

# DIE BAUTECHNIK

19. Jahrgang

BERLIN, 20. Juni 1941

Heft 26/27

Alle Rechte vorbehalten.

## Genagelte Straßenbrücke 1. Klasse aus Holz. Ein Anwendungsbeispiel.

Von Professor Dr.-Ing. E. Gaber, Technische Hochschule Karlsruhe.

Überblicken wir die Entwicklung des Brückenbaues der letzten fünf Jahrzehnte, so kommt uns unter anderem wieder zum Bewußtsein, daß der neu aufkommende Eisenbeton seinerzeit wahllos die Tragformen des Stahlbaues nachgeahmt hat. Wir begegnen auch aus jener Zeit stammenden betonierten Fachwerken oder Bögen mit aufgehängter Fahrbahn, deren Zugstangen ummantelt sind. Erst allmählich zog sich der Eisenbeton auf die ihm näherliegenden reinen Bögen und auf die vollwandigen Biegeträger zurück, die langsam mit ihren Stützen zu Rahmen zusammenschwanden. Heute beherrscht der Rahmenbau im Eisenbeton das Feld. Bei der großen Ausdehnung, die der Eisenbetonbau an sich allmählich gewonnen hat, gewöhnte man sich immer mehr an die ihm eigentümlichen Rahmenformen und an die vollwandige Bauweise.

Im Laufe der letzten Jahre hat sich merkwürdigerweise das Spiel umgedreht. Der Stahlbau ahmt manchmal bewußt oder unbewußt die Formen des Eisenbetonbaues nach. In einiger Entfernung kann man heute kaum noch den stählernen Blechträger von dem Eisenbetonbalken unterscheiden. Diese Entwicklung mahnt zur Besinnung, denn die äußeren Trägerformen dürfen nur den verwandten Baustoffen Holz und Stahl, aber nicht auch dem wesensfremden Baustoff Eisenbeton gemeinsam sein, da nur Holz und Stahl gleich zug- und druckfest sind, während dem Beton von Haus aus die Zugfestigkeit fehlt.

Der Stahlbau ist die beste Schule für jede Entwurfsarbeit. Durch das Zusammenfügen von genormten Walzträgern, Platten und Blechen zu zweckmäßig geformten Querschnitten hat man viele Möglichkeiten für die Formgebung. Die guten Verbindungsmittel, das Niet und auch die Schweißnaht, sichern ein gutes Zusammenwirken auch vielfach zusammengesetzter Querschnitte. Durch Auflösen in Einzelteile und Abgehen vom großen Block ist man ungehindert in der Größe der Querschnitte und kann dadurch z. B. die Stützweiten für Brücken so weit ausdehnen, als es eben die Festigkeit zuläßt. Man darf aber freilich nicht vergessen, daß die Bauwerksfestigkeit immer kleiner ist als die reine Baustofffestigkeit und daß sie um so mehr abfällt, je mehr man den Querschnitt in Einzelteile auflöst und ins Große geht, denn in gleicher Richtung wirkt auch das Naturgesetz, daß selbst beim homogenen Körper die Festigkeit kleiner wird, wenn die Körperabmessungen anwachsen.

Dieses Abfallen der Festigkeit zeigt sich nun allgemein nicht so sehr bei den statischen Beanspruchungen wie bei den dynamischen. Unsere und die Versuche anderer haben eindeutig nachgewiesen, daß die Dauerfestigkeit größerer Bauteile ganz erheblich unter der statischen Festigkeit der Baustoffe liegt.

In den letzten 50 Jahren ist die Kunst der Gestaltung von Stahlbauwerken auf einen hohen Stand gebracht worden. Es lag daher nahe, sich die dabei gewonnenen allgemeinen Erfahrungen auch nutzbar zu machen, als es galt, in ungewöhnlicher Zeit außergewöhnliche Aufgaben in dem artverwandten Baustoff Holz zu lösen. War es bisher üblich, bei größeren Holztragwerken Balken und Kanthölzer großer Abmessungen zu verwenden, so wurde nun von uns ein anderer Weg eingeschlagen, indem man die Tragquerschnitte wie beim Stahlbau in viele Einzelteile auflöste. Die Auswahl ist beim Holz nicht so groß wie beim Stahl, der vielerlei genormte Walzstäbe zur Verfügung stellt; man muß sich hier auf Bretter und Bohlen beschränken und kann nur ausnahmsweise Kanthölzer verwenden. Stahl ist unser vollkommenster Baustoff. Das Holz hat nun gegenüber dem Stahl den einen großen Vorzug, daß man es nageln kann. Gerade die Dauerfestigkeit unserer Stahlbauwerke leidet stark durch die Kerbwirkung, die entweder die Nietlöcher oder die Schweißnähte ausüben. Will man daher den Vorzug der Nagelbarkeit beim Holz ausnutzen und die Dauerfestigkeit erhöhen, dann muß man auf das Bohren von Löchern und das Fräsen von Nuten verzichten und damit sowohl die Bolzen als auch die Fräsdübel als Verbindungsmittel ausschalten. Es bleiben dann nur übrig entsprechend den Nieten beim Stahlbau die Nägel und entsprechend der Schweißnaht dort der Leim hier. Die Schweißnaht ist wetterbeständig, der Leim aber leidet leicht unter der Feuchtigkeit, wenn man nicht Kunstharzleim oder ähnliches verwendet. Die richtige Verarbeitung von Kunstharzleim verlangt aber auch mehr Sorgfalt als das Einschlagen von Nägeln. So sprechen vielerlei

Gründe dafür, bei dieser neuen Entwicklung des Holzbaues den Nägeln als Verbindungsmittel den Vorzug vor allem anderen zu geben.

Wir haben nun in vielen Jahren durch viele kleine und große Versuche die Zuverlässigkeit, Tragkraft und Steifigkeit der Nagelverbindungen unter statischer und dynamischer Belastung untersucht, das Gesetz für ihre Tragkraft und damit auch für die zulässige Belastung ermittelt und dabei die Überzeugung gewonnen, daß die richtig angeordneten und richtig zu den Holzdicken abgestimmten Nägel vorzügliche Verbindungsmittel im Holzbau und auch im Holzbrückenbau sind. Das Auflösen der in Bolzen oder Fräsdübeln vereinigten Stahlmassen in zahlreiche dünne Nagelschäfte vergrößert außerordentlich die Berührungsfläche zwischen dem Stahl und dem Holz, die sogenannte Leibungsfläche, und wirkt sich gerade bei der Steifigkeit und Dauerfestigkeit günstig aus. Es ist leicht nachweisbar, daß man bei gleichem zulässigen Leibungsdruck beispielsweise durch das Auflösen des 30 mm dicken Bolzens in 3 mm dicke Nägel 90% an Stahl spart. Das Verhältnis zwischen Oberfläche und Inhalt wächst in dem Maße, wie der Durchmesser abnimmt. Die Tragkraft und die Steifigkeit einer Verbindung im Holz hängt aber von der Größe der für den Kraftübergang zur Verfügung stehenden Leibungsfläche ab. Darin liegt es begründet, daß der Übergang zum Nagel einen großen Gewinn an Festigkeit und Steifigkeit für die Holzverbindung auch im Brückenbau bringt.

Verzichtet man auf einheitliche Holzquerschnitte, wie sie der Balken hat, so kann man ohne weiteres die statisch und wirtschaftlich günstigen

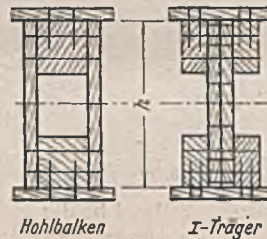


Abb. 1. Beispiel eines Hohlbalkens und eines I-Trägers.

Querschnittsformen der Stahlträger nachahmen und damit ganz erheblich an Bauholz sparen. Nun bietet das Holz zwei Möglichkeiten, wie wir sie im I-Träger und im Hohlbalken entwickelt haben (Abb. 1). Durch das bekannte Auflösen des Steges in schräg liegende Bretter ist die Trägerhöhe auf einmal praktisch unbeschränkt geworden, und man kann Biegeträger über große Stützweiten entwickeln. Der an und für sich verwindungsfestere Hohlbalken hat in manchen Fällen seine Vorzüge, tritt aber im Brückenbau doch wohl zurück gegenüber dem I-Träger, der den unzugänglichen Hohlraum vermeldet. Dieser I-Träger hat einen Steg aus zwei sich kreuzenden Lagen von Brettern, die miteinander vernagelt werden. Die Nagelspitzen werden quer zur Faser umgeschlagen, um den Auszieh Widerstand nach beiden Richtungen gleich groß zu machen. Jeder Gurt besteht aus zwei Gurtbohlen. Die durchgehenden, daher zweischneittigen kräftigen Halsnägel müssen die Schubkräfte aus der ganzen Gurtung sicher in den Steg überleiten. Die beiden getrennt sitzenden Gurtbohlen werden nun wieder genau wie im Stahlbau zusammengefaßt durch Gurtbretter, die mit den Gurtbohlen, aber nicht mit dem Steg vernagelt sind. Nichts steht im Wege, das Widerstandsmoment dieses I-Querschnitts durch Hinzufügen oder Fortlassen von Gurtbrettern der Linie der größten Biegemomente anzupassen. Zu lotrecht stehenden Stegausestufungen nimmt man zweckmäßigerweise Abschnitte der Gurtbohlen, über die man Bretter nagelt. So entstehen Vollwandträger, die fast genau aussehen wie Blechträger des Stahlbaues mit ihren lotrechten Ausstufungswinkeln.

Damit haben wir Träger entwickelt, die als Längs- und als Querträger bei unseren Brückenfahrbahnen oder als vollwandige Hauptträger Verwendung gefunden haben.

Als Anwendungsbeispiel des in dieser Richtung in Karlsruhe entwickelten hochwertigen Holzbaues soll der Bau einer großen Straßenbrücke über einen deutschen Strom beschrieben werden (Abb. 2 u. 3). Die Brücke diente dem schwersten Verkehr, sie mußte als Notbrücke unter Einsatz der gerade greifbaren Baustoffe und Bauarbeiter in kürzester Zeit gebaut werden. Stahl schied als Baustoff aus, man mußte deshalb zu Holz greifen, das rasch und einfach bearbeitet werden kann und nur wenige Facharbeiter und fast keine Maschinen verlangt. Darüber hinaus

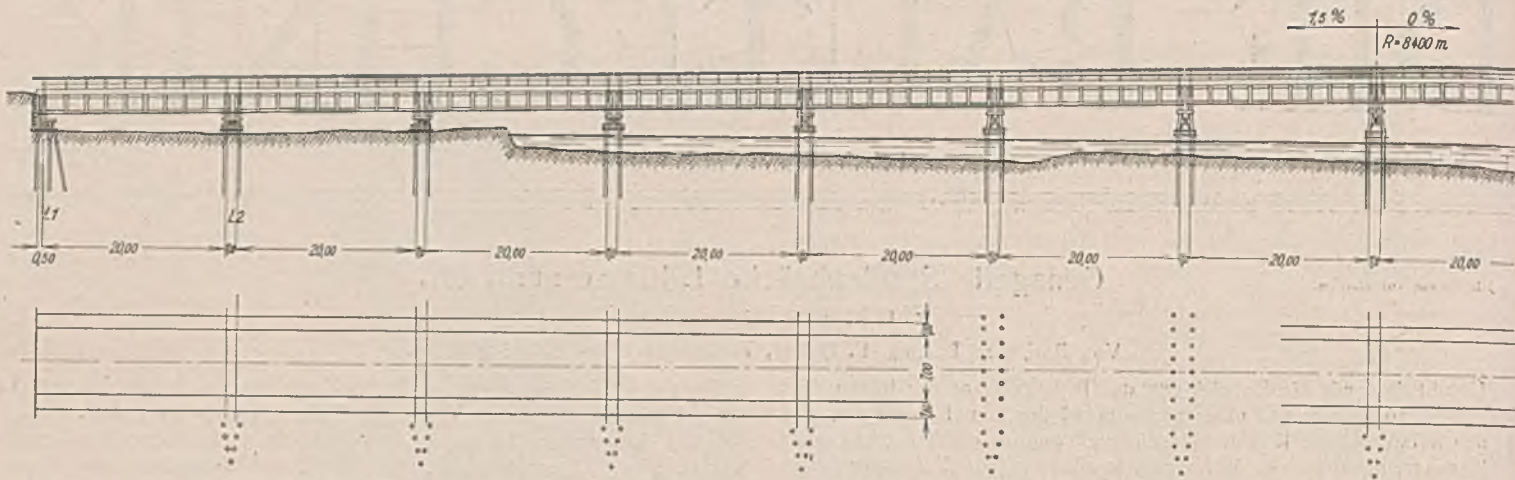


Abb. 2. Übersicht über die genagelte Holzfachwerkbrücke — Überbauten und Unterbauten.

strebten wir aber auch ein Bauwerk an, das vor allen Dingen bei kleinem Holzaufwand lang anhaltende Sicherheit bietet, zu seinem Bau nicht viel gelernte Arbeiter verlangt und Bretter, Bohlen und Nägel verwendet, die verhältnismäßig leicht beschafft werden konnten.

**Der Vollwandüberbau.**

Für den Verkehr ist die schönste Brücke diejenige, von der man nichts sieht, wenn man darüberfährt. Deswegen wurde von vornherein die Fahrbahn nach oben gelegt; darunter wurden sieben Hauptträger angeordnet (Abb. 4), die alle gleich waren und bei der großen Anzahl von 13 gleichen Feldern eine reihenweise Herstellung der Vollwandträger gestatteten. Bei dieser Brücke mit oben



Abb. 3. Teilansicht der genagelten, hölzernen Straßenbrücke für schwersten Verkehr — Schiffsfahrtsöffnung.

liegender Fahrbahn war für die Straße 1. Klasse eine Breite von 7 m und für die beiden Gehwege eine Breite von 1,60 m vorgeschrieben. Die oberste Verschleißschicht ist Teersplitt, der allerdings aus besonderen Gründen hier nur als dünne Haut über den 5 cm dicken, quer zur Brückenlängsachse gelegten Verschleißbohlen liegt. Die Verschleißbohlen wieder ruhen auf zwei Lagen Tragbohlen, die sich kreuzen. Die Tragbohlen bilden mit der Brückenlängsachse den Winkel  $\text{tg } \alpha = 2$ . Durch diese Kreuzlage wird eine Rostwirkung für die Tragbohlen erreicht und dadurch etwa ein Drittel an Holz für die Fahrbahn erspart. Das ist von Bedeutung, denn jede Brückenfahrbahn verschlingt außerordentlich viel Holz. Aus diesem Grunde

verzichten wir bei unseren weiteren Bauten auf die 5 cm dicke Lage von Verschleißbohlen und bringen statt dessen als Fahrbahnhaut eine 3 bis 5 cm dicke Decke aus Hartgußasphalt unmittelbar auf die Tragbohlen auf. Die Tragbohlen wurden mit den Obergurten der Hauptträger vernagelt und erhielten in der Brückenlängsachse eine über die ganze Länge durch-

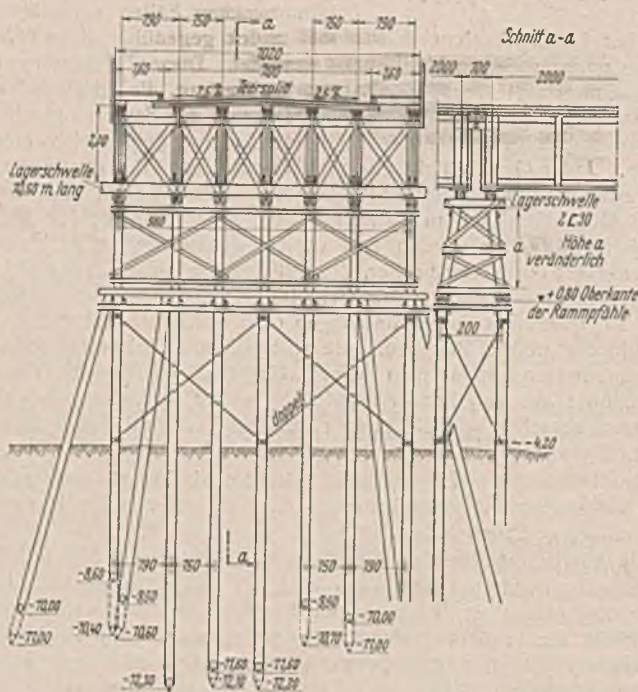


Abb. 4. Regelquerschnitt der vollwandigen Überbauten von 20 m Stützweite.

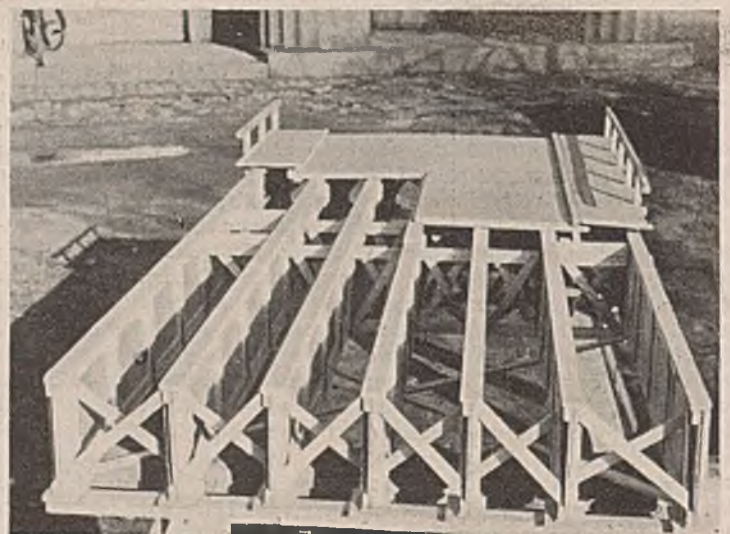
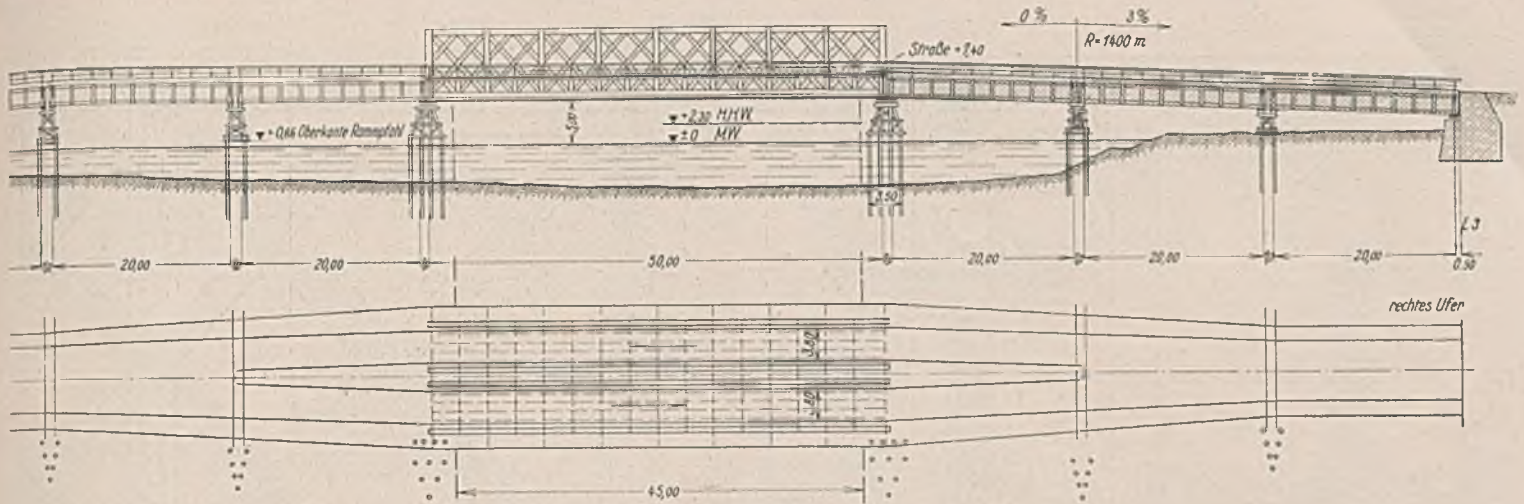


Abb. 5. 20-m-Brücke, Modell 1:10. Hauptträger, Fahrbahn, Gehweg und zwei Querverbände.



Zu Abb. 2.

gehende Fuge. Nach den beiden Rödelbalken hat die Fahrbahn eine Querneigung von 2,5 ‰. Da die Brücke ein dachförmiges Längsgefälle hat, haben die durch die Rödelbalken begrenzten Rinnen ein gutes Gefälle. Sie geben ihr Wasser durch zahlreiche, 15 cm breite Lücken in den Rödelbalken in eine Freileitung ab. Der Gehweg hat die üblichen



Abb. 8. Untersicht unter die 20-m-Vollwandüberbauten. Unterer Windverband und Querverbände.

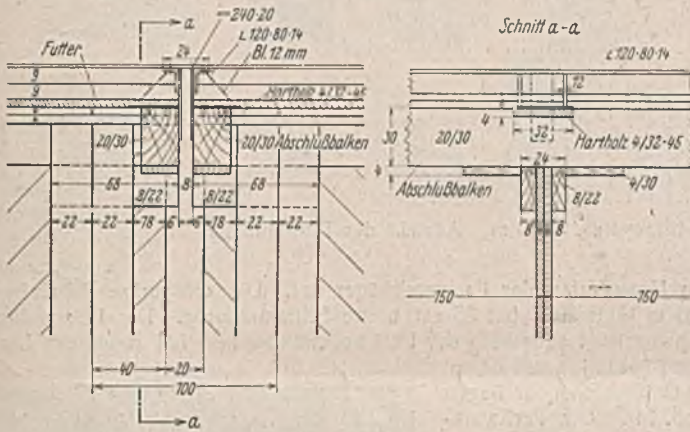


Abb. 7. Fahrbahnanschluß am Ende des Vollwandträgers.



Abb. 9. Brücke vom rechten Ufer gesehen.

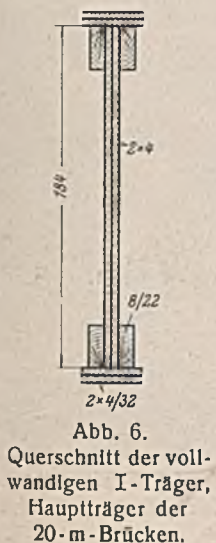


Abb. 6. Querschnitt der vollwandigen I-Träger, Hauptträger der 20-m-Brücken.

Belagbohlen gleichlaufend zur Brückenlängsachse. Sie ruhen auf kleinen Querträgern aus Kanthölzern zwischen den beiden äußeren Hauptträgern. Es ist von großer wirtschaftlicher Bedeutung und erspart viel Holz, wenn man die sieben unter der Fahrbahn liegenden Hauptträger durch biegefesteste Querverbände, die über die ganze Breite hindurchgehen, zum gemeinsamen Tragen zwingt, wenn man also die Brücke mit den vielen Hauptträgern als Rostträgerbrücke ausbildet. Nahe an jeder Feldmitte wurden daher zwei kräftige Parallelfachwerkträger als Querverbände angeordnet (Abb. 5). Jedes der 21 m weiten Felder hat

vollwandige Hauptträger von 20 m Stützweite und 1,84 m Steghöhe (Abb. 6). Die Träger wurden um  $1/300 = 7$  cm in der Mitte überhöht. Die Schräglage der Tragbohlen bedingt an jedem Feldende einen auf den Hauptträgerobergurten liegenden Abschlußbalken, der diesen letzten Tragbohlen als Lager dient. An den beiden benachbarten Abschlußbalken wurde immer das übliche Schleppblech aus Stahl befestigt (Abb. 7). Die kreuzweise verlegten Tragbohlen wurden unter sich und mit den Obergurten der Hauptträger vernagelt und bilden daher eine steife Scheibe und einen vorzüglichen Wind- und Knickverband für die Trägerobergurte.

Trotz mehrerer Querverbände erhielten aber auch die Trägeruntergurte einen aus Balken gebildeten zweiten Windverband, um dem großen ungewöhnlichen Holzbau zusätzliche Sicherheit zu geben (Abb. 8).

Zulässige Spannungen im Holz und Belastungen der Nägel.

Die 20 m weit gestützten Vollwandträger haben  
 Holzbiegespannung . . . . . etwa  $\sigma_{zul} = 75 \text{ kg/cm}^2$   
 Belastung des einschnittigen Nagels . . .  $N_1 = 400 d^2 \text{ kg}$  für  $d$  in cm  
 Belastung des zweisechnittigen Nagels . .  $N_2 = 800 d^2 \text{ kg}$  für  $d$  in cm

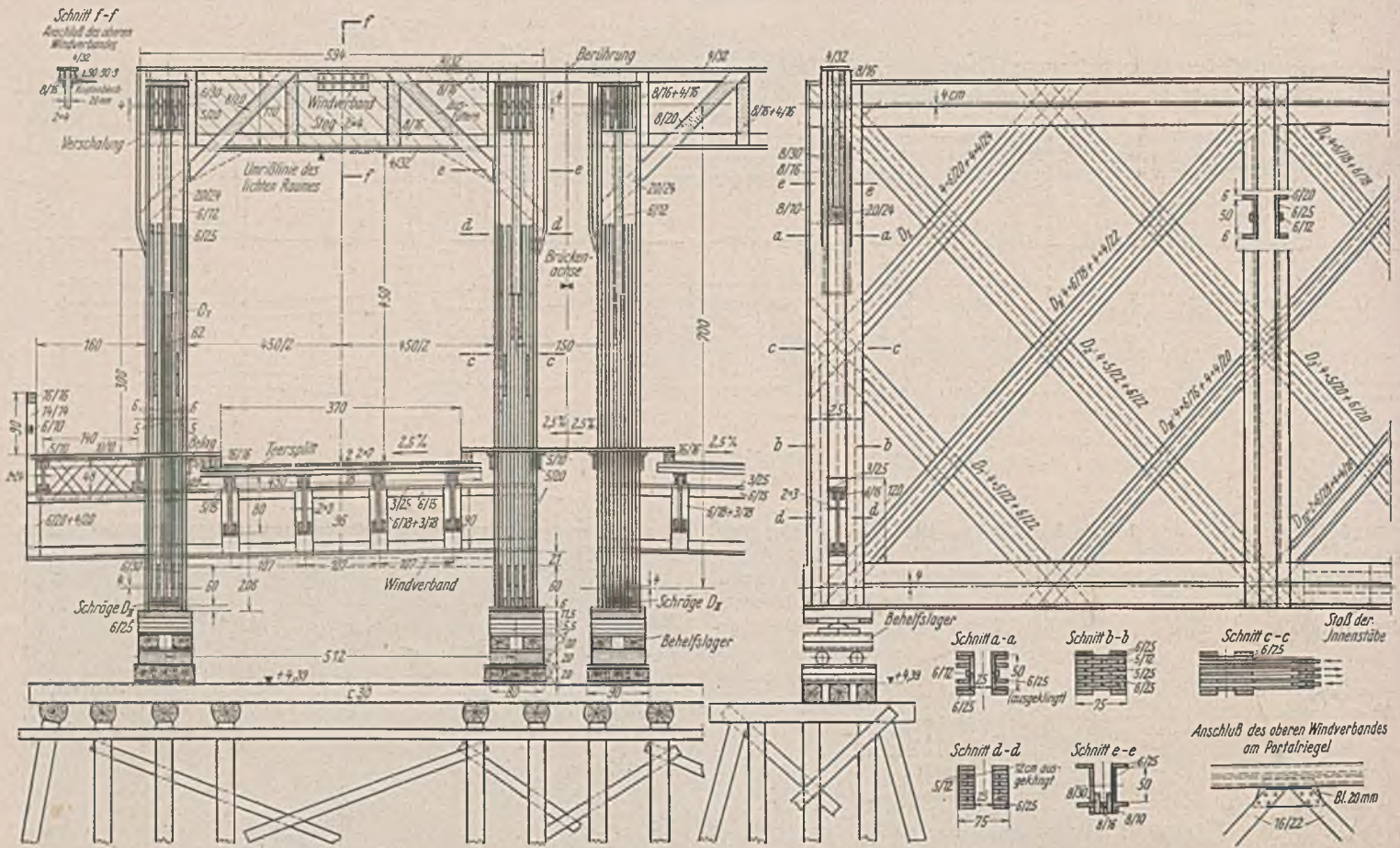


Abb. 10. Querschnitt der Fachwerkbrücken mit einer Stützweite  $l = 50$  m. Ansicht des Endrahmens.

**Der Fachwerküberbau.**

Wenn man eine Bauaufgabe von außergewöhnlicher Größe oder von neuer Art lösen muß, empfiehlt es sich, nicht nur die anerkannten Regeln der Baukunst anzuwenden und die vorgeschriebene Vorsicht in der Ausnutzung der Baustoffe walten zu lassen, sondern man tut gut daran, besondere Sicherheiten vorzusehen, vor allen Dingen an Verbänden nicht zu sparen und bei den Beanspruchungen nicht überall an die zulässige Grenze heranzugehen. Diese Gesichtspunkte waren vor allen Dingen maßgebend bei der Gestaltung der beiden 50 m weit gespannten Fachwerkbrücken, die wegen der verlangten Schifffahrtsöffnung notwendig wurden. Da es sich um Brücken I. Klasse, also um Belastung durch die

den Untergurten der Fachwerkträger auf. Die einspurige Fahrbahn ist 3,80 m breit und hat 35 cm breite Schrammborde. Der 1,60 m breite Gehweg liegt außerhalb der Fachwerkände und hat besondere Längsträger (Abb. 13), auf denen die Gehbohlen quer liegen (Abb. 14). Die Fachwerkhauptträger haben gleichlaufende Gurte und einen doppelten Strebenzug (Abb. 15). Da man beim Holzfachwerk nicht gern wie beim Stahlbau Knotenbleche verwendet, sondern die Wandstäbe mit Vorteil unmittelbar an die Gurtstege anschließt, ist es nötig, die Stabkräfte der Wandstreben klein zu halten. Dies erreicht man aber dadurch, daß jeder Querschnitt durch das Brückentragwerk nicht nur eine, sondern mindestens zwei, besser aber vier Streben trifft. Dadurch verteilt sich die Querkraft auf vier Wandstäbe, und jede Strebenkraft wird klein. Bildet man nun die Streben und Gurte breitflächig aus, so entstehen große Berührungsf lächen zwischen beiden und die Möglichkeit, viele Nägel unterzubringen, also die kleine Stabkraft sicher anzuschließen (Abb. 16).

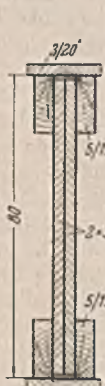


Abb. 11. Querschnitt der Fahrbahnlangsträger der 50-m-Fachwerkbrücke.  $l = 3,125$  m.

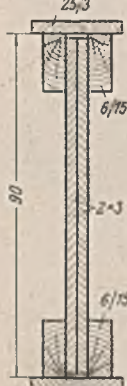


Abb. 12. Querschnitt der Querträger der 50-m-Fachwerkbrücke.  $l = 5,12$  m.

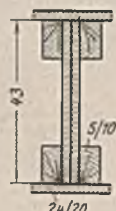


Abb. 13. Querschnitt der Gehweglangsträger der 50-m-Fachwerkbrücke.  $l = 6,25$  m.



Abb. 14. Modell der 50-m-Fachwerkbrücke im Maßstab 1 : 5. Endfeld mit dem Gehweg.

24-t-Dampfwalze handelte, und da die Bauhöhe für die Fahrbahn dieser Fachwerkbrücken eingeschränkt werden mußte, zogen wir es vor, die Schifffahrtsöffnung durch zwei nebeneinanderliegende einspurige Straßenbrücken mit unten liegender Fahrbahn zu überbrücken (Abb. 9 u. 10). Die Fahrbahnhaut wurde ähnlich gebildet wie bei den 21 m weiten Brückenfeldern; sie ruht aber nun auf Längs- und Querträgern, zu denen die vorhin beschriebenen I-Träger verwendet wurden. Die Längsträger (Abb. 11) sind in die Querträger versenkt. Die Querträger (Abb. 12) haben gleichlaufende Gurte und ruhen mit ihrem Untergurt unmittelbar auf

So ist das gewählte mehrteilige Fachwerk eng mit der hier entwickelten Holzbauweise verbunden. Bei dieser Fachwerkart sind die Pfosten nur an den Auflagern nötig; sie wurden aber trotzdem an jedem zweiten Knoten angeordnet, um auch hier wieder entsprechend dem Wunsch nach erhöhter Sicherheit Brückenquerverbände ausbilden zu können. Jeder Gurt hat fünf nebeneinanderliegende lotrechte Stege und eine zusammenschließende waagerechte Gurtplatte (Abb. 17). In die Zwischenräume zwischen den Stegen konnten nun die Wandstäbe leicht

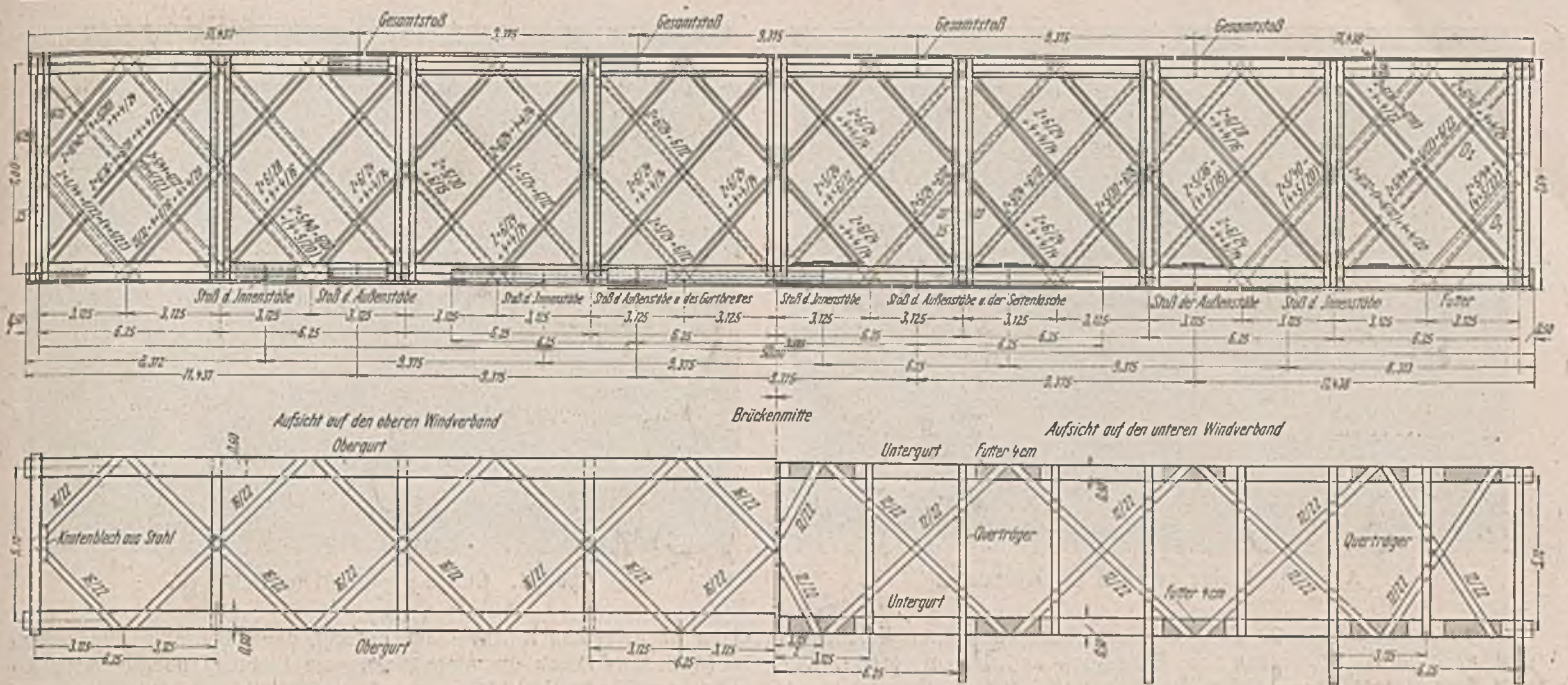


Abb. 15. Hauptträger der 50-m-Fachwerkbrücke. Übersicht, oberer und unterer Windverband.

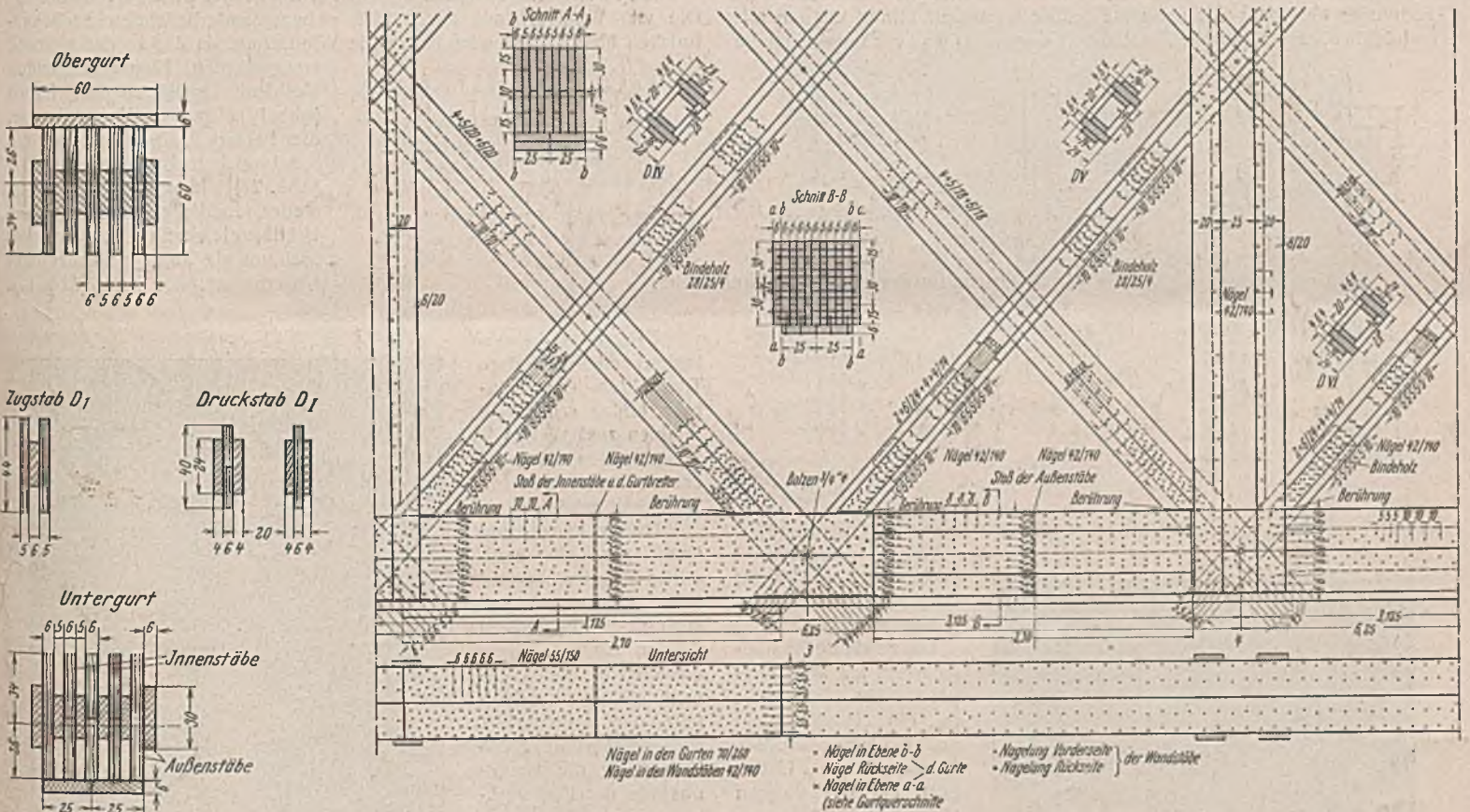
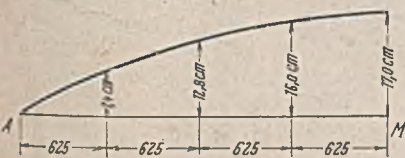


Abb. 16. Nagelbilder einiger Knotenpunkte und Stöße im Untergurt der 50-m-Fachwerkbrücke.



Zu Abb. 15.

und gut eingeführt werden. Die gedrückten Stäbe haben einen zweiteiligen Querschnitt (Abb. 18), die gezogenen Stäbe zeigt Abb. 19. Dadurch entsteht an den Kreuzungspunkten der Wandstäbe keine Schwierigkeit. Die gedrückten Streben erhalten ihr großes Trägheitsmoment auf der freien Strecke durch aufgenagelte Beihölzer. Wichtig ist der richtige Anschluß dieser Beihölzer; sie sollen

auf der freien Strecke eine über den Stabquerschnitt gleichmäßig verteilte Druckspannung erzielen, die Druckspannung herabsetzen und die Knicksicherheit erhöhen. Das Zusammenfügen der beiden Einzelstäbe zu einem einheitlich tragenden Ganzen war leicht durch richtig angeschlossene Bindehölzer möglich.

Zahlreiche Versuche an Druckstäben natürlicher Größe haben uns gelehrt, wie solche mehrteiligen Druckstäbe richtig ausgebildet und wie die verschiedenen Einzelteile zweckmäßig miteinander verbunden werden, um die größte Tragkraft und den Mindestaufwand an

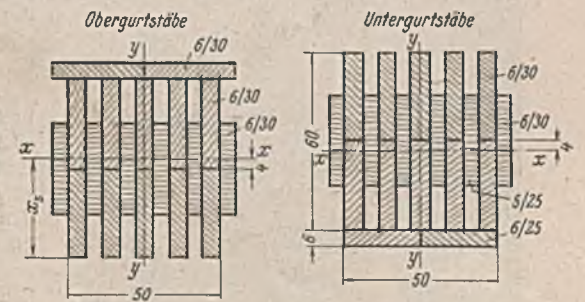


Abb. 17. Querschnitte der Gurtstäbe der 50-m-Fachwerkbrücke. Obergurtstäbe — Untergurtstäbe.

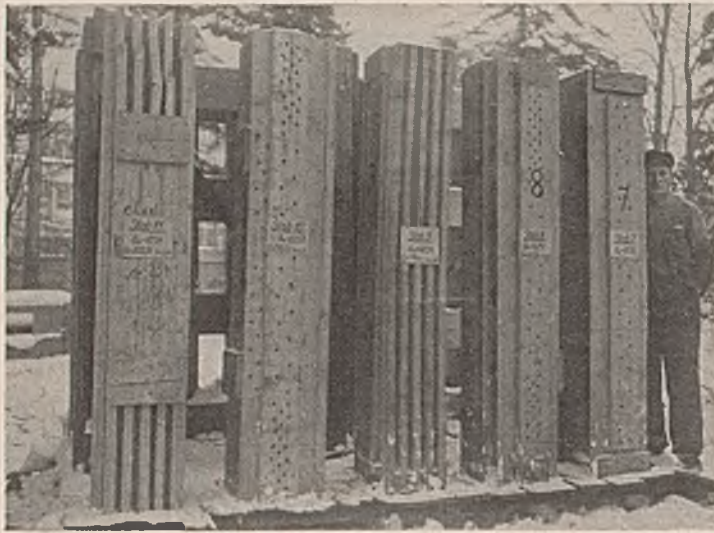


Abb. 20. Einige geprüfte Obergurtstäbe.

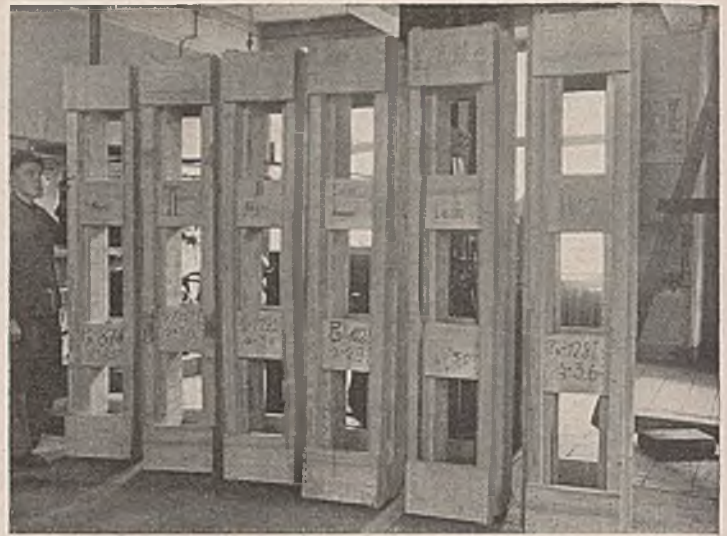


Abb. 21. Einige geprüfte Druckschrägen.

Holz zu erzielen (Abb. 20 bis 23). Die dabei gewonnenen Ergebnisse sind auch für den Stahlbau von Bedeutung und haben gezeigt, wie man dort in manchen Punkten die Bauart verbessern kann. Bei den gedrückten Gurt- und Wandstäben hängt die Größe der Knickkraft von der Weichheit oder Steifigkeit ab, mit der die Einzelteile untereinander verbunden sind. Da der Leim die größte Steifigkeit bringt, wurden alle gedrückten Stäbe fürsorglich erst durch Kauritleim wasserfest miteinander

einen waagerechten Knickverband erreicht, der gleichzeitig Windverband ist (Abb. 15). Durch die eigenartige, vom Stahlbau übernommene Anordnung wird die Knicklänge der Obergurtstäbe stark verkleinert und der Durchblick nach oben wenig behindert.

Ein zweiter Windverband liegt in der Ebene der Untergurte (Abb. 15). Die vier Windverbände der beiden nebeneinanderliegenden Fachwerkbrücken übernehmen gemeinsam die Windlasten, da die in der gleichen waagerechten Ebene liegenden Verbände Druckberührung haben (Abb. 10). Die zwei Windverbände, die beiden Endrahmen und die zahlreichen Zwischenrahmen (Abb. 26) bilden ein tragsicheres, steifes, räumliches Gebilde, das alle Kräfte, gleichgültig aus welcher Richtung sie kommen, sicher dem Unterbau zuleiten kann (Abb. 27).

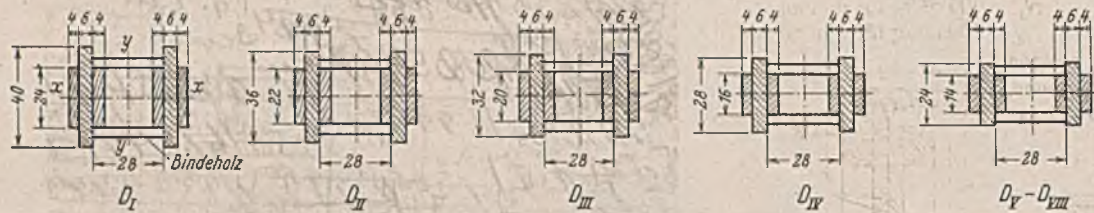


Abb. 18. Querschnitte der gedrückten Wandstäbe.

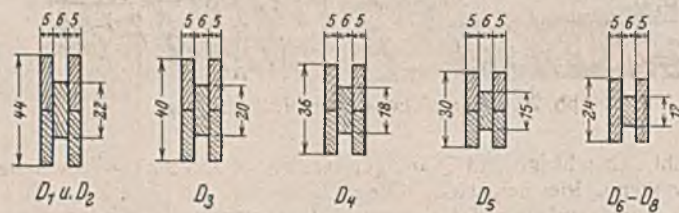


Abb. 19. Querschnitte der gezogenen Wandstäbe.

Die kreuzweise verlegten und vernagelten Tragbohlen der Fahrbahn bilden schließlich einen zusätzlichen waagerechten Verband, der die waagerechte Steifigkeit erhöht.

Da die Längs- und Querträger als zahlreiche Einzelstücke und jede Fachwerkwand auch viermal hergestellt werden mußten, konnten auch bei den Fachwerkbrücken die Vorteile der Reihenarbeit ausgenutzt werden. Alle Hölzer für die Haupttragteile der Fachwerkbrücken wurden sorgfältig ausgewählt. Ihre Festigkeit konnte mit dem hier entwickelten Schlaghärteprüfer rasch und einwandfrei vorweg auf der Baustelle ermittelt werden. Die gleiche Sorgfalt bei der Auswahl hat man für die gezogenen Untergurtbohlen der vollwandigen Träger an den anschließenden Brückenteilen walten lassen.

Die zulässigen Spannungen im Holz und die Belastungen der



Abb. 22. Ein zweitelliger Wandstab auf der 500-t-Press.

verbunden und dann noch in der berechneten Weise vernagelt.

Das gewählte Parallelfachwerk hat zwei Endpfosten, in deren Mitte je ein Hauptknotenpunkt liegt (Abb. 24). Daher wurde der Untergurt bei der unteren Hälfte des Endpfostens bis zu diesem Knotenpunkt beibehalten, um die Wandstäbe auch dort gut anschließen zu können (Abb. 25).

Für die Knicksicherheit der Obergurte ist es wichtig, ihre beiden Enden im Grundriß festzuhalten. Darum wurden die Endpfosten zu kräftigen Endrahmen ausgebildet (Abb. 10). Die Knicksicherheit der 50 m langen Obergurte zwischen diesen beiden Endrahmen wird durch

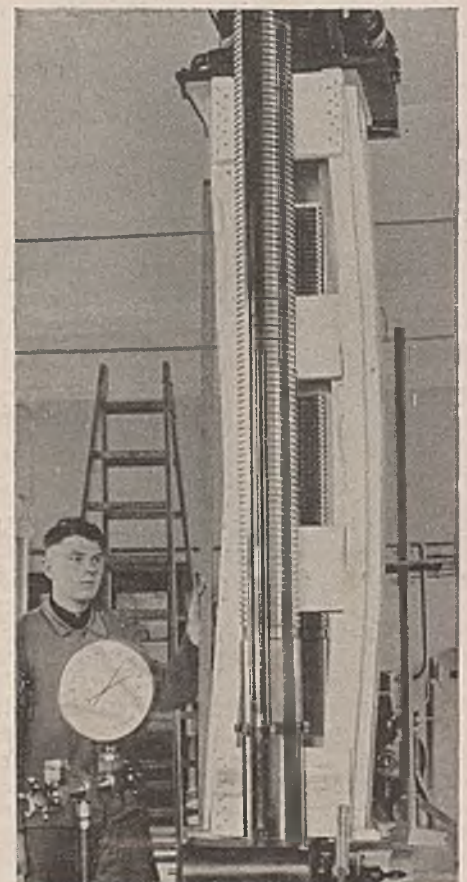


Abb. 23. Ein ausgeknickter Wandstab unter der 500-t-Press.

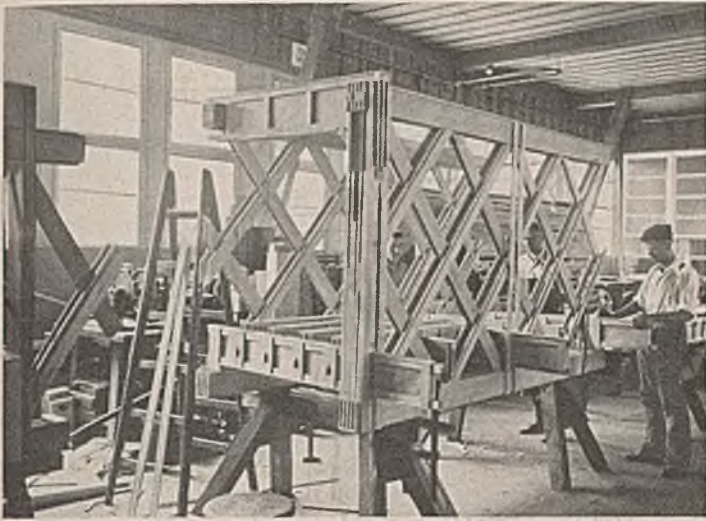


Abb. 24. Holzmodell der Fachwerkbrücke im Maßstab 1:5.

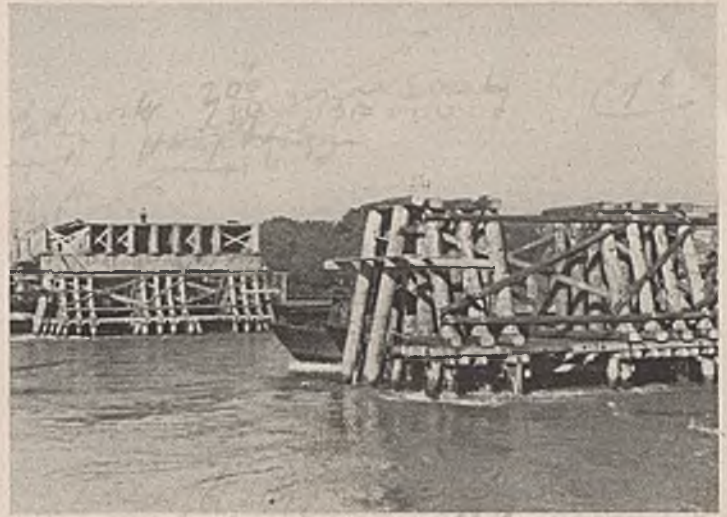


Abb. 28. Die Strompfeller für die Schiffsöffnungsöffnung.

Nägel zeigt für die 50 m weit gestützten Fachwerkträger die folgende Übersicht:

Längsträger, Holzbiegespannung . . .	etwa $\sigma = 40 \text{ kg/cm}^2$
Querträger, Holzbiegespannung . . .	$\sigma = 80 \text{ kg/cm}^2$
Hauptträgerobergurt, Druckspannung . . .	$\sigma = 60 \text{ kg/cm}^2$
Hauptträgeruntergurt, Zugspannung . . .	$\sigma = 75 \text{ kg/cm}^2$
Wandstab, Druckspannung . . .	$\sigma = 75 \text{ kg/cm}^2$
Wandstab, Zugspannung . . .	$\sigma = 90 \text{ kg/cm}^2$
Belastung des einschnittigen Nagels	$N_1 = 400 \text{ d}^2 \text{ kg}$ für $d$ in cm
Belastung des zweisechnittigen Nagels	$N_2 = 800 \text{ d}^2 \text{ kg}$ für $d$ in cm.

Tragbolzen kamen nicht vor. An einigen wenigen Stellen wurden Klemmbolzen vorgesehen, dort wo ihre Bolzenlöcher kaum eine Kerbwirkung haben können.

Der gesamte Unterbau (Abb. 2 u. 4) besteht aus Ramppfählen mit 25 bis 35 cm Durchm., die mindestens 6, oft aber 8 bis 10 m tief in dem groben Kies stecken. Durch eine genügende Anzahl von Schrägpfählen und Spannstrangen unter Wasser sind alle Pfähle zu einem räumlichen Ganzen verbunden und waagerechten Kräften gegenüber widerstandsfähig gemacht worden. Über dem geramnten Unterbau erheben sich die üblichen Böcke aus Rundhölzern (Abb. 28). Wo tragfähiger Untergrund leicht erreichbar war, wurde das Endwiderlager betoniert; wo aber der Traggrund zu tief lag, griff man wieder zur Pfahlgründung und zu Rundholzjochen.

Nasses Holz nagelt sich gut, neigt wenig zum Spalten, wird aber leicht krank. Um dem Bauwerk eine lange Lebensdauer zu geben, wurden die naß von der Säge kommenden Tannen- und Fichtenbretter und -bohlen mit Wolmansalz getränkt, das neben anderem auch Chrom enthält und daher den Stahl nicht nur nicht angreift, sondern schützt. Darüber hinaus wurden die Nägel in einer Atramentflüssigkeit gekocht und dadurch mit einem Rostschutzüberzug versehen.

Alle 20 m langen Vollwandträger — im ganzen 93 Stück — wurden auf dem einen Ufer auf einem vorbildlich eingerichteten Zimmerplatz hergestellt. Es wurde bald eine solche Fertigkeit erreicht, daß ein 20 m langer Träger in

12 Arbeitsstunden hergestellt wurde. Die Träger wurden auf der bereits fertigen und befestigten Erdrampe auf Schmalspurgleis vorgefahren (Abb. 29) und mit Schwenkmasten — auf dem Strom unter Zuhilfenahme von einem kleinen Schiff — vor Kopf eingebaut (Abb. 30 u. 31).



Abb. 25. Querschnitt der Endpfosten in der unteren Hälfte.

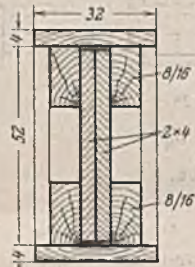


Abb. 26. Riegelquerschnitt der Zwischenrahmen der 50-m-Fachwerkbrücke.



Abb. 29. Heranfahren eines Vollwandträgers.

Die zahlreichen Längs- und Querträger der Fachwerkbrücken wurden in den Holzwerken C. Riel hergestellt. Die Fachwerkände aber wurden, da sie sperrig waren, auf dem tiefer liegenden Ufergelände, waagrecht liegend zusammengenagelt (Abb. 32). Jede Fachwerkwand wurde dann für sich auf die Vorlandbrücke hochgezogen (Abb. 33 u. 34). Jede einspurige Fachwerkbrücke wurde auf der Vorlandbrücke fertig zusammengebaut (Abb. 35) und in der Brückenlängsachse auf Rollwagen und Gleis zur Schiffsöffnungsöffnung vorgefahren (Abb. 36). Das bedeutete gleichzeitig eine Probelastung für die 20 m langen Vollwandträger, denn eine jede Fachwerkbrücke wog rd. 100 t. Die Fachwerkbrücke ragte schließlich 12,50 m frei in die Schiffsöffnungsöffnung hinaus. Das auskragende Ende wurde durch ein Holzgerüst auf einen Kahn von 350 t Tragkraft abgestützt (Abb. 36). Die Brücke, die nun vorn auf dem Kahn und hinten auf Plattformwagen mit Drehscheiben ruhte, wurde mit Winden über die Schiffsöffnungsöffnung hinweggezogen und dort auf ihr anderes Lager (Abb. 37) abgesetzt. Hierzu brauchte man bei der zweiten Fachwerkbrücke 30 Minuten, weil man die Kraft des hochgehenden Stromes zum Gieren des Kahnnes ausnutzte.

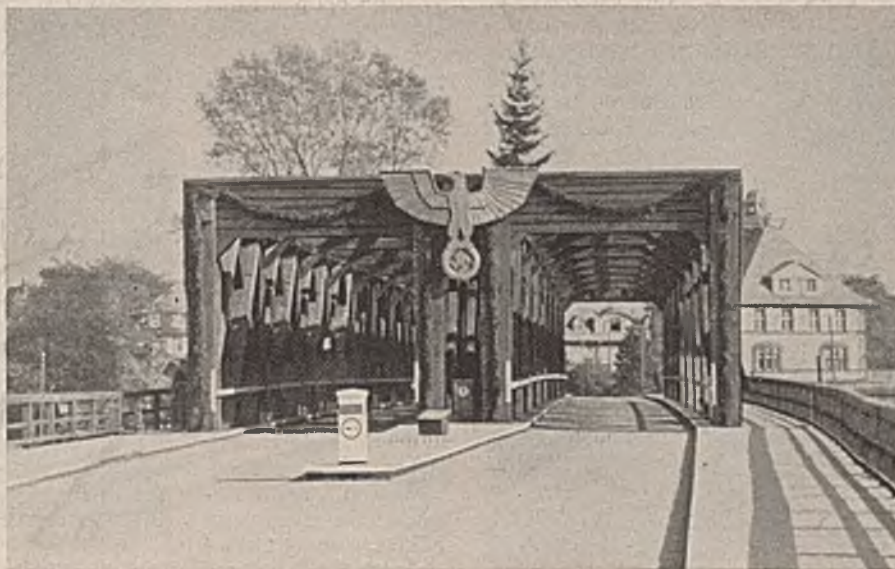


Abb. 27. Blick auf die Endrahmen der fertigen verschalteten 50-m-Fachwerkbrücke.

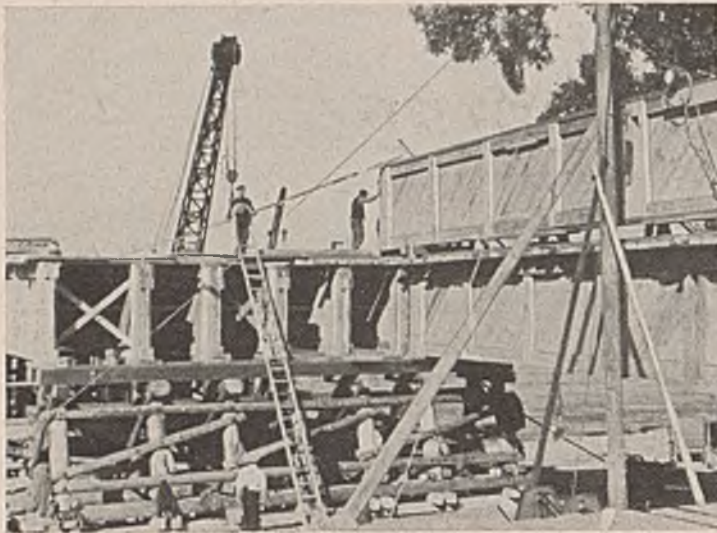


Abb. 30. Einbau eines Vollwandträgers.

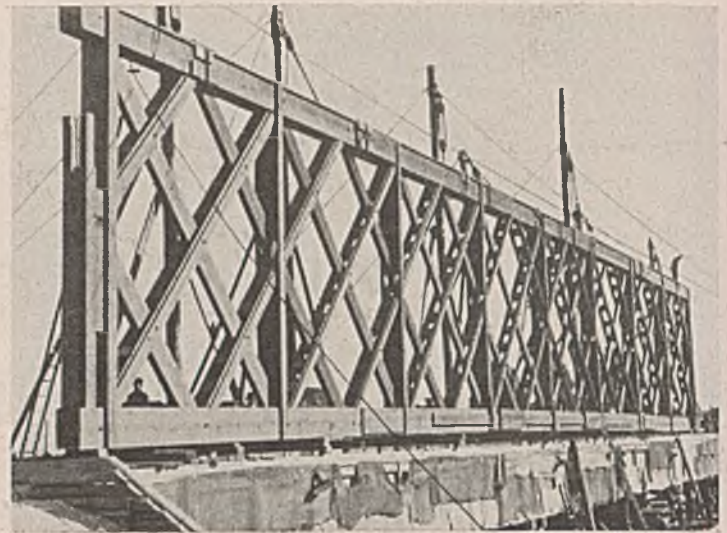


Abb. 33. Eine hochgestellte, fertig genagelte Fachwerkwand.



Abb. 31. Anfuhr der Vollwandträger zu Wasser.

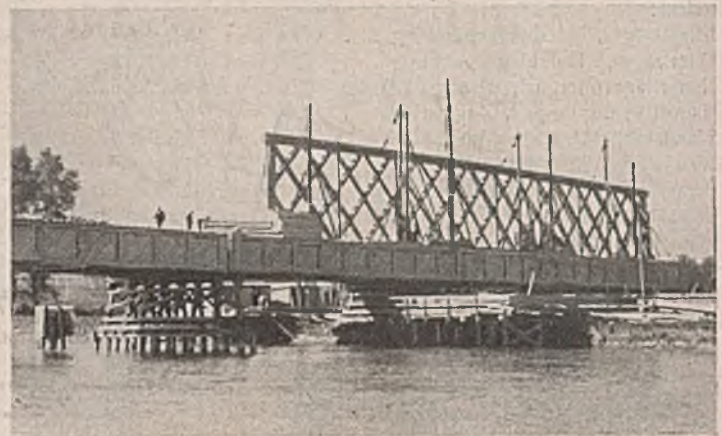


Abb. 34. Eine Fachwerkwand hochgezogen.

Der ständige Wechsel von Feuchtigkeit, Sonnenbestrahlung und Wind ist für das Nadelholz nicht ungefährlich. Auch unsere alten Holzbrücken wurden daher schon immer vor der Witterung geschützt. Dieser Schutz war bei unseren Hauptträgern, die unter der Fahrbahn lagen, schon von Haus aus gegeben. Man hat daher nur die auf der Südseite gelegenen Brückenrandträger mit zölligen Brettern von gleicher Breite waagrecht verschalt unter Wahrung eines Luftzwischenraums zwischen ihnen und dem Tragwerk (Abb. 38). Bei den beiden Fachwerkbrücken wurden aber alle Gurt- und Wandstäbe mit zölligen Brettern sorgfältig umkleidet, um hier den gesamten Witterungseinfluß sicher fernzuhalten (Abb. 39). Alle Stellen, die besonders gefährdet schienen, erhielten einen besonderen Schutz durch Wolmansalzpaste. Diese besonderen Verschalungen gestatteten dann auch, durch nachträgliches

Bestreichen mit irgendeinem Teerölschutzanstrich der Brücke den erforderlichen Fliegerschutz zu verleihen. Durch die Umkleidung der Fachwerkstäbe büßte die Brücke etwas an ihrer Schlankheit ein, aber wichtiger als das Aussehen schien die Sicherheit des Bauwerks. Die ursprüngliche Leichtigkeit bleibt erhalten, wenn man solchen Fachwerkbrücken wie in alter Zeit ein mit Holzschindeln gedecktes, weit ausladendes Dach gibt.

Für die Hauptteile der Brücke waren folgende Baustoffmengen erforderlich:

Ein Vollwandträger von 20 m Stützweite und 20,80 m Länge hat 6,9 m<sup>3</sup> Nadelholz und 200 kg Nägel. Ein 21 m langes Brückenfeld mit 7 Hauptträgern hat 40 m<sup>3</sup> Holz in der Straßenfahrbahn, 9 m<sup>3</sup> Holz in den Gehwegen, 52 m<sup>3</sup> Holz in den Tragwerken, zusammen 101 m<sup>3</sup> Nadelholz und 2000 kg Nägel. Die einspurige Fachwerkbrücke brauchte 85 m<sup>3</sup> Nadelholz für die Fahrbahn, 17 m<sup>3</sup> Nadelholz für die Gehwege, 57 m<sup>3</sup> Holz und 1700 kg Nägel für eine Fachwerkwand und insgesamt für eine ganze Fachwerkbrücke 234 m<sup>3</sup> Holz und 6000 kg Nägel. Der ganze Überbau der



Abb. 32. Nagelung an der liegenden Fachwerkwand.



Abb. 35. Zusammenbau der 50-m-Brücke auf der Fahrbahn der vollwandigen Träger.





Abb. 36b. Die 50-m-Fachwerkbrücke mit ihrem auskragenden Ende abgestützt auf dem Kahn während der Vorfahrt.

Brücke enthält etwa 1800 m<sup>3</sup> Holz und 38 000 kg Nägel.

Im Unterbau stecken 4200 m Ramppfähle und 330 m<sup>3</sup> Rundholz für die Böcke.

An dem Entwurf der Holzbrücken arbeiteten mit die Herren Dr.-Ing. Willibald und Dipl.-Ing. Ross. Der Unterbau wurde von der Grün & Billfinger AG., unter der örtlichen Leitung von Dipl.-Ing. Gäsler mit Hilfe von zwei leistungsfähigen Schwimmrahmen und einer Landramme rasch und ohne Unfall trotz ständig hoher Wasserstände ausgeführt. Die Brückentragwerke aus Nadelholz stellten her und bauten ein die Holzwerke C. Riel. Ihre Arbeiten wurden von Oberingenieur Sprenger geleitet. Beim Einbau der

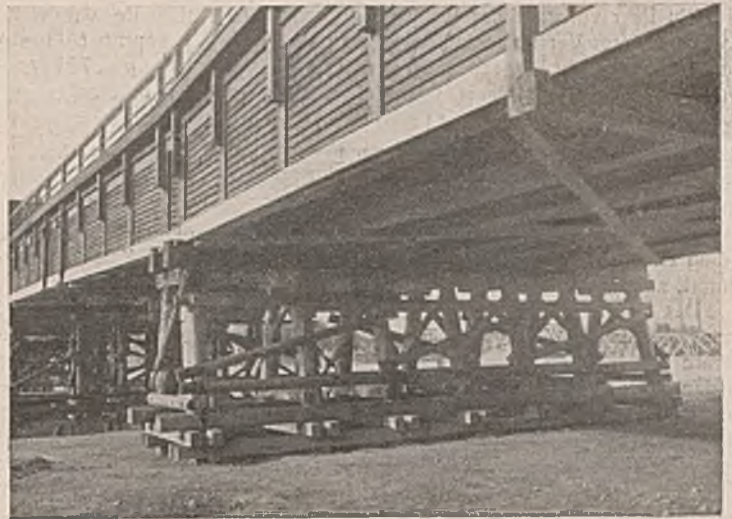


Abb. 38. Untersticht unter die Gabelung der Fahrbahn mit der verschalteten Südseite der Vollwandbrücke.

Verkehr sind genau 12 Wochen verstrichen. — Bei einer Probelastung der Fachwerkträger durch Fahrzeuge mit 35 t Gesamtgewicht auf einer Brücke wurde eine elastische Durchbiegung der Fachwerkträger von 1 cm gemessen.

Die Brücke ohne Rampen hat eine Gesamtlänge von 324,60 m, liegt im Grundriß gerade und kreuzt den Strom rechtwinklig.



Abb. 36a. Die 50-m-Fachwerkbrücke auf der Fahrt über die Vollwandträgerbrücke.



Abb. 39. Die Verschalung der einzelnen Fachwerkteile und der obere Wind- und Knickverband.

belden Fachwerkbrücken brachte die in der Nähe arbeitende Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg wertvolle Hilfe.

Bei der von uns ausgeübten technischen Oberleitung und örtlichen Bauaufsicht beteiligten sich während der Herstellung der Überbauten Dr.-Ing. Willibald, unterstützt von Dipl.-Ing. Erich Gaber, und während der Aufstellung der Brücke Dr.-Ing. Gelger. Bauherr war die zuständige Wasser- und Straßenbauabteilung. Sie hat sich ein großes Verdienst dadurch erworben, daß sie verantwortungsfreudig für den Bau diese bisher noch nicht ausgeführten genagelten Holzträger gewählt hat. Ihre tatkräftige Hilfe und eifrige Unterstützung trugen wesentlich dazu bei, die auftretenden technischen und Verwaltungsschwierigkeiten zu beseitigen.

Der Bau ist ohne ernstlichen Unfall durchgeführt worden trotz Verwendung von zahlreichen fremden ungelerten Arbeitern und trotz ungünstiger Witterung und ungünstiger Wasserstände. Von dem Zeitpunkt an, da man an uns das erste Mal wegen dieses Bauvorhabens herantrat, bis zu dem Tag der Einweihung der Brücke und der Übergabe an den öffentlichen

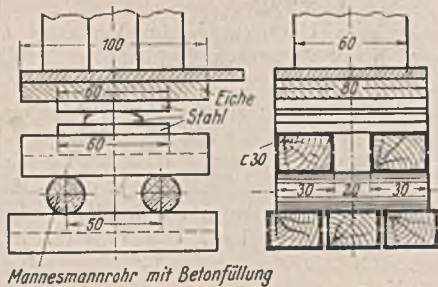


Abb. 37. Behelfsmäßiges, bewegliches Lager der 50-m-Fachwerkbrücke.

Die Gesamtkosten der Brücke — ausschließlich der Rampen — belaufen sich auf nicht ganz 700 000 RM. Die Brücke einschließlich Unterbau kostete also rd. 2000 RM für 1 m.

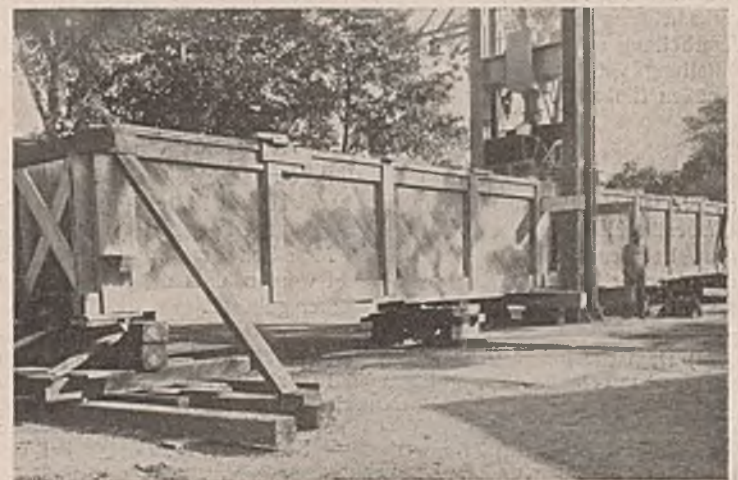


Abb. 40. Zwei Vollwandträger von 20 m Stützweite unter der dynamischen Prüfanlage.

Ein Paar vollwandiger Hauptträger von 20 m Stützweite wurde im Bauhof unserer Versuchsanstalt statisch und dynamisch geprüft (Abb. 40). Entsprechend einer Biegespannung im Nadelholz von etwa  $\sigma = 75 \text{ kg/cm}^2$  wurden die Zwillingsträger dynamisch einer Schwellast unterzogen mit

$$P_o = 44 \text{ t} \quad P_u = 4 \text{ t.}$$

Nach 200 000 Lastspielen zeigten sich keine Veränderungen.

Die bleibende Durchbiegung erreichte schon nach 10 000 Lastspielen ihren Endwert von 2,2 cm.

Zahlreiche dynamische Versuche mit anderen genagelten Trägern haben davon überzeugt, daß die Steifigkeit im Laufe der Zeit nicht abnimmt, sondern voll erhalten bleibt.

Das endgültige Urteil über die Lebensdauer von so gestalteten und genagelten Nadelholzbrücken muß die Zukunft fällen. Zahlreiche überdachte Holzbrücken unserer Vorfahren stehen noch im Schwarzwald und in den Alpenländern, die die Jahrhunderte gut überdauert haben. Es ist selbstverständlich, daß man den hier entwickelten, dem Stahlbau nachgebildeten Brücken große Sorgfalt beim Bau und während des Betriebes angedeihen lassen muß, um die sonst rasch einsetzenden Schäden am Holz durch pflanzliche oder tierische Lebewesen zu verhindern und den ungünstigen Einfluß der Witterung einzudämmen. Wir haben heute genug erprobte Holzschutzmittel, müssen sie aber auch sachkundig anwenden und solche Holzbauten in regelmäßigen Zwischenräumen immer wieder neu damit anstreichen, wie ja auch jede Stahlbrücke regelmäßig frisch gestrichen werden muß.

Ein ungünstiger Einfluß der Witterung auf die Tragkraft der atramentierten Nägel ist nicht zu befürchten, wie zahlreiche Versuche bewiesen haben.

Wir mußten in letzter Zeit für den gleichen Strom zwei weitere Straßenbrücken 1. Klasse entwerfen, bei denen die Schiffahrtsöffnung Fachwerkbrücken von 60 m Stützweite mit unten liegender Fahrbahn verlangte. Damit rückte man aber der Grenze des hölzernen Parallelfachwerkträgers für schwere Straßenlasten schon nahe, so daß man bei noch größeren Spannweiten entweder zu Trägern mit drei Gurten oder zu Bogenträgern wird greifen müssen. Günstiger liegen die Verhältnisse natürlich dann, wenn die Fahrbahn oben liegt und man zahlreiche Hauptträger zu einem Trägerrost zusammenbinden kann.

Wir haben uns bei der Entwicklung dieser Holzbauweise bewußt von Normen und Handwerksregeln freigelassen und nur die beim Stahlbau und Holzbau gewonnenen Erfahrungen sinngemäß verwertet. Überall dort, wo unsere langjährigen Versuche über die statische oder Dauerfestigkeit der Nagelverbindungen nicht ausreichten, wurden ganze Bauteile besonders auf ihre Dauerfestigkeit geprüft. Da das letzte Wort immer die Wirklichkeit, die Natur spricht, wurden auch Brücken in natür-

licher Größe in unserer Versuchsanstalt statisch und dynamisch belastet; es wurde die Steifigkeit abhängig von der Zahl der Belastungen gemessen und zum Schluß durch Vergleich der Bruchspannung mit der zugelassenen Holzspannung die wirkliche Bruchsicherheit der Holzträger nach langer dynamischer Belastung ermittelt. Erst nachdem die Naturbeobachtung einwandfreie Grundlagen geliefert hatte, konnte man die Verantwortung für den Bau solch großer schwerer Holzbrücken übernehmen. Der gesunde Menschenverstand verlangte darüber hinaus, daß nicht nur die üblichen oder vorgeschriebenen Sicherheiten eingehalten und die anerkannten Regeln der Baukunst befolgt wurden, sondern daß man zusätzliche Sicherheiten einbaute und größere Vorsicht als üblich walten ließ. Es ist möglich, daß man allmählich aus der Erfahrung heraus hier und dort wieder etwas einsparen und diese Brückenbauten weiter verbilligen kann. Wesentlich kann man schon heute an Zeit und Kosten sparen, wenn man die Nägel mit Preßluft-Handhämmern üblicher Bauart einschlägt. Unsere Versuche und die Untersuchungen anderer haben uns von der Zweckmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit der Preßluftnagelung überzeugt.

Wie dieser Holzbau vom Stahlbau angeregt und befruchtet wurde, so erhielt aber auch umgekehrt der Stahlbau wieder manche Anregungen durch unsere planmäßig betriebenen Versuche an Holzbauteilen, deren Ergebnisse und Erkenntnisse mit gutem Gewissen und nicht ohne Vorteil sinngemäß beim Stahlbau verwendet werden dürfen.

Die Zeit ist noch nicht da, wo jeder Ingenieur eine solche genagelte Fachwerkbrücke entwerfen und jeder Zimmermann sie bauen kann. Es bedarf noch längerer Zeit, bis die hier entwickelte Holzbauweise von jedem unbedenklich bei jeder großen Aufgabe angewendet werden darf, wengleich heute schon eine planmäßige Schulung von Amts wegen eingesetzt hat.

Durch die hier beschriebene und zahlreiche andere unter unserer Mitwirkung gebaute Holzbrücken ist zunächst für die heutige Notzeit der Weg zur Stahlersparnis beim Bau auch von großen Brücken frei gemacht. Damit werden aber auch friedensmäßige Aufgaben lösbar, die bisher dem Holzbau verwehrt waren.

Die Forderung nach sparsamer Verwendung des Bauholzes steht heute und für lange Zeit dabei im Vordergrund, denn unser deutscher Wald hat weit über seinen natürlichen Zuwachs hinaus Holz hergeben müssen. Auch in der sparsamen Verwendung des Baustoffes kann der Stahlbau Lehrmeister sein. Bei dem großen Wohnungsbau nach dem Kriege wird man daher häufig auf die altgewohnten Kanthölzer verzichten müssen und Holzträger aus Brettern nehmen, wie sie uns heute im Brückenbau gebräuchlich und vertraut geworden sind und wie sie hier an einem großen Anwendungsbeispiel vorgeführt wurden.

## Die Abdichtung von Ingenieurbauwerken unter Verwendung dünner Blechbänder.

Alle Rechte vorbehalten.

Von Dr. Ing. Rudolf Haefner, Frankfurt a. M.

### Vorbemerkung.

Während zahlreiche Veröffentlichungen und Vorschriften<sup>1)</sup> über die Anwendung und Verarbeitung der Bitumendichtungen dem Bauingenieur eine Fülle von Erfahrungstatsachen vermitteln, ist über die im letzten Jahrzehnt zu technischer Bedeutung gelangten Bauwerksdichtungen mit dünnen Blechbändern, abgesehen von einigen kurzen Hinweisen bei Bauwerksbeschreibungen<sup>2)</sup>, bis heute wenig berichtet worden. Vor kurzem hat der Verfasser die Anwendung von Leichtmetallblechen im Ingenieurbau bei der Dichtung von Fugen beschrieben<sup>3)</sup>. Im folgenden wird nunmehr versucht, eine möglichst umfassende Darstellung der Bauwerksdichtung mit dünnen Blechbahnen zu geben, Baustoffe, Hilfsmittel, Verarbeitung und Anwendungsmöglichkeiten zu beschreiben und durch Mitteilung von Erfahrungen zur richtigen Anwendung und zum fachgemäßen Einbau dieser Dichtungsart beizutragen.

### Begriffsbestimmung und Abgrenzung.

Es erscheint zunächst notwendig, für die zu beschreibende Dichtungsart, die ich als „Blechbanddichtung“ bezeichnen will, eine genaue Begriffsbestimmung festzulegen und sie abzugrenzen gegen jene Dichtungsarten, bei denen Dichtungsbahnen aus Metallfolie mit in der Werkstatt auftragener Bitumenschicht verarbeitet werden und die ihrem Wesen und ihren Eigenschaften nach nicht hierher gehören.

<sup>1)</sup> Deutsche Reichsbahn, Vorläufige Anweisung für Abdichtung von Ingenieurbauwerken (AIB), gültig vom 15. Juli 1931 an, Nachdruck Juli 1938, dazu Berichtigung 1. — Deutsche Normen DIN 4031, Juli 1932, Wasserdruckhaltende Dichtungen aus nackten Teerpappen oder nackten Asphaltbitumenpappen für Bauwerke. — Schäfer, Mißfolge bei der Grundwasserabdichtung und ihre Behebung.

<sup>2)</sup> Bautechn. 1933, Heft 49, S. 663; 1935, Heft 18, S. 232; 1937, Heft 27/28, S. 367. Straße 1938, Heft 9, S. 308.

<sup>3)</sup> Bautechn. 1940, Heft 52, S. 591.

Unter „Blechbanddichtung“ ist eine Dichtung zu verstehen, bei der Blechbänder ganz oder im wesentlichen die Aufgabe der Wasserabhaltung übernehmen und deren physikalische und mechanische Eigenschaften der fertigen Dichtung besondere Vorzüge verleihen. Die zur Anwendung kommenden Metallbänder müssen Blecheigenschaften haben, d. h. sie müssen neben vollkommener Dichte ausreichend fest sein, ein hohes Maß an Dehnbarkeit haben und sich ohne Auftreten von Spannungen allen vorkommenden Bauwerksformen gut anpassen lassen. Das gewählte Metall muß außerdem eine hinreichende chemische Widerstandsfähigkeit aufweisen.

### Auswahl des Metalls.

Von den Metallen wurden bisher Blei, Kupfer und Aluminium für Dichtungszwecke verwendet. Obwohl mit Bleiabdichtungen unter gewissen Voraussetzungen sehr gute Erfahrungen gemacht sind, erreichen sie doch infolge mangelnder Eigenfestigkeit sowie zu großer Weichheit und Porigkeit bei dünnen Bleistärken die Güte der Kupfer- und Aluminiumdichtungen nicht.

Abb. 1 u. 2 zeigen in einem praktischen Versuchsergebnis einen der besonderen Unterschiede im Verhalten einer Bleidichtung und einer solchen mit Aluminiumblechbahnen. Beide Blechbänder sind an senkrechter Wand mit Bitumenmasse geklebt und ohne Einspannung dem Einfluß ihrer eigenen Schwere und der Wärmeentwicklung ausgesetzt worden. Wie aus den Abbildungen zu ersehen ist, führte die zu geringe Eigenfestigkeit des Bleies trotz des Festklebens mit Bitumen zu bleibenden Formänderungen (Längung), die schließlich Anlaß zu Faltenbildung (Öffnung von Nähten) und Ribbildung gab. Die Aluminiumbahn hat sich dagegen in ihrer Lage und in ihrer Beschaffenheit in keiner Weise verändert.

Kupfer und Aluminium sind in ihren mechanischen Eigenschaften so ähnlich, daß sie jeweils bei gleicher Verarbeitung zu einer Bauwerksdichtung kein unterschiedliches Verhalten aufweisen. Die chemische

Widerstandsfähigkeit des Aluminiums ist bei Anwendung der bekannten Oberflächenschutzverfahren<sup>4)</sup> so gesteigert, daß es seiner Aufgabe als Dichtungsblech voll gerecht wird. Während bis zum Jahre 1936 für Blechbanddichtungen ausschließlich dünne Kupferbänder verwendet wurden, ist seitdem an Stelle des Kupfers das Aluminium getreten.

**Aufbau der Dichtung.**

Abb. 3 zeigt in einem Querschnitt den Aufbau einer Bauwerksdichtung mit Blechbahnen. 1 bedeutet einen bituminösen Grundanstrich der Unterlage, 2 ist ein geschlossener Bitumenfilm und dient zur Befestigung der Blechbahn 3, die vor dem Verlegen der Schutzschicht mit einem Bitumenanstrich 4 versehen wird. Die Blechbahnen werden an Ort und Stelle am Bauwerk auf die zu dichtenden Flächen mit einer Bitumenmasse aufgeklebt oder in Bitumen eingebettet. Dabei dient das Bitumen als Befestigungsmittel und zur Dichtung in den Nähten. Die Dichtung in der Fläche des Bauwerks übernimmt jedoch im wesentlichen das Blechband, vor allem bei Vorhandensein von druckhaftem Wasser.

**Eigenschaften und Beschaffenheit der Blechbahnen.**

An Blechbänder aus Aluminium oder Aluminium-Legierung (AlMn), die für Dichtungszwecke verarbeitet werden sollen, müssen folgende Forderungen gestellt werden:

<sup>4)</sup> Bautechn. 1940, Heft 52, S. 591.

1. vollkommene Dichte (Prüfung der Blechbänder im Herstellerwerk vor dem Versand in einem Durchleuchtungsgerät),
2. Zugfestigkeit 7 bis 10 kg/mm<sup>2</sup>,
3. Bruchdehnung 30 bis 40 %,
4. Härte in den Grenzen 10 bis 25 kg/mm<sup>2</sup> (Brinell-Härte),
5. vollständige Ebenheit des ausgerollten Bandes und schnurgerade Kanten.

Auf die letzte Eigenschaft ist besonderer Wert zu legen, da nur ganz ebene Blechbänder mit gerade verlaufenden Kanten sich einwandfrei mit Bitumen aufkleben lassen.

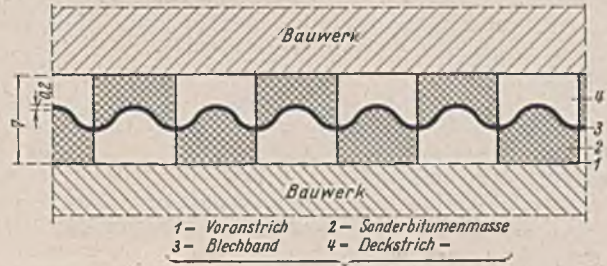


Abb. 3. Querschnitt durch eine Blechbanddichtung mit geriffeltem Alcuta-Blechband.

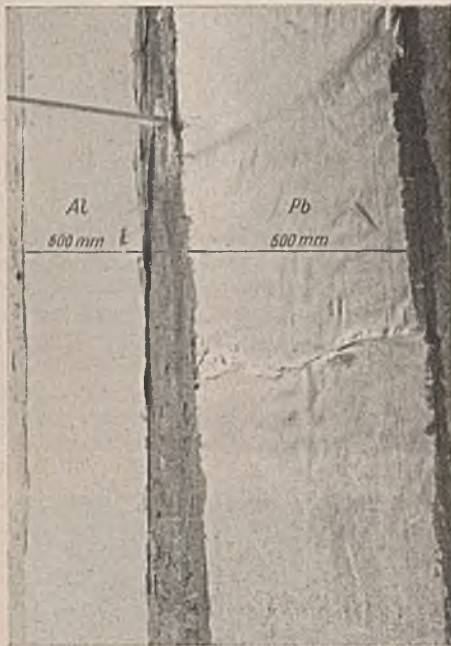


Abb. 1. Verhalten von Bleiblech 0,2 mm und Aluminiumblech 0,2 mm an senkrechter Wand, mit Bitumen geklebt, jedoch ohne Einspannung. Faltenbildung in der Bleibahn. Aluminiumblech unverändert. Aufnahme 2 Jahre nach der Verlegung.



Abb. 4. Abgerolltes, ungerücktes, handelsübliches Blechband aus dünnem Kupfer. Wellig und krumm. Für Dichtungszwecke vollkommen ungeeignet.

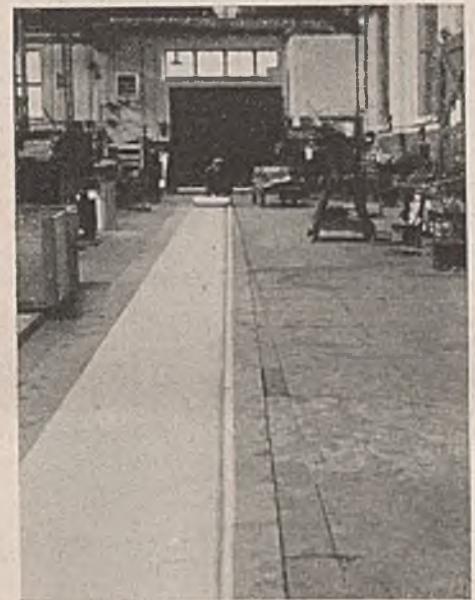


Abb. 5. Abgerolltes, gerecktes, eben und gerade gerichtetes Blechband, für Dichtungszwecke geeignet.

Wie Abb. 4 zeigt, ist gewöhnliches handelsübliches Band nicht ohne weiteres eben und gerade. Das ausgerollte Blechband zeigt Verwellungen, und seine Kanten sind säbelförmig gebogen. Abb. 5 zeigt dagegen ein eben gerichtetes und gerade geschnittenes Blechband, wie es für Dichtungszwecke allein geeignet ist.

**Blechdicke, Blechbreite, Bandlänge und Oberflächengestaltung.**

Bei Kupfer haben sich die Blechdicken von 0,1 mm und 0,2 mm als ausreichend und zweckmäßig erwiesen. 0,2 mm dicke Blechbänder fanden jedoch fast nur bei mechanisch sehr stark beanspruchten Dichtungen, z. B. bei Tunnel-dichtungen, Anwendung. Bei Aluminium dagegen wurde bisher ausschließlich 0,2 mm dickes Blechband (Alcuta-Dichtungsbahnen) gewählt. Diese Blechdicke gestattet mit Sicherheit das Walzen dichter Bänder.

Die Dicke von 0,1 mm für Kupfer und 0,2 mm für Aluminium sollte nicht unterschritten werden, da bei Anwendung geringerer Dicken, z. B. unter 0,1 mm, der sogenannten Folien, der eigentliche Zweck der Metalleinlage vollkommen verfehlt sein würde, weil Folien keine ausreichende Festigkeit und Dehnung haben.

Die Breite der Blechbänder beträgt 600 mm. Zwar ist es heute schon möglich, Blechbänder bis zu 1000 mm Breite herzustellen, doch kann ihre Verwendung als Dichtungsblech nicht angeraten werden. Die zu dichtenden Bauwerksflächen weisen meist erhebliche Unebenheiten auf, so daß das Aufkleben zu breiter Bahnen Schwierigkeiten bereitet.

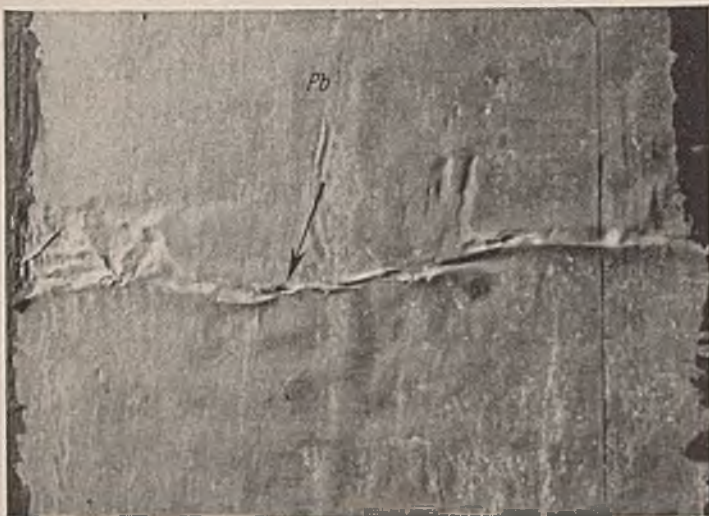


Abb. 2. Nahaufnahme der in Abb. 1 gezeigten Bleibahn mit Falte. Rißbildung in der Falte.

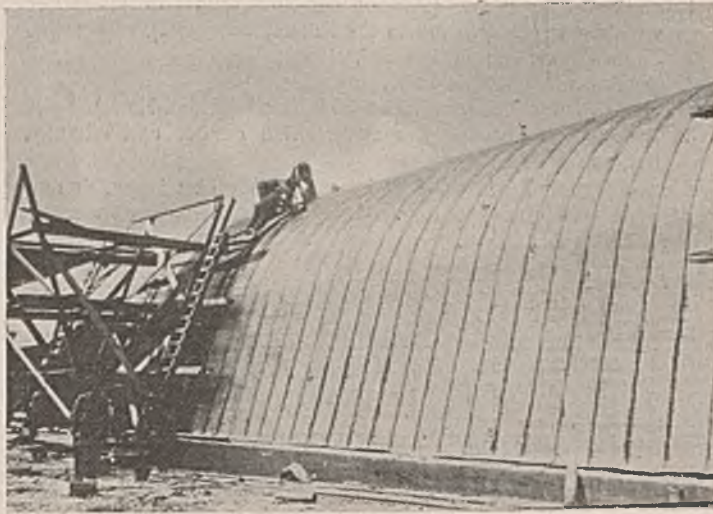


Abb. 6. Verlegen von langen Blechbändern bei der Dichtung eines Gewölberückens.

Die Blechbahnen werden in Längen von 30 bis 40 m geliefert und kommen in Rollenform, auf dickwandige Papphülsen aufgewickelt, zum Versand.

Die am Bauwerk zu verlegenden Bandlängen richten sich im allgemeinen nach der Art des Bauwerks und dem Bauvorgang. Es ist jedoch möglich, z. B. bei der Dichtung von hohen Wänden, das Metallband unter Vermeidung von Quernähten in langen Stücken zu verarbeiten. In Abb. 6 ist die Verlegung von Blechbändern an einem etwa 7 m hohen Gewölbedurchlaß zu sehen. Von der Sohle bis zur Scheitelmittle sind die Metallbahnen in einem Stück geklebt.



Abb. 7. Anpassen von geriffelten 0,2 mm dicken Dichtungsblechen aus Aluminium an ein- und ausspringenden Ecken am Übergang einer Tribünendecke zur Mauerbrüstung.

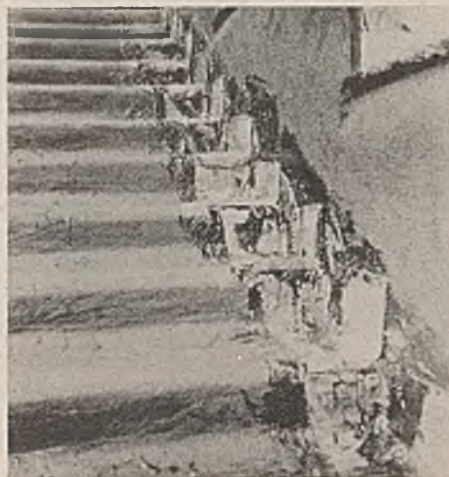


Abb. 8. Fertig eingepaßte Eckstücke, ohne Einschneiden der Bleche entsprechend Abb. 7 hergestellt.



Abb. 9. Anschluß eines als Dichtung aufgeklebten Blechbandes an einen eisernen Entwässerungstrichter durch Einbördelung.

Als vorteilhaft hat es sich erwiesen, die Oberfläche der Blechbänder mit einer Riffelung zu versehen<sup>5)</sup>. Durch das Einprägen oder Einwalzen von kleinen pyramiden- oder neuerdings kappenförmigen Erhöhungen und Vertiefungen wird gegenüber einem glatten Blech nicht nur ein höherer Dehnungswert erzielt (etwa 50%), sondern auch die Anpassungsfähigkeit der Bleche an gekrümmte Bauwerksflächen vergrößert. So kann durch einfache Bearbeitung mit dem Holzhammer das Blechband ohne Verringerung des Blechquerschnitts gestreckt oder auch im umgekehrten Falle leicht eingezogen werden, so daß sich ein- und ausspringende Kanten oder Ecken mit dem geriffelten Blech auslegen lassen, ohne daß das Blech gestückt und eingeschnitten werden muß. Abb. 7 u. 8 zeigen die fachgerechte Verarbeitung des Bleches an ein- und vorspringenden Ecken bei Ausführung einer Terrassendichtung.

Abb. 9 zeigt einen Anschluß an einen Einlauftrichter einer Brückenfahrbahn, der aus einer aufgeklebten Blechbahn ohne Einschneiden der Ränder herausgebördelt ist.

#### Hilfsstoffe (Voranstrich, Klebemasse, Deckaufstrich).

Bei der Verarbeitung der Blechbänder zur Dichtung werden drei verschiedene Bitumenstoffe benötigt:

1. Ein kalt verarbeitbarer Grundanstrich, der sogenannte Voranstrich. Er dient dazu, ein gutes Abbinden der Heißklebemittel mit dem Beton zu gewährleisten. Er soll möglichst tief in die Poren des Betons oder Putzes eindringen. Seine Beschaffenheit muß den Güteforderungen der AIB<sup>1)</sup> entsprechen. Bisher wurde als Voranstrich ausnahmslos gelöstes Bitumen verwendet. Durch die Verbesserung der Erzeugnisse auf Teerpechgrundlage können heute auch derartige Voranstriche für die Dichtung mit Blechbändern zugelassen werden.

Erforderlich ist es jedoch in jedem Falle, daß der Voranstrich so beschaffen ist, daß seine Lösungsmittel restlos verdunsten und daß er fest antrocknet, da die Heißklebung nur auf vollkommen ausgetrocknetem Voranstrich vorgenommen werden darf.

2. Eine Sonder-Bitumen-Klebmasse, die zum Aufkleben der Blechbänder und zum Dichten der Klebnähte dient. Sie ist von der Herstellerin der Blechbänder eigens zu diesem Zweck entwickelt worden und von der Deutschen Reichsbahn für Dichtungen mit Blechbändern geprüft und zugelassen. Der Erweichungspunkt der Masse liegt bei 70 bis 75°C (Ring- und Kugelverfahren), der Brechpunkt bei -10°C. Die Haftung an dem vorgestrichenen Beton und Blechband ist gut und einwandfrei. Diese Klebemasse wird an der Baustelle bei 180 bis 200°C unter Umrühren geschmolzen und ist bei etwa 150 bis 180°C zu verarbeiten. Beim Schmelzen der Masse ist besondere Sorgfalt anzuwenden. Auf ein gutes Durchrühren ist zu achten, da die Masse Füllkörper enthält, die sich andernfalls absetzen (Entmischen der Masse, Steinbildung im Kessel, Überhitzung). Vor Entnahme der Klebemasse ist jeweils nochmals gut umzurühren. Ein Überhitzen und Verbrennen (Anzeichen durch Entwicklung gelber Dämpfe) muß vermieden werden.

Neuerdings ist auch die Möglichkeit der Anwendung von Klebemasse auf Edelpechgrundlage untersucht worden. Die Ergebnisse waren bis jetzt günstig.

3. Ein Bitumendeckaufstrich, heißflüssig verarbeitbar, entsprechend den in der AIB festgelegten Güteforderungen. Im allgemeinen soll der Erweichungspunkt dieses Bitumens bei 50 bis 55°C liegen. Für Dichtungen, die starkem Druck ausgesetzt sind, z. B. im Tunnel, in Bauwerken unter hohen Dämmen, ist ein Deckbitumen mit höherem Erweichungspunkt (75 bis 80°C), unter Umständen auch gefülltes Bitumen vorzuziehen.

#### Beschaffenheit der zu dichtenden Bauwerksflächen.

Die Fläche, auf die die Dichtung aufgetragen werden soll, muß trocken, sauber und ohne grobe Unebenheiten sein. Betonflächen sind sauber abzureiben, sehr raue Stellen mit Hohlstellen (Stampfbeton) müssen einen Ausgleichstrich erhalten. Schalungsraue Flächen können nur dann abgedichtet werden, wenn sie frei sind von Graten und anderen von der Schalung herrührenden Unebenheiten; ferner wenn irgendwelche vorstehenden Eisen und Drähte sorgfältig entfernt und sämtliche Hohlraumnester gut ausgeglichen sind. In vielen Fällen, besonders bei der Ausführung von Druckwasserdichtungen, ist es zweckmäßiger und meist notwendig, schalungsraue Betonflächen zu verputzen. Mauerwände sind mit einem guten Rau- oder Feinputz zu versehen.

#### Verlegen der Dichtung am Bauwerk.

Zunächst erhalten die abgekehrten, trockenen und sauberen Betonflächen einen möglichst dünnflüssigen Grundanstrich, der gut in alle Poren der Unterlage eindringt. Dieser Anstrich darf nicht zu dick aufgetragen werden. Ehe mit der Heißklebung der Metallbahnen begonnen werden kann, muß der Grundanstrich vollständig eingetrocknet sein, d. h. alle seine Lösungsmittel abgegeben haben. Er ist daraufhin zu prüfen

<sup>5)</sup> Bautechn. 1940, Heft 52, S. 592.



Abb. 10. Einwalzen von dünnem, geriffeltem Blechband in die breifige, heiße, vor die Metallrolle gegossene Sonderbitumenmasse. Die Masse verteilt sich einheitlich und quillt seitlich an den Rändern hervor.



Abb. 11. Anschluß am Schrammbord einer Brückenfahrbahn. Einwalzen mit einem Rohr von kleinem Durchmesser. Die Masse quillt senkrecht hinter dem Blech hoch.



Abb. 12a.



Abb. 13. Aufkleben eines Blechbandes in einem Stück als Dichtung der Rückwand der Endstrecke eines Autobahntunnels. Die Arbeit kann bei dem geringen Gewicht der Leichtmetallrolle von einer Leiter aus durchgeführt werden.

(Geruchprobe). Bei Dichtungsarbeiten im Winter, besonders bei strengem Frost, sind wesentlich längere Trockenzeiten des Voranstrichs notwendig, und es ist deshalb besonders darauf zu achten, daß der Anstrich auch tatsächlich trocken und nicht nur gefroren ist.

Die Bänder werden nach dem Einwalzverfahren aufgeklebt. Nachdem das Band zu den notwendigen Paßlängen zugeschnitten ist, wird jeweils ein Bandstück auf eine Papphülse, wie sie mit den Bändern angeliefert wird, fest aufgewickelt und dann in die vor der Blechbandrolle auf die Unterlage ausgegossene Bitumenmasse eingewalzt. Beim Einwalzen des Bleches quillt die Masse vor dem Metallband her. Mit einem Holzspachtel wird der Fluß der Masse so geregelt, daß sie die

ganze Fläche der Unterseite des Metallbandes und der Unterlage überzieht und an den Rändern des Metalls hervorquillt. Auf diese Weise wird unter dem Blechband ein geschlossener, hohlraumfreier Film erzeugt, der auch alle überlappt geklebten Nähte ohne feinste Zwischenräume einwandfrei dicht verbindet. Alle Unebenheiten und Poren der Unterlage füllen sich außerdem mit der Masse aus, so daß das Blechband nirgends hohl liegen kann. Die an den Rändern der Blechbahn hervorquellende Masse ist während des Einrollens des Bandes mit einem Holzspachtel zu verstreichen. Die aus der Naht ausgetretene Klebemasse wird dabei gegen die Naht gespachtelt. Beim Einwalzen des Blechbandes in die heiße Masse erwärmt sich das Metallband, dehnt sich aus und spannt sich beim Abkühlen und Festwerden der Klebemasse auf die Unterlage fest auf. Das Metallband liegt auf Grund der Verlegungsart saugend fest, so daß es möglich ist, auch hohe Wände mit langen Bahnen ohne Quernähte sowie hängende Flächen zu bekleben, ohne daß die Gefahr des Abrutschens oder Abfallens der Dichtung besteht. Selbstverständlich ist die übliche Schutzvormauerung trotzdem notwendig. Abb. 10 bis 14 veranschaulichen den Aufklebevorgang an waagerechten und senkrechten Flächen.

Das Klebeverfahren läßt sich sowohl an waagerechten wie senkrechten Flächen ohne Schwierigkeiten anwenden.



Abb. 12b.

Abb. 12a u. 12b. Kleben des Blechbandes an senkrechter Wand. Das aufgewickelte Blechband ist gegen die Wand angelegt. Die Masse wird in die zwischen Rolle und Wand gebildete Kehle gegossen und das Blech nach oben abgerollt.



a) Kleben des Bandes senkrecht zur Tunnelachse.



b) Kleben des Bandes gleichgerichtet zur Tunnelachse.

Abb. 14. Verlegen des Blechbandes in Sonderbitumenmasse auf der Rückenfläche eines Tunnelgewölbes.

Auch an hängenden Flächen wird in ähnlicher Weise gearbeitet, jedoch mit dem Unterschied, daß die Klebemasse auf die etwas vorgezogene und von der Wandfläche abgehaltene Metallbahn gegossen und mit einer Walze (es genügt dazu eine leere Papphülle) nachgewalzt wird.

Das beschriebene Klebverfahren für die Befestigung der Metallbänder ist denkbar einfach auszuführen. Es erfordert keine besonderen Werkzeuge oder Einrichtungen. Sehr vorteilhaft wirkt sich das Verfahren im Winter aus, da es gestattet, selbst bei strenger Kälte zu arbeiten. So konnten Dichtungen mit Blechbändern in dem strengen Winter 1939/40 bei  $-25^{\circ}\text{C}$  einwandfrei ausgeführt werden. Da die Klebemasse im Augenblick des Einrollens, selbst bei Bauwerkstemperaturen unter  $0^{\circ}\text{C}$  noch flüssig ist, ist die vollständige Verklebung des Blechbandes mit der Unterlage gewährleistet. Die Dichtungsblechbänder dürfen nicht nach Art des Pappeaufklebens verlegt werden. In diesem Falle, z. B. beim Aufstreichen der Klebemasse mit der Bürste und bei nachträglichem Einrollen, ist das vollständige Verkleben nicht mehr möglich, und die überlappt geklebten Nähte können nicht dicht sein. Die mit den Blechbändern beklebten Bauwerksflächen sind mit einem Bitumenheißanstrich zu versehen. Dieser Anstrich ist gut deckend aufzutragen und dient als zusätzlicher Schutz. Neuerdings sind dafür ebenfalls Heißmassen auf Edelpechgrundlage mit gutem Erfolg angewendet worden.

**Nahtverbindung.**

Die Nähte der einzelnen Blechbänder untereinander werden für gewöhnlich durch überlapptes Kleben gedichtet. Bei Tagwasserdichtungen hat sich eine Nahtüberlappung von 6 bis 7 cm als ausreichend erwiesen. Bei Druckwasserdichtungen wurden bisher mindestens 10 cm Naht gegeben. In besonderen Fällen, vor allem dann, wenn die Dichtung auch mechanisch stark beansprucht wird, und bei hohem Wasserdruck werden Überlappungen von  $32\frac{1}{2}$  cm bei 60 cm breiten Blechbahnen angewendet.

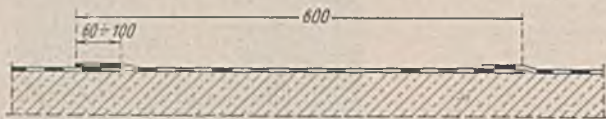


Abb. 15.

Klebenaht 60 bis 70 (100) mm bei 600 mm breiter Blechbahn.



Abb. 16. Klebnaht 325 mm bei 600 mm breiter Blechbahn.

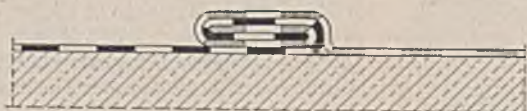


Abb. 17.

Falznaht (Doppelfalz mit Dichtungseinlage, z. B. Spachtelmasse).

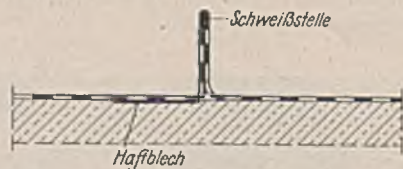
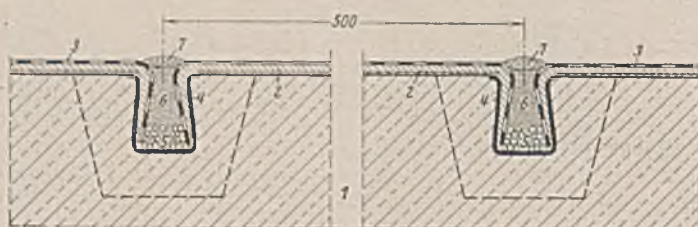


Abb. 18. Geschweißte Naht einer Aluminiumdichtung, Bördelschweißung (Anwendung für ölfeste Metallauskleidung).



1 Beton, 2 Voranstrich und Sonderklebemasse, 3 Alcuta-Bahnen 0,5 mm, 4 Alcuta-Leiste, 5 Dichtungspackung, 6 Aluminiumwolle, 7 Kunstharzdeckfilm.

Abb. 19. Stemmaht mit Hohlleisten und Dichtungspackung (Anwendung für ölfeste Metallauskleidung).

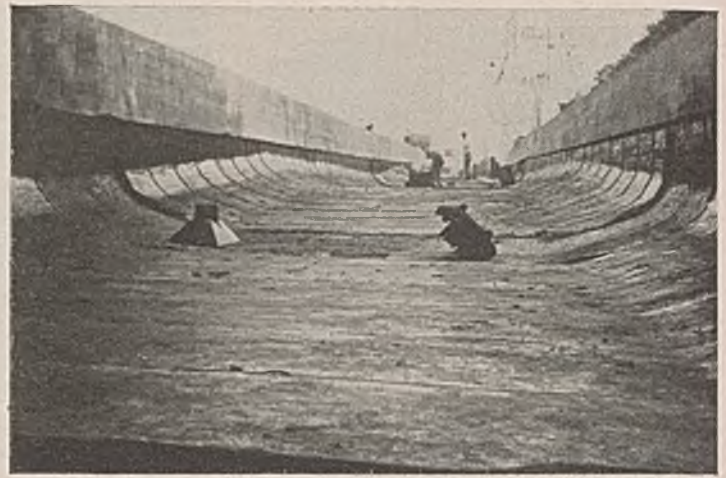


Abb. 20. Trogdichtung mit glatten 0,2 mm Blechbändern, Falznahte.

Die Blechbanddichtung gestattet auch andere Verbindungsarten, z. B. Falzen, Löten, Schweißen und Verstemmen. In Abb. 15 bis 19 sind die verschiedenen Verbindungsarten dargestellt.

Während in der Zeit der Entwicklung der Metallbanddichtung bei Ausführung der ersten Bauwerke (Terrassen, Fahrbahntafeln) die Falz-

verbindung durchweg für alle Nähte gewählt worden ist<sup>9)</sup>, kommt sie heute nur noch für besondere Anschlußarbeiten in Betracht. Abb. 20 u. 21 zeigen die Ausführungen einer Kupferbronzebanddichtung mit glatten Blechen von 0,2 und 0,3 mm Dicke an einer Straßenbrücke und an einem Bauwerk der Reichsbahn. In Abb. 22 ist die Anwendung der Falzverbindung bei einer Terrassendichtung als Anschluß an eine Entwässerungsrinne aus Blech dargestellt.



Abb. 21. Ausführung der Falznaht einer 0,3 mm dicken Blechbanddichtung.

Stemmahten können als sehr gute und sichere Abschlußverbindung der Metallbanddichtung, z. B. an aufgehendem Mauerwerk angeordnet

<sup>9)</sup> Killian, Wasserdichte Abdeckung von massiven Brückenbauwerken mit Kupferbronzebahnen. Bautechn. 1933, Heft 49, S. 663.

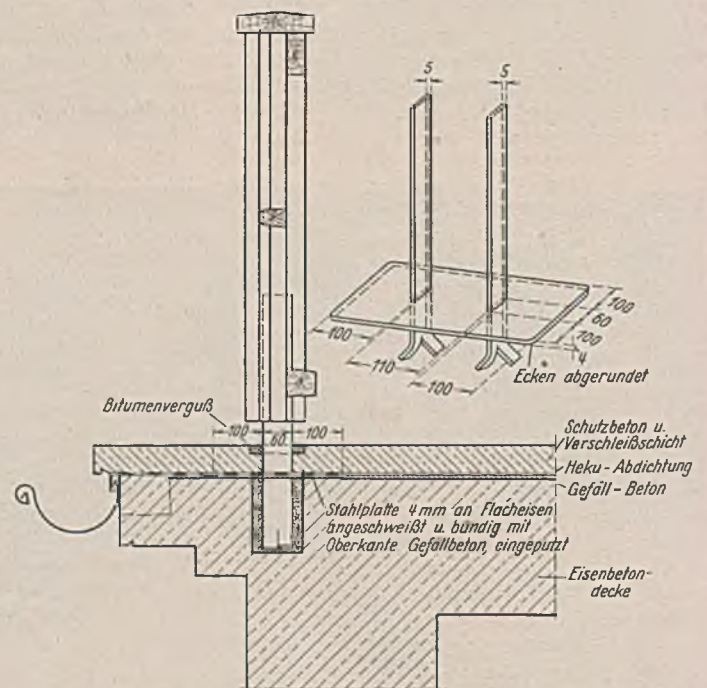


Abb. 22. Anschlußverbindung einer Blechbanddichtung an die Wasser- rinne (Falzverbindung) einer Terrasse und Befestigungseisen für Holz- geländer (Klebenaht auf angeschweißter Eisenplatte).

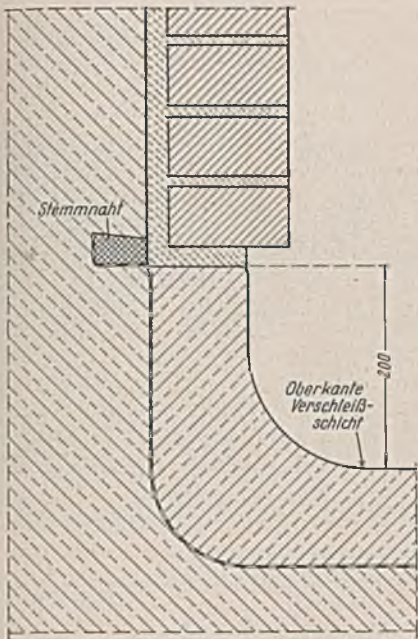


Abb. 23 a.

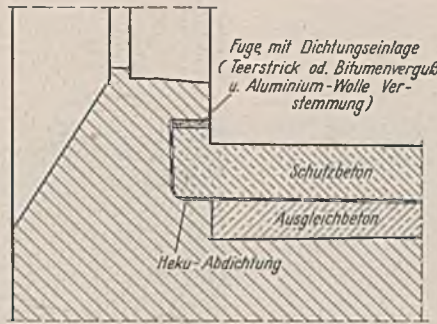


Abb. 23 b.

Abb. 23 a u. 23 b. Abschluß der Blechbanddichtung einer Terrasse am Aufgehenden. Verwahrung der Bahnnenden der Dichtung in einer Stemmnah.

werden. Ein Beispiel zeigt Abb. 23 a u. b. Zum Verstemmen diente früher Bleiwolle; heute wird dafür mit gleichem Erfolge bituminierte Aluminiumwolle verwendet.

Geschweißte Nähte finden im allgemeinen nur bei Sonderdichtungen, z. B. bei der Herstellung von ölfesten Auskleidungen oder von Anschlußteilen Anwendung. Hierfür müssen jedoch glatte Blechbänder von mindestens 0,5 mm Dicke eingebaut werden. Bei Beanspruchung der Dichtung durch Öl entfällt auf der Ölseite der Dichtung der Bitumenanstrich.

#### Schutzschicht, Frage der Einspannung.

Die Dichtung erfordert eine Schutzschicht zur Verhütung mechanischer Beschädigungen bei den weiteren Bauarbeiten oder gegen sonstige äußere Einwirkungen (z. B. die Auswirkung von Reibungskräften durch Setzen von Erdschüttungen. Bei waagerechten Flächen besteht die Schutzschicht im allgemeinen aus Feinbeton von mindestens 3 1/2 bis 5 cm Dicke mit oder ohne Drahtgewebeeinlage, je nach den mechanischen Beanspruchungen der Schutzschicht. Unter Umständen ist bei starkem Gefälle der Fläche und starken Auflasten Bewehrung erforderlich. Bei Bemessung und Anordnung der Schutzschicht auf geneigten Flächen ist zu beachten, daß sie auf der Dichtung keinen festen Halt hat und versucht, allmählich abzuwandern. Diese Möglichkeit muß durch entsprechende bauliche Maßnahmen verhindert werden, da beim Abgleiten der Schutzschicht auch die Dichtung in Mitleidenschaft gezogen werden kann.

An die Stelle von Feinbeton für die Schutzschicht kann auch eine Ziegelflachsicht oder eine Pressbetonplattenaufgabe, verlegt in Feinbetonmörtel, treten. Zum Schutz von Gewölbendichtungen und an senkrechten Wänden wurde bisher Ziegelmauerwerk vorgezogen. An Trogwänden wurde auch häufig auf eine besondere Schutzschicht verzichtet und unter Einhaltung von Vorsichtsmaßnahmen unmittelbar gegen die Dichtung anbetoniert. Ließ die zur Verfügung stehende Bauhöhe z. B. bei Terrassen und Brückenfahrbahnen die Ausführung einer der erwähnten Schutzschichten nicht mehr zu, so wurde auch mit gutem Erfolg eine 20 bis 25 mm dicke Gußasphaltschicht als Schutzschicht angewendet. Es ist in solchen Fällen aber notwendig, in den Deckaufstrich der Metalldichtung eine nackte schwarze Pappe einzulegen, um zu verhindern, daß der heiß aufgetragene Gußasphalt den Deckaufstrich aufzehrt und sich in seinen Eigenschaften verändert. Gegebenenfalls kann die Gußasphaltschicht auch gleichzeitig Verschleißschicht sein, z. B. bei Dichtungen von Fußsteigen, Brücken, Stegen usw. (Abb. 24).

Die Frage, ob für die Metalldichtungen ähnlich wie bei Pappendichtungen eine Einspannung in gleichem Maße erforderlich ist, ist umstritten. Es ist bis jetzt nicht bekannt, daß bei Dichtungen mit Blechbändern Mißerfolge eingetreten wären, deren Ursache auf mangelnde Einpressung zurückgeführt werden müßte. Bei Bitumendichtungen mit Pappe- und Gewebeeinlagen spielt allerdings die Frage einer allseitigen guten und ausreichenden Einspannung eine ausschlaggebende Rolle für die Haltbarkeit der Dichtung<sup>7)</sup>. Bei Pappendichtungen ist die Pappe lediglich Träger der Dichtungsanstriche aus Bitumen. Erfahrungsgemäß benötigt sie eine Einpressung von 0,1 kg/cm<sup>2</sup>, damit sie nicht Wasser aufnimmt. Bei zu geringer Einpressung saugt sie Feuchtigkeit auf, verrottet, und die Dichtung zerfällt. Außerdem besteht infolge der Schwere der Dichtung bei mangelnder Einpressung die Gefahr des Abrutschens und des Öffnens von Nähten. Anders verhält es sich bei der Dichtung

<sup>7)</sup> Schäfer, Mißerfolge bei der Grundwasserdichtung und ihre Behebung.

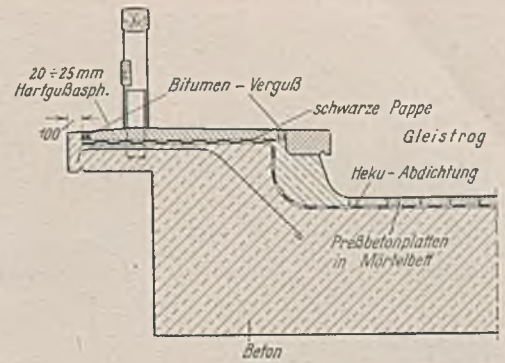


Abb. 24.

Anordnung der Dichtung und Schutzschicht eines Gleistroges mit seitlichem Fußsteig.

mit Metallblechen. Das Blech als solches ist nicht nur Träger des Bitumens, sondern selbst vollständig dicht und nicht in der Lage, Feuchtigkeit aufzunehmen. Die Einpressung spielt dabei keine Rolle. Ein Abrutschen der Metalldichtung durch das Eigengewicht ist bei sachgemäßer Verarbeitung nicht möglich. Die Erfahrung hat gezeigt, daß selbst lange Metallbahnen, die an hohen Wänden angeklebt sind und während mehrerer Wochen ohne Schutzschichtvormauerung, ja selbst ohne Einpressung der Sonnenbestrahlung ausgesetzt sind, ihre Lage in keiner Weise verändern (Abb. 25).

Wenn auch die Dichtung mit Metallblechen dem Bauingenieur in seinen Bauplänen und Entwürfen mehr Raum läßt als eine Pappendichtung, so sollte doch bei allen Planungen, wenn möglich, auf eine Einspannung der Dichtung gesehen werden. Dies gilt vor allem für druckwasserhaltende Dichtungen. Das günstige Verhalten der Blechbanddichtung soll in keiner Weise dazu verleiten, auf eine Einspannung der Dichtung überhaupt nicht mehr zu achten. Eine eingespannte Dichtung ist, auch bei Anwendung von Blechbändern, in jedem Falle richtig. Auch muß eine äußere gemauerte Schutzschicht durch Fugen aufgeteilt werden, damit sie bei Schwindvorgängen im inneren Bauwerk unter dem Erddruck nachgeben kann. Die Fugen (Trockenfugen) werden zweckmäßig an ein- und auspringenden Kanten angeordnet<sup>7)</sup>.

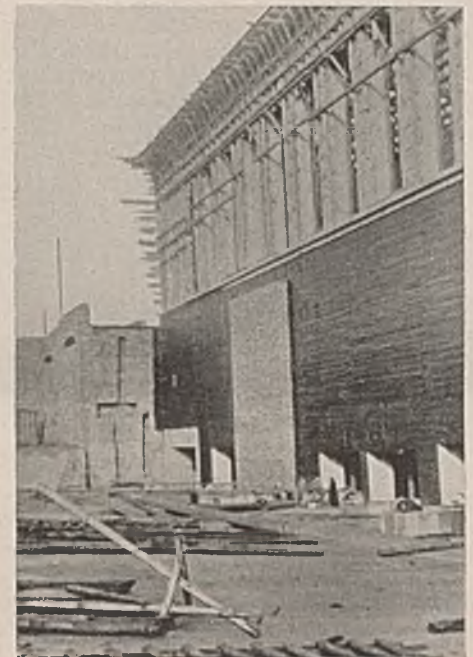


Abb. 25. Druckwasserhaltende Dichtung mit 0,1 mm dicken Heku-Kupferbronzebändern. Verlegen der Bahnen in einem Stück an über 8 m hohen schalungsrauen Betonwänden. Verwahrung der Blechbandenden in einer Stemmnah. Trotz wochenlangem Freistehen kein Abrutschen der Dichtung oder Öffnen von Nähten.

#### Die Sicherung von Dichtungsanschlüssen bei Arbeitsunterbrechung.

Können die Dichtungsarbeiten nicht in einem Zuge ausgeführt werden, sondern müssen sie unterbrochen werden, so ist dafür zu sorgen, daß bei späterer Fortführung der Arbeiten einwandfrei erhaltene Anschlußstreifen der Dichtung vorhanden sind. Die notwendigen Sicherungsmaßnahmen und die bei Wiederaufnahme der Arbeiten nötigen Reinigungsarbeiten sind folgende:

1. Alle Anschlußstreifen dürfen nie ohne eine Schutzschicht, die den möglichen Beanspruchungen gewachsen ist, liegen bleiben.
2. Diese vorläufige Schutzschicht ist so zu wählen und auszuführen, daß sie die Dichtung nicht unnötig verschmutzt. Sehr gut eignet sich eine etwa 2 cm dicke Sandschicht mit 3 cm Feinbetonaufgabe oder auch eine Ziegelflachsicht, die nach Zwischenlegen einer schwarzen Pappe in mageren Kalkmörtel gebettet wird. Das Abdecken mit Brettern ge-

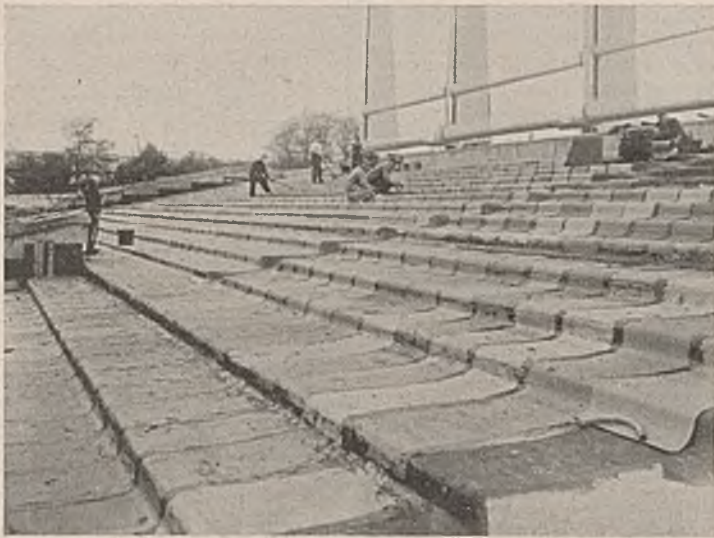


Abb. 26. Abdichtung einer Tribüne mit 0,2 mm dicken geriffelten Alcuta-Dichtungsbahnen.

nügt im allgemeinen nicht, da die Dichtungsanschlüsse unter den Dielen stark verschmutzen und die Bretter versehentlich entfernt werden können.

3. Die Anschlußstellen der Dichtung müssen auf die Unterlage geklebt sein. Sie lose liegen zu lassen, um sie später durch Umklappen gegen neue Bauwerksflächen zu kleben, ist nicht angängig. Die Dichtung ist deshalb immer so anzuordnen (Abb. 34), daß der Anschlußstreifen als endgültig geklebt liegen bleiben kann. Auch der Deckaufstrich auf dem Metallband ist auszuführen.

4. In die Schutzschicht dürfen grundsätzlich keine Befestigungsmittel, z. B. Nägel, beim Stellen der Schalung eingeschlagen werden, was selbstverständlich nicht nur für Anschlußstellen, sondern für sämtliche gedichteten Flächen gilt.

5. Die vorläufige Schutzschicht ist erst unmittelbar bei Wiederaufnahme der Dichtungsarbeiten zu entfernen, und zwar am besten von den Dichtungsarbeitern selbst oder unter ihrer Aufsicht von nur zuverlässigen Leuten.

6. Der Dichtungsanschlußstreifen ist sorgfältig zu reinigen. Abkehren und Abwaschen genügt meistens nicht. Bei Verschmutzungen ist immer zu empfehlen, den Deckaufstrich der Dichtung mit einer Lötlampe gut anzuwärmen, so daß er schmilzt und mit einem Spachtel abgekratzt werden kann. Eine Schädigung beim Anwärmen mit der Lötlampe ist bei der Blechbanddichtung nicht zu befürchten. War auf die Blechdichtung eine Schutzpappe gelegt worden, so ist diese restlos zu entfernen. Das Überstreichen von verschmutzten Anschlußstellen ohne vorherige Reinigung mit kalt- oder heißflüssiger Bitumenmasse als Vorbereitung für die weiteren Klebearbeiten ist zu verwerfen.

7. Die Anschlußstreifen sind nach der Reinigung auf etwaige Verletzungen zu prüfen.

8. Die gereinigten und geprüften Anschlüsse müssen vollkommen trocken sein, ehe die Blechbahnen des neuen Dichtungsabschnitts über sie geklebt werden dürfen.



Abb. 27. Abdichtung einer Strombrücke mit 0,2 mm dicken Kupferbronzebahnen.



Abb. 28. Verlegen einer Blechbanddichtung in einem eisernen Brückentrog.

### Beispiele.

#### 1. Terrassen.

Auf diesem Gebiet hat die Dichtungstechnik mit der Einführung der Blechbanddichtung eine wesentliche Bereicherung erfahren. Die Anwendung der Blechbänder gestattet, alle Anschlüsse, z. B. Rinnen, Stimmbleche, Wassereinläufrohre, die aufgehende Mauer usw., unter Verarbeitung des Bleches dauernd haltbar auszuführen. So wird z. B. durch die fachgerechte Einbördelung des Dichtungsbleches in die Rinne oder in einen in der Dichtungsfläche gelegenen Wasserablaufkasten ein Undichtwerden des Anschlusses zuverlässig verhindert.

Die geringe Dicke der Dichtung (fertige Ausführung etwa 7 mm) gestattet ein Herabsetzen der Bauhöhe, um so mehr als starke Einspannung durch Ausführung einer schweren Schutz- und Verschleißschicht nicht notwendig ist. Die bei Terrassen häufig auftretenden Setzungs- und Schwindrisse sind für die Metalldichtung ohne schädigenden Einfluß. Abb. 22, 23 a u. 23 b zeigen die Gestaltung der Blechbanddichtung einer Terrasse, Abb. 26 die Bauausführung bei einer großen Tribüne.

#### 2. Brückenfahrbahnen.

Eines der ersten Anwendungsgebiete der Blechbanddichtung war die Sicherung von Brücken. Sie ist bei den verschiedensten Brückenbauwerken angewendet worden und hat den an sie gestellten Anforderungen entsprochen. Abb. 27 zeigt den Einbau einer 0,2 mm dicken Kupferbronzebanddichtung mit Klebenähten in eine Strombrücke, Abb. 28 das Verlegen der Dichtung in einem eisernen Brückentrog.

Irgendwelche Schwierigkeiten ergeben sich beim Verlegen der Blechbanddichtung auf Brückenfahrbahnen nicht. Bei der Planung von Brückenbauwerken sollten jedoch grundsätzlich neben der Dichtung der Fahrbahn auch die seitlich angeordneten Fußsteige und die Widerlager mit in die Dichtung einbezogen werden (Abb. 24).

#### 3. Bauwerke

##### unter hohen Dämmen.

Bei der Dichtung derartiger Bauwerke kommen die Eigenschaften der Blechbanddichtung besonders zur Geltung. Abb. 29 zeigt die Blechbanddichtung an einem gewölbten Durchlaß unter einer Reichsautobahn. Die Blechbahnen werden ohne Quernähte in einem Stück von der Sohle bis über Scheitelmittle des Gewölbes verlegt. Die Bänder werden in die Bitumenmasse von unten nach oben in der bereits beschriebenen Art eingerollt. Ein Abrutschen der Dichtung auch bei Sonnenbestrahlung und längerer Liegedauer ohne Schutzschicht ist nicht zu befürchten.

Erfahrungsgemäß treten beim Einschütten von Dämmen in den



Abb. 29. Abdichten eines Gewölbedurchlasses mit Blechbändern. Die Blechbänder werden von unten nach oben in einem Stück bis über Scheitelmittle aufgeklebt.



darunterliegenden Bauwerken, vor allem bei ungleichmäßigem Schütten, häufig so große Spannungen auf, daß die Bauwerke reißen. Setzungserscheinungen, starke Bewegungen in Fugen sind fast immer zu beobachten. Diesen Beanspruchungen wird die Blechbanddichtung ohne weiteres gerecht. Abb. 30 u. 31 zeigen das Ergebnis von Prüfraumversuchen<sup>8)</sup>, die das Verhalten der Blechbanddichtungen bei derartigen Beanspruchungen erforschen sollten.

Die Praxis bestätigte in einer ganzen Reihe von Fällen die im Versuch gewonnene Erfahrung. In dem in Abb. 29 dargestellten Durchlaßbauwerk bildeten sich, obwohl eine Bewegungsfuge eingebaut war, in der einen Bauhälfte mehrere starke Setzungsrisse (Abb. 32 u. 33), die sich durch Widerlager und Gewölbe hindurchzogen. Das Bauwerk blieb im Bereich der Dichtung aber vollkommen trocken. Bei einem anderen gleichartigen Bauwerk mußte nach Auftreten von sehr starken Setzungsrisse ein Teil wieder für bauliche Nacharbeiten freigelegt werden. Bei dieser Gelegenheit wurde die auf dem Gewölberücken verlegte Metalldichtung und die Schutzschicht untersucht, eine Beschädigung der Blechbanddichtung konnte aber nicht festgestellt werden.

Die Blechbanddichtung für Bauwerke unter hohen Dämmen wurde bisher immer mit einer Klebnah von 10 cm ausgeführt. Die Blechbahn wird stets senkrecht zur Bauwerksachse angeordnet. Am Scheitel der Bauwerke werden die Blechbahnen mit einer Klebnah von etwa 30 cm überlappt. Die Dichtung muß, ähnlich wie bei Brücken, nicht nur im Bereich des Gewölbes angeordnet werden, sondern auch Widerlager und Stürnmauer erfassen, wenn man vollkommen trockene Bauwerke erzielen will.

Der für Widerlager häufig als Dichtung vorgesehene ein- oder zweimalige Heißenstrich ist keine Dichtung im Sinne einer Bauwerksdichtung, da er nie porenfrei ausgeführt werden kann und deshalb anfallendes Wasser durchläßt. Im übrigen ist auch bei Bauwerken unter hohen Dämmen häufig mit dem Auftreten von gespanntem Wasser an den Bauwerksflächen zu rechnen.

#### 4. Tunneldichtung.

Auch bei einer Reihe von Eisenbahn- und Straßentunneln sowie bei Stollenbauwerken ist die Blechbanddichtung erprobt worden<sup>9)</sup>. Die einfache Verlegungsweise, der verhältnismäßig geringe Raumbedarf bei den Verlegungsarbeiten, das leichte Gewicht der Dichtungsbleche, ihre Unempfindlichkeit bei niederen Temperaturen, das günstige Verhalten der Dichtung unter hohem Druck und die guten mechanischen Eigenschaften der Blechbanddichtung machen diese Dichtungsart für den Tunnelbau besonders geeignet. Der Einbau der Dichtung ist bei allen Tunnelbauweisen möglich. Während an den Widerlagerrückenflächen die Blechbahnen immer in senkrechtem Lauf angeordnet werden, können sie auf dem Gewölberücken senkrecht oder in gleicher Richtung zur Bauwerksachse liegen. Abb. 14a zeigt den Aufklebevorgang senkrecht, Abb. 14b gleichgerichtet zur Bauwerksachse.



Abb. 32. Beim Einschütten gerissenes und mit Blechbändern gedichtetes Gewölbebauwerk. Die Dichtung blieb trotz des Auftretens sehr breiter Risse (etwa 15 mm) dicht.

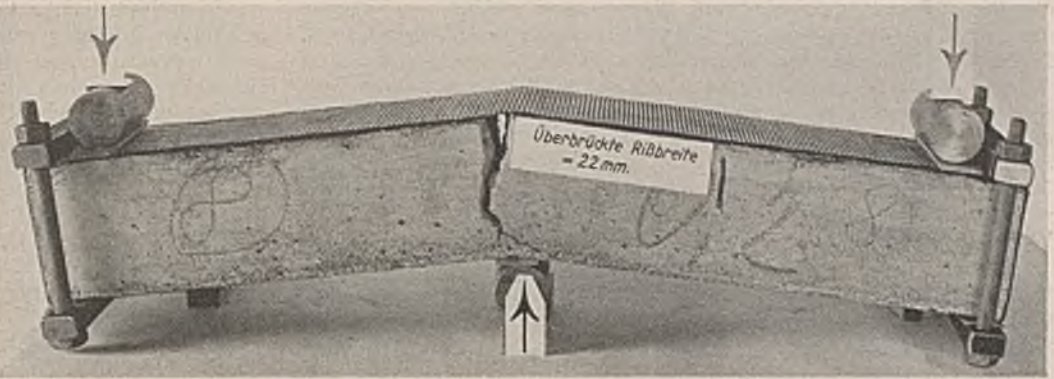


Abb. 30. Versuchskörper zur Ermittlung der größten Ribbreite einer Blechbanddichtung bei Biegebelastung nach Erzeugung eines Risses von 22 mm.

von der Dichtung erfaßt werden. Besteht die Möglichkeit des Auftretens gespannten Wassers, so muß auch die Dichtung der Sohle erwogen werden. Ist die Dichtung als Außendichtung angeordnet, was ja den Regelfall bildet, so soll auch das abfließende Wasser außerhalb des Bauwerks abgeleitet werden.



Abb. 31. Prüfung der Blechbanddichtung an einem Versuchskörper auf Abscherung. Aussehen der Dichtung nach Entfernen der Schutzschicht. Die Blechdichtung war nach dem Versuch bei Prüfung unter 2 at Wasserüberdruck noch einwandfrei dicht.

Bei Anordnung einer Gewölbe- und Widerlagerdichtung kann auf den Einbau einer Kämpferinne verzichtet werden. Da die Kämpferinne im allgemeinen durch das Widerlager entwässert wird, bildet sie für die Dichtigkeit des Bauwerks eine Gefahr, abgesehen davon, daß sie für den Einbau der Dichtung erhebliche Erschwernisse mit sich bringt.

Beim Verlegen der Dichtung im Tunnel muß fast immer auf mehr oder weniger feuchten Bauwerksflächen gearbeitet werden. Meistens verlangt es der Baufortschritt, daß die Dichtung schnellstens auf die bereitgestellten Flächen aufgeklebt und die Arbeit bereits nach dem Anleihen des Ausgleichmörtels begonnen wird. Dieser Forderung kann beim Einbau einer Blechbanddichtung entsprochen werden, und zwar, wie die Erfahrung lehrt, ohne spätere Nachteile für die Dichtung oder das Bauwerk.

Damit entsteht die Frage, welchen Feuchtigkeitsgrad die Unterlage, auf der die Dichtung liegen soll, haben darf. Wasser darf selbstverständlich auf den Flächen weder stehen noch abfließen (Abschirmen gegen Tropfwasser); auch dürfen

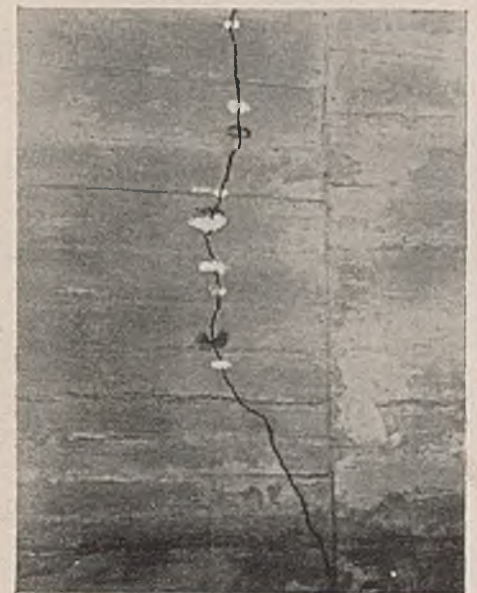


Abb. 33. Riß im Bauwerk der Abb. 32.

<sup>8)</sup> Prüfungsbericht der Materialprüfungsanstalt an der Techn. Hochschule in Stuttgart vom 10. Dezember 1934 und 18. September 1935.

<sup>9)</sup> Straße 1938, Heft 9, S. 308.

die Poren des Mörtels nicht mit Wassertropfen gefüllt sein. Bleibt die Handfläche beim Auflegen auf die Bauwerksfläche trocken, d. h. benetzt sie sich nicht mit Wasser, so kann die Dichtung aufgebracht werden. Dieser Trockenheitsgrad wird rasch erzielt, wenn bei Trockenlegung und Trockenhaltung Bau- und Dichtungsunternehmer zusammenarbeiten, d. h. wenn die Einbauten zur Wasserabhaltung bereits vor Ausführung des Mörtelausgleichs vorgenommen werden und bestehen bleiben, bis die Dichtung fertig aufgebracht ist. Das teure Arbeiten mit Lötlampen oder Warmluftgeräten wird dann auf Ausnahmefälle beschränkt bleiben.

Für eine schnelle und einwandfreie Verlegung wichtig ist die richtige Auswahl des Grundanstrichs. Er muß sehr dünnflüssig sein und leicht trocknen, d. h. er darf nur leichtflüchtige Lösungsmittel enthalten. Derartige Anstriche trocknen erfahrungsgemäß auch auf feuchter Unterlage im Tunnel gut ab. Dieser Voranstrich wird am besten aufgetragen, sobald der Mörtel den Pinselstrich aushält. Bitumenemulsionen sind nicht geeignet, da sie in der feuchten Luft des Tunnels schwer brechen und sich eine schmierige Schicht bildet, auf die nicht geklebt werden kann.

Auf feuchter Unterlage, die einen gut abgetrockneten Grundanstrich hat, kann nach dem Einwalzverfahren einwandfrei heiß geklebt werden, so daß die Blechbänder saugend fest mit einem geschlossenen Bitumenfilm hohlräumfrei der Bauwerksfläche anliegen. Wesentlich ist, daß die zu beklebenden Flächen und insbesondere die Anschlußstellen der Dichtung vollkommen von anhaftendem Schmutz gereinigt und die Überlappung der Blechbänder beim Kleben ganz trocken sind. Besonders ist auf Schwitz- und Tropfwasser zu achten. Die Anschlußstellen werden am besten durch Abbrennen, d. h. durch Anwärmen des Deckbitumens mit der Lötlampe und Abkratzen mit dem Spachtel von anhaftenden Schmutzresten befreit.

Notwendig ist ferner, daß auf die fertig verlegte Dichtung möglichst bald die vorgesehene Schutzschicht, z. B. eine Ziegelflachsicht in 5 cm Mörtelbett aufgebracht wird, nicht nur um Beschädigungen der Dichtung im rauhen Baubetriebe der Tunnelarbeit zu verhindern, sondern auch um die auf feuchte Unterlage geklebte Dichtung zu belasten. Letzteres ist vor allem dann notwendig, wenn das Gewölbe in Einzelringen erstellt wird, wenn also die Blechbahnen entsprechend Abb. 14b gleichgerichtet zur Tunnelachse verlegt werden.

Daß eine auf feuchte Unterlage geklebte Blechbanddichtung nach dem Verlegen und ohne belastet gewesen zu sein bei gewisser Kraftanwendung sich wursthautartig abziehen läßt, d. h., daß Blechband und Bitumen sich als eine zusammenhängende Masse vom Ausgleichmörtel ablösen lassen, spielt für die Haltbarkeit und Bewährung, wie die Erfahrung gezeugt hat, keine Rolle.

Eine auf vollkommen trockener, auf stark feuchter und auf künstlich betauter Bauwerksfläche verlegte Blechbanddichtung wurde nach Belastung und längerer Liegezeit geprüft. Dabei ließen sich ins Gewicht fallende Unterschiede in der Klebefestigkeit der Dichtungen nicht feststellen<sup>10)</sup>.

<sup>10)</sup> Prüfungsbericht der Materialprüfungsanstalt der Techn. Hochschule Stuttgart vom 14. Februar 1938 und 18. Mai 1938.

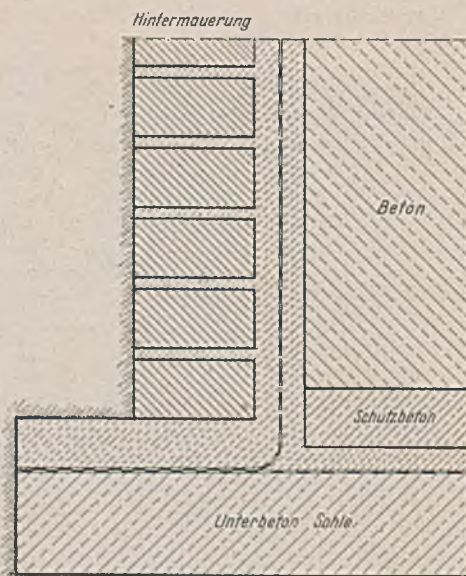


Abb. 34. Übergang der Sohledichtung (verlegt auf Unterbeton) zum Aufgehenden unter Vermeidung einer Trogdichtung.

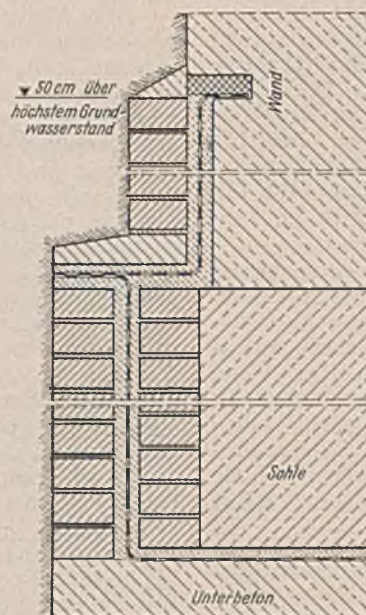


Abb. 35. Anordnung der Blechbanddichtung bei der Auskleidung eines Troges und Übergang von der Trog- zur Wanddichtung.

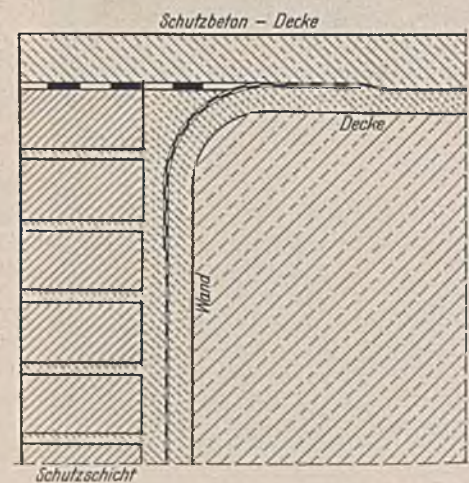


Abb. 36. Anordnung der Blechbanddichtung mit Schutzschicht am Übergang von der Wand zur Decke.

Bauhilfsarbeiten, z. B. Umbolzen von Hölzern, auf der noch nicht geschützten Dichtung sollen möglichst vermieden werden. Wo sie aufgeführt werden müssen, ist das Holz nicht unmittelbar auf die Dichtung aufzusetzen, sondern es ist vorher ein Stück Pappe und darauf ein Brett aufzulegen. Der Stempel kann dann mit einem Keil festgeschlagen werden. Zu vermeiden ist das Aufsetzen und Festkeilen von Holz auf frisch im Mörtelbett verlegter Ziegelflachsicht.

Eine wichtige Frage für den einwandfreien Einbau einer Tunnelaußendichtung bildet die zum Verlegen notwendige Arbeitshöhe, der Abstand zwischen den Gewölbe- oder Widerlagerrückenflächen und dem Gebirge. Wenn die Verhältnisse des Gebirges es zulassen, sollten 80 cm nicht unterschritten werden. Diese Höhe erleichtert nicht nur den Einbau, sie gestattet auch eine gute Abschirmung gegen Tropfwasser (insbesondere im Scheitel des Gewölbes) und das Verlegen größerer Abschnitte. Der freie Abstand zwischen Dichtungsfläche und Einbauten oder dem Gebirge muß aber mindestens noch so groß sein, daß das Metallband im Einrollverfahren aufgeklebt werden kann. Die untere Grenze beträgt also 25 cm. Dieser geringe Abstand bedingt dann allerdings, daß das Gewölbe eines Tunnelabschnitts in schmalen Ringen erstellt wird, da der Dichtungsarbeiter vom Gerüst aus, also vor dem Bauabschnitt stehend, arbeiten muß. Für den Einbau der Dichtung im letzten Ringstück, also im Scheitel des Gewölbes, muß jedoch ein Raum von 80 cm Höhe zur Verfügung stehen.

Bei stark druckhaften Gebirgen ergeben sich insbesondere bei Tunneln mit großen Querschnitten recht erhebliche Schwierigkeiten, wenn man den Ausbruch so groß nehmen oder während des Ausbaues halten will, daß für den Einbau der Dichtung genügend Raum über dem Gewölbe verbleibt. Deshalb ist wiederholt der Einbau einer Innendichtung, nicht nur für die Widerlager, sondern auch für die Gewölbe, erwogen und auch ausgeführt worden. Der Vollausschub konnte damit ohne Rücksicht auf die Dichtung auf das Mindestmaß beschränkt bleiben. Allerdings übernimmt dabei die eingebaute Dichtung nur die Aufgabe der Trockenhaltung des umbauten Raumes und schützt das Bauwerk selbst nicht gegen Angriffe des Bergwassers (man verwendet deshalb für Beton und Mörtel kalkarme Zemente und gestaltet die Wasserabführung so, daß das Bauwerk möglichst wenig von Wasser durchzogen wird).

Das Verlegen der Blechbanddichtung auf die Innenfläche eines Tunnelbauwerks macht keine Schwierigkeiten. Selbstverständlich müssen bei Herstellung des Bauwerks Maßnahmen getroffen werden, um das Auftreten von druckhaftem Wasser in Wänden und Decke zu verhindern. Auch die auf feuchter Unterlage geklebten Metallbahnen halten selbst an hängenden Flächen so lange, bis die Verblind- und Schutzschicht eingebaut ist. Diese Schutzschicht muß als Innenschale des Tunnelbauwerks so bemessen sein, daß sie der Dichtung Halt gegen Abheben durch andrängendes Wasser bietet. Sie kann bei kleineren Stollenbauwerken aus einem mehrere Zentimeter starken, bewehrten Torkreputz oder bei großen Querschnitten aus einer mindestens 25 cm dicken Ausmauerung bestehen.

##### 5. Dichtung gegen Druckwasser.

Die Eignung und Bewährung der Blechbanddichtung bei der Sicherung von Bauwerken gegen druckhaftes Wasser ist an vielen Beispielen erwiesen. Häufig waren es besondere bauliche Schwierigkeiten (z. B. mangelnde Einspannmöglichkeit der Dichtung) oder besondere mechanische oder chemische Beanspruchungsgefahren, die die Anwendung der Blechbanddichtung erforderten.

Bei Ausführungen einer druckwasserhaltenden Blechbanddichtung ist für die Vorbereitung der zu dichtenden Fläche und das fachgemäße Verlegen der Blechbahnen größte Sorgfalt aufzuwenden. Die verlegte Dichtung ist mit einem einwandfreien mechanischen Schutz zu versehen. Mit solchen Dichtungsarbeiten sollten nur Unternehmen betraut werden, die im Verlegen der Blechbanddichtung erfahren und unbedingt zuverlässig sind.

Im allgemeinen werden derartige Dichtungen mit 10 cm Klebenäht ausgeführt. Bei mangelhafter Einspannung und starken mechanischen und chemischen Einwirkungen sind Klebenähte von 32 1/2 cm Überlappung bei 60 cm breiten Blechbahnen üblich.

Bei der Abdichtung von Bauwerken gegen Grundwasser kann die Blechbanddichtung als Innendichtung (Trogdichtung) oder als Außendichtung angeordnet werden.

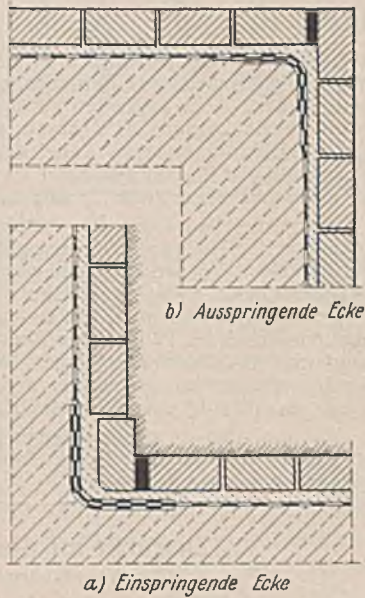


Abb. 37. Anordnung der Blechbanddichtung an ein- und auspringenden Kanten.

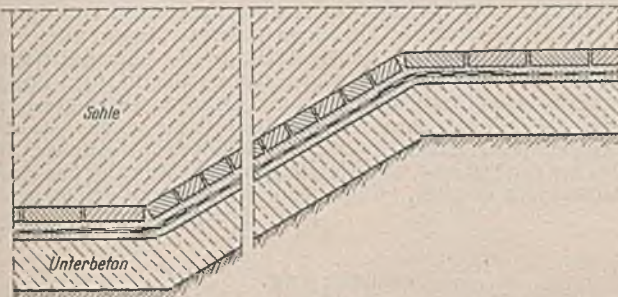


Abb. 38. Unterbrechung der Dichtungsbahnen an Übergängen in den Dichtungsflächen.

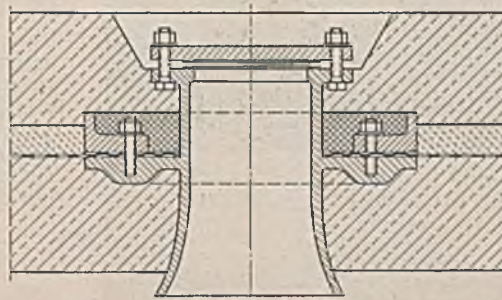


Abb. 40. Anschluß der Blechbanddichtung an einen üblichen Brunnentopf.

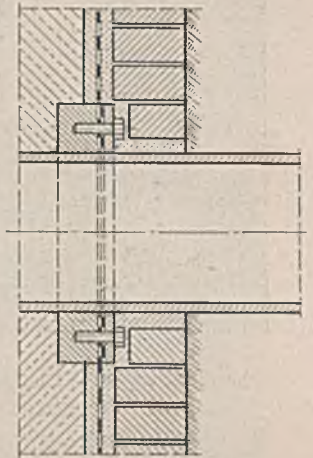


Abb. 41.

Anschluß der Blechbanddichtung an einen Rohrdurchbruch. Einpressen der Dichtung zwischen aufgeschweißtem und aufgeschraubtem Rohrflansch.



Abb. 39. Ausführung einer Trogdichtung mit geriffelten 0,2 mm dicken Alcuta-Dichtungsbahnen.

den, je nachdem, wie es der Bauvorgang erfordert. Soll zunächst die Sohle eines Bauwerks in der Form einer Trogdichtung gedichtet und nach Fertigstellung von Sohle und Wänden die Dichtung von außen gegen die Wände geklebt werden, so verzichtet man zweckmäßig auf die Trogdichtung überhaupt und führt die Sohle dichtung nur als Dichtung einer Unterbetonplatte ohne Trogwände aus (Abb. 34).

Übergänge von Sohle zu Wänden oder von Wänden zu Decken, ein- und auspringende Kanten sind immer durch eine Doppellage des Blech-

bandes zu sichern (Abb. 35 bis 38). Alle diese Übergänge sollen mit möglichst großen Halbmessern hergestellt werden.

Abb. 25 u. 39 zeigen den Einbau einer Blechbanddichtung an Bauwerken, die gegen druckhaftes Wasser gesichert werden müssen.

### 6. Ölfeste Dichtung.

Die Blechbanddichtung ist auch geeignet als Auskleidung von betonierten oder gemauerten Behältern, in denen Treibstoffe oder Öle gelagert werden sollen. Bei vergleichenden Untersuchungen<sup>11)</sup> über das Verhalten verschiedener Metalle gegen Einwirkung von Ölen wurde festgestellt, daß gerade Aluminium gegen Öle, auch wenn sie stark schwefel- und wasserhaltig sind, beständig ist. Aluminium ist deshalb als Dichtungstoff für derartige Behälter sehr gut geeignet.

Durch die Fortschritte in der Leichtmetallschweißung ist es möglich, ohne besondere Schwierigkeiten eine Leichtmetallauskleidung in irgendwelche Behälter einzubauen. Dabei ist es notwendig, die Bleche gegen die Behälterwände zu kleben und an den Nähten zu verschweißen. Die Nahtausbildung zeigt Abb. 18. Die Aluminiumbleche bleiben auf ihrer Oberseite blank, d. h. sie erhalten weder einen Bitumendeckaufstrich, noch sonst irgendeinen Anstrich. Während für die reinen Klebedichtungen mit Blechbahnen Blechdicken von 0,2 mm vollkommen ausreichend sind, müssen für derartige Behälterauskleidungen Aluminiumblechbänder von mindestens 0,5 mm Dicke verwendet werden.

Bei der beschriebenen Dichtungsart werden die Blechbahnen zusammen mit

Bitumenmasse zu einer Dichtung verarbeitet. Die starke Verknappung an Bitumen und Teerpech hat in jüngster Zeit auf dem Gebiet der Blechbanddichtung zu neuen Versuchen geführt. Es wurde eine Dichtung entwickelt, bei der auf die Anwendung von Bitumen oder Teerpech verzichtet wird und die Metallbahnen in eine plastische Spachtelmasse auf Tongrundlage eingebettet werden. Die bei den Vereinigten Deutschen Metallwerken AG. durchgeführten Versuche sind sehr vielversprechend verlaufen, so daß bereits bei verschiedenen Bauwerken der Reichsautobahn die Dichtung probeweise eingebaut worden ist. Neben dem heute sehr hoch zu bewertenden Vorteil, daß kein Bitumen verbraucht wird, hat diese Metalldichtung den Vorzug, daß sie auch auf frischen Beton und feuchte Unterlage aufgebracht werden kann. Die Verarbeitung der Masse geschieht in kaltem Zustand. Es bleibt vorbehalten, über nähere Einzelheiten dieser Dichtungsart und die bisher damit gesammelten Erfahrungen zu berichten.

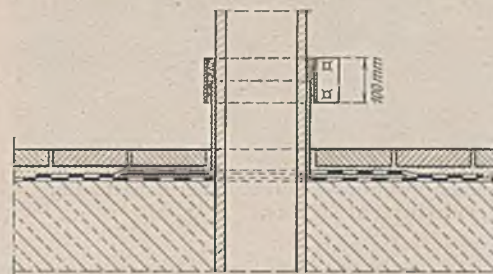


Abb. 42. Dichten eines Rohrdurchbruchs mit einem eingeklebten Aluminiumrohrstutzen und Rohrschelle mit Dichtungspackung.

<sup>11)</sup> Untersuchungsbericht des Instituts für Physikalische Chemie der Metalle vom 9. April 1938.

## Vermischtes.

F. W. Otto Schulze †. Am 7. Juni verschied im Alter von 72 Jahren der Geheime Regierungsrat und Senator a. D. Dr.-Ing. e. h. F. W. Otto Schulze, früher ordentlicher Professor an der Technischen Hochschule Danzig. Geheimrat Schulze hat seit der Gründung der Hochschule im Jahre 1904 bis vor wenigen Jahren den Lehrstuhl für Wasserbau und Hafenbau innegehabt, er hat als Rektor der Hochschule in langen Jahren in vorderster Linie im Kampf um das Deutschtum gestanden. Wir werden in Kürze eine eingehende Würdigung seiner Tätigkeit als Hochschullehrer und Wissenschaftler und seines Wirkens für das Deutschtum in Danzig bringen.

Fahrbare Luftförderanlage für den Umschlag von Massengütern. Förderanlagen für den Umschlag von staubförmigen, griesartigen oder feinkörnigen Massengütern, bei denen das Massengut durch einen Luftstrom

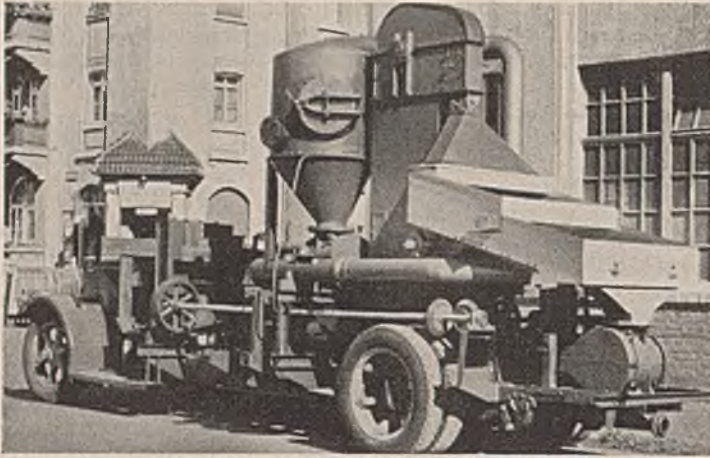


Abb. 1.  
Lastkraftwagen mit aufgebauter Druck- und Saugluftförderanlage.

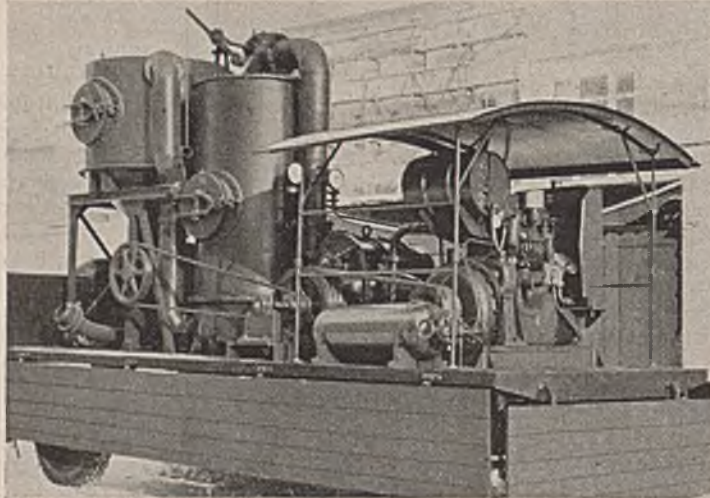


Abb. 2. Luftförderanlage mit Antrieb durch einen Dieselmotor auf einem Anhänger.



Abb. 3. Fahrbare Luftförderanlage im Betrieb.

gefördert wird, sind meistens ortsfest. Um die Vorteile einer Luftförderanlage (Staubfreiheit des Betriebes, geringer Verlust an Massengut beim Fördern) auch dann ausnutzen zu können, wenn die Umschlagstelle, wie z. B. beim Baubetrieb, oft wechselt, sind von J. A. Topf & Söhne in Erfurt fahrbare Luftförderanlagen entwickelt worden, bei denen die für den Betrieb nötigen Einrichtungen auf einem 5-t-Lastkraftwagen (Abb. 1) oder auf einem Anhänger (Abb. 2) aufgebaut sind.

Auf Baustellen kann eine solche Anlage beispielsweise für das Umladen von Zement oder Traß verwendet werden. Die Massengüter werden aus dem Schiff in den Eisenbahnwagen oder Lastkraftwagen (Abb. 3) und umgekehrt oder auch unter Benutzung eines Lagersilos umgeschlagen. Je nach der Beschaffenheit des Gutes beträgt die Leistung bei etwa 30 m Förderstrecke 5 bis 20 t in der Stunde. Zum Antrieb einer vereinigten Saug- und Druckluftförderanlage dient ein Elektro- oder Dieselmotor. Der Dieselmotor hat gegenüber dem Elektromotor den Vorteil, daß die Anlage unabhängig von einer elektrischen Zuleitung ist.

Zu den Anlagen gehören leicht tragbare und bewegliche Stahlrohre, die sich sowohl für den Druck-, als auch für den Saugteil der Förderanlagen verwenden lassen. R.

## Zuschrift an die Schriftleitung.

(Ohne Verantwortung der Schriftleitung.)

## Kohlentürme.

Es ist erfreulich, daß bei den von Herrn Dipl.-Ing. Bellstedt geschilderten Bunkerbauten (Bautechn. 1941, Heft 4, S. 37) das Gewicht des Füllgutes durch Heranziehen der Wände als Träger aufgenommen worden ist. Immerhin ist aber die Bauweise noch ziemlich entfernt von einer folgerichtigen Ausnutzung des räumlichen Zusammenhangs, etwa in dem Sinne, wie ich es bereits vor 12 Jahren<sup>1)</sup> vorgeschlagen habe. Insbesondere sind die in Höhe der Bunkerabschlußdecke über den Wänden vorgesehenen rippenartigen Verstärkungen statisch überflüssig. Ebenso wenig sind die im Schnitt zwischen Längs- und Querwänden vorgesehenen Säulen nötig, die teilweise sogar vor die Außenfläche vorgezogen sind. Daß diese Außenrippen möglicherweise architektonisch erwünscht sind, ändert nichts an der Tatsache, daß sie statisch keine Aufgabe haben und nur den Bauaufwand erhöhen, insbesondere die Schalung verteuern.

o. Prof. Herm. Craemer.

## Erwiderung.

Bei der baulichen Planung der Bunkerteile mußte weitgehend Rücksicht auf die Wünsche der Bauherren genommen werden. Dies führte oftmals zu Änderungen noch unmittelbar vor der Herstellung. Auch lag ein eindeutiger baukünstlerischer Entwurf vor, der eingehalten werden mußte. Diese Umstände dürften eine Erklärung dafür sein, daß nicht allen Gesichtspunkten der Ausnutzung des räumlichen Zusammenhangs Rechnung getragen werden konnte. Dipl.-Ing. Bellstedt.

Die Aussprache ist damit geschlossen.

Die Schriftleitung.

## Patentschau.

Erdamm für Talsperren mit einer lotrechten inneren Dichtungswand aus gewelltem Stahlblech. (Kl. 84a, Nr. 681 966 vom 8. 4. 34; Dr.-Ing. Alfred Streck in Hannover.)

Um mit einfachen Mitteln eine Trennwand zu schaffen, die den lotrechten Setzungen gut folgen kann, sind die Wellungen der Dichtungswand in waagerechter Richtung angeordnet. Die in einheitlicher Bauweise von der Sohle bis zur Dammkrone lotrecht durchgehende, beiderseits im Erdboden eingespannte Wand *a* trennt den luftseitigen Dammkörper *d* von dem wasserseitigen Dammkörper *c* und erhält eine waagerechte Wellung *b*.



## Personalmeldungen.

Hochschulnachrichten. Deutsche Technische Hochschule Brünn. Dr. M. Herzog ist beauftragt worden, in der Abteilung für Bauwesen den landwirtschaftlichen Wasserbau in Vorlesungen und Übungen zu vertreten.

<sup>1)</sup> B. u. E. 1929, Heft 13 u. 14.

INHALT: Genagelte Straßenbrücke 1. Klasse aus Holz. — Die Abdichtung von Ingenieurbauwerken unter Verwendung dünner Blechhänder. — Vermischtes: F. W. Otto Schulze †. — Fahrbare Luftförderanlage für den Umschlag von Massengütern. — Zuschrift an die Schriftleitung. — Patentschau. — Personalmeldungen.

Verantwortlich für den Inhalt: Dr.-Ing. Erich Lohmeyer, Oberbaudirektor a. D., Berlin-Steglitz, Am Stadtpark 2. — Verlag: Wilhelm Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, Berlin W 9. — Druck: Buchdruckerei Gebrüder Ernst, Berlin SW 68.