

DIE BAUTECHNIK

12. Jahrgang

BERLIN, 27. Juli 1934

Heft 32

Alle Rechte vorbehalten.

Mechanik des Hebewerks Niederfinow.

Von Ministerialrat Burkowitz VDI, Berlin.

Wie man in den Grundwissenschaften der Technik unter der „Mechanik“ die Lehre vom Gleichgewicht und von der Bewegung der Körper unter der Einwirkung von Kräften versteht, so soll es Aufgabe dieses Aufsatzes sein, die Gleichgewichts- und Bewegungsbedingungen des Hebewerks darzulegen. Hierbei wird bewußt darauf verzichtet werden, „konstruktive“ Einzelheiten zu behandeln, da hierüber an anderer Stelle zusammenfassend und ausführlich berichtet wird. Es ist auch nicht die Absicht dieses Aufsatzes, sich in die geschichtliche Entwicklung der Hebewerke vom Standpunkte der Mechanik aus zu verlieren, vielmehr wird er sich im wesentlichen auf das beschränken, was bei dem Schiffshebewerk in Niederfinow zu bemerken ist.

Die Last.

Da es sich um ein „Schiffs“hebewerk handelt, kommen nur Schiffe, und auch nur solche der Binnenschifffahrt als zu hebende Last in Betracht. Diese Lasten sind nach Form, Größe und Gewicht außerordentlich verschieden. Das Hebewerk Niederfinow ist bestimmt, Kähne bis zu 1000 t Tragfähigkeit mit Ladung um etwa 36 m zu heben.

Eine der Grundfragen war, ob man die Schiffe trocken oder schwimmend heben sollte. Mechanisch ist das insofern von Bedeutung, als man bei Trockenförderung wie bei einem Kran oder Aufzug je nach dem Gewicht des Kahns mit Ladung verschiedene Hubkraft und Hubarbeit aufwenden muß, während es bei Naßförderung einerlei ist, ob der Trog, in dem der Kahn schwimmt, eine große oder eine kleine oder auch gar keine Kahnlast trägt; Wasser ersetzt nach bekannten physikalischen Gesetzen stets das etwa fehlende Kahngewicht. Hier ist nicht der Platz, die Vor- und Nachteile der Naß- oder Trockenförderung gegeneinander abzuwägen. In einem vom Zentralverein für die deutsche Binnenschifffahrt veranstalteten Preisausschreiben¹⁾ über die Frage: „Sind die zukünftigen Schiffshebewerke, sei es mit lotrechter Hebung, sei es mit Förderung auf geneigter Ebene, für Naßförderung oder für Trockenförderung einzurichten?“ siegte der Gedanke der Naßförderung; die Reichswasserstraßenverwaltung hatte ihn sich von der ersten Planung des Hebewerks Niederfinow an zu eigen gemacht.

Die Naßförderung setzt voraus, daß man einen zur Aufnahme des größten noch zu hebenden Kahns ausreichenden Trog mit genügend tiefer Wasserfüllung herrichtet, der nun unabhängig von Kahnform und Kahngröße ein für allemal die zu hebende Last darstellt; er enthält eine Wasserfüllung von 2690 t; der Trog mit seinem Zubehör selbst wiegt etwa 1600 t, also ist das Gesamtgewicht von Trog und Wasserfüllung, d. h. die zu bewegendende Last, 4290 t.

Diese Last muß getragen, gehoben und während des ganzen Hubweges parallel mit ihrer Anfangslage gehalten werden; sie ist wegen des verschieblichen Teils von 2690 t in hohem Maße gegen jede Verkantung empfindlich; für jedes Zentimeter der Senkung eines Trogendes gegenüber dem anderen wandert eine Last von rd. 2,60 t aus der einen Troghälfte zur anderen herüber, wodurch ein Fehltrimmoment von 150 m hervorgerufen wird. Man muß solche Verkantungen verhindern oder wenigstens in so engen Grenzen halten, daß sie nicht bedenklich werden können.

Die Last muß also parallel geführt werden; man hat das in Niederfinow dadurch erreicht, daß man den Trog mit vier Ritzeln, die durch ein Wellenviereck miteinander mechanisch fest gekuppelt sind, an Zahnstockleitern, die am Gerüst gut ausgerichtet befestigt sind, auf und nieder klettern läßt. Man benutzt diese Ritzel auch dazu, die Antriebskräfte zur Bewegung des Troges aufzunehmen und in das Hebewerkgerüst zu übertragen. Man hat darauf verzichtet, Spindeln wie in Henrichenburg zum Antrieb und zur Geradföhrung zu verwenden, weil Spindeln der hier erforderlichen Länge nicht zuverlässig genug erschienen und auch Herstellungsschwierigkeiten geboten hätten (vgl. später unter „Antrieb“).

Das Gleichgewicht.

Die Last von 4290 t ist in Form und Größe ungewöhnlich, 85 m lang, mehr als 12 m breit! Solange man sich mit dem Gedanken des Baues von Schiffshebewerken beschäftigte, war es immer eine Grundfrage: „Wie wird diese Last gestützt, gehoben, geführt?“ Unzählige Vorschläge,

auch Wettbewerbe und Preisausschreiben haben sich dieser Frage bemächtigt; alle nur denkbaren Mittel haben erhalten müssen²⁾. Wenn man sich im vorliegenden Falle schließlich dazu entschlossen hat, gewissermaßen zum ersten ausgeführten Schiffshebewerk³⁾ mit Gewichtsausgleich durch zahlreiche Gegengewichte an Seilen zurückzukehren, so deshalb, weil man diese Art des Gewichtsausgleichs zwar mit vielen Gliedern, aber doch solchen bekannter Art und Größe erreichen konnte.

Man hat also den Trog an Drahtseile gehängt und seine Last am anderen Ende durch Gegengewichte ausgeglichen; dazu gehören im ganzen 256 Drahtseile, die paarweise über zweirillige Seiltrommeln laufen. Drei Viertel der Seile tragen ständig ihre Last, ein Viertel sind in Bereitschaft zum Auffangen von Gegengewichten bei Seilbruch (vgl. die konstruktiven Teile der Abhandlungen über das Schiffshebewerk Niederfinow). Der Trog ist also in 192 Punkten seiner Länge aufgehängt und kann somit als gleichmäßig über seine ganze Länge von den Seilen getragen angesehen werden. Die bewegte Last ist dadurch von 4290 t auf das Doppelte, also auf 8580 t angewachsen. Beim Sollwasserstande, im praktischen Betriebe also bei dem erfahrungsmäßig festgestellten ausgewogenen Zustande, herrscht Gleichgewicht der Lasten; der Trog hat weder das Bestreben zu steigen noch zu sinken, einerlei, ob mit Schiffslast oder nicht.

Dieser wünschenswerte Zustand ist leider nicht immer zu erreichen, Ungleichgewicht nicht immer zu vermeiden.

Schon der Übergang der Seile von einer Scheibenseite zur anderen schafft ein Ungleichgewicht, das bis zu 90 t ausmachen kann. Man konnte dieses Ungleichgewicht aber bekämpfen dadurch, daß man zwischen Trog und Gegengewichte Ausgleichketten gehängt hat, deren Gewicht gerade so bemessen ist, daß die durch Übergehen der Seile entstehende Störung des Gleichgewichts in jeder Höhenlage ausgeglichen wird. Da vier solcher Ausgleichketten das Gewicht von 256 Seilen auszugleichen haben, wiegt 1 m Ausgleichkette so viel, wie 256 : 4 oder wie 64 m Seil. Die Seile mit Zubehör und die Ausgleichketten zusammen vermehren die bewegte Last um etwa 240 t.

Diese regelmäßige und daher ausgleichbare Ursache eines Ungleichgewichts ist aber nicht die einzige Quelle eines solchen. Man muß z. B. auch mit Wasserfehllast rechnen, sei es eine Überlast durch zu große Trogföllung, sei es eine Unterlast durch zu geringe Wasserfüllung; im Grenzfall wohl gar mit einem völligen Auslaufen des Troges, das zu einem Ungleichgewicht von 2690 t (s. o.) führen müßte. Schon Unachtsamkeiten beim Anfahren an die Haltungen können Fehllasten herbeiführen; diese können aber auch aus Windstauänderung während des Ein- und Ausfahrens von Kähnen, durch Verdrängungsstau beim Einfahren, durch Wasserstandsänderungen beim Schleusen in der benachbarten Schleusentreppe entstehen. Betriebsmäßig möglichen Ungleichgewichten müssen Tragwerk und Antrieb ohne weiteres folgen können (s. Bewegung der Last!), dagegen ist es nicht zu verlangen, daß bei außergewöhnlichen Gleichgewichtsstörungen, den sogenannten „Katastrophenfällen“, nämlich beim Volllaufen oder beim Leerlaufen des Troges, die Maschinenteile des Betriebes auch zur Aufnahme der ungewöhnlich großen Katastrophenlasten ausreichen, da diese in einer anderen Größenordnung liegen; hierfür sind denn auch besondere Sicherungen eingefügt worden, die vorweg genommen werden mögen, da sie mit der später zu behandelnden „Bewegung der Last“ eng zusammen zu arbeiten haben.

Das Gesperre.

Der Trog hat einen „Freibord“ von 0,80 m und eine regelmäßige Wasserfüllung von etwa 2,50 m Tiefe; läuft diese Wasserfüllung aus, dann tritt ein Ungleichgewicht von 2690 t (s. o.) ein, das den Trog nach oben zu ziehen sucht; läuft der Trog voll, dann tritt ein Ungleichgewicht von 810 t ein, das ihn abwärts zu drücken sucht. Um in diesen Fällen, von denen der Trogleerlauf ersichtlich der schwerere ist, die Überlast sicher aufnehmen und absetzen zu können, ist ein Gesperre eingebaut worden; es führt den Namen „Drehriegel“ und ist mit dem Antriebe durch eine Vorrichtung gekuppelt, für die der jetzt im Ruhezustande lebende frühere Oberregierungsbaurat im Reichsverkehrsministerium Loebeil unter

²⁾ Ministerialrat Dr.-Ing. Ellerbeck, Entwurfsarbeiten für das Schiffshebewerk bei Niederfinow. Bautechn. 1927, Heft 23, S. 319.

³⁾ Wie zu 2).

¹⁾ Z. f. Binn. 1926, Juni. Preisausschreiben der Schlichting-Stiftung. Über das Ergebnis s. ebenda 1927, Heft 10, S. 403.

Nr. 380377 ein Patent erhalten hatte; dieses ist ihm von der Verwaltung abgekauft worden. Der maßgebende Patentanspruch lautet:

„Selbstsperrender Antrieb für Schiffshebewerke und schwere Aufzüge großer Hubhöhe, bei dem ein Antriebsmittel mit einer Zahnstange od. dgl. gekuppelt und eine mit dem Antriebsmittel zwangsläufig angetriebene Auffangvorrichtung vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsritzel nachgiebig gelagert ist.“

Die nachgiebige Lagerung des Antriebsritzels ist also das Wesentliche dieses Gesperres. Abb. 1 zeigt seinen Grundgedanken, wobei einer möglichst anschaulichen Darstellungsweise der Vorzug vor ausführungsgetreuer Wiedergabe gegeben wurde. Auf einer durch vorgespannte Federn in einer mittleren Ruhelage gehaltenen Wiege ist das vom Motor angetriebene Antriebsritzel gelagert, mit dessen Hilfe der Trog an einer Zahnstockleiter auf und nieder bewegt wird; das gesamte Triebwerk ist weggelassen

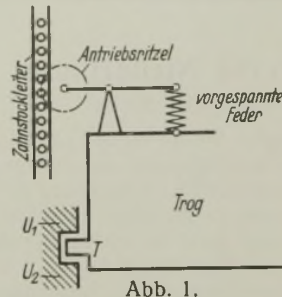


Abb. 1.

worden, doch ist zu denken, daß das Ritzel sich nicht frei auf der Zahnstange abrollen kann, sondern vom Motor und von den Bremsen her Antrieb, Hemmung oder Behindern jeder Drehbewegung erfährt. Kommt aus irgendeinem Anlaß in das Antriebsritzel ein Zahndruck, der höher ist, als es den vorgespannten Federn entspricht, dann schwingt die Wiege aus, und der Trog setzt sich mit seinen Tatzen T auf feste Widerlager U_1 oder U_2 , die auch für die größte Fehllast der Anlage tragfähig sind; der Ritzelzahndruck kann nicht höher werden, als es den jetzt gedehnten vorgespannten Federn entspricht. Da der eben geschilderte Vorgang in jeder Höhenlage eintreten kann, sind die Tatzen T als kurze, am Troge befestigte drehbare, vom Ritzelantrieb mitgetriebene Schraubenspindeln (Drehriegel!) ausgebildet, die Widerlager U als durchlaufende geschlitzte Schraubenmutter (Mutterbackensäulen); die „Drehriegel“ laufen gewöhnlich mit Spielraum reibungslos mit, treten also nur bei großen Fehllasten in Tätigkeit. So viel hier darüber; das Konstruktive wird an anderer Stelle der Aufsatzreihe behandelt.

Die Drehriegel und die Mutterbackensäulen müssen imstande sein, in jeder Höhenlage der Fahrt eine Last von 2690 : 4 oder 670 t mit Sicherheit aufzunehmen und über die Mutterbackensäulen auf das Traggerüst zu übertragen.

Die Federtöpfe mit vorgespannten Federn halten die Ritzel bei Zahndrücken bis zu je 30 t in ihren betriebsmäßigen Sollagen der Mittelstellung; vier solcher Ritzel und Federtöpfe sind vorhanden; also können Fehllasten bis zu 120 t beliebiger Richtung vom Antriebe aufgenommen werden, ohne daß die Ritzel nachgeben; der gesamte Vortrieb verhält sich nicht anders, als ob Federtöpfe und Gesperre gar nicht vorhanden wären. Erst bei Fehllasten von mehr als 120 t treten diese Sicherungen in Tätigkeit; im Ruhezustand leiten sie die Lasten unmerklich von den Ritzeln auf die Drehriegel über und verhindern ein Ingangsetzen des Hebewerks durch Stromwegunterbrechung; während der Fahrt eintretende Fehllasten veranlassen zunächst ein Stillsetzen durch Stromunterbrechung, dann ein Überleiten der Fehllast wie vor. Eine plötzliche Fehllast während der Fahrt kann nicht eintreten, denn bei dem großen Wasserinhalt des Troges würde selbst ein Torbruch so viel Zeit zum Wasserauslauf erfordern, daß inzwischen das Triebwerk durch Stromunterbrechung längst stillgesetzt worden ist. Über das Verhalten des Gesperres bei einer plötzlichen Stromunterbrechung ist im nächsten Abschnitt Näheres zu finden.

Die Bewegung der Last.

Weitaus bemerkenswerter als das Verhalten im Gleichgewichte oder während der Ruhe sind die Erscheinungen bei der Bewegung des Troges, wenn „Leben“ in das Schiffshebewerk kommt. Dann treten neue Kräfte auf, die die Bewegung zu hemmen oder zu fördern suchen; Fehllasten sind jetzt nicht nur Gleichgewichtsstörungen, sondern auch Freunde oder Feinde der Bewegung; aber auch Massenkraft treten auf, die im Ruhezustand fehlen und von der Größe der bewegten Massen und den Geschwindigkeiten und Beschleunigungen abhängen.

Bewegungswiderstände sitzen überall dort, wo gleitende oder rollende Reibung auftritt oder wo Formänderungsarbeit verrichtet werden muß.

Aus dem gewählten „System“ des Gewichtsausgleichs mit Gegengewichten an zahlreichen Seilen, die über Seilrollen laufen, ergibt sich als Hauptsitz der Bewegungswiderstände die Reibung in den Seilscheiblagern und die Formänderungsarbeit beim Lauf der Seile über die Seilscheiben. Da diese Widerstände ebenso grundlegend für die Gestaltung des Entwurfs sein mußten, wie das noch unbekannt Verhalten von Lagern und Seilen unter den besonderen Belastungsverhältnissen beim Schiffshebewerk, so hat die Verwaltung von Anfang an der Klärung dieser Vorfragen ihr besonderes Augenmerk zugewandt. Beim Staatlichen Materialprüfungsamt in Berlin-Dahlem wurde ein besonderer Versuchsturm für die Untersuchung von Lagern und Seilen verschiedener Bauart

errichtet; die Ergebnisse der in enger Fühlung mit dem Materialprüfungsamt durchgeführten Versuche sind dem Entwurfe zugrunde gelegt worden. Über diese Versuche ist in der Fachliteratur bereits berichtet worden⁴⁾. Bemerkenswert aus diesen Versuchen ist, daß Gleitlager versagt haben, offenbar weil die Betriebsbedingungen für solche Lager sehr ungünstig waren; die Last von 45 t auf ein Lager ist groß; auch die Flächenpressung von 68 kg/cm² war nicht gerade niedrig; immerhin wären diese Werte noch erträglich gewesen, wenn nicht die langen Ruhepausen, die geringe Umdrehungszahl und der geringe Drehwinkel eines Hubes dazu geführt hätten, daß sich schließlich der Ölfilm im Lager zerrieb; es kam zu trockener Reibung mit hohen Gleitwiderständen und schließlich zum Fressen der Lager. Gleitlager wurden daher verworfen; auch deshalb noch, weil bei ihnen ein zu großer Unterschied zwischen der Reibung der Ruhe und der Reibung der Bewegung bestand, der das Anfahren sehr erschwert hätte. Man brauchte, bezogen auf eine doppelrillige Seilscheibe geplanter Größe und Belastung (3500 mm Durchm., 22,5 t Belastung in jedem Seil), im Gewichtsverfahren 300 kg einseitige Überlast für die gleichförmige Bewegung, aber 760 kg für das Anfahren zur Überwindung der ruhenden Reibung. Man wählte schließlich Rollenlager, bei denen unter gleichen Versuchsbedingungen nur 115 kg Überlast für die Bewegung, 130 kg für das Anfahren erforderlich wurden, und zwar in den ungünstigsten Fällen mit den am wenigsten biegsamen Seilen.

Aus den Seilen wählte man nach sehr vielen vergleichenden Versuchen schließlich das längsgeschlagene Rundlitzenseil aus, weil es die Widerstands- und die Lebensdauerprobe (Biegeprobe) am besten bestanden hat. Hier soll auf die Lager- und Seilversuche nicht weiter eingegangen werden, doch sei bemerkt, daß bei den gewählten Seilen und Lagern, bezogen auf das ganze Hebewerk, eine einseitige Überlast von etwa 10 t genügt, um die Bewegungswiderstände aus Lager- und Seilreibung zu überwinden. Das wäre eine Wasserfehllast von nur etwa 1 cm Höhe. Das Werk läuft also außerordentlich leicht und könnte schon durch ganz geringes Wasserstandsspiel ohne fremde Triebkraft betrieben werden. Daß das nicht empfehlenswert ist, soll später gezeigt werden.

Die Bewegungswiderstände sind beim Anfahren größer, weil dann auch noch die Arbeit zur Beschleunigung der schweren Massen zu leisten ist. Trog, Wasser im Troge, Gegengewichte, Seile und Ausgleichketten mit allem Zubehör wiegen 8800 t, und diese müssen auf die festgesetzte Geschwindigkeit von 12 cm/sek gebracht werden. Nähme man die Beschleunigung zu groß, so bestände die Gefahr, daß die Zahndrücke in den Antriebsritzeln zu groß würden, daß also die Federtöpfe ausschlagen und damit den Stromkreislauf unterbrechen, d. h. das Werk stillsetzen, ehe man überhaupt in Fahrt gekommen wäre. Die Ritzel widerstehen Zahndrücken von 120 t, ohne nachzugeben (s. Gesperre!); mit diesen 120 t könnte man das ausgewogene Werk so beschleunigen, daß es schon in weniger als 1 sek in voller Fahrt wäre, denn 120 t Kraft ergäben an der Masse einer Last von 8800 t eine Beschleunigung von 0,134 m/sek², d. h. nach einer Sekunde bereits eine Geschwindigkeit von 13,4 cm/sek. Weder ist eine solche Geschwindigkeit erforderlich, noch auch eine solche Beschleunigung; man müßte dabei ja auch unnötig den Rückhalt opfern, den man in den vorgespannten Federn der Federtöpfe zum Überwinden von Fehllasten in Bereitschaft hat. Es genügt vollkommen, wenn man die Anfahrzeit auf 10 bis 20 sek Dauer ausdehnt, wobei Beschleunigungskräfte nur zwischen 10,6 und 5,3 t auftreten, die von derselben Größenordnung sind wie die Bewegungswiderstände. Man hat die Anfahrzeit so bemessen, daß man mit einem Anfahrwiderstand von etwa 20 t (bei einem Bewegungswiderstand von 10 t), gedacht als der Bewegung entgegengerichteter, am Trog angreifender Widerstand, rechnen kann. Gegenüber den Ritzelkräften im Augenblick des Verbrauchs der Federvorspannung stehen also 120 — 20 oder rd. 100 t (gleich 10 cm Wasserfehllast nach beiden Seiten von der Sollage aus gemessen) für Ungenauigkeiten des Anfahrens usw. unbedenklich frei. Der Wasserspiegel könnte also um ± 10 cm von der Sollage abweichen, ohne daß beim Anfahren die Federtöpfe ausschlagen. Eine größere Fehllast würde sich durch Stromunterbrechung beim Versuche anzufahren bemerkbar machen, ein Fahren also verhindern. Der Wasserstand im Troge müßte dann zunächst mit den Füll- und Entleerungseinrichtungen des Troges berichtigt werden, ehe die Fahrt möglich wäre.

Der Trogfahrt kommt es zugute, daß bei Rollenlagern Anfahr- und Bewegungswiderstände nicht sehr verschieden voneinander sind; auch Einflüsse der Jahreszeit oder langen Stillstandes machen sich bei diesen Lagern kaum bemerkbar. Man hat es aber auch wohlbedacht vermieden, einen Antrieb zu wählen, der das Bestreben des sanften Anfahrens etwa durch die Eigenart des Motors durchkreuzen könnte; gerade weil die zu beschleunigenden Massen ungewöhnlich groß sind, die Zeit des Anlaufs aber nicht drängt, hat man den Leonard-Antrieb gewählt, weil dieser wie kein anderer Drehmoment und Zugkraft aus dem Nullwert heraus in

⁴⁾ Dr.-Ing. Freund, Versuche mit Drahtseilen und Seilscheiblagern für das Schiffshebewerk Niederfinow. Z. d. VdI 1929, Heft 3, S. 73 u. f.

beliebig regelbarer Weise anwachsen lassen kann. Andernfalls könnte sich ein Wechselspiel zwischen Triebkraft und zögernd folgender Masse entwickeln, das zum mindesten lästig wäre. Schon die Lager- und Seilversuche in Dahlem wiesen zum Leonard-Antrieb, und die Probefahrten am Hebewerk selbst haben gezeigt, daß dieser Weg der richtige war.

Aus den Bewegungswiderständen und der Fahrgeschwindigkeit folgt die Größe der aufzuwendenden Leistung. Ist der Trog genau ausgewogen, so geben 10 t Bewegungswiderstand und 0,12 m/sek Geschwindigkeit eine zu überwindende Leistung des Widerstandes von 1,2 tm/sek oder 16 PS. Während der Anfahrzeit wird zwar die Kraft größer, dafür aber auch die Geschwindigkeit kleiner, so daß die Leistung (nicht das Drehmoment) des Motors etwa ebenso groß ist. Mit einer erstaunlich geringen Leistung kann das Werk also in Gang gesetzt und in Gang erhalten werden. Zwar kommen verschiedene bisher nicht berücksichtigte Widerstände, wie die in den Triebwerken, Zahnrädern, Wellenleitungen usw. noch hinzu; die Erfahrung hat aber gelehrt, daß schon bei etwa 20 t Überlast im Sinne der Fahrtrichtung, dem Doppelten der oben errechneten Werte, die Antriebmotoren keinen Strom mehr aufnehmen, daß das Werk also dann „selbst läuft“. Bei größerer Überlast geben die Motoren sogar Strom zurück und wirken hemmend und eine weitere Beschleunigung ver hindernd; sie werden zu einer sehr wirksamen, reibungslosen Bremse!

Bei einer Fehllast im umgekehrten Sinne, d. h. bei einer die Bewegung erschwerenden, kommt zu der oben errechneten Leistung von 1,2 tm/sek noch die Hubarbeit an der Überlast hinzu. Die betriebsmäßige Überlast kann bis zu 100 t betragen (s. o.), also kann von seiten der Fehllast noch eine Hubleistung von $100 \cdot 0,12 = 12$ tm/sek zu der reinen Widerstandsleistung von 1,2 tm/sek hinzukommen, so daß dann der Antrieb 13,2 tm/sek oder 176 PS nutzbar herzugeben hätte. Die vier Motoren von je 75 PS können zusammen 300 PS nutzbar abgeben, so daß unter Einrechnung eines angemessenen Wirkungsgrades der Antriebsmaschinen reichlich Leistung auch im ungünstigsten Betriebsfalle zur Verfügung steht.

Beim Anfahren und bei der gewöhnlichen Fahrt ist das fahrende Werk bei jeder betriebsmäßig möglichen und zulässigen Last voll in unserer Gewalt. Wir können die Beschleunigung nach unserem Belieben wählen. Die Fahrwiderstände sind gering und genau bekannt. Größere Fehllasten können vermieden werden, wenn aufmerksam in die Endstellungen eingefahren wird; hierfür sind sinnfällige Hilfsmittel eingebaut, die hier aber nicht zu erörtern sind. Auch das Stillsetzen im Regelbetrieb verläuft ganz nach unserem Willen, denn durch eine gewollte Verlangsamung im letzten Teil der Fahrt ist das fahrende Werk so in unserer Gewalt, daß es im Augenblicke des Abschaltens geradezu auf das Millimeter genau anhält. Irgendwelche Massenwirkungen treten dabei ebensowenig auf wie etwa bei dem behutsamen Anfahren, und da die vier Motoren, also auch die Bremsen, über ein kräftiges Wellenviereck miteinander gekuppelt sind, so gleichen sich etwa nicht ganz gleichmäßige Halte- oder Bremskräfte der vier Ecken über die Wellenleitung aus. Die Bremsen haben ein größtes Schlußbremsmoment gleich dem doppelten größten Motordrehmoment, so daß sie reichlich imstande sind, die bewegten Massen auch bei der größten betriebsmäßigen Überlast von 100 t sicher abzubrem sen und im gebremsten Zustande auch sicher festzuhalten.

Es könnte aber nun doch einmal vorkommen, daß der Netzstrom während der Fahrt plötzlich ausbliebe, und daß dann das Werk nicht nur seine Triebkraft, sondern auch seine Gegenhalte kraft verlore; es wäre sogar denkbar, daß eine treibende Überlast nach der einen oder anderen Richtung hin dann das laufende Werk ungehemmt durchzöge, es in unzulässige Geschwindigkeit brächte, die Endstellungen überführe, und daß dann das Ganze in sich zusammenbrechen könnte. Natürlich ist auch dieser Fall bedacht worden; mehrfache Sicherungen sorgen dafür, daß kein Schaden eintreten kann. Unter allen Umständen fallen beim Ausbleiben des Netzstroms die Betriebsbremsen und noch besondere Sicherheitsbremsen ein, ehe noch eine unzulässige Beschleunigung möglich wäre. Bei den Abnahmeversuchen hat man solche Fälle auch unter den ungünstigsten Belastungsverhältnissen absichtlich herbeigeführt. Man ist dabei sogar so weit gegangen, daß man die Bremsen auf den kürzest möglichen Bremsweg eingestellt hat, um das freie Spiel der Massenkraft dabei beobachten zu können, und es hat sich nichts gezeigt, was irgendwie hätte bedenklich machen oder gar gefährlich werden können. Zwar hat man in diesen gewaltsam herbeigeführten Stillsetzversuchen ein Ausschlagen der Federtöpfe beobachten können, wie es bei sehr kurzen Bremswegen in den Betriebsbremsen anders auch nicht zu erwarten war, jedoch klangen die hierdurch eintretenden Schwingungen um eine Ruhelage in sehr kurzer Zeit ab. Ich möchte hierauf besonders hinweisen, weil es nicht an Schwarzsehern gefehlt hat, die das ganze „System“ dieses Hebwerks verurteilten, weil sie gefährliche „Schwingungen“ voraus sagten, unter denen der Bestand des Hebwerks leiden könnte. Wir können jetzt schon aus den Betriebserfahrungen sagen: „Im Regelbetriebe sind Schwingungen irgendwelcher Art überhaupt nicht zu bemerken. Das Werk läuft mit einer solchen Ruhe, daß ein auf dem Troge Befindlicher seine Fahrt erst durch die Ortsveränderung des Troges, nicht aber durch eigenes Gefühl gewahr wird. Hält man das Triebwerk unter Abschalten

des Netzstroms plötzlich fest, dann treten zwar einige Pendelungen um die Ruhelage ein, doch sind sie sehr stark gedämpft und kaum fühlbar.“

Obwohl die Erprobung gezeigt hat, daß auch ein Ausbleiben des Stroms und ein plötzliches gewaltsames Stillsetzen der Antriebe dem Bauwerk keine Gefahren bringen könnte, möge der Fall doch auch noch rechnerisch untersucht werden, weil er wohl derjenige ist, der das ganze Werk unter die schwierigste Betriebsbedingung stellt. Es sei voraus geschickt, daß er nur sehr unwahrscheinlich ist, denn es müßten schon drei Umstände dabei zusammentreffen, nämlich:

1. Der Netzstrom, der über eine Ringleitung zugeführt wird, müßte von beiden Seiten her zugleich unerwartet ausfallen.
2. Der Trog, dessen Fahrt jeweils nur sechs Minuten dauert, müßte gerade in Fahrt sein.
3. Zugleich müßte auch eine große Überlast im Sinne der Fahrtrichtung vorhanden sein.

Welche Vorgänge sich dann im elektrotechnischen Teile der Anlage abspielen, mit welchen Mitteln dann ein zuverlässiges Einfallen der Betriebs- und weiterer Sicherheitsbremsen erreicht wird, könnte ohne Eingehen auf die Schaltungen der Anlage nicht erläutert werden. Hier, wo es sich um die „Mechanik“ des Hebwerks handelt, ist nicht der Ort dazu; es muß auf andere Abschnitte der Aufsatzreihe verwiesen werden. Es genüge, wenn erklärt wird, daß die Bremsen unter allen Umständen einfallen und daß die bewegten Massen sicher aufgefangen und zum Stehen gebracht werden. Hier mögen nur die Kräfte nachgewiesen werden, die dabei auftreten, und ihr Verbleib.

Die Geschwindigkeit, mit der das Werk zum Stehen gebracht wird, mit anderen Worten die „Verzögerung“ der Massen, spielt hierbei eine große Rolle. Will man schnell halten, braucht man große Haltekräfte und umgekehrt. Man darf sich wie beim Anfahren Zeit lassen, denn die großen Massen lassen sich auch nicht schnell beschleunigen; man muß sich aber auch Zeit lassen, weil die zur Verfügung stehenden Haltekräfte nicht unbegrenzt sind. Es ist aus früherem bekannt, daß die Antriebsritzel nachgeben und daß dann das harte Aufsetzen auf die Sicherheitsdrehriegel in bedrohliche Nähe rückt, wenn man Ritzelzahn drücke von zusammen 120 t überschreiten wollte. Man muß daher diesen Wert als Grenzwert der Ritzel drücke betrachten und ihn durch Haltekräfte nicht übersteigen lassen.

Im fahrenden Werke ist die Masse einer Last von 8800 t (s. o.) mit einer Geschwindigkeit von 0,12 m/sek in Bewegung, dem entspricht ein Arbeitsvermögen — im folgenden kurz „Wucht“ genannt — von 634 tcm.

Die Ritzel selbst können eine Halte kraft von 120 t hergeben; ihnen kommen zu Hilfe die Bewegungswiderstände aus Lagern, Seilen, Triebwerken usw. mit 20 t. Eine Trogfehllast kann die Bewegung hemmen, dann muß sie der Halte kraft hinzugezählt werden; sie kann die Bewegung fördern, dann ist sie von der Halte kraft abzuziehen. Je nach dem Belastungszustande stehen also folgende Haltekräfte zur Verfügung:

40 t bei einer fördernden Fehllast von 100 t,
140 t bei ausgewogenem Troge,
240 t bei einer hemmenden Fehllast von 100 t.

Auch die Wucht ändert sich mit den Fehllasten etwas. Bei fördernder Fehllast ist sie um rd. 7 tcm größer als 634, also 641 tcm, bei hemmender um ebensoviel kleiner, also 627 tcm, gültig für Abwärtsfahrt (für Aufwärtsfahrt gilt umgekehrt eine Wucht von 627 tcm für fördernde, von 641 tcm für hemmende Fehllast). Die Unterschiede können bei ihrer Geringfügigkeit aber hier vernachlässigt werden, so daß mit unveränderlicher Wucht von 634 tcm gerechnet werde.

Hierfür ergeben sich folgende Bremswege unter Ausnutzung der jeweils größtmöglichen Haltekräfte:

Halte kraft 40 t	Bremsweg = 16 cm
„ 140 t	„ = 4,5 „
„ 240 t	„ = 2,7 „

Bei einer Fahrgeschwindigkeit von 12 cm/sek und gleichmäßiger Verzögerung würden obige Bremswege in folgenden Zeiten durchlaufen werden:

Bremsweg 16 cm	Bremszeit = 2,07 sek
„ 4,5 „	„ = 0,75 „
„ 2,7 „	„ = 0,45 „

Die Bremswege und Bremszeiten sind auch im ungünstigsten Falle so klein, daß man schon mit 40 t Halte kraft nur 16 cm Bremsweg erhält. Man braucht die Bremsen also nicht schärfer einfallen zu lassen, als daß bei größter fördernder Fehllast eine Bremszeit von etwa 2 bis 3 sek eintritt, und hat dann für alle übrigen Betriebsfälle reichlich Bremskraft zur Verfügung. Um aber auch für große Gleichgewichtsstörungen während des Stillstandes genügend Bremsmoment zur Verfügung zu haben, hat man das Bremsgewicht in zwei Teile unterteilt, von denen das leichtere ungedämpft sofort einfällt und die Betriebsbremsung durchführt, während der zweite, schwerere Teil erst durch eine Ölbremse verzögert einfällt und das Werk für den Stillstand fest in Klammern hält.

Sollte eine Ungleichheit von mehr als 100 t eintreten, dann würden die Federtöpfe schon beim Versuche anzufahren ausschlagen und damit den Strom unterbrechen, das ganze Werk also stillhalten.

Als ausgeschlossen muß gelten, daß zu vorstehenden drei zusammenfallenden Zufälligkeiten gar noch plötzliche Sperrung des Antriebes an einer Stelle derart einträte, daß der Bremsweg in den Betriebsbremsen gleich Null würde. Trotzdem sei selbst dieser nur gedachte Fall untersucht, um wenigstens zu berechnen, welche Kräfte auftreten könnten, und damit nachzuweisen, daß auch dann keine Gefahr droht.

Die ganze Wucht müßte jetzt in die Federtöpfe fahren; sie würde zum Teil durch Federarbeit abgefangen und müßte schließlich, wenn die Drehriegel aufsetzen, mit ihrem Rest noch an anderer Stelle fühlbar werden.

Die Wucht der bewegten Massen war bekanntlich 634 tcm. Die Federn der Federtöpfe sollen Ritzelzahnindrücken bis zu 120 t (zusammen für vier Ritzel!) widerstehen, und die Ritzelzähne sollen bis zu 3 cm beiderseits nachgeben können, ehe die Drehriegel sich aufsetzen. Die verwendeten Federn ergäben auf 3 cm Ritzelzahnweg ein Anwachsen der Zahnenddrücke von 120 t auf 228 t und einen mittleren Zahnenddruck von 174 t; das gäbe bei 3 cm Zahnweg eine Federarbeit von 522 tcm (s. Abb. 2). Hierzu kämen aus Lager- und Seilwiderstand und aus dem gesamten Triebwerke noch etwa 20·3 oder 60 tcm Hilfsarbeit, so daß mit zusammen 582 tcm Federarbeit die im ungünstigsten Falle zu denkende Wucht bis auf einen unbedeutenden Rest hätte aufgenommen werden können.

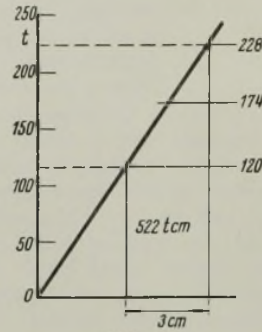


Abb. 2.

Nun stehen aber in Wirklichkeit nicht 3 cm gefederter Drehriegelweg zur Verfügung, denn der tote Gang in den Zahnücken usw. verzehrt etwa 1 cm allein, ohne Haltearbeit verrichten zu können. Es bleiben nur 2 cm nutzbar, die zu Ritzelenddrücken von 192 t, zu mittleren Drücken von 156 t führen, immer bezogen auf vier Ritzel zusammen. Die verfügbare Federarbeit ist also $156 \cdot 2 = 312$ tcm, zu denen $20 \cdot 2 = 40$ tcm aus Triebwerkwiderstand hinzutreten. Mit zusammen 352 tcm könnten also etwa 56% der Wucht federnd aufgenommen werden; mit dem Rest von 44% oder 282 tcm würden in diesem gedachten Falle die Drehriegel gegen die Mutterbackensäulen anfahren.

Zu einem harten, unelastischen Stoß Masse auf Masse kann es aber selbst hierbei nicht kommen.

Geht der Trog aufwärts, dann kann der Wasserinhalt nie als Stoßmasse wirken, weil er nichts findet, wogegen er stoßen könnte; er könnte höchstens versuchen, sich um die Geschwindigkeitshöhe von weniger als 1 mm (!) vom Boden zu lösen, was zu geringem elastischen Federn des Bodens führen könnte. Abwärts ist der Trog ein elastisches Kissen, das die Wucht der Wassermasse federnd auffängt.

Gleiches gilt von den Gegengewichten. Diese hängen an langen Seilen, die als elastische Fäden, ja geradezu als Federn angesehen werden können. Denkt man sich den Trog an irgendeiner Stelle seiner Bahn plötzlich festgehalten, dann werden die Gegengewichte entweder im Sinne einer Seilverlängerung oder einer Seilverkürzung stoßfrei weiterlaufen, bis ihr Arbeitsvermögen durch Seil- oder Schwerkraftarbeit aufgezehrt worden ist. In den Gegengewichten stecken 4290 t Last, in ihrer Bewegung Arbeitsvermögen von 309 tcm. Die vorhandenen Seile haben unter ihrer Betriebslast eine Dehnung von rd. 30 cm erfahren; würden sie um 2,08 cm stärker gedehnt werden, könnten sie statt 4290 t eine Last von rd. 4590 t tragen; die Dehnungsarbeit wäre $150 \cdot 2,08 \text{ cm} = 312$ tcm, also etwa gleich dem oben errechneten Arbeitsvermögen, d. h. die Seile würden sich bei plötzlichem Halt des Troges nur um etwa 2 cm längen und so die „Wucht“ der Gegengewichte elastisch auffangen. Das gleiche geschieht in umgekehrter Richtung: Die Seile würden um etwa 2 cm schrumpfen und dadurch so viel an Seilspannung freigeben, daß die Arbeit der Schwerkraft die „Wucht“ der Gegengewichte aufzehrt. Natürlich blieben die Seile nicht in diesen jeweils überspannten oder unterspannten Längen; die Gegengewichte würden vielmehr gegen die Sollage um die errechneten 2 cm unter Ausschlagen der Federtöpfe auf- und niederpendeln, bis durch die Reibungsarbeit der Lager usw. die Schwingungsarbeit aufgezehrt worden wäre. Der ganze Vorgang ist aber stoßfrei für das Bauwerk; er ist in Wirklichkeit noch günstiger, weil 56% des Arbeitsinhaltes ja schon durch das Federspiel der Federtöpfe aufgenommen wurden, also für die Seile nur noch 44% der Gegengewichtswucht verbleiben.

Im unwahrscheinlichen Falle des plötzlichen Anhaltens des bewegten Troges würden sich danach die Verhältnisse wie folgt gestalten:

Aufwärts: Von der Gesamt wucht von 634 tcm werden 56% oder 355 tcm durch Federtopfarbeit elastisch aufgenommen, bis die Drehriegel sich aufsetzen. Es bleiben 44% oder 279 tcm als Restwucht, die noch irgendwie abgefangen werden muß. Aus dieser Restwucht muß der Anteil

herausgenommen werden, der seiner Natur nach nicht stoßen kann, nämlich:

1. das Wasser mit 2690 t;
2. die Gegengewichte mit 4290 t;

das sind zusammen 6980 t von insgesamt bewegten 8800 t oder 79% der bewegten Masse, so daß nur 21% der Restwucht von 279 tcm, d. h. rund 59 tcm als allenfalls stoßend anzusehende Wucht verbliebe; und auch das ist noch zu ungünstig angenommen, denn auch der Trog selbst ist ein so elastisches Gebilde, daß er mit dieser kleinen Restwucht nicht hart auf hart, Masse gegen Masse, anlaufen würde, sondern den weitaus größten Teil der Wucht durch geringe elastische Formänderungsarbeit aufnehmen und vernichten würde; daher könnte von dem soeben errechneten, an sich schon sehr geringen und noch dazu auf vier Anlaufstellen sich verteilenden Reste der Wucht, nämlich von den letzten 59 tcm, nur wieder ein kleiner Teil, nämlich der unmittelbar um die Drehriegel herumliegende Teil des Troges als eigentliche Stoßmasse angesehen werden. Das Bauwerk selbst aber ist in allen seinen Teilen eine Verbindung elastischer Stäbe von solcher Widerstandsfähigkeit, daß ihnen Stoßvermögen solcher Größenordnung nichts anhaben können.

Abwärts lägen die Verhältnisse insofern ungünstiger, als das Wasser im Stoßfalle sich nicht vom Boden lösen könnte, sondern als Stoßmasse mit in Rechnung gezogen werden müßte; allerdings nicht annähernd im Verhältnis seiner hinzutretenden Masse, denn der Trogboden und der ganze Trog ist wie ein Kissen, das den weitaus größten Teil der frei werdenden Massenkraft des Wassers elastisch aufzufangen imstande ist. Da die Geschwindigkeitshöhe noch nicht einmal 1 mm ausmacht, ist ersichtlich, daß schon sehr geringe Formänderungen des Troges genügen, um den größten Teil der Massenkraft abzufangen. Ein rechnerisches Maß für den Anteil des elastisch Abfangbaren ist wohl kaum einwandfrei angebar; es steht aber außer Zweifel, daß es selbst in diesem nur gedachten Falle zu irgendwelcher Gefährdung des Bauwerks nicht kommen könnte.

Die Untersuchung hat immerhin gezeigt, daß es nicht zu empfehlen ist, den Betrieb etwa „selbstfahrend“ mit Überlast im Sinne der Bewegungsrichtung durchzuführen, obwohl das technisch möglich und bis zu 100, ja 120 t Überlast auch unbedenklich wäre, da für ausreichenden Bremsweg gesorgt ist. Die Bremsen können und sollen das Werk nicht rücksichtslos und plötzlich hemmen. Bremswege von einigen Zentimetern verbleiben auch im Falle der Notausschaltung; man wird trotzdem gut daran tun, ein etwa nicht zu vermeidendes Ungleichgewicht lieber im Sinne einer Hemmung der Bewegung als umgekehrt mitzunehmen. Bewußt zu hohes Einfahren in die obere Haltung und ebenso zu tiefes Einfahren in die untere Haltung bietet hierzu im Betrieb ein ebenso leicht anwendbares wie zuverlässiges Mittel.

Es erscheint angebracht, das Ergebnis auch noch zeichnerisch darzustellen, da man dann besser als mit Worten die Zusammenhänge darlegen und sie auch besser überblicken kann.

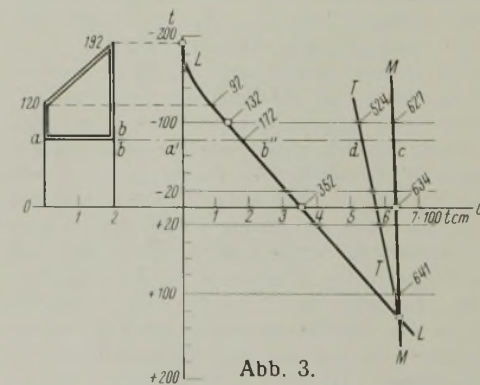


Abb. 3.

In Abb. 3 stelle die Achse $O-O$ die Gleichgewichtssache dar, von der aus Trogüber- und -unterlasten nach oben und unten abgetragen seien, und zwar im Sinne der Lastwirkung: die nach unten ziehende Überlast nach unten, die nach oben drängende Trogunterlast nach oben, ausgedrückt in t. Die Waagerechten in den Höhen ± 20 t halten zwischen sich das Gebiet, in dem der Trog einer Antriebskraft

zur Bewegung bedarf. Außerhalb dieser Zone will er bei Unterlast steigen, bei Überlast sinken. Links vom Lastenmaßstab ist die Summe der Federwirkungen der Federtöpfe, bezogen auf den Ritzelzahnenddruck, dargestellt. Geht man beim Federweg O senkrecht in die Höhe, so kommt man zu der Ordinate 120 t, bis zu der die Ritzel nicht ausweichen. Geht man noch höher, so geben die Federtöpfe nach, welchen die Ritzel aus. Der Ritzelweg ist waagrecht von 0 bis 2 cm der Wahrheit entsprechend aufgetragen; der Endzahnenddruck bei 2 cm Federweg steigt auf 192 t. Legt man nun in beliebiger Höhe, z. B. in $a-b$, eine Parallele zur Gleichgewichtssache, so entspricht diese einer bestimmten Gleichgewichtsstörung, im gewählten Beispiel 80 t Unterlast des Troges. In diesem Zustande stehen zur Aufnahme von Massenkraften durch die Federtöpfe nur die Federarbeiten zur Verfügung, die im Federkraftbilde durch die Fläche oberhalb der Linie $a-b$ gebildet wird und durch doppelte Umrahmung kenntlich gemacht ist, nämlich die Fläche $a-120-192-b-a$. Der Inhalt dieser Fläche ist auf Höhe $a-b$ von der senkrechten Achse

Motoren unterschied sich der Auslauf kaum von dem des gewöhnlichen Betriebes; die Federtöpfe rührten sich nicht; erst als man stufenlos abschaltete und die Bremsen hart einfallen ließ, schlugen die Federtöpfe aus; Trog und Gegengewichte pendelten dann wohl noch etwas um die Ruhelage hin und her, doch war die Dämpfung so stark, daß schon der dritte Federtoppfausschlag nur bei guter Aufmerksamkeit noch erkennbar war; weitere folgten nicht mehr. Also auch bei diesem ganz betriebswidrigen und nur in seltenen Ausnahmefällen denkbaren, hier künstlich herbeigeführten Falle traten irgendwie bedrohliche Schwingungen nicht auf. Ein Anlaß zum Aufschaukeln von Schwingungen fehlt vollkommen, so daß das Werk auch als schwingungsicher angesehen werden muß.

Der Antrieb.

Wenn im vorstehenden beim Abschnitte „Bewegung der Last“ auf gewisse Eigentümlichkeiten des Antriebes schon vorweg eingegangen werden mußte, so erscheint es doch angezeigt, noch etwas darüber zu sagen, weshalb man gerade diese Vereinigung von Ritzeln an einer Zahnstange und Sperrschnecken für die Katastrophenlast gewählt hat. Es hätte doch nahe gelegen, ähnlich wie in Henrichenburg auch in Niederfinow Spindeln zum Antrieb und für die Katastrophenlast zugleich zu wählen. Tatsächlich hat man auch lange Zeit diesen Weg verfolgt und alles versucht, um zum Ziele zu kommen. Man mußte den Weg aber verlassen, weil keine zuverlässige Lösung für Spindeln der hier nötigen Länge zu finden war; man hätte solche Spindeln aus Herstellungs- und Versandgründen zerteilen müssen, hätte aber in jeder Unterteilung einen schwachen Punkt gehabt, denn die Teilfuge hätte folgende Bedingungen erfüllen müssen:

1. zugfest gegen die Katastrophenlast;
2. drehfest gegen das Katastrophenmoment;
3. ungestörtes Durchlaufen des Gewindefadens in jedem Belastungszustande.

Alle Arten von Verbindungen, die man versuchte oder die von den verschiedensten Seiten vorgeschlagen wurden, befriedigten nicht, denn sie ließen immer an irgendeiner Stelle eine Schwäche, die man nicht in Kauf nehmen konnte, wo doch die Spindeln im Katastrophenfalle des Trogleerlaufs für den Bestand des ganzen Bauwerks verantwortlich gewesen wären. Man entschloß sich daher schließlich, zur Sicherung im Katastrophenfalle das schon früher genannte, Herrn Oberregierungsbaurat Loebell erteilte Reichspatent eines Drehriegelgesperres mit nachgiebigem Ritzelantrieb anzukaufen und zu verwenden.

Das brachte eine Scheidung des Antriebes von der Sicherung, wenn sie auch organisch miteinander zusammenhingen: Dem Antriebe dienten kletternde Ritzel an Triebstockzahnstangen, der Sicherung kurze Spindeln in langen Muttergewinden. Dieses Gesperre läuft nur in reinem Bereitschaftsdienste mit; es ist weder einer merkbaren Abnutzung im Betriebe unterworfen, noch auch verbraucht es irgendwelche fühlbare Leistung. Daß das Werk bemerkenswert leicht läuft und bei 20 t einseitiger Überlast schon ohne alle äußere Energiezufuhr betrieben werden könnte, sei hier nur kurz wiederholt.

Da die schwere und in ihren Abmessungen ungewöhnliche Last während ihrer ganzen Bewegung sich selbst parallel bleiben muß, wurden für den Antrieb vier durch eine Ringwellenleitung miteinander gekuppelte Ritzelantriebe gewählt, und es wurde durch sorgfältigste Herstellung und Verlegung der Zahnstockleitern dafür gesorgt, daß die in einer Höhenlage genau ausgerichteten Zahnstöcke dann auch in allen übrigen Höhenlagen stimmen. Die Zahnstockleitern sind in ihrer Mitte am Gerüst befestigt, nach den Enden zu aber so weit längsbeweglich, daß Wärmeänderungen an ihnen oder am Gerüste nicht etwa zu einem Krummziehen führen könnten. Die Mutterbackensäulen sind nach den Zahnstockleitern ausgerichtet und erst dann endgültig befestigt worden, als das Gerüst die volle Betriebslast des gefüllten Troges und aller Gegengewichte zu tragen hatte, da auch das Gerüst unter dem Einfluß der Lasten elastische Form-

änderungen erleidet, die für solche Maschinenteile sehr fühlbar werden und keinesfalls vernachlässigt werden dürfen. Die liefernden Werke haben gerade in diesem Teil der Anlage besonders Anerkennenswertes geleistet.

Lagen hiernach vier Antriebsstellen fest, so war doch noch die Wahl zwischen Sammelantrieb durch einen Motor über das Wellenviereck hinweg, etwa wie in Henrichenburg, oder Einzelantrieb durch je einen Motor an jeder Antriebsstelle. Man entschied sich hierfür, weil es das folgerichtigste war, die Antriebsleistung dort zuzuführen, wo sie gebraucht wurde, statt sie erst durch lange Wellenleitungen spazieren zu führen. Jetzt hat jede Ecke gewissermaßen ihren eigenen Antrieb, und das Wellenviereck führt nur Ausgleichkräfte und sorgt für den unbedingten Gleichlauf. Die vier Motoren der Ritzelantriebe liegen parallel zueinander mit ihren Ankern im Ankerstromkreise des Leonard-Generators; sie werden ständig und gleichmäßig aus einem Erregerstromkreise erregt, während die Erregung des Leonard-Generators dem Bedarf entsprechend geregelt wird. Man erreicht so, daß, von Störungen abgesehen, alle Motoren zur gleichen Zeit auch gleiche Drehmomente erhalten und daß man diese Momente aus Null herauswachsend ganz nach Belieben steigen und fallen lassen kann. Man hat diesen Vorgang sogar der Willkür des Hebewerkführers dadurch entzogen, daß man die Einschaltung und die Abschaltung selbsttätigen Steuerungen zugewiesen hat, die den Ablauf aller Steuervorgänge in einmal festgelegter, gewollter Weise regeln. Stromzeiger in allen vier Motorankerstromkreisen gestatten jederzeit einen Einblick, ob die gewollten Vorgänge sich regelrecht abspielen oder nicht. Die Ringwellenleitung führt in der Regel nur Ausgleichkräfte zwischen den vier Antrieben; sie ist aber stark genug bemessen, um dann, wenn einer der Motoren aus irgendeinem Grunde einmal versagen sollte, seine fehlende Leistung von den drei anderen Motoren an die notleidende Antriebsstelle hinzuzuführen.

Es wäre reizvoll, auf die Feinheiten der Schaltung näher einzugehen, doch würde das den Rahmen dieses Aufsatzes übersteigen.

Der Wasserhaushalt.

Wenn das Werk mit ausgewogenem Troge fährt, richtet sich sein Wasserhaushalt danach, in welcher Richtung der Lastenverkehr überwiegt: Geht mehr Last zu Tal als zu Berg, dann fördert das Hebewerk wie eine Pumpe Wasser aus der unteren in die obere Haltung, und zwar eine dem Lastenunterschied entsprechende Menge, wenn man von geringen Verlusten beim Füllen und Entleeren des Spaltes oder durch kleinere Undichtigkeiten absieht. Die beladenen Kähne kommen ja dann mit weniger Wasser im Troge herab, als wie die weniger beladenen bei ihrer Fahrt wieder mit hochnehmen. Das ist nicht anders als bei jeder Schleuse auch: Die Kammerfüllung wird kleiner und damit die beim Schleusen abfließende Wassermenge ebenfalls, wenn der Lastverkehr talwärts überwiegt. Das Hebewerk ist aber jeder Schleuse darin überlegen, daß es ohne besondere technische Hilfsmittel, wie Pumpwerke usw., gestattet, auch wenn der Lastenverkehr zu Berg überwiegt, den dann unvermeidlichen Wasserverlust ganz oder zum Teil dadurch wieder wettzumachen, daß mit dem Troge Wasser aus der unteren in die obere Haltung zurückgeschöpft wird. In Niederfinow ist der Lastverkehr derart gerichtet, daß mehr Last steigt als fällt. An den ersten 19 Betriebstagen gingen 546 Kähne aufwärts, aber nur 332 abwärts; die steigenden zudem auch stärker beladen als die fallenden. Daraus ergibt sich ein gewisser Wasserverbrauch, wenn man mit immer genau ausgewogenem Troge fahren wollte. Man hat es in der Hand, durch etwas höhere Einfahrt in die obere Haltung und durch ebenso etwas tiefere Einfahrt in die untere Haltung zum mindesten einen Teil des sonst verlorengelassenen Wassers für die obere Haltung wiederzugewinnen. Die Bedingungen der günstigsten Kräfteverteilung bei der Fahrt und beim Zwange eines plötzlichen Anhaltens decken sich danach in glücklichster Weise mit denen eines guten Wasserhaushalts. Die Betriebserfahrungen werden zu zeigen haben, ob man mit möglichst ausgewogenem Troge oder, auch zur Wasserersparnis, mit etwas Überlast im Gegensinne der Bewegung zu fahren haben wird.

Alle Rechte vorbehalten.

Der Umbau der Elbstraßenbrücke in Torgau.

Von Regierungsbaurat H. Borggreve u. Dipl.-Ing. R. Stoß in Magdeburg und Regierungsbaurat R. Bayer in Torgau.
(Schluß aus Heft 30.)

III. Umbau der Strombrücken.

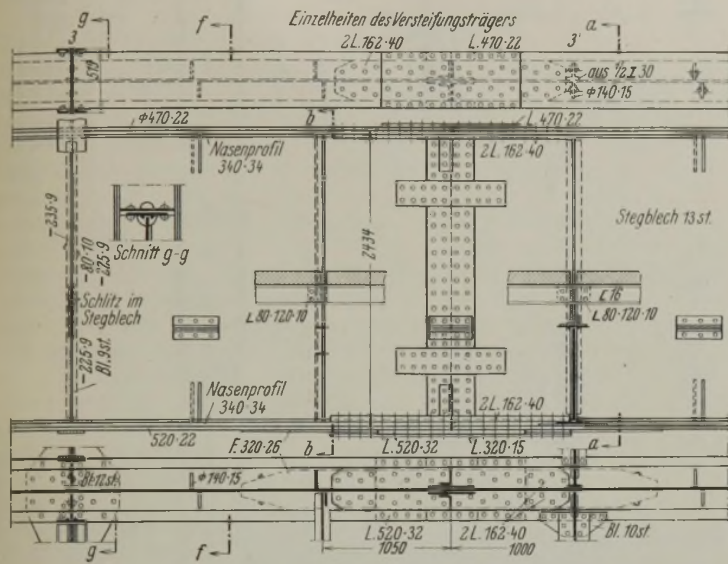
Bei der Ausschreibung der neuen Strombrücke mußte ein System gewählt werden, das sich einerseits in seiner äußeren Erscheinung an die in Umbau befindlichen fünf Flutbrücken gut anpaßte, andererseits aber auch die Wirkung des vor der Brücke liegenden Schlosses Hartenfels, das der Landschaft mit seiner gewaltigen und lebhaften Baumasse ein starkes Gepräge gibt, nicht beeinträchtigt. Die Wahl fiel auf einen Stabbogen mit darunterliegendem vollwandigen Versteifungsbalken (Langerscher Balken), dessen Obergurt gleichfalls parabelförmig wie bei den fünf Flutbrücken ist, und der mit seiner einfachen, ruhigen Linienführung noch dazu beitragen konnte, den Reiz des Landschaftsbildes zu erhöhen. Um dies nach Möglichkeit zu erreichen, durfte nach einem Vorschlage des

Konservators der Provinz Sachsen der Stabbogen keine zu große Höhe erhalten (s. Abb. 9).

Das gewählte Brückensystem mit dem vollwandigen Versteifungsträger bot bei dem Vorhandensein des mittleren Strompfeilers auch noch Vorteile bei der Montage, wie sich aus den weiter unten folgenden Ausführungen ergibt. Ferner legte der Vollwandträger den Gedanken nahe, in eine Prüfung der Frage einzutreten, ob bei der Herstellung der Brücke nicht in weitem Maße das Schweißverfahren Anwendung finden könne. Bei dem derzeitigen Stande der Schweißtechnik entschloß man sich, bei dieser Brücke von 98,4 m Stützweite das Schweißverfahren zunächst für die wesentlichen Arbeiten in der Werkstatt zuzulassen, auf der Baustelle aber völlig auszuschließen. Diese Forderung brachte es mit sich, daß



Abb. 9. Ansicht des fertigen Brückenzuges.



infolge der natürlichen Zergliederung der einzelnen Bauteile für den Transport ungefähr alle statisch wichtigen Kraftanschlüsse durch Nietung auszuführen waren. So wurde u. a. darauf Wert gelegt, daß alle Stöße, auch wenn sie in der Werkstatt hergestellt wurden, nur durch Nietung verbunden wurden. In der Werkstatt aber wurden sämtliche Verbindungen, soweit sie die Herstellung des eigentlichen Stabquerschnitts selbst betrafen, durch Schweißung entsprechend den Vorschriften vom Jahre 1931 ausgeführt. Gewisse Ausnahmen von dieser Regel wurden insofern zugelassen, als auch die Anschlüsse untergeordneter Bauteile, wie die Anschlüsse der Fußwegkonsolen, angeschweißt wurden. Auch wurden Anschlüsse in Schweißarbeit ausgeführt, soweit sie mit den Aussteifungen des Haupt-Versteifungsträgers zusammenfielen. Hierzu gehören u. a. das Einbinden von rahmenbildenden Querträgern mittels Schlitten im Versteifungsträger in diese Aussteifungen und das gleichzeitige Aus-

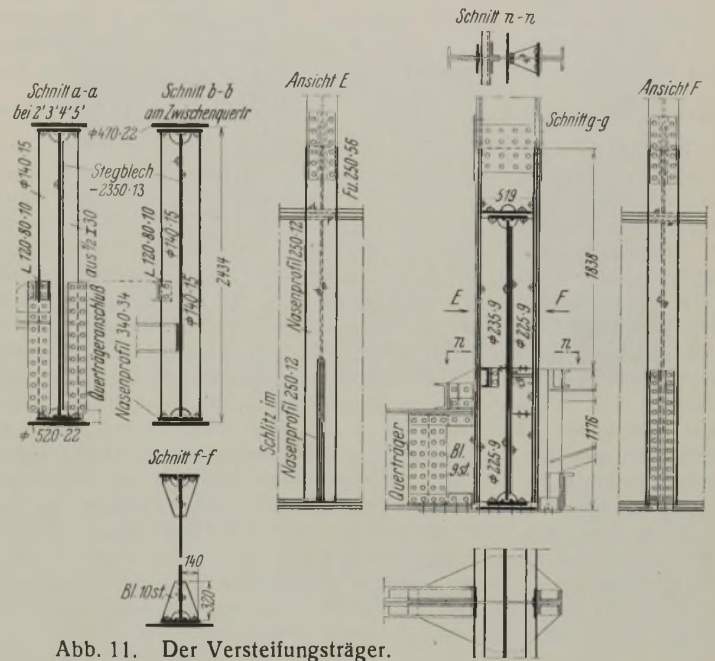


Abb. 11. Der Versteifungsträger.

bilden dieser Aussteifungen zu Hängestangen- und Querträgeranschlüssen an dem Versteifungsträger, wie weiter unten noch näher beschrieben wird (s. Abb. 11).

Der Versteifungsträger und der Stabbogen der Hauptträger, die Querträger, Längsträger und Zwischenquerträger des Fahrbahnrostes und die Hängestangenpfosten, soweit sie Glieder der Halb- und Portalrahmen sind, sind aus St 52, aus St 37 sämtliche übrigen Teile, wie normale Hängestangen, Buckelbleche, Windverbände, Fußwegkonstruktionen einschließlich der Geländer und Endabschlüsse. Die Lagerteile bestehen aus Stahlguß Stg 52, 81 S. Für die Brückenteile aus St 37 wurde der schwerrostende Patina-Stahl der Vereinigte Stahlwerke AG, Dortmund, mit 0,2 bis 0,3% Kupfergehalt gewählt, der sich gegen den Angriff von Rauchgasen als besonders widerstandsfähig erwiesen hat.

1. Einzelheiten des Überbaues.

In Abb. 10 sind Diagramme der ungünstigsten Kernpunktmomente und der Materialverteilung für den Versteifungsträger dargestellt. In der oberen Hälfte erscheinen die Grenzmomente der unteren Kernpunkte, die zeigen, daß im Obergurt in den ungünstigsten Belastungsfällen vornehmlich Zugspannungen vorhanden sind, während Druckspannungen geringeren Ausmaßes nur im mittleren Teil auftreten können. Die untere Hälfte enthält die Grenzmomente der oberen Kernpunkte. Es ergibt sich, daß im Untergurt durchweg bedeutende Zugspannungen entstehen, während geringe Druckspannungen nur auf die Umgebung der Auflager beschränkt sind. Entsprechend wurde für den ganzen Versteifungsträger ein mittlerer Querschnitt, bestehend aus einem Stegblech von 2350 mm Höhe und 13 mm Dicke und zwei Flanschprofilen mit Nasen der Dortmunder Union vom Querschnitt φ 340-34 mm, gewählt. Am Untergurt ist auf 68,6 m Gesamtlänge (s. Materialverteilung der Abb. 10) eine weitere mittlere Gurtplatte φ 520-22 mm aufgeschweißt, während der Obergurt nach den Enden zunächst durch eine weitere Obergurt-Lamelle φ 470-22 mm, nahe dem Auflager φ 470-31 mm verstärkt ist. Dem Stegblech in Auflagernähe wurde eine Dicke von 23 mm gegeben. Abb. 11 zeigt einen Ausschnitt des Versteifungsträgers von der dritten Hängestange bis zum nächstfolgenden Querträgeranschluß 3' zwischen der dritten und vierten Hängestange mit verschiedenen Querschnitten, ferner Längsschnitt und Aufsicht. Aus dieser Abbildung geht auch die Anordnung der Aussteifungen hervor. Die normalen Aussteifungen durch ein Flacheisen φ 140-15 mm, die Querschnitt b-b' ver-

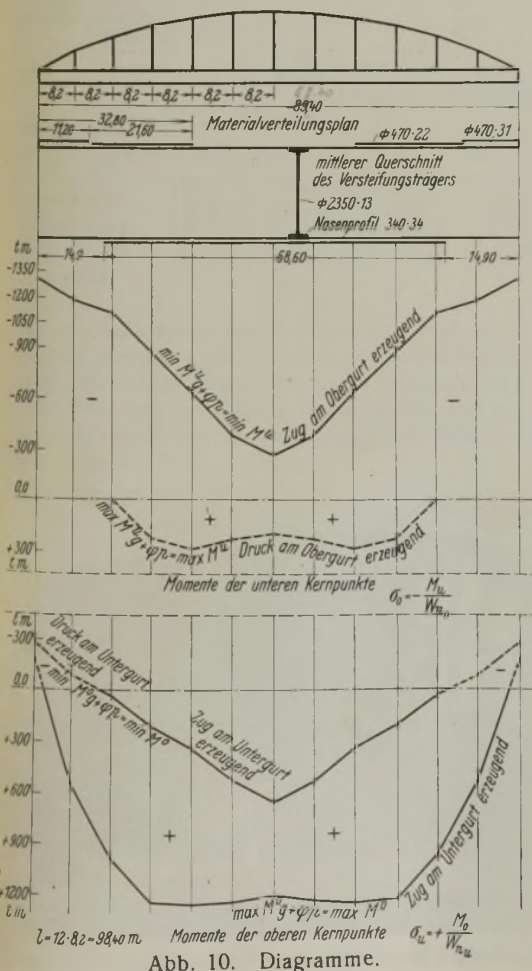


Abb. 10. Diagramme.

anschaulicht, sitzen in der Mitte der in Abständen von 4,10 m aufeinanderfolgenden Querträger. An ihnen greifen die Zwischenquerträger an. Die Aussteifung ist beiderseitig, jedoch mit Rücksicht auf den Einbrand versetzt angeordnet. Der Querschnitt a-a' zeigt die Aussteifungen an den Stellen, wo keine Hängestangen, die im doppelten Querträgerabstand von $2 \cdot 4,1 = 8,2$ m angreifen, vorhanden sind, aber einerseits der Querträger, andererseits das Fußwegkonsol anschließt. Eine versetzte Anordnung der Aussteifungen war hier nicht möglich. Mit Rücksicht auf den Einbrand wurde innen die normale Aussteifung gewählt, an die der Querträger mit doppelten Laschen angenietet ist, die äußere Aussteifung wird durch ein halbes, in der Mitte durchgebranntes I 30 gebildet, das mit seinem Flansch durch doppelte Kehlnähte an das Stegblech angeschweißt ist, wodurch eine Verschiebung des Einbrandes erreicht wird. Die Aussteifungen sind an dem oberen und unteren Ende des Stegblechs des Versteifungsträgers ausgeschnitten, damit beim Schweißen die durchlaufende Schweißnaht zwischen Stegblech und Gurtplatte nicht beschädigt wird. Im Querschnitt f-f' sind die Aussteifungen in den Achtpunkten eines Hängestangenfeldes veranschaulicht; der geringste Abstand der Aussteifungen ist demnach $\frac{8,2}{8} = 1,025$ m. Die Aussteifungen an den Stellen,

wo die Hängestangen, Querträger und Fußwegkonsolen angreifen, sind ähnlich ausgebildet wie die bereits oben beschriebenen des Querschnitts a-a' (s. auch Schnitt g-g), es ist nur zur Aufnahme der Hängestangen eine Flacheisen-Lamelle oder ein Flansch-Profil aufgeschweißt, das beiderseits bis rd. 0,5 m oberhalb des Obergurts des Versteifungsträgers durchläuft. Dort wird die eigentliche Hängestange angenietet. Unten werden an diese aufgeschweißten Lamellen die Querträger durch Winkel angenietet. Dort wo die Hängestangen auch Eckeinspannmomente zu übertragen haben, wie bei den Hängestangen 1, 2 und 3 bzw. 1', 2' und 3', werden die Querträger mit Eckblechen in den Versteifungsträger eingebunden und Stegblechstöße an den Momenten-Nullpunkten der Querträger angeordnet. Wie aus Abb. 11 des Versteifungsträgers weiter ersichtlich ist, sind die Stegblechstöße, um bei der Bestimmung der Widerstandsmomente nicht den Abzug der gesamten Stoßniete berücksichtigen zu müssen, durch zwei Laschen vorgebunden. Diese Laschen gleichen mit ihrem Nutquerschnitt, der an der äußeren Nietseite des Stegblechstoßes bereits voll wirksam angeschlossen ist, den Verlust durch die Nietabzüge wieder aus. In die statische Berechnung wird nur im Bereich der Stöße der Nietabzug am Beginn der Laschen mit vier Nieten eingesetzt. Durch diese Anordnung wird Querschnittsmaterial erspart.

Abb. 12 zeigt den Endknotenpunkt des Stab bogens, wo die beiden I 55 des Druckgurtes durch eine Abrundung in den Versteifungsträger eingeführt sind. Diese Einführung gibt dem Brücken anfang ein ansprechendes Aussehen. Der erste Stoßanschluß des oberen Druckgurtes an das auf 23 mm Dicke verstärkte Endstegblech geschieht durch Nietung. Der Stab bogenquerschnitt besteht aus zwei I 55, die durch ein Stegblech $\varnothing 580 \cdot 13$ mm mittels je zweier durchlaufender Kehlnähte aneinergeschweißt sind (Abb. 13). Der Stabbogen erhält dadurch eine äußere Dicke von 80 cm und wirkt damit auch in der Entfernung als kräftiger Brückenteil.



Abb. 12. Endknotenpunkt.

Da sämtliche Stabbogenstäbe, die in gerader Linie von Hängestange zu Hängestange laufen, gegen die Waagerechte stark geneigt sind, ist ein guter Abfluß des Regenwassers gesichert, außerdem ist der gewählte Querschnitt leicht zu unterhalten. Die Stabbogenteile laufen ungestoßen jeweils über zwei Hängestangenfelder durch. In der Mitte sind sie geknickt und bilden in je $2 \cdot 8,2 = 16,4$ m waagrechtem Abstand einen zu vernietenden Universalstoß. Die Knicksicherheit der einzelnen I-Eisen ist durch Bindungen in den Drittpunkten gewährleistet (Abb. 14).

Die normalen Hängestangen im Bereich des oberen Windverbandes bestehen aus I 40, deren Stege quer zur Brückenachse stehen. Um den Anschluß an den Stabbogen mit seinen beiden I 55 in einfacher Weise durch Laschen bewirken zu können, sind die Stege der I 40 an ihrem oberen Ende aufgeschlitzt, ihre Flanschen auseinandergebogen; in die entstehende Lücke sind Flacheisen-Keilstücke eingeschweißt und somit die I-Eisen von 40 auf 55 cm verbreitert.

Die anderen Hängestangen und die Querträger werden ähnlich wie der Versteifungsträger aus Stegblechen mit angeschweißten Nasen-Flansch-Profilen der Dortmunder Union gebildet. An dem Querschnitt der dritten

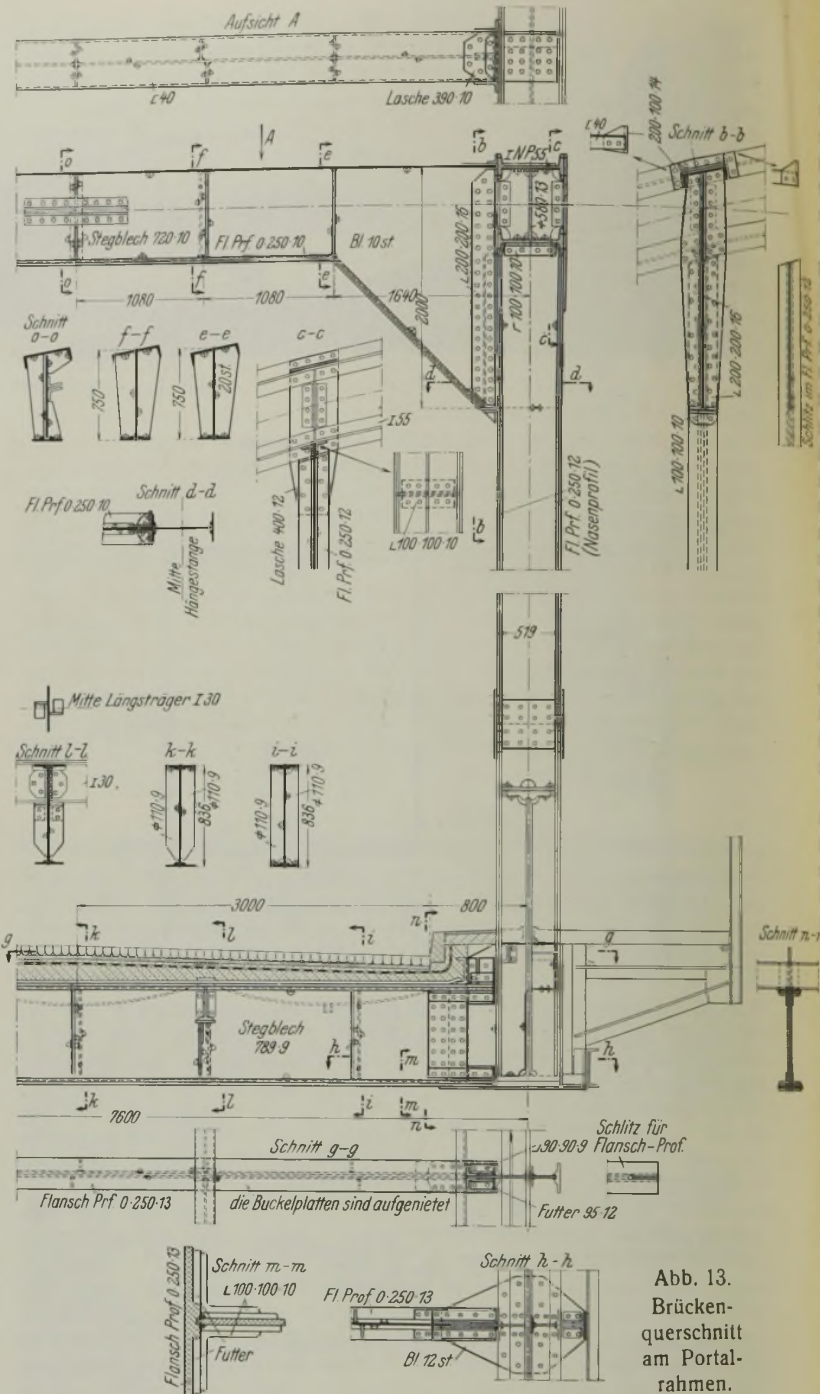


Abb. 13. Brückenquerschnitt am Portalrahmen.

Hängestange (s. Abb. 13) wurde ein kräftiges Portal ausgebildet, an das sich der obere rautenförmige Windverband anschließt. Durch die Anordnung des Portals an dieser Stelle erhält die Brücke eine hohe, freie Durchsicht, die sich besonders günstig bei dem Blick auf das unmittelbar vor der Brücke liegende Schloß Hartenfels auswirkt (vgl. Abb. 14).



Abb. 14. Durchblick durch die neue Strombrücke.

Der obere Riegel des Portals, der sich zu den Hängestangen hin dreieckförmig verbreitert, ist aus einem Stegblech gebildet, auf das oben ein Π -Eisen, unten ein Nasen-Flanschprofil aufgeschweißt ist. Es endigt am Fuße des Rahmendreiecks mit einer 20 mm dicken senkrechten, durchgehenden Lamellenaussteifung, an die wiederum das trapezförmige Stegblech der Ecken angeschweißt ist, so daß an der Aussteifungslamelle vier Kehl Nähte zusammentreffen. Die Gurtungen laufen, unten in das Dreieck abbiegend, durch. Der obere Riegel des Portalrahmens wurde in einem Stück fertig angeliefert und dann durch zwei $L\ 200 \cdot 200 \cdot 16$ mit der Hängestange vernietet. Um das Eckmoment nicht ausschließlich durch im Querschnitt auf Zug beanspruchte Niete zu übertragen, konnte bei den breiten Winkeln mit ihrer doppelten Nietreihe der Stoß zwischen Stegblech der Hängestange und des Riegels in der Mitte des 20 cm breiten Flansches der Anschlußwinkel angeordnet werden. In der entsprechenden Länge wurde das als innerer Gurt der Hängestange dienende Flanschprofil von dem Stegblech durchschlitzt.

Die 9 mm dicken Buckelbleche der Fahrbahn ruhen auf einem Fahrbahnrost, bei dem der Zwischenquerträgerabstand 2,05 m, der Längsträgerabstand 2,20 m beträgt. Sie sind auf die Träger aufgenietet. Die Längsträger aus I 30 sind mittels über den Querträgern durchlaufender Zuglaschen als durchlaufende Balken ausgebildet, die auf zugleich als Aussteifung dienenden, an die Querträger angeschweißten konsolartigen Auflagern aufruhend. Sämtliche Anschlußverbindungen sind durch Niete hergestellt. Der 6,60 m breite Buckelblechbelag mit seinen äußeren durchlaufenden Randträgern bildet eine vollwandige innere Scheibe und dient in Verbindung mit den als Gurtungen aufzufassenden Versteifungsträgern im Abstände von 7,60 m voneinander als unterer Windverband. Der rd. 0,5 m betragende Abstand zwischen der obenerwähnten inneren Scheibe und den Versteifungsträgern wurde für jedes einzelne Buckelblech durch ein Bindeblech überbrückt, und zwar an jedem Brückenende auf $\frac{1}{3}$ der Brückenlänge, während sich im mittleren Drittel eine Verbindung erübrigte. Dieses trapezförmige Bindeblech wurde mit kurzen Randwinkeln am Versteifungsträger und mit dem äußeren Randlängsträger vernietet. Die Ausbildung der Fahrbahn und Fußwege ist die übliche (s. Abb. 13). Erwähnenswert ist nur noch, daß, um eine Berührung zwischen dem Eisenbeton der Fußwege und des Schrammbords mit dem Versteifungsträger zu vermeiden, beiderseits längs der Aussteifungen des Versteifungsträgers zwei Randlängsträger angeordnet wurden; die Eisenbetonplatten liegen auf diesen Randträgern auf und kragen bis dicht an den Versteifungsträger vor. Zwischen dem Versteifungsträger und seinen Aussteifungen einerseits und den Eisenbetonplatten andererseits bleibt immer ein Zwischenraum von 3 cm. Außerdem sind die Eisenbetonplatten unten noch abgeschragt, so daß die Eisenkonstruktion frei durch die Fahrbahn hindurchragt und dadurch gut unterhalten werden kann.

2. Höhenlage und Montage.

Über die Ausrichtung der Höhenlage der Flutbrücken in Verbindung mit der Auswechslung bzw. Instandsetzung der Lager wurden vorstehend bereits Angaben gemacht.

Für die Strombrücke lagen die Verhältnisse wesentlich schwieriger. Mit Rücksicht auf die größere Konstruktionshöhe der neuen Brücke und den Umstand, daß eine Verbesserung der lichten Durchfahrthöhe in der Mitte der Stromrinne erzielt werden sollte, mußte der neue Überbau am westlichen, stadtseitigen Ende um fast 1 m höher gelegt werden. Ferner mußten die Pfeiler 1 und 3, die der neuen Brücke als Auflager dienen sollten, mit Rücksicht auf die erheblich höheren Lasten zur besseren Druckverteilung mit je einer über den ganzen Pfeilerquerschnitt durchgehenden Eisenbetonplatte versehen werden. Dies erforderte wiederum eine entsprechende Abfangung der Hauptträger der alten Überbauten während der Ausführung der Eisenbetonplatten. Auch auf die Möglichkeit des seitlichen Einschlebens der neuen Strombrücke auf besonderen Verschiebebahnen mußte bei der Konstruktion der Eisenbetonplatte Rücksicht genommen werden. Es war ursprünglich beabsichtigt gewesen, während des Umbaus der Flut- und Strombrücken den gesamten sehr lebhaften Brückenverkehr über eine Notbrücke zu leiten, die die Länge von rd. 350 m gehabt hätte. Indessen standen diesem Vorhaben, abgesehen von den recht erheblichen Kosten, eine Reihe von Schwierigkeiten entgegen. Innerhalb der bis etwa 75 m unterhalb der Brücke reichenden Felsstrecke der Elbe war die Anlage einer Notbrücke kaum möglich, da hier ein Rammen von Holzpfählen ausgeschlossen war. Aber auch weiter unterhalb bot die Anlage entsprechend großer Schiffahrtöffnungen konstruktiv und wirtschaftlich Schwierigkeiten. Ferner wären hierdurch die ohnehin vorhandenen Schiffahrtsschwierigkeiten noch erheblich verstärkt worden. Man entschloß sich daher, von der Anlage einer Notbrücke überhaupt abzusehen und nur eine Unterbrechung des schweren Verkehrs für die Dauer des Auswechslungsvorgangs der alten und neuen Strombrücken zuzulassen. Der Fußgänger-, Radfahrer- und leichte Kraftwagenverkehr sollte während dieser Zeit mittels Fähren, der Autobusverkehr durch Umsteigen aufrechterhalten werden. Es wurde daher gefordert, den Verkehr auf der Brücke höchstens bis 24 Stunden zu unterbrechen.

Um dies zu ermöglichen, mußte die neue Strombrücke unterhalb der vorhandenen Überbauten betriebsfertig aufgestellt, die alten Bogen schwimmend ausgefahren und die neue Brücke seitwärts eingeschoben werden. Da im allgemeinen nur eine der vorhandenen Schiffahrtöffnungen, beide zusammen nur auf ganz kurze Zeit gesperrt werden durften, erhellt ohne weiteres, daß die Raumverhältnisse außerordentlich beschränkt waren. Eine wesentliche Erschwerung des ganzen Bauvorgangs bildeten ferner die recht niedrigen Wasserstände der Elbe während der Bauzeit.

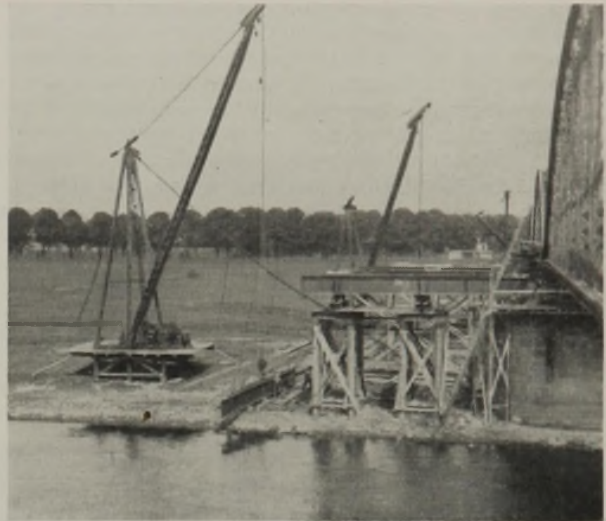


Abb. 15. Auslegerkran und Zulage.

Im einzelnen ist über den Montagevorgang folgendes zu sagen:

Die einzelnen Bauglieder wurden vom Werk bis Magdeburg auf dem Bahn-, von dort aus auf dem Wasserwege versandt. Unmittelbar unterhalb der Flutöffnung 4 wurde am Flußufer auf dem östlichen Vorland eine fahrbare Zulage errichtet. Zum Ausladen und Absetzen der Brückenteile auf dieser Zulage diente ein Auslegerkran von 17 m Reichweite und 13 t Tragkraft (Abb. 15). Die Zulage war für die spätere Verschiebung so eingerichtet, daß das landseitige Endjoch fahrbar war, während die Zwischenstützen und -joche, die fest mit dem Untergrunde in Verbindung gebracht waren, bei dem Vortransport entfernt werden konnten. Es wurde zunächst die erste westliche Hälfte des Versteifungsbalkens mit dem dazugehörigen Quer- und Längsträgerrost nebst Buckelplatten auf der Zulage montiert und vernietet. Als dann wurde der vollwandige Versteifungsbalken, der bis zur größten Stützweite zwischen den alten Brückenpfeilern rd. 52 m einschließlich der eingebauten Fahrbahn in sich tragfähig war, unter Zuhilfenahme von zwei an den Ufern und im Strom verbauten Schuten vorgebracht, bis das vordere Ende auf dem Bockgerüst, das unterhalb des Mittelpfeilers auf der Felsbank im Strom errichtet war, abgesetzt werden konnte. Das weitere Verschieben über das obige Bock-



Abb. 16. Einschwimmen der zweiten Hälfte der Fahrbahntafel.

gerüst hinweg bis zum behelfmäßigen linkseitigen Landwiderlager geschah in ähnlicher Weise. Nachdem die zweite Hälfte des Versteifungsträgers und der Fahrbahn in gleicher Weise vorgebracht war (Abb. 16), konnten unter Beachtung späterer Änderungen der Höhenlage die beiden Trägerhälften verschraubt werden. Hierzu war erforderlich, die Enden der Versteifungsträgerhälften um etwa 20 cm anzuheben, um die Durchbiegung

der Träger infolge ihres Eigengewichts auszugleichen. Dann konnte die Montage der Bogen und der Hängestangen sowie deren Vernietung vor sich gehen, nachdem vorher der Versteifungsträger in der Mitte so weit angehoben war, daß sich die Stäbe spannungslos einbauen ließen. Nach deren Fertigstellung konnte die Brücke durch Absenken der Mittelstütze freigesetzt werden, wobei eine rechnermäßige Überhöhung von 200 mm in Brückenmitte übrigblieb. Hieran schloß sich die Herstellung der mit einer Isolierschicht abgedeckten, aus Bimsbetonunterlage und Quarzporphyr-Kleinpflaster bestehenden Fahrbahndecke.

Nunmehr mußten alle Vorbereitungen für den Vorgang der eigentlichen Auswechslung getroffen werden. Gegenüber der entwerfsmäßigen Durchführung wurden dabei verschiedene Abweichungen infolge des niedrigen Wasserstandes erforderlich. So war ein freies Ausschimmen des größeren, rechteckigen Überbaues der alten Strombrücke (52 m Stützweite) nicht durchführbar. Die Wassertiefe in dieser Brückenöffnung war so gering, daß auch nach der Entlastung der Brücke von den Fahrbahnbelägen die beiden 600-t-Prahme hier nicht schwimmen konnten. Dieser Überbau mußte vielmehr erst vorübergehend um rd. 12 m stromaufwärts verschoben werden. Landseitig fand diese Verschiebung auf einer hochliegenden Rollbahn, die stromaufwärts in der Verlängerung des Brückenpfeilers III auf dem rechten Vorlandufer errichtet wurde, wasserseitig auf einer Schute statt. Die Brücke wurde mittels Winden, die an dem Landgerüst und an dem Prahm befestigt waren, stromaufwärts verhooben, so daß Raum für die neue Brücke geschaffen wurde. Die kleinere, 44 m lange linkseitige Brücke wurde unmittelbar schwimmend bis zu dem



Abb. 17. Ausschimmen des Überbaues 2.

Hafenmund ausgefahren (Abb. 17). Wegen des niedrigen Wassers war es weiter notwendig, die alten Überbauten von dem schweren Brückenbelag zu entlasten. Zunächst wurde daher auf halber Brückenbreite Pflaster und Beton völlig entfernt. Auf der verbleibenden halben Breite wurde dann das Pflaster fortgenommen, der Unterbeton aber nur aufgelockert und in diesem Zustande als behelfsmäßige Fahrbahn an Ort und Stelle belassen. Dieser Beton konnte erst nach völliger Sperrung des Brückenverkehrs, die für die Auswechslung am 3. September 1933 um 20 Uhr begann, in etwa 8 st entfernt werden. Inzwischen waren die Vorbereitungen für das Ausfahren der Brückenöffnungen 2 und 3 getroffen worden. Da sich bei dem Einbringen der Versteifungsträger auf die Hilfsgerüste gezeigt hatte, daß die hier verwendeten Prahme für das Ausschimmen der Brücken zu leicht waren, wurden zwei 600-t-Prahme beschafft, die gegeneinander abgestrebt, je ein teleskopartig ausziehbares Traggerüst trugen. Um bei der vorhandenen starken Strömung in der Brückenöffnung und der großen Querschnittsverengung durch die beiden tiefgehenden Prahme die Gewähr zu haben, daß das Ausfahren der Brücken mit Sicherheit durchgeführt werden konnte, war vorher eine Probefahrt mit den gefluteten Prahmen angeordnet worden. Hierbei stellte es sich heraus, daß die vorhandenen beiden Schlepper von rd. 180 und 140 PS für den vorgesehenen Zweck nicht ausreichten. Man entschloß sich daher, als Vorspann einen Raddampfer von rd. 1000 PS zu wählen. Da wegen des erwähnten niedrigen Wasserstandes die Prahme nur in der Mitte der Durchfahrtöffnung genügend Schwimmtiefe hatten, konnte der Brückenüberbau nur in dem mittleren Teil aufgenommen werden. Dabei mußten die Streben nach dem Brückenende hin ausgesteift werden, damit die überhängenden Enden der Brücke beim Anheben von den Auflagern keine allzu große Durchbiegung erfuhren. Nachdem die gefluteten Prahme unter die Brücke 2 gebracht, die ausgezogenen Gerüste der Prahme mit dem Brückenkörper verbunden und die Prahme gelenzt worden waren, so daß die Brücke von den Lagern frei wurde, übernahm der 1000-PS-Schlepper die Schuten und brachte sie bis in die Höhe des Hafenmundes, wo sie an die beiden vorgenannten Schlepper abgegeben wurden. Die Brücke konnte auf diese Weise auf dem am Hafenmund errichteten Gerüst abgesetzt werden. Die Schuten wurden zur weiteren Verwendung in der rechten Brücken-

öffnung frei, wo sie aus dem bereits obengenannten Grunde für die Verschiebung der anderen Strombrücke um rd. 12 m verwendet wurden.

Nunmehr war die Bahn für das Einschleppen der neuen Strombrücke frei (Abb. 18). Dieses geschah mittels elektrisch betriebener Flaschenzüge in etwa 15 bis 20 min, so daß nach Herstellung behelfsmäßiger Übergänge an den Auflagern der Verkehr über die Brücke etwa 2 st vor Ablauf der 24stündigen Frist wieder freigegeben werden konnte. Ein sofortiges Absetzen der neuen Brücke von den Verschiebewagen auf die Lager war nicht möglich, weil die vorher eingebauten Auflager das Einfahren der Brücke behindert hätten. Die Auflager wurden daher nachträglich eingebaut und alsdann die Brücke auf sie abgesetzt.

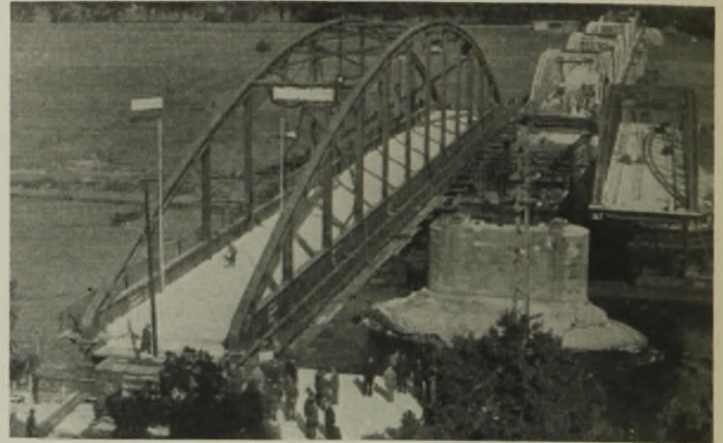


Abb. 18. Vor dem Einschleppen der neuen Brücke.

Während die Brücke für den Gesamtverkehr gesperrt war, wurde durch die Technische Nothilfe, unterstützt durch eine Abteilung Magdeburger Pioniere, der Verkehr, ausschließlich schwerer Lastkraftwagen, mittels einer Motorfähre aufrechterhalten. Diese Anlage hat sich als sehr leistungsfähig bewährt. Sie beförderte innerhalb 22 st 129 Kraftwagen bis 4 t Gesamtgewicht, 150 Motorräder, 1293 Fahrräder und 5569 Personen. Das Abwracken der alten Brücken geschah in Höhe des Hafenumdes am rechten Ufer. Nachdem der Überbau der Öffnung 3 in seiner oben geschilderten Lage durch die zweite Schute unterstützt worden war, wurde er durch Abtrennen der Endjoche so weit geleichtert, daß er nach der Abwrackstelle verfahren werden konnte (Abb. 19).

Zur Feststellung der Tragfähigkeit der neuen und der verstärkten Brücken wurde eine Probelastung der Strombrücke sowie der Öffnungen 5 und 6 vorgenommen (Abb. 20). Hierzu dienten außer 2 Dampfrollwagen von je 18 t Gesamtlast, 2 Lastwagen von je 12 t und 20 Lastwagen von je 10 t Gewicht. Die Fahrbahn wurde dabei um rd. 10% stärker belastet, als dies bei der Ermittlung der größten Spannungen der Haupttragerteile nach Brückenklasse I in der statischen Berechnung für Fahrbahn und Schrammbord zusammen vorgesehen war, dafür blieben die Fußwege und auch die Schrammborde unbelastet. Bei dieser sehr hohen Belastung ergaben sich keine Beanstandungen. Die wirklichen Durchbiegungen erreichten nur etwa 80% der rechnermäßigen.



Abb. 19. Abtransport des Überbaues 3.

Zwecks Zugänglichmachung der einzelnen Brückenteile wurde ein Brückenwagen beschafft, der so konstruiert ist, daß der untere Teil eingezogen werden kann, damit Beschädigungen durch Anfahren selbst bei hohen Wasserständen vermieden werden.

Die Beseitigung des Mittelpfeilers konnte erst vorgenommen werden, nachdem die neue Brücke eingefahren war. Vorher war aber bereits mit der Vertiefung der felsigen Stromsohle begonnen worden. Beides geschah mit Hilfe eines besonders konstruierten Meißelgerätes mit einem Bär-

gewicht von rd. 3 t und einer Schlagenergie bis zu 3 tm. Die gelösten Massen wurden mittels Greifers beseitigt (vgl. Abb. 7). Es waren insgesamt rd. 650 m³ Mauerwerk und rd. 3000 m³ Fels zu lösen. Entsprechend dem Fortschritte der Auslieferungsarbeiten wurde auf dem rechten Ufer eine Aufhöhung bis Normalhöhe in Form eines Deckwerks durchgeführt.

Zwischen dem Pfeiler 1, der der Strombrücke als westliches, stadtseitiges Auflager dient, und dem eigentlichen westlichen Landwiderlager ist zur Durchführung eines Uferweges noch eine Brückenöffnung von rd. 4 m lichter Weite vorhanden. Ein altes Gewölbe aus Ziegelmauerwerk



Abb. 20. Probelastung des Überbaues 5.

überspannt diese Öffnung. Für die neue, breitere und rd. 1 m höher liegende Brückenfahrbahn wurde über dem das alte Brückengewölbe bedeckenden Bruchsteinmauerwerk eine neue Eisenbetonplatte eingebaut. Diese Platte mit den beiden seitlich auskragenden Fußwegkonsolen wurde in sich tragfähig hergestellt, ohne das alte Gewölbe zu belasten. Über der Eisenbetonplatte ist eine Isolierung mit Schutzschicht, Sandschüttung und Pflaster aufgebracht. Zur Aufrechterhaltung des Verkehrs geschah die Ausführung in zwei Hälften.

Die anschließenden Rampen wurden von der Stadt Torgau als der Rampenunterhaltungspflichtigen im Benehmen mit der Brückenbauabteilung gleichfalls in zwei Hälften entsprechend der neuen Höhenlage der Brücke ausgebaut.

Bestimmungen für die Prüfung von Beton auf Wasserdurchlässigkeit¹⁾. Der Deutsche Ausschuss für Eisenbeton hat durch einen Sonderausschuß einen Entwurf zu Bestimmungen für die Prüfung von Beton auf Wasserdurchlässigkeit aufstellen lassen, der mit Einspruchsfrist bis zum 30. September 1934 zur öffentlichen Beurteilung gestellt wurde. Abänderungs- und Ergänzungsvorschläge sind zu richten an die Geschäftsstelle des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton, Berlin W 8, Wilhelmstraße 80.

Die Bestimmungen, die später einen Teil der „Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton 1932“ bilden werden, sollen vor allem für die Prüfungen auf der Baustelle dienen und sind daher möglichst einfach gehalten; die Prüfungen sollen durch sie vereinheitlicht werden, so daß die dabei ermittelten Werte unabhängig vom Orte der Herstellung und Prüfung verglichen werden können. Die zur Zeit gebrauchten bewährten Prüfgeräte dürfen auch weiterhin benutzt werden, doch soll zukünftig auf möglichst Vereinfachung der Geräte hingewirkt werden.

Der Entwurf wird in dem in Vorbereitung befindlichen Jahrgange 1935 des Beton-Kalenders im Wortlaute wiedergegeben werden.

Die 427 km lange Großwasserleitung für Los Angeles und Umgebung. Schon die Angabe der Länge der Wasserleitung, die das Wasser des Colorado-Flusses den 13 Städten des Bezirks Los Angeles zuführen soll²⁾, läßt erkennen, um was für ein Unternehmen es sich dabei handelt; noch gewaltiger aber erscheint dieses, wenn man sich vergegenwärtigt, daß diese Großwasserleitung auf einem Teil ihrer Länge durch eine Wüste geht, wo sich dem Bau große Schwierigkeiten in den Weg stellen, daß die Wasserleitung über Berg und Tal führt, so daß das Wasser im ganzen 483 m hochgepumpt werden muß, und daß im Zuge dieser Wasserleitung Tunnel von zusammen 146,5 km Länge zu bohren sind.

Um die Baustrecke zugänglich zu machen und so den Bau überhaupt zu ermöglichen, müssen zunächst Straßen gebaut werden. Auch örtliche Wasserquellen mußten erschlossen werden, denn ohne Wasser kann man nicht bauen. Endlich mußte auch durch den Bau von Starkstromleitungen

Das Brückenwärtergehöft, das entsprechend der Rampenerhöhung eingeschüttet werden mußte, wurde durch Höherlegung der Fußböden und Fensterbänke entsprechend umgestaltet. Das Aussehen des Gebäudes hat darunter nicht gelitten.

IV. Kosten des Umbaues.

Die Kosten der Verstärkung und Verbreiterung der fünf Flutöffnungen nach Brückenklasse I haben für jede Brücke im Durchschnitt rd. 56000 RM betragen. Da der Neubau für eine derartige Straßenbrücke einschließlich der Pfeilerumbauten rd. 120 000 RM kosten würde, ergaben sich die Baukosten zu etwa 47% der Neubaukosten.

Der Umbau der Stromöffnung, d. h. der Ersatz der vorhandenen beiden alten Strombrücken durch einen 98,4 m weiten Neubau einschließlich Abbruch des Strompfeilers, hat rd. 260 000 RM gekostet.

Der Umbau der fünf eisernen Flutbrücken, der bei Aufrechterhaltung des sehr lebhaften Verkehrs durchgeführt werden mußte, hat rd. 1 Jahr gedauert, während der Umbau der Strombrücken einschließlich Aufstellung des Entwurfes nur 9 Monate in Anspruch genommen hat. Hierzu werden folgende Zeitangaben gemacht: Der Zuschlag wurde Anfang Januar 1933 erteilt. Die Entwurfsbearbeitung war Mitte März so weit vorgeschritten, daß der Baustahl beschafft und gegen Ende des Monats mit den Arbeiten in der Werkstatt begonnen werden konnte. Anfang April begannen die Schweißarbeiten, die durch einen Beauftragten der Elbstrombauverwaltung dauernd überwacht wurden. Der erste Transport nach der Baustelle fand Anfang Juni statt. Am 2. September stand die Brücke mit fertiger Fahrbahn zum Einschieben neben den beiden alten Strombrücken bereit. Am Sonntag, dem 3. September, 20 Uhr, folgte die Sperrung des Verkehrs und damit das Abräumen der alten, noch vorhandenen Fahrbahndecke. Am 4. September, 5 Uhr, begann die Ausfahrt der beiden alten Brücken, die gegen 14 Uhr beendet war. Gegen 15 Uhr befand sich die neue Brücke an Ort und Stelle über den Pfeilern. Um 18 Uhr waren die behelfsmäßigen Fahrbahnanschlüsse hergestellt, so daß der Verkehr wieder über den Brückenzug geleitet werden konnte. Die Restarbeiten fanden planmäßig am 30. September 1933 ihren Abschluß.

Gelegentlich dieser Umbauarbeiten wurden die alten Flutbrücken entrostet und der ganze Brückenzug neu gestrichen.

Der Gesamtentwurf wurde durch die Elbstrombauverwaltung in Magdeburg aufgestellt, nachdem das Wasserbauamt Torgau einen allgemeinen Vorentwurf für die Strombrücke aufgestellt hatte. Die Leitung der Bauausführungen und die Bearbeitung von Entwurfseinzelheiten lag in der Hand der Brückenbauabteilung Torgau, die dem Wasserbauamt Torgau angegliedert war. Mit Ausnahme der Arbeiten zur Vertiefung der Stromsohle und der Uferaufhöhung, die dem Bereich des Reichsverkehrsministers unterstanden, gehörten die Arbeiten zur Zuständigkeit des Preußischen Ministers für Wirtschaft und Arbeit.

Vermischtes.

dafür gesorgt werden, daß für die beim Bau nötigen Maschinen ausreichende Energie verfügbar ist. Die zu dem genannten Zwecke von der Bauverwaltung gebauten Hauptstraßen haben eine Länge von zusammen 277 km und kosteten allein 1 Mill. \$; dazu kommen noch zahlreiche, von den Unternehmern nach den Tunnelbaustellen gebaute Zweigstraßen. Die 300 km langen Wasserleitungen für Bauzwecke haben 700 000 \$ gekostet. Die Starkstromleitungen sind zusammen 630 km lang.

Die vorstehend aufgeführten vorbereitenden Arbeiten sind, wie Eng. News-Rec. vom 1. Februar 1934 berichtet, seit Herbst 1933 beendet, und die Tunnelbauten sind seitdem im Gange. Nur am Ende der Straße wurde im Herbst noch gearbeitet. Sie kreuzt im wüsten Teile des von ihr durchschnittenen Geländes zahlreiche kleine Wasserläufe, die während großer Teile des Jahres trocken liegen, nach sommerlichen Gewittergüssen aber Hochwasser führen. Man hat es nicht für angebracht gehalten, für diese Wasserläufe kostspielige Brücken und Durchlässe zu bauen; die Straßen liegen vielmehr unmittelbar auf dem Gelände, so daß sie bei Hochwasser überflutet werden. Das geschieht im allgemeinen ohne Störung des Verkehrs. Kleinere Schäden an den Straßen bei besonders schweren Hochwässern nimmt man dabei in Kauf; ihre Beseitigung kostet immer noch weniger als die Bauwerke, die sonst nötig geworden wären.

Etwa 160 km von Los Angeles entfernt, in der Nähe der beiden bedeutendsten Tunnel, ist ein Geschäftsgebäude für die Bauleitung im spanischen Stil errichtet worden. Ihm ist eine Unterkunftshalle mit Instandsetzungswerkstätten für die Kraftwagen der Bauverwaltung angegliedert. In einem wohlausgerüsteten Laboratorium werden bautechnische Versuche und Forschungsarbeiten ausgeführt; sie beziehen sich namentlich auf das Ausbetonieren der Tunnel und Kanäle und sind schon mehr als zwei Jahre im Gange.

An den verschiedenen Arbeitsstellen mußten, da Ortschaften in der Nähe nicht vorhanden sind, Arbeiterlager errichtet werden. Sie bestehen aus einer Anzahl Gebäude, die die Schlafsäle für die Arbeiter enthalten; ferner sind Speisesäle in Hallenform, Gebäude für die Geschäftsräume und Läden vorhanden. Ein Teil der Arbeiten an den Tunneln wird von der Bauleitung mit eigenen Arbeitskräften ohne Zwischenschaltung eines Unternehmers ausgeführt; an dieser Baustelle ist ein besonders wohl-

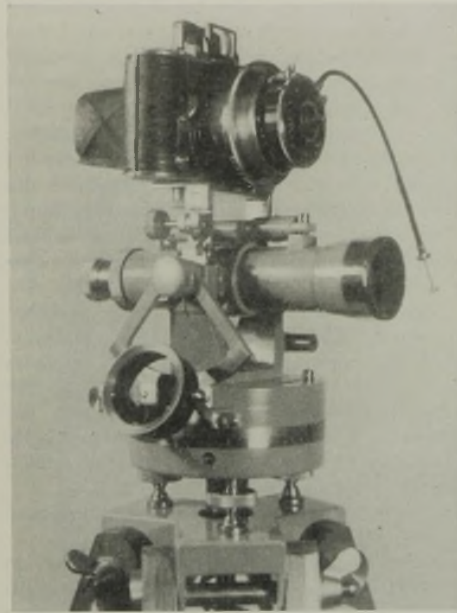
¹⁾ Berlin 1934, Verlag von Wilh. Ernst & Sohn.

²⁾ S. Bautechn. 1933, Heft 33.

ausgestattetes Arbeiterlager errichtet worden. Hier sind auch die bauleitenden Beamten untergebracht, und hier befindet sich auch das Hauptlazarett für den ganzen Bau.

Die Baustoffe, Baumaschinen und Geräte können an verschiedener Stelle bis auf 80 km von der Verwendungsstelle entfernt mit der Eisenbahn angefordert werden. Von dort müssen sie mit Lastkraftwagen abgeholt und auf die Tunnelbaustellen verteilt werden. Wkk.

Nitheophot, ein neues Vermessungsinstrument. Um im Bauwesen die Lage, Höhe und Entfernung von aufzunehmenden Gegenständen festzulegen, mußte man sich bisher je nach der gestellten Aufgabe eines Theodoliten, eines Nivellierinstrumentes oder eines Tachymeters bedienen. Ferner ist es für den Ingenieur zuweilen auch von Wert, die Darstellung aufgenommenen Gegenstände im Handriß oder in Signaturen festzulegen.



Alle diese Aufgaben können durch das neue Instrument allein gelöst werden. Der Nitheophot steht, wie die Abbildung zeigt, mit einem Dreifuß auf einem Stativ. Das Unterteil enthält den Grundkreis, der mittels Nonius abgelesen wird. Die Horizontierung geschieht zunächst durch eine Dosenlibelle, die genaue Einstellung durch drei Kreuzlibellen. Der Grundkreis ist feststell- und fein einstellbar. Auf dem Grundkreise ruht in einer Gabel das Fernrohr mit innerer Einstelllinse, Distanzfadenkreuz und Nivellierlibelle, sowie mit Höhenkreis für Kippstellungen. Auf der Kippachse des Fernrohres wird der Photoapparat aufgestellt, der mit Kleinformat 3 x 4 und Weltformat 4,5 x 6 für Platten und Film ausgerüstet ist.

Die Lichtstärke der Optik beträgt 1:4,5. Die Kamera macht alle Horizontaleinstellungen mit und kann auch beim Kippen des Fernrohres mit diesem mitbewegt werden. Hierdurch kann man im Gelände von einem bestimmten Standorte aus in festgelegter Höhen- und Seitenrichtung gerichtete Geländebilder aufnehmen. Ein Kompaß ermöglicht die Nordinstellung. Das Instrument wiegt ohne Stativ 2,6 kg und wird von der Afoges, Präzisionsmechanik und Optik, G. Schaffrath, Dresden-N. 23, Mohnstraße 8, geliefert. Zs.

Patentschau.

Verfahren zum Vortreiben von Tunneln oder Stollen mittels eines aus Einzelmessern bestehenden, auf Lehrgerüsten gelagerten Vortriebschildes. (Kl. 19f, Nr. 576 258 vom 13. 12. 1928 von Bauschäfer AG für Bergmännischen Untergrundbahn- und Tunnelbau in Berlin.) Um die Schwierigkeiten in der Beschaffung der Vortriebsmesser zu vermeiden, die beim Vortreiben von gekrümmten Strecken auftreten, werden die in geraden Strecken auf bogenförmigen Lehrgerüsten gelagerten Vortriebsmesser in gekrümmten Strecken auf vieleckigen Lehrbögen verlegt, wodurch die auf jeder Vieleckseite des Lehrbogens gruppenweise verlegten Vortriebsmesser innerhalb dieser Gruppe gleiche Biegeform erhalten.

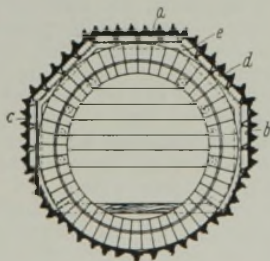


Abb. 1.

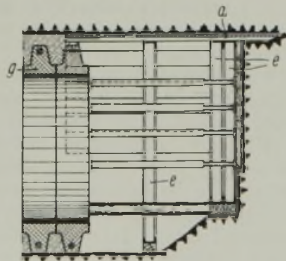


Abb. 2.

Die Vortriebsmesser *a, b, c, d* mit beliebigem Querschnitt sind auf den Lehrbögen *e* gelagert, unter deren Schutz der endgültige Ausbau *g* des Tunnels geschieht. Um mit einem solchen Vortriebschild eine gekrümmte Strecke auffahren zu können, wird in der gekrümmten Strecke an Stelle des statisch günstigen ringförmigen Schildprofils ein Vieleckprofil z. B. mit fünf ebenen Flächen verwendet. Die auf jeder der fünf Seiten des Schildes angeordneten Vortriebsmesser erhalten jeweils die gleiche Biegeform, so daß hierbei nur fünf Biegeformen für die Vortriebsmesser erforderlich sind. Die Messer können nun nach wenigen Lehren gebogen werden, wodurch sich die Biegekosten bedeutend verringern.

Walzenwehr. (Kl. 84a, Nr. 571 305 vom 7. 9. 1928 von Firma Aug. Klönne in Dortmund.) Die Abdichtung zwischen Wehrkörper und unterem Stauschild wird in ein Gelenk verlegt, so daß die Dichtung leicht und betriebsicher ausgeführt werden kann und kein Verschieben der Stauwandteile übereinander stattfindet. Das Wehr wird dadurch abgelenkt, daß der Stauschild *c* mit seinem oberen Ende an die Haut des Wehrkörpers

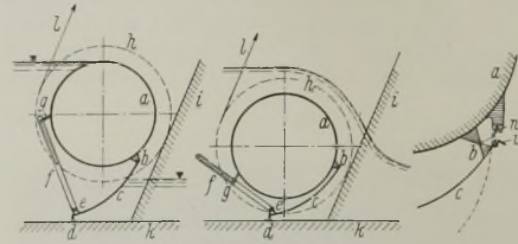


Abb. 1.

Abb. 2.

Abb. 3.

angelenkt ist, wobei das Anschlußgelenk *b* in der Stauanlage der Walze *a* auf der Unterwasserseite liegt. Der Dichtungsanschluß des Stauschildes an die Sohle, also die untere Dichtung ist mit *d* bezeichnet, während *e* den gelenkigen Anschluß des Mitnehmers *f* an dem Stauschild bedeutet. In dem an der Walze *a* befestigten Bügel *g* ist der Mitnehmer *f* geführt, der die Drehbewegung des Stauschildes nach beiden Seiten begrenzt; *h* stellt den Rollenkreis, *i* die Ablaufbahn für das Hubmittel und *k* die Wehrsohle dar. Je nachdem, ob das Wehr aus der hohen oder tiefen Stauanlage aus dem Wasser herausgehoben werden soll, ist eine Verriegelung des Bügels *g* gegen den Mitnehmer *f* vorgesehen. Abgelenkt wird das Wehr durch Nachlassen der Hubketten. Der Stauschild *c* ragt über die Endgelenke *b, d* hinaus und trägt an den Enden Dichtungsleisten *v*, die sich in der höchsten Stauanlage gegen Dichtungsleisten *w* legen.

Schloßverriegelung für Spundwandisen gegen Längsverschiebung beim Rammen. (Kl. 84c Nr. 571 029 vom 10. 9. 1930 von Fried. Krupp AG, Friedrich-Alfred-Hütte in Rheinhausen, Niederrhein.) Um beim Rammen von Spundwandisen mit losem Zwischenstück zu vermeiden, daß das Zwischenstück aufsedert und infolgedessen nicht mit den Bohlen zugleich in den Erdboden eindringt, läßt man die Bohlen mit ihren Randrücken ein Stück aus den klauenartigen Schloßteilen des Zwischenstückes oben herausragen und biegt dieses Stück seitlich ab. Die Z-förmigen Bohlen *a* und *b* einer Spundwand sind durch ein Zwischenstück *c* miteinander ver-

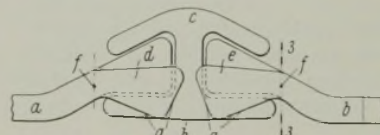


Abb. 1.

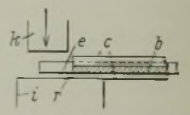


Abb. 2.

bunden. Ein Stück *d, e* jeder Bohle ragt oben über das Zwischenstück *c* hinaus und ist um eine senkrechte Achse *f* seitlich so abgebogen, daß die Stücke mit ihrer Umfläche *g* innerhalb der Umfläche *h* des Schlosses *c* liegen. Hierdurch entsteht beim Rammen eine Verriegelung des Schlosses nach oben, während eine Verschiebung nach unten durch die beim Rammen auftretende Erdreibung verhindert wird. Zur Herstellung der Abbiegungen wird die Spundwand auf einem Amboß *i* gelegt, und die Stücke *d, e* werden durch einen Stempel *k* bis auf den Amboß niedergedrückt. Der Stempel wird dicht neben dem Ende *r* des Schlosses *c* vorbeigeführt und schert beim Niedergehen die Stücke *d, e* der Spundwand etwa über die Breite des Schlosses *c* ab.

Personalmeldungen.

Preußen. Versetzt: Regierungsbaurat (W) Hermann Koch vom Wasserbauamt Stralsund-Ost an die Wasserbaudirektion in Stettin, Regierungsbaurat Bahr von Helgoland nach Tönning als Vorstand des Wasserbauamts daselbst, Regierungsbaumeister (W) Gustav Poppe vom Wasserbauamt Tönning nach Helgoland als Bauleiter.

Die Regierungsbaumeister (W) Geldmacher beim Wasserbauamt in Wittenberge und Köhler beim Wasserbauamt in Tapiau sind zur Beschäftigung im Reichsverkehrsministerium beurlaubt worden.

Der Regierungsbaumeister (W) Rudolf Muth bei der Dienststelle „Der Kulturbaubeamte“ in Düsseldorf ist zum Regierungsbaurat ernannt worden.

In den Staatsdienst sind wieder übernommen und zur dienstlichen Verwendung überwiesen worden: die Regierungsbaumeister (W) Kurt Wagner der Wasserbaudirektion in Königsberg, Hans Dehnert dem Wasserbauamt in Labiau und Otto Beiche der Elbstrombauverwaltung in Magdeburg.

In den Ruhestand versetzt wurden: der Wasserbaudirektor Frentzen bei der Wasserbaudirektion in Königsberg i. Pr. auf eigenen Antrag, der Regierungsbaurat (W) Jakoby in Kiel gemäß § 6 des Gesetzes vom 7. April 1933.

Der Regierungsbaurat (W) Starker beim Neubauamt Kanalabstieg in Magdeburg ist gestorben.

INHALT: Mechanik des Hebwerks Niederflnow. — Der Umbau der Elbstraßenbrücke in Torgau. (Schluß.) — Vermischtes: Bestimmungen für die Prüfung von Beton auf Wasserdurchlässigkeit. — 427 km lange Großwasserleitung für Los Angeles und Umgebung. — Nitheophot, ein neues Vermessungsinstrument. — Patentschau. — Personalmeldungen.