes: Erdbaukurs der E. T. H. in Zürich. — Zuschrift an die Schriftleitung.

Verantwortlich für den Inhalt: A. Laskus, Geh. Regierungsrat, Berlin-Friedenau.

Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.

Druck der Buchdruckerei Gebrüder Ernst, Berlin.