

DIE BAUTECHNIK

Alle Rechte vorbehalten.

Die Baugrubenaussteifung einer Kanalschleuse.

Von Regierungsbaumeister a. D. Hanns Lehmann.

Eine bemerkenswerte Baugrubenaussteifung wurde beim Bau einer Zwillingschleuse für einen Schifffahrtskanal durchgeführt. Die Schleuse hat ein Gefälle von 10,80 m, eine lichte Durchfahrtsweite von 2×12 m und eine nutzbare Kammerlänge von 72 m. Der zwischen den beiden Kammern liegende Trenndamm ist gleichfalls 12 m breit. Die Kammerwände sind aus gerammten Peiner Kastenbohlen 35 M, einer Sonderausführung zwischen 35 L und 35 S, gebildet.

Lagen bestehende Aussteifung (Abb. 2a), von denen die obere einen Druck von 50 t und die zweite eine Beanspruchung von 129 t je Steife aufzunehmen hatte. Die obere Steifenlage konnte aus Trägern IP 36 in 3,15 m Abstand gebildet werden, die jeweils an zwei Stellen durch eingerammte Stahlträger IP 30 und durch waagerechte U-Eisen gegen Ausknicken nach allen Richtungen gesichert waren. Die zweite Lage der Aussteifung dagegen wurde in Eisenbeton ausgeführt, da sie in der Sohle des Hauptes einbetoniert werden mußte und somit Walzstahl endgültig verloren gewesen wäre. Die Steifen erhielten in den äußeren Feldern die Abmessung 60×45 cm und im Mittelfeld 75×45 cm (Abb. 4). Zur Beschleunigung des Baufortschritts wurde schnellbindender Zement verwendet, die Bewehrung wurde mit hochwertigem Stahl Marke „Oberhütten Spezial“ durchgeführt.

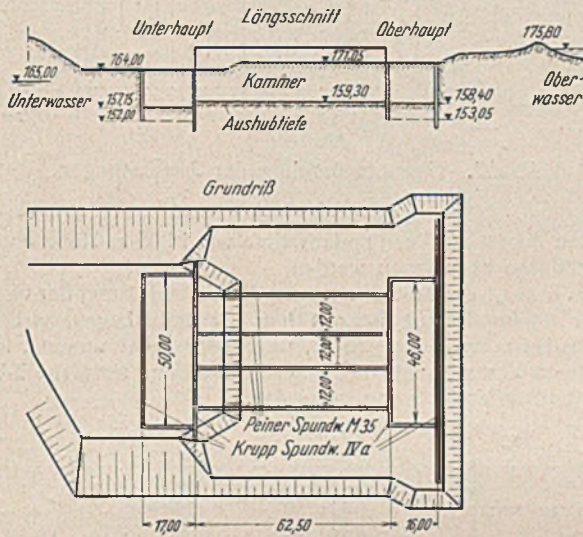


Abb. 1. Übersichtsplan.

Das Ober- und Unterhaupt mit Segment- und Hubtoren sind beide in Beton ausgeführt und zwischen Stahlspundwänden gegründet. Vom Gelände bis zur Baugrubensohle war auf 17 m Tiefe auszuschachten, wovon die oberen 5 m in einer Baugrube mit Böschungen ausgehoben wurden, der untere Teil dagegen zwischen Spundwänden abgeschachtet wurde. Für den Baugrubenaushub zwischen den Spundwänden und das Betonieren in der Baugrube wie auch für den Ein- und Ausbau der Baugrubenaussteifungen wurden zwei Torkrane von 30 m Spannweite verwendet, die auf Gerüsten fahrend die Kammern sowie die senkrecht zu diesen liegenden Hauptbaugruben überspannten.

Während allgemein bei derartigen Aussteifungen von Baugruben die Steifen, seien sie aus Holz oder Stahl, stumpf gegen die waagrecht laufenden Gurte stoßen oder sogar biegefest mit diesen verbunden werden, wurden bei dieser Schleuse die Stahlsteifen an ihren Enden zugespitzt, so daß Gelenke entstanden. Durch diese Ausbildung sollte erreicht werden, daß etwaige Verdrehungen der Spundwände beim Aushub keine Zusatzbiegespannung in den Steifen hervorriefen und der Steifenquerschnitt also nur zur Aufnahme des Eigengewichts und der waagerechten Seitenkraft des Erddrucks bemessen zu werden brauchte.

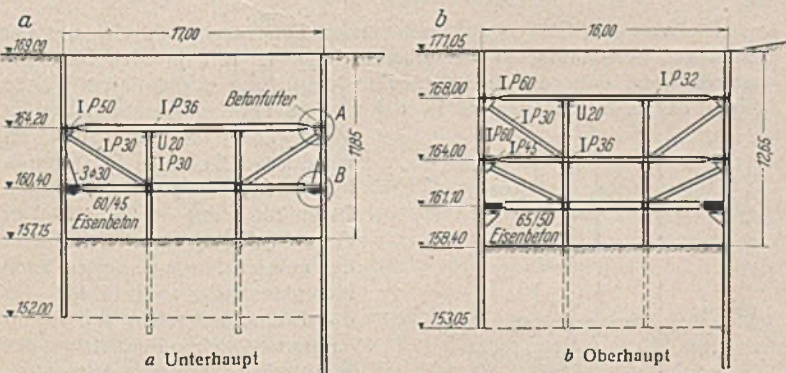


Abb. 2. Querschnitt der ausgesteiften Baugruben der Häupter.

Die Wasserhaltung wurde im wesentlichen durch eine Grundwasserabsenkungsanlage mittels Tiefbrunnen durchgeführt, so daß mit vermindertem Wasserdruck auf die Spundwände zu rechnen war. Die Brunnen mußten zum Teil in ein zweites, unter einer durchgehenden Tonschicht liegendes Wasserstockwerk hinunterreichen, das unter artesischem Druck stand und dadurch die Baugrubensohle gefährdete. Die Abmessungen der Baugrube und die Höhenverhältnisse sind aus Abb. 1 zu ersehen. Infolge der rd. 12 m tiefen Ausschachtung zwischen den Spundwänden wurden besonders starke Aussteifungen erforderlich.

Die nach Ausschachten der 17 m breiten Baugrube des Unterhauptes auf die Spundwände wirkenden Erddrücke erforderten eine aus zwei

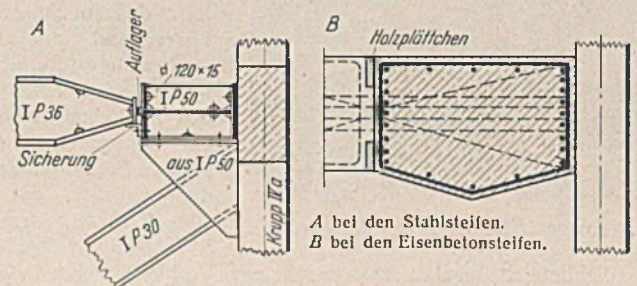


Abb. 3. Gelenkausbildung.

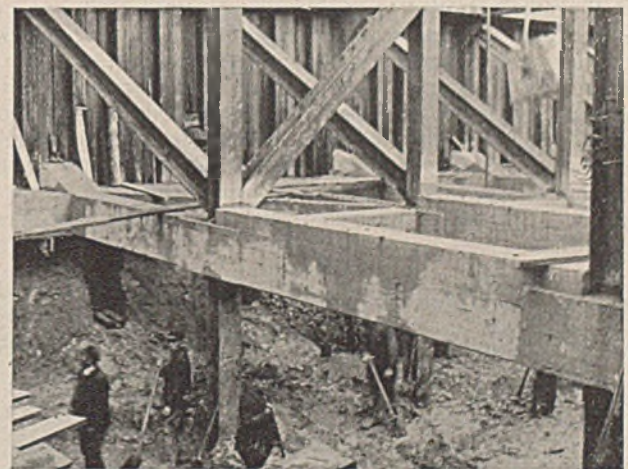


Abb. 4. Betonaussteifung mit Rammträgern.

Die Ausbildung dieser Gelenke zeigt Abb. 3. Die Verjüngung an den Enden der Stahlträger wurde durch Abschneiden der Flanschen und Ausschneiden der Stege in einfachster Weise erreicht. Bei den Betonsteifen wurden zur Herstellung unvollkommener Gelenke die Rundisen gekreuzt und zwischen den Stützen und dem Holm jeweils dünne, astfreie Holzstückchen eingefügt.

Auf sorgfältige Befestigung der Steifen und Sicherung gegen Herabfallen wurde besonderes Gewicht gelegt mit Rücksicht auf den gelenkartigen Anschluß der Steifen an die Längsholme, außerdem aber auch im Hinblick auf das Schwinden des Betons, das ein Lösen der unteren Holme von der Spundwand zur Folge hatte. Die durch das Schwinden

entstandenen feinen Fugen schlossen sich später allerdings unter der Einwirkung des Erddrucks wieder vollständig.

Besonderer Wert mußte auch auf die Sicherung der Aussteifung gegen Bewegungen in lotrechter Richtung gelegt werden. Eine Verschiebung der Spundwände war zwar nicht zu erwarten, wohl aber konnte eine Bewegung der Unterstüztträger der Steifen nach unten oder oben eintreten. Eine Abwärtsbewegung war möglich unter dem Einfluß der Kranbahnlasten, die auf einen Teil dieser Träger übertragen wurden. Eine Aufwärtsbewegung dagegen konnte eintreten bei einem Versagen der Grundwasserabsenkungsanlage und einem dadurch hervorgerufenen Auftrieb des unteren Wasserstockwerks auf die Tonschicht. Um ein Einsinken der geramnten Träger zu verhindern, wurden sie während des Aushubes vorübergehend mit Holzsteifen abgestüzt und erhielten nach Vollendung des Aushubes einen auf der Baugrubensohle liegenden Betonfuß. Außerdem wurden, wie aus Abb. 2 u. 4 zu ersehen ist, Schrägsteifen eingesetzt.

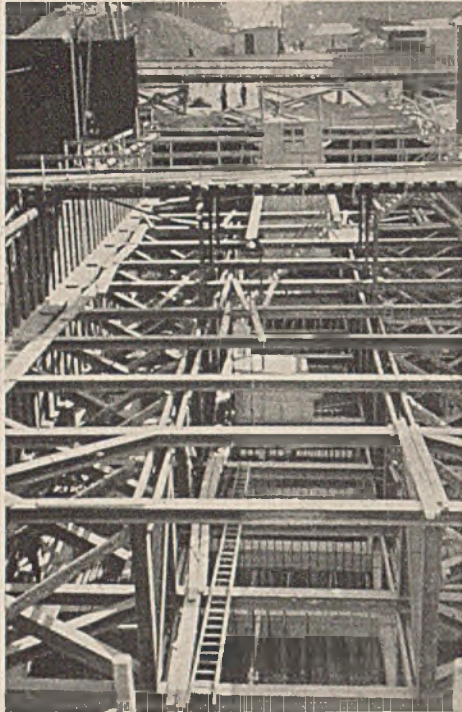


Abb. 5. Ausgesteifte Oberhauptbaugrube.

Schließlich brachte man auch zur Verhinderung von Bewegungen in waagerechter Richtung an verschiedenen Stellen Verstreben an (Abb. 7).

In der Baugrube des Oberhauptes, deren Aushubtiefe 0,80 m mehr beträgt als die des Unterhauptes und deren Spundwände durch Auflasten stärker beansprucht waren, wurden der statischen Berechnung zufolge drei Steifenlagen erforderlich, von denen zwei in Stahl und eine wieder in Eisenbeton ausgebildet worden sind (Abb. 2b). Auch bei dieser Aussteifung stoßen die Steifen gelenkartig gegen die Holme, und auch hier wurden Füße an einige der geramnten Träger und Schrägsteifen zur Verhinderung von Bewegungen angebracht. Bei allen waagrecht liegenden Eisenbetonbalken wurde die Unterfläche abgeschrägt, um bei dem späteren Einbetonieren eine satte Umhüllung zu erreichen.

Bei der Kammerbaugrube verursachte eine während der Bauausführung vorgenommene Änderung am Trenndamm nicht nur eine besondere Ausbildung der Aussteifung, sondern machte auch noch den Einbau zusätzlicher Steifen erforderlich. Ursprünglich war vorgesehen, den Trenndamm mit Sand aufzufüllen und in den Schleusen-kammern Betonrippen einzubauen mit dazwischenliegendem Wabenpflaster auf einer Kiesbettung. Die Erfahrungen bei einer gleichartigen Schleuse, die bereits früher angefangen worden war, zeigten jedoch, daß bei den großen

Wasserstandsunterschieden in den Kammern einfach verankerte Trennwände nicht genügend standsicher sind und daß wegen der vorhandenen Feinsandschichten eine undurchlässige Sohle zweckmäßig ist. Man hat sich daher während des Baues entschlossen, eine durchgehende Betonsohle mit Gelenken einzubauen, die auch dem Trenndamm als Auflager dienen sollte. Um diese Sohle ausführen und die erforderliche Bewehrung einbringen zu können, mußten aus den bereits fertig geramnten Kammer-spundwänden Fenster ausgeschnitten werden. Die so entstandenen Öffnungen haben eine Höhe von 3,10 m, eine Breite bis zu 2,80 m und sind in Abständen von im Mittel 2,93 m angeordnet.

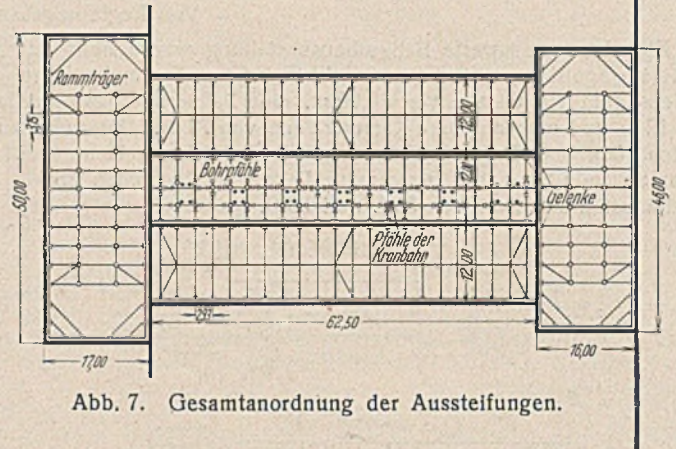


Abb. 7. Gesamtanordnung der Aussteifungen.

Die unten abgeschnittenen Spundwände von 14,05 m Höhe mußten durch schwere Böcke abgefangen werden.

Abb. 8 zeigt die Aussteifung und die Unterstüztung der vier Kammerwände. Die Aussteifung besteht hier aus zwei Lagen, von denen die obere aus Holz ausgeführt wurde, während bei der unteren, knapp über der späteren Kammersohle liegenden Aussteifung stählerne I-Träger und Eisenbeton zur Verwendung gelangten.

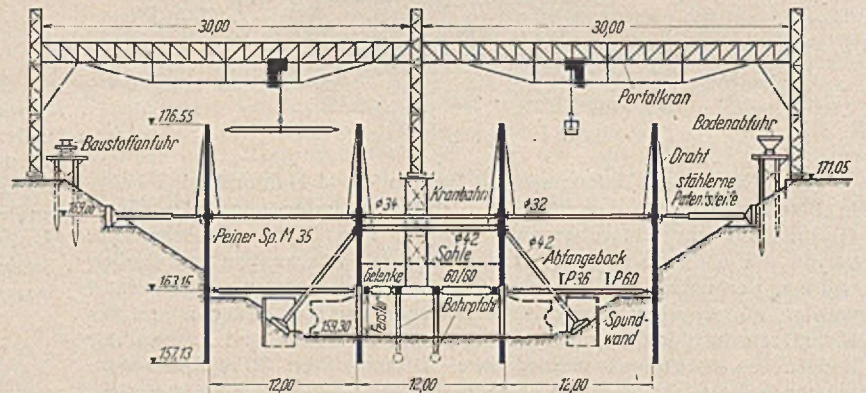


Abb. 8. Trenndamm- und Kammeraussteifung sowie Abfangung der Mittelwände.

Die von den Steifen aufzunehmenden Drücke ergaben sich aus der statischen Berechnung in der oberen Lage zu 12 t je Steife, in der unteren Lage dagegen zu 140 t. Zur Abstützung der äußeren Wände gegen das Erdreich wurden in der

oberen Lage ausziehbare Steifen verwendet, die aus zwei ineinandergeschobenen Eisenrohren bestanden, die sich gegen Betonfüße mit $1,80 \times 1,80$ m Grundfläche stützten. Die Enden der unteren Steifen wurden auch hier gelenkartig ausgebildet. Da die Eisenbetonsteifen im Trenndamm natürlich in Fortsetzung der Stahlsteifen angeordnet wurden, waren an den Stoßstellen keine beiderseitigen Längsholme erforderlich. Die Drücke wurden an der Außenseite der Trenndamm-spundwände mit Hilfe kurzer, senkrecht stehender I-Träger übertragen und auf der Innenseite durch Betonholme. Die Kastenbohlen wurden an der Übertragungsstelle mit Beton gefüllt, um ein Ausknicken der Peiner Bohlenstege zu verhüten.

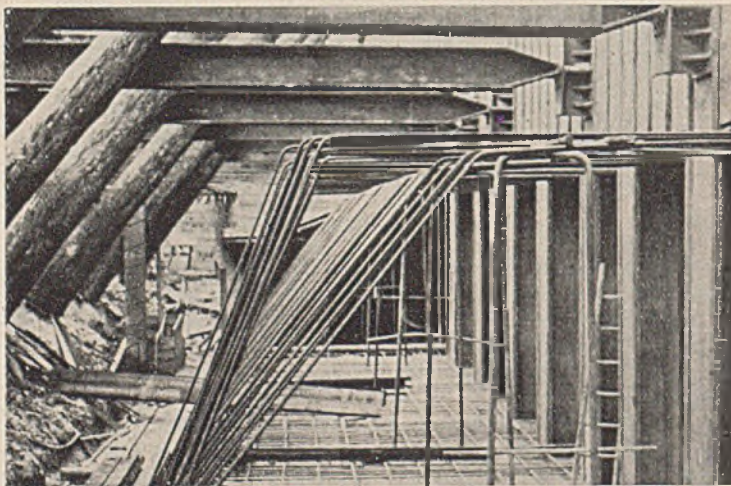


Abb. 6. Kammeraussteifung an den Spundwandfenstern.

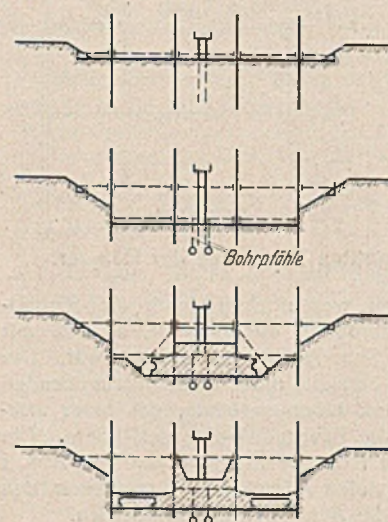


Abb. 9. Bauvorgang.

Infolge des nachträglichen Einziehens der Betonsohle unter dem Trenndamm und des hiermit verbundenen tieferen Ausschachtens dieses Teiles der Baugrube wurden die Gerüstpfähle der Kranbahn völlig freigeschachtet. Da ein Abstützen des Gerüsts auf die Baugrubensohle mit Rücksicht auf den einzubringenden Beton unerwünscht war, wurde die Kranbahn auf die Baugrubenaussteifung abgesetzt. Um schädliche Einwirkungen dieser Last auf die Gesamtaussteifung zu vermeiden, stellte man die Eisenbetonsteifen aus zwei bis drei mit Gelenken gegeneinander stoßenden Stücken her und setzte das Mittelstück auf ein oder zwei Bohrpfähle, wie aus Abb. 7 u. 8 hervorgeht. Die Bohrpfähle trugen gleichzeitig den größten Teil der Betonsteifen, deren Last den aufgehängten Trenndammwänden nicht mehr zugemutet werden konnte.

Die bereits erwähnte Aufhängung der mittleren Spundwände war völlig unabhängig von der Aussteifung. Als Tragwerk dienten Holzsteifen von mindestens 42 cm Durchm., die sich beiderseits der Kammerwände gegen hölzerne Holme abstützten. Auf den kammerseitig verlaufenden Holmen wurden die unten abgeschnittenen Spundbohlen durch angeschweißte Stahlwinkel einzeln abgestützt. Die Schrägsteifen saßen auf der nur teilweise ausgehobenen Kammersohle und stützten sich hier gegen Betonplatten, die von Spundwänden umgeben wurden, um bei etwaigen Überschwemmungen der Baugrube ein Unterspülen dieser Platten zu verhindern.

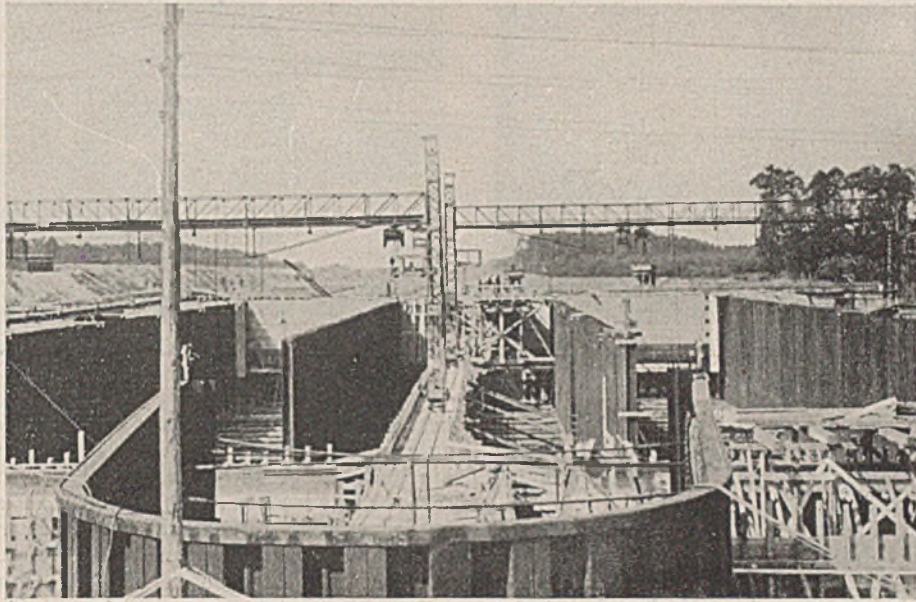


Abb. 10. Blick vom Oberwasser auf die Baugruben.

Von der durchgehenden Betonsohle wurde der unter dem Trenndamm liegende Teil zuerst ausgeführt. Nach Fertigstellung dieses Teiles konnte die Abstützung der Spundwände beseitigt und die Ausschachtung der noch nicht vollständig ausgehobenen Kammerbaugruben beendet werden. Auf diese Weise war es möglich, die Aussteifung der Trenndammgrube etwas sparsamer zu bemessen, als nötig gewesen wäre, wenn die Kammerbaugruben von vornherein vollständig ausgehoben worden wären. Der Arbeitsvorgang ist aus Abb. 9 ersichtlich.

Da die Kammerbaugruben erst nach Fertigstellung der Häupter ausgesteift werden mußten, war es möglich, die aus den Häupterbaugruben wiedergewonnenen Steifen nochmals zu verwenden. Die Kammerbaugruben mußten wegen der knappen Bauzeit auf ganze Länge gleichzeitig ausgesteift werden, während die Abfangung der mittleren beiden Spundwände nur auf die Hälfte der Länge eingebaut zu werden brauchte. Die Eisenbetonteile der Aussteifungen wurden ein Bestandteil des Bauwerks, während die Stahlteile und selbstverständlich auch die Holzteile wieder ausgebaut wurden.

Sowohl der Ein- und Ausbau der Baugrubenaussteifungen als auch der Bau der Schleuse gingen ohne irgendwelche Störung vor sich, was nicht zuletzt auf die gut durchdachte Ausbildung der Aussteifungen und Unterstüzungen zurückzuführen ist. Die Arbeiten wurden von der Philipp Holzmann AG. ausgeführt.

Alle Rechte vorbehalten.

Über die Wasserwirtschaft im Warthegau.

Von Regierungs- und Baurat Erich Dormann, Wasserstraßendirektion Posen.

Erst in den letzten Jahrzehnten ist es den Kulturvölkern von Europa zum Bewußtsein gelangt, daß das Wasser, ihr wichtigster Rohstoff neben dem Boden, nicht mehr in unbeschränktem Umfange zur Verfügung steht. Es gilt jetzt auch im Deutschen Reich haushälterisch mit diesem wertvollen Stoff umzugehen. Hochwasser und Wassernot zeigen immer wieder die Notwendigkeit auf, durch einheitliche Behandlung und großzügige Planung die dem Wasser inwohnenden Kräfte zu bändigen und die volle Ausnutzung des Wasservorrats unter Bewirtschaftung nach nationalsozialistischen Grundsätzen sicherzustellen.

Die Lösung dieser Frage ist äußerst schwierig, da es kaum eine menschliche Tätigkeit gibt, die nicht in irgendeiner lebensnotwendigen Beziehung zum Wasser steht. Wasser ist der Lebensspender für alles Wachstum in der Natur, insbesondere in der Landwirtschaft. Seit unvordenklichen Zeiten stellen die Wasserläufe ferner wichtige Verkehrswege der Völker dar; auch bis auf den heutigen Tag bewältigen sie noch fast $\frac{1}{4}$ der Güterbewegung im deutschen Raum. Die dem Wasserabfluß inwohnenden Kräfte werden immer weitgehender ausgenutzt. Der Bedarf der Industrie an Brauch- und Kühlwasser wächst ständig. Dem gesteigerten Lebenshaltungsstande entsprechend, vermehrt sich laufend der Verbrauch an Trink- und Wirtschaftswasser und der Anspruch an die Sauberkeit der Gewässer.

Zu den verschiedenen Zeiträumen und bei den jeweils ihre wirtschaftlichen Verhältnisse beherrschenden Weltanschauungen sind die einzelnen Benutzungsarten am Wasser meist sehr verschieden und ohne viel Rücksichtnahme auf die Mitbenutzer herausgekehrt worden. In weiten Gebieten des Deutschen Reiches hat in vergangener Zeit die zunehmende Industrialisierung den Wasservorrat nicht nur mengenmäßig übermäßig in Anspruch genommen, sondern auch durch die Benutzung die Beschaffenheit des Wassers erheblich verschlechtert.

In manchen Fällen hat die im Rahmen des landwirtschaftlichen Wasserbaues vorgenommene Entwässerung und Eindeichung einerseits durch Beschleunigung und andererseits durch Beschränkung und Verengung des Hochwasserabflusses Schaden angerichtet. Das ist keine neue Erkenntnis, sondern jedem Wasserbauer seit langem geläufig. Es empfiehlt sich jedoch, diese Tatsache immer wieder hervorzukehren, da der Wunsch, Gelände durch Eindeichung oder künstliche Entwässerung in seinem

landwirtschaftlichen Ertrage zu steigern, zur Zeit des Vierjahresplans und in dem Bestreben der Verbreiterung der Ernährungslage des deutschen Volkes etwas allzu Verlockendes hat. Denn die erwartete Ertragssteigerung der einzelnen entwässerten Flächen wird in den meisten Fällen eintreten; und sowohl die Entwurfsbearbeiter wie die Nutznießer werden voll Stolz jahrelang auf ihren Erfolg schauen. Wenn dann durch die Häufung derartiger Ausführungen nach vielen Jahren am Unterlauf des Gewässers die zusammengedrängten Hochwasserspitzen beängstigende Höhen erreichen, wird die verhängnisvolle Wirkung der einzelnen Maßnahmen kaum noch nachweisbar sein, und man wird vergeblich nach denjenigen suchen, die sich als Verursacher der Hochwasserschäden bekennen.

So sind häufig schwerwiegende Vor- und Nachteile einzelner Vorhaben gegeneinander abzuwägen. Auch ganze Aufgabenkreise am Wasser widerstreiten denjenigen anderer Benutzungsarten. In jedem Fall aber kann und muß ein billiger Ausgleich gefunden werden.

Auch die Unterteilung der Gewässer in solche, deren Wasserwirtschaft dem Reichs- und Preußischen Minister für Ernährung und Landwirtschaft untersteht, und in diejenigen, die dem Reichs- und Preußischen Verkehrsminister unterstehen (Wasserläufe I. Ordnung), darf einen Ausgleich nicht verhindern. Die Aufteilung der Aufgabenkreise an die zuständigen beiden Verwaltungsstellen ist bei klarer begrifflicher Trennung nicht schwierig. Der Weg ist bereits im Jahre 1937 bei der wasserwirtschaftlichen Tagung in Breslau durch einen Vortrag des Ministerialrats Leopold gewiesen worden. Dieser unterscheidet zwischen der Flächenwasserwirtschaft an den kleinen Gewässern und der Linienwasserwirtschaft der Großgewässer¹⁾. Die erstere geht von flächenmäßigen Betrachtungen aus und ist hauptsächlich auf die landwirtschaftlichen Bedürfnisse ausgerichtet. Sie behandelt das Wasser im wesentlichen als Stoff. Sie ist Angelegenheit des Ernährungsministeriums und der nachgeordneten Wasserwirtschaftsstellen. Die Linienwasserwirtschaft hingegen verfolgt den Abflußvorgang, der sich in den langen Linien der Großgewässer vollzieht. Hier spielt neben Menge und Wasserspiegelstand des Wassers, die für die Schiffbarkeit, für Be- und Entwässerungen, für die Vorflut und den Hochwasserschutz

¹⁾ Ztbl. d. Bauv. 1940, Heft 23, S. 329 bis 337.



Abb. 1. Überschwemmung des Geländes bei Gozdow an der Warthe.
März 1940.



Abb. 2. Überflutete Siedlung westlich von Warthbrücken (Kolo).
März 1940.

sowie für die Wasserkraftausnutzung bestimmend sind, auch die Güte des Wassers, sowohl mit Rücksicht auf die Verwendbarkeit als Trink- und Brauchwasser für die Bevölkerung als auch für gewerbliche und industrielle Nutzung, eine wichtige Rolle.

Im Verhältnis zu den meisten Flüssen des Altreichs sind die Flüsse des Warthegaues durch industrielle Anlagen und menschliche Siedlungen verhältnismäßig wenig belastete Gewässer. Trotzdem wird es erforderlich sein, von vornherein für Sauberhaltung dieser Vorfluter zu sorgen, um alle Möglichkeiten späterer Entwicklung für die Verwendung des Wassers als Rohstoff, Kraftquelle und Verkehrsträger freizuhalten. Der deutsche Mensch stellt an den Reinheitszustand des Wassers im Gemeingebrauch schon aus ästhetischen Gründen weitgehende Ansprüche. Er wehrt sich mit Recht gegen eine Verschmutzung des Wasserlaufs, die seinem Sauberkeitsempfinden als Anlieger, als Schifffahrttreibender und als Wassersportler nicht entspricht. Die Zeiten, in denen Einzelpersonen, Gruppen von Menschen oder industrielle Werke und selbst städtische Siedlungen glaubten, das Recht für sich in Anspruch nehmen zu können, den Vorfluter für ihre eigennützigen Zwecke bis zur Grenze des Erträglichen belasten zu können, sind im Zeitalter des Nationalsozialismus endgültig vorüber.



Abb. 3. Überströmung einer Landstraße bei Konin an der Warthe.
März 1940.

bestimmt, einzelnen Personen oder bestimmten Personengruppen zugute zu kommen, sondern dem Volke den Aufenthalt auf und an dem Wasser erträglich zu gestalten und jeden der vielen Nutznießer des Wassers sich seines gerechten Anteils erfreuen zu lassen. Kurz gesagt: der Fluß ist keine Großklärgrube, mit deren Zustand sich die Natur ebenso wie die menschlichen Benutzer irgendwie abzufinden haben. Abwasserreinigungsanlagen gehören auf das Grundstück des Einleiters. Nur technisch mit vertretbaren Mitteln nicht mehr zu beseitigende Reste an Verschmutzung können dem Vorfluter zur Verdauung im biologischen Selbstreinigungsvermögen überlassen werden.

So wenig wie die Flüsse des Warthegaues bisher mit wenigen Ausnahmen industriell und siedlungstechnisch belastet wurden, so sehr ist aber an ihnen, insbesondere an dem ehemals russischen Teil, in wasserbautechnischer Hinsicht gesündigt worden. In langer Reihenfolge hat man Niederung auf Niederung eingedeicht und dem Fluß die Möglichkeit der Ausbreitung seiner Hochwässer genommen. Die Folgen sind nicht ausgeblieben. Bei jedem größeren Hochwasser haben sich Deichbrüche ereignet. Auch bei dem diesjährigen Frühjahrshochwasser sind die Deiche zwischen Warthbrücken (Kolo) und Konin gebrochen. Ganze Ortschaften wurden überschwemmt. Hier wird es erforderlich sein, in



Abb. 4. Hochwasser mit starkem Treibeis auf der Warthe bei Posen.
März 1940.

Es kann ferner aus ernährungstechnischen Gründen nicht mehr gestattet werden, daß der Fischerei durch Abwässer wesentliche Schäden zugefügt werden; selbst dann nicht, wenn die Verursacher der Schäden bereit sein sollten, durch Entschädigungszahlungen eine angebliche Wiedergutmachung herbeizuführen.

Einem jeden Deutschen kann und soll nach Möglichkeit sein Anteil an den Segnungen der günstigen Standortbedingungen am Flusse zuteil werden. Niemand hat jedoch einen Anspruch darauf, diesen Vorteil in einem solchen Umfange auszunutzen, daß für Nachbarn und später kommende Geschlechter mengenmäßig, gütemäßig und räumlich keine Möglichkeiten zur Entwicklung mehr vorhanden sind. Auch die gütige Gabe der Natur, durch organische und chemische Vorgänge einen gewissen Grad der Verschmutzung des Wasserlaufs auszugleichen — man spricht von dem Selbstreinigungsvermögen des Flusses — ist nicht dazu

Zukunft einige Räume, die zur Ausbreitung des Hochwassers unbedingt erforderlich sind, für die Winterüberstauung wieder freizugeben und sie lediglich mit Sommerdeichen gegen Überschwemmungen während der Wachstumszeit zu schützen. Ferner wird zwecks Ausgleichs der hohen und tiefen Wasserstände die Einrichtung von Stauräumen (Talsperren) im oberen Lauf der Flüsse ratsam sein.

Aufgabe der Landesplanung wird es sein, nachdem die entsprechenden Entwürfe aufgestellt sind, den erforderlichen Raum für ihre Durchführung sicherzustellen; insbesondere ihn vorsorglich von jeder siedlungsmäßigen Bebauung freizuhalten.

Auf diese Weise kann noch nachträglich ein leidlicher Gleichgewichtszustand zwischen der Natur der Flüsse und den künstlichen Eingriffen wieder hergestellt werden, der Voraussetzung für den Erfolg aller wasserwirtschaftlichen Planungen an der Warthe und ihren Nebengewässern ist.

Alle Rechte vorbehalten.

Stahl und Stahlbeton im Tunnel- und Stollenbau.

Von Dr.-Ing. Karl Wiedemann.

Die ältere Tunnelbaukunst verwendet als Baustoffe im allgemeinen Holz für den zeitweiligen Ausbau und Natur- oder Kunststein, seltener Stampfbeton, zur dauernden Auskleidung ihrer Bauwerke. Die Verwendung von Stahl für diese Zwecke ist auf Ausnahmefälle beschränkt, die vorwiegend durch besondere geologische Verhältnisse bedingt sind. Beim Schildvortrieb in schwimmendem Gebirge beispielsweise besteht die zeitweilige und die dauernde Auskleidung aus Stahl (Elbtunnel). In Gebirge, das zu Druck und Bewegung neigt (Abbaugebiete des Bergbaues), hat man stählerne

Fachwerkrahmen eingebaut und diese in das Gewölbe einbetoniert, um es biegeunfallfester zu gestalten [Schönhuter Tunnel (Abb. 1), Pragtunnel bei Stuttgart]. Stahlrahmen aus I-Trägern wurden in der Druckstrecke des Simplontunnels zur Abstützung des Richtstollens an Stelle der Türstöcke verwendet. Beim Vortrieb kleiner Stollen in gebräuchlichem Gebirge, vornehmlich im Kanalbau, kommen zuweilen Stahlbögen an Stelle von Holz in Anwendung. Stahlbetongewölbe sind fast ausschließlich nur in Amerika gebräuchlich (Abb. 2).

Die Ringbauweise und die mit ihr verbundene neue Betriebsweise, der Vortrieb mittels „Ringen“, reiht neben Holz, Beton und Stein den Stahl als allgemein gebräuchlichen Baustoff in den Tunnel- und Stollenbau ein. Die Holzabstützungen des zeitweiligen Ausbaues der älteren Betriebsweisen (Sparren- und Jochzimmerungen) sind durch Rüstungen in Holz und Stahl oder Bogen aus Walzstahl ersetzt. Die Traggewölbe des dauernden Ausbaues werden in der Regel aus Stahlbeton hergestellt, da die Rüstungen genügend Be-

wegungsfreiheit und Arbeitsraum gewähren und somit die Herstellung der Bewehrung ohne besondere Schwierigkeiten gestatten¹⁾.

Die Rüstungen unterscheiden zwei in ihrer Grundauffassung verschiedene Anordnungen.

Die eine: Der Berg wird durch einen Bogen aus Formstahl, der in seiner Form der äußeren Leibung des Tunnel- oder Stollengewölbes entspricht, abgestützt. Der Bogen kann dabei so bemessen sein, daß er selbst den Gebirgsdruck aufnimmt (Abb. 3) — in großen Querschnitten beispielsweise als Fachwerkträger aufgelöst —, oder er ist schwächer gehalten und durch Holz versteift (Rüstung der Kölner Betriebsweise, Abb. 4 u. 5).

Die andere: Der Berg wird auf einen stählernen Bogen abgestützt, der nach der inneren Leibung des Tunnelgewölbes geformt ist und gleichzeitig als Lehrbogen für die Betonierung dient. Dieser Bogen wird je nach der Gebirgsbeschaffenheit freitragend bemessen (Abb. 6a) oder mit Holz versteift (Abb. 6b), um das Gewicht der einzelnen Teile in praktisch brauchbaren Grenzen zu halten und die Handlichkeit beim Einbau zu gewährleisten. Die äußere Leibung wird durch den „Ausbruchbogen“ gebildet, einen zweiten Bogen aus C-Eisen oder Eisenbahnschienen. Dieser Bogen wird durch Holzsprieße oder stählerne „Reiter“ (Bauart Kunz) auf den eben beschriebenen Lehrbogen abgestützt. Er ist wesentlich schwächer bemessen und besteht aus mehreren Teilen, die unter sich durch Laschen oder nur durch Schrauben verbunden sind.

In der Praxis wird nun häufig angeregt, die stählernen Bogen entweder in Form eines vollkommenen Stahlausbaues als dauernde Verkleidung der Tunnelwandung beizubehalten oder wenigstens in das tragende Gewölbe mit einzubeziehen. Die erstere Anregung entspringt der Gepflogenheit im Bergbau, die Strecken mit Stahlbögen verschiedenster Art zu verbauen (ein Beispiel Abb. 7). Die gleichen Stahlbögen werden dann an Stelle der genannten Rüstungen vorgeschlagen, und man glaubt unter Verkennung der An-

¹⁾ Wiedemann, Stollenbau, S. 27 ff. und 54 ff. Berlin 1937, Wilh. Ernst & Sohn.

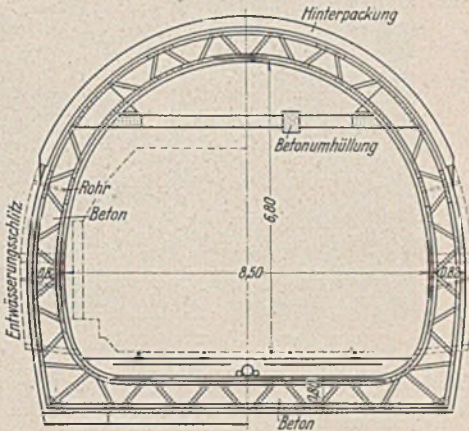


Abb. 1. Schönhuter Tunnel.

Freitragender Stahlbogen als Fachwerkträger aufgelöst und einbetoniert.

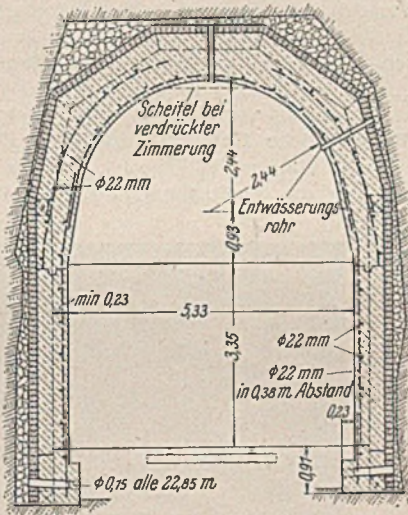


Abb. 2. Eingleisiger Tunnel der Chesapeak and Ohio R. R.

Stahlbetongewölbe, Holzrüstung verloren, schädliche Hohlräume hinter dem Gewölbe.

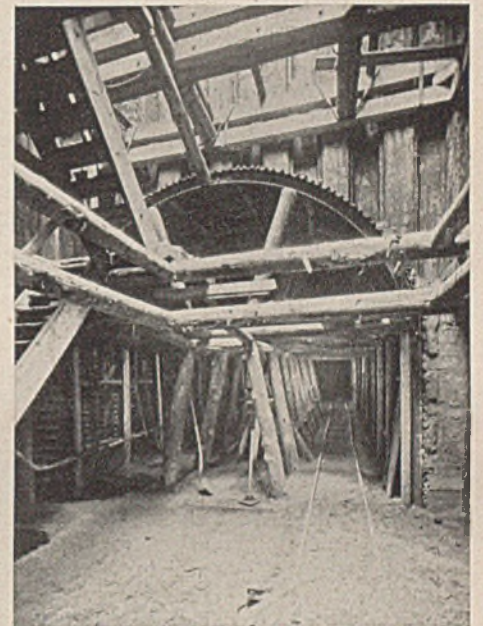


Abb. 4. Ausbruchbogen mit Holz versteift.



Abb. 3.

Kalottenvortrieb in Sand. Ausbruchbogen freitragend.

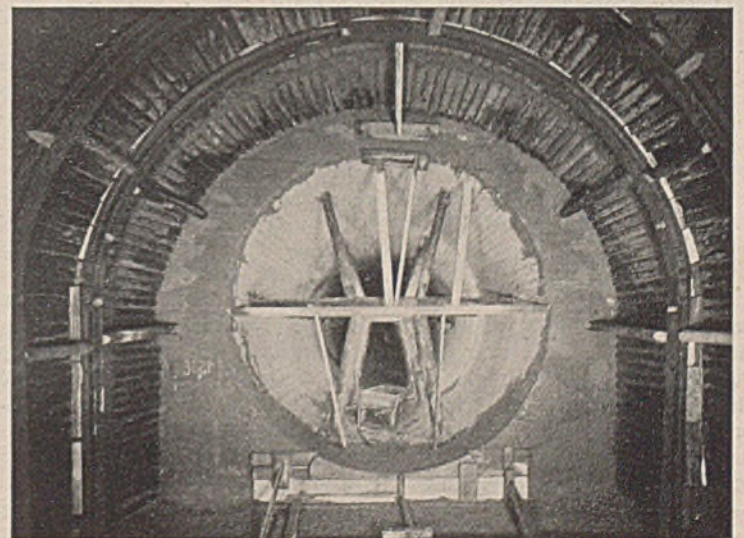


Abb. 5. Ausbruchbogen und Tunnelbleche als verloren einbetoniert.

Abb. 4 u. 5. Rüstung der Kölner Betriebsweise.

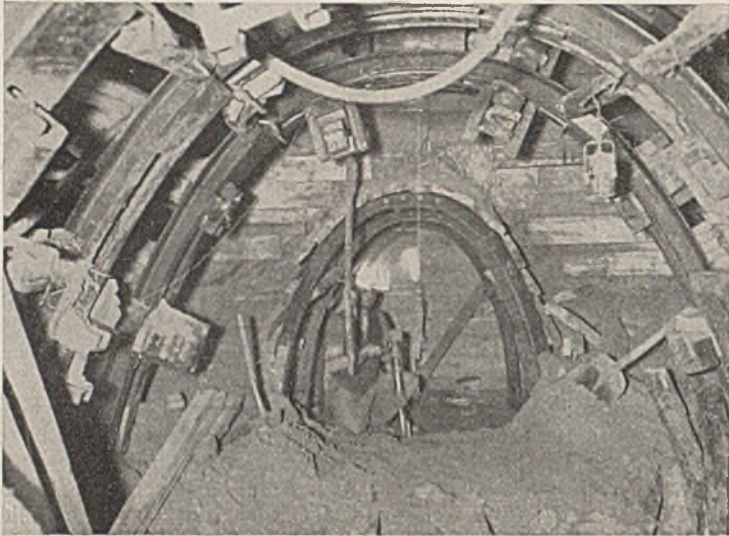


Abb. 6a. Lehrbogen freitragend.
Hilfsstollen zur Beschleunigung des Vortriebes in einer Abzweigung mit stählernen Ausbruchbogen an Stelle von Türlstöcken.

forderungen des Tunnel- und Stollenbaues die in der Grube gebräuchlichen formänderungsfähigen Ausbauten, wofür sich der Stahlbogen besonders eignet, zweckmäßig verwenden zu können.

Lenk²⁾ sucht die Zweckmäßigkeit des nachgiebigen, formänderungsfähigen Ausbaues für den Tunnelbau nachzuweisen. Er empfiehlt, das zunächst nachgiebig eingebrachte Tragwerk nach Ausbildung eines Gleichgewichtszustandes zwischen Ausbau und Gebirge, z. B. durch Verpressen der Quetschfugen, starr auszubilden. Auf diese Weise könnte der Widerstand des Gebirges für die Standfestigkeit ausgenutzt werden, was eine leichtere Ausbildung des dauernden Ausbaues ermöglichen würde. Die Anwendung einer solchen Ausbaumart sei deshalb berechtigt, weil Gleichgewichtsstörungen später, wenn der Ruhezustand nach dem Auffahren hergestellt ist, nicht mehr eintreten.

In jüngster Zeit ist die Ansicht vertreten worden, daß für stollenmäßig ausgeführte Luftschutz- und Lagerräume ein zusammenschiebbarer



Abb. 6b. Lehrbogen mit Holz versteift.
Kalottengewölbe betoniert.

Abb. 6a u. b. Kalottenvortrieb in Sand.
Rüstung in Holz und Stahl (Bauart Kunz).

starker Verdrückung leicht auszubauen sein. Nach dem Ausbau werden die Bogen ausgerichtet und stehen zum erneuten Einbau zur Verfügung. Der Stahl ist also nicht verloren, sondern wird wieder verwendet. Durch die mehrfache Einbaumöglichkeit ergibt sich die Wirtschaftlichkeit, ähnlich wie dies bei den Rüstungen der Ringbauweise der Fall ist.

Die Nachgiebigkeit oder Gelenkigkeit ist eine gerade vom Bergbau³⁾ gestellte Forderung, die mit der Erfahrung begründet wird, daß

²⁾ Lenk, Der Ausgleich des Gebirgsdruckes in großen Teufen beim Berg- und Tunnelbau, S. 21. Berlin 1931, Jul. Springer.

³⁾ Würker, Streckenausbau mit Stahl, S. 8 u. 9. Berlin 1935, Wilh. Ernst & Sohn. Abb. 7 bis 9 sind dort entnommen.

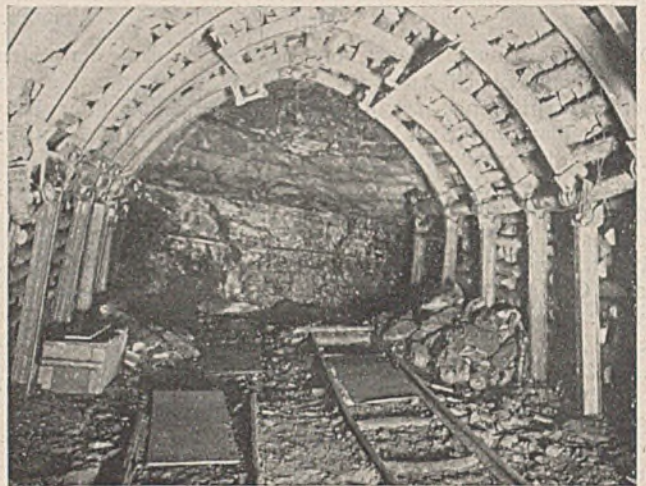


Abb. 7. Offener Fünfgelenkrahmen einer Abbaustrecke.

die durch den Abbau hervorgerufenen, durch die bewegten Massen im Gebirge ausgeübten dynamischen Druckkräfte so groß sind, daß sie jeden starren Einbau, der noch wirtschaftliche Abmessungen hat, zerstören. Der dynamische Gebirgsdruck wirkt jedoch nicht dauernd, sondern nur so lange, bis die natürliche Verspannung des Berges wieder eingetreten ist. Er nimmt ab, sobald das Gebirge eine gewisse Verschiebung gemacht hat⁴⁾. Innerhalb der Wirkungskdauer werden die Gesteinsmassen von allen Seiten in den Hohlraum des Stollens geschoben. Die Nachgiebigkeit des Baues hat den Zweck, dem Hereinquellen des Berges unter möglicher Beibehaltung der Querschnittsform zu folgen und unter Entgegensetzen eines gewissen Widerstandes rascher die natürliche Gewölbebildung um den Stollen herum hervorzurufen (Abb. 8). Das wesentliche ist, daß der Bogen so lange nachgeben kann, bis sich das natürliche Gewölbe gebildet hat, der Druck also aufhört.

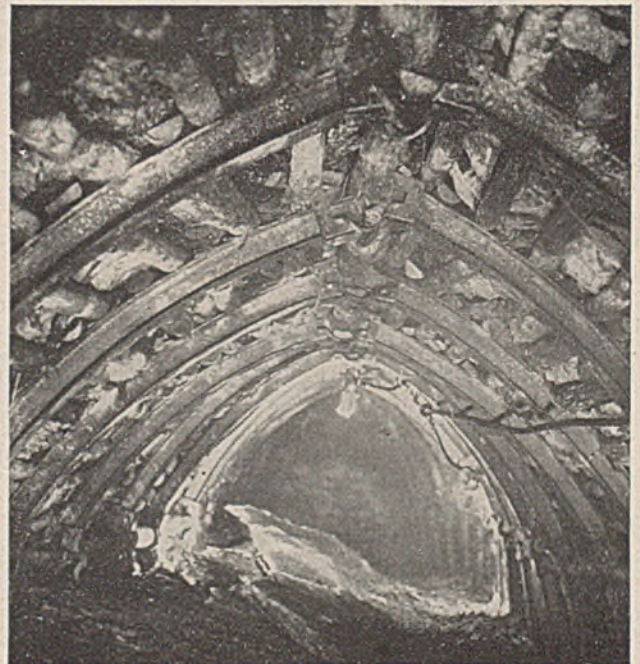


Abb. 8.

Der Rahmen der Abb. 7 nach zwölfwöchentlicher Standdauer, unter Einwirkung des Abbaudruckes zusammengedrückt.

Ist die Nachgiebigkeit vorher erschöpft, der Bogen somit starr geworden, so treten beträchtliche Verformungen ein, da das Widerstandsmoment der Bogen aus Gründen der Kostenersparnis gering ist. Um Brüche zu vermeiden, wird nicht so sehr auf die Druckfestigkeit als auf die Zähigkeit des Stahls Wert gelegt. Hierdurch soll der vollkommene Einsturz einer Strecke hintangehalten und die Befahrbarkeit gewährleistet werden (Abb. 9).

Es würde zu weit führen, diese im Bergbau gebräuchlichen Überlegungen weiter zu verfolgen. Sie beruhen alle auf dem Grundgedanken des dynamischen Gebirgsdruckes und darauf, daß es sich nur um einen

⁴⁾ Handb. f. Eisenbetonbau, 4. Aufl., XII. Bd., S. 260, II. Berlin 1937, Wilh. Ernst & Sohn.

zeitweiligen Ausbau handelt, der Mittel zum Zweck ist und deshalb möglichst billig sein muß⁵⁾. Den statischen Anforderungen werden daher sehr weite Grenzen gesteckt. Der Sicherheitsgrad richtet sich nach der mutmaßlichen Dauer der Verwendung. Man hat keine Bedenken, den Baustoff bis zur Bruchfestigkeit zu beanspruchen, um entsprechend schwache Abmessungen verwenden zu können. Risse und Formänderungen der Bauglieder werden dabei in Kauf genommen.



Abb. 9. Verformte Stahlbögen.

Mit einem Ingenieurbauwerk, wie es der Tunnel oder auch der Luftschutzraum darstellt, ist aber der Begriff des Dauernden verbunden. Eine Auskleidung aus Stahl hat geringe Lebensdauer, da die Einflüsse der chemisch wirksamen Stoffe der Wetter und der Rauchgase, besonders in der feuchten Tunnelluft, den Stahl zersetzen und seine Tragfähigkeit zerstören. Die Unterhaltung der Tragwerke ist daher schwierig und kostspielig. Wo sie als besondere Hilfsmittel Verwendung fanden, hat man sie fast durchweg mit Beton ummantelt oder in ein regelrechtes Gewölbe einbetoniert, um dem Verrotten vorzubeugen. Da eine mehrmalige Verwendung des Stahls wie beim Streckenausbau nicht möglich ist, wird infolge der hohen Gesteinskosten des Tunnels die Unzweckmäßigkeit der Stahlauskleidung noch erhöht. Sie kommt deshalb als dauernde Auskleidung eines Tunnels oder Stollens, von den in der Einleitung erwähnten Ausnahmefällen abgesehen, nicht in Frage.

Auch die nachgiebige Ausführung der Auskleidung, wie sie im bergmännischen Stollenbau üblich ist, kommt im Tunnelbau nicht in Betracht, weil hierzu die Voraussetzung des dynamischen, zeitweise übermäßigen Gebirgsdruckes fehlt (Würker, Fall III). Wo dieser auftritt, beruht er auf einem Mangel der Ausführung⁶⁾. Um den geschaffenen Hohlraum bildet sich lediglich die Spannungszone, von der aus Druckkräfte auf den zeitweiligen oder dauernden Ausbau ausgeübt werden. Die Größe dieser Druckkräfte ist von der Nachgiebigkeit und Formänderungsfähigkeit des Ausbaues abhängig. Die Entspannung und damit der Druck kann durch rasches Einbringen einer unnachgiebigen Abstützung verhindert oder aufgehoben werden. Je rascher z. B. die Mauerung mit satt aufliegendem Mauerwerk (am besten mit Stampfbeton) ausgeführt wird, um so schwächer kann sie sein, um die Entspannung zu verhindern.

Ein nachgiebiger Ausbau würde gerade das Gegenteil zur Folge haben. Die Entspannung würde mit dem Nachgeben wachsen, der Druck würde sich immer mehr vergrößern, eine Erfahrung, die durch die Nachgiebigkeit der Holzzimmerung des zeitweiligen Ausbaues der älteren Betriebsweisen und die dadurch verursachten Firstbrüche reichlich bewiesen ist. Der dynamische Gebirgsdruck hört, wie bereits erwähnt, auf, sobald das Gebirge seine natürliche Verspannung wieder erhalten und die Bewegung der Massen aufgehört hat. Die Entspannung dauert aber an, solange ihr kein wirksamer Widerstand entgegengesetzt wird. Ein nachgiebiger Ausbau würde also die Vorteile der Ringbauweise und ihrer Rüstungen, die gerade in der äußerst geringen Zusammendrückbarkeit bestehen, zunichte machen und die Nachteile und Schwierigkeiten, die infolge der beträchtlichen Nachgiebigkeit und Zusammendrückbarkeit der Holzzimmerungen auftreten, erneut entstehen lassen. Der Tunnel oder Stollen ist nach seiner Fertigstellung keinerlei zusätzlichen Gebirgsdruckerscheinungen mehr ausgesetzt, da der Berg in Ruhe bleibt, im Gegensatz zum Bergbau, wo er infolge des Abbaues ständig in Bewegung ist.

Für den Bau und Bestand von Luftschutz- und ähnlichen Räumen gelten die gleichen Gesichtspunkte. Bei Beschließung können dagegen zusätzliche Druckkräfte auftreten. Diese gleichen aber nicht dem be-

sprochenen dynamischen Gebirgsdruck. Eine in das Gebirge eingedrungene Bombe löst, wenn sie platzt, wohl eine Druckwelle (Erschütterung) aus, jedoch keine Fortbewegung der Massen; sie lockert aber gleichzeitig das Gebirge, so daß ein der Druckwelle nachgebender Ausbau nachträglich den Druck der nachsinkenden, gelockerten Massen aufzunehmen hat.

In tiefliegenden Stollen werden diese Erschütterungen entweder gar nicht oder nur sehr wenig wahrnehmbar sein. Stollen in geringerer Tiefe unter der Geländeoberfläche, in der die platzende Bombe merkliche Druckkräfte auslöst, bedürfen vor allem des Schutzes des darüberliegenden gewachsenen Bodens, um das Eindringen der Bomben in den Boden möglichst zu erschweren. Es wird deshalb beim Bau besonders darauf Bedacht zu nehmen sein, das Gebirge nicht aufzulockern. Ein nachgiebiger Ausbau, selbst wenn er erst nach dem Aufahren des Stollens eingebaut wird, begünstigt die Ausbildung der Entspannungszone, d. h. der Auflockerung des Bodens, die sich im Laufe der Zeit bis an die Geländeoberfläche fortsetzt. Dadurch vergrößert sich der Druck, und ein beweglicher Stahlbogen beispielsweise wird allmählich zusammengeschoben, bis er schließlich auch als starres Gebilde anzusprechen ist. Wird die Nachgiebigkeit nicht schon durch den Erddruck erschöpft, so werden die ersten tiefer in das gelockerte Erdreich eindringenden Bomben dies erreichen. Es müssen also die Bogen von vornherein so stark bemessen werden, daß sie auch im starren Zustande imstande sind, weiteren Einwirkungen noch standzuhalten. Da der Luftschutzraum Menschenleben sichern soll, werden die statischen Forderungen des Ingenieurbaus ohne Einschränkung anzuwenden sein. Damit sind aber die Vorteile, die in der Grube zu dem nachgiebigen Ausbau führen, nicht mehr gegeben. Die nachgiebigen Auskleidungen werden gegenüber massiven Gewölben teuer und unwirtschaftlich.

Zusammenfassend ergibt sich der Schluß, daß die formänderungsfähige Verkleidung für den Ingenieurbau unter Tage nicht die Vorteile bringt, wie in der Grube, da die Voraussetzungen andere sind. Sie wird niemals zu einer wirtschaftlichen Notwendigkeit, hinter der die Ausführung eines nach den Regeln der Statik entworfenen starren Gewölbes zurückstehen muß. Auch die baulichen Vorteile zusammenschiebbarer Stahlrahmen können diese Notwendigkeit nicht erbringen. Es gilt auch heute noch, was Rothpletz im Februar 1918 in der Schweizer Bauzeitung in seinem Aufsatz „Woran leiden unsere Eisenbahntunnel, wie kann abgeholfen, wie vorgebeugt werden?“ geschrieben hat: „Der Tunnelbau ist aus dem Bergbau hervorgegangen. Berg- und Tunnelbau sind aber trotz der Verwandtschaft grundverschiedene Zweige unserer technischen Wissenschaften. Es haftet heute noch etwas zuviel vom Bergbau an unserem Tunnelbau.“

Nachdem nun versucht wurde aufzuzeigen, daß die Beibehaltung der stählernen Ringe der Ringbauweise als dauernde Auskleidung eines Tunnels oder Stollens nicht vorteilhaft ist und eine Angleichung der Bauart dieser Ringe an den formänderungsfähigen Stahlausbau der Strecken in der Grube dem Wesen des Tunnelbaues entgegensteht, ist es klar, daß es keinen Sinn hätte, eine Betriebsweise oder Bauart einer Rüstung für Stahlauskleidung zu entwickeln. Es wird deshalb die zweite Frage zu untersuchen sein, ob die stählernen Bogen der Vortriebsrüstung der Ringbauweise vorteilhaft mit in das Tragwerk der dauernden Verkleidung einbezogen werden können oder sollen.

In Abb. 10 bis 16 ist zu diesem Zwecke ein Kleinbahntunnel dargestellt, der in lockerem, druckhaftem Gebirge in Unterfangungsbauweise mittels Vortrieb der Kaloite in Ringbauweise ausgeführt worden ist (Abb. 10). Der Berg ist auf den Lehrbogen abgestützt, die Ausbruchbogen bestehen aus □ 10. Abb. 11 zeigt die Möglichkeit der Ausführung des gleichen Tunnels im Vollausschnitt mittels einer Rüstung aus Pokaleisen, bei der der Berg auf den Ausbruchbogen abgestützt ist. Die eingezeichnete Stützlinie entspricht der Belastung, die das Gewölbe durch die mögliche Entspannung des anstehenden Gebirges erfährt.

An diesem praktischen Beispiel soll nun die gestellte Frage besprochen werden. Für die Beantwortung ist ohne weiteres klar, daß von den Rüstungen nur die äußeren Bogen, die Ausbruchbogen, in Betracht kommen — bei freiliegenden Bogen ohne Holzaussteifung natürlich das ganze Stahlwerk, ähnlich wie in dem eingangs erwähnten Schönhuter oder Prag-Tunnel (Abb. 1) —, und daß das Gewölbe in Beton ausgeführt werden muß.

Wie ist nun das durch das Einbetonieren der Ausbruchbogen entstehende Betonstahlgewölbe zu bewerten? Es ist als Verbundkörper aufzufassen und daher nach den Regeln des Eisenbetonbaues zu beurteilen⁷⁾. Im Querschnitt zeigt sich, daß im Scheitel der Ausbruchbogen in der Druckzone liegt, also als Bewehrung ungünstig, im Widerlager dagegen in der Zugzone (Abb. 10 u. 11). Die Längsschnitte (Abb. 12 u. 13) lassen erkennen, daß auf jeden Fall eine zusätzliche Bewehrung aus Rundstahl notwendig ist. Das bloße Einbetonieren der Bogen erhöht die

⁵⁾ Würker, Streckenausbau mit Stahl, S. 8, II, Fall III. Berlin 1935, Wilh. Ernst & Sohn. Abb. 7 bis 9 sind dort entnommen.

⁶⁾ Wiedemann, Neuere Anwendung der Unterfangungsbauweise im Tunnel- und Stollenbau, S. 18. Berlin 1940, Wilh. Ernst & Sohn.

⁷⁾ Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton 1932, Teil A. Beton-Kalender 1938, S. 349 ff., oder Hütte, 26. Aufl., III. Bd., S. 169 ff. Berlin 1936, Wilh. Ernst & Sohn.

Tragfähigkeit des Gewölbes nur unwesentlich. Die Bedingung des § 3, Abs. 3, der Bestimmungen, daß die Steghöhe der Walzträger nur einen geringen Teil der Querschnittshöhe ausmachen soll, ist erfüllt. Die Bogen können wie schlaife Eiseneinlagen behandelt werden⁹⁾. Eine Verringerung des Betonquerschnitts ist nur bis zu einer gewissen Grenze möglich, da sonst die Voraussetzungen der Verbundwirkung nicht mehr gegeben sind, die Bogen also ohne Rücksicht auf die Tragfähigkeit des Betons für den vollen Gebirgsdruck allein zu berechnen wären. In diesem Falle wäre außerdem eine Bewehrung der Zwischenfelder nach Art der Plattenbewehrung mit den Ringen als Auflager notwendig.

Um die Eigenart des Eisenbetons zu wahren und eine möglichst gleichmäßige Kraftübertragung zu gewährleisten, darf der Abstand der Trageisen, ähnlich, wie dies in § 22, 4 für Platten vorgeschrieben ist, ein gewisses Maß nicht überschreiten. Da der Abstand der Ringe zweckmäßig 1,20 m beträgt, ist es notwendig, Rundstahl dazwischen zu stellen. Die Bogen können deshalb lediglich als Teil des notwendigen Stahlquerschnitts in Betracht kommen. Sie könnten ihn nur bei Verringerung des Ringabstandes voll ersetzen.

Der gemäß § 21, 2 notwendige Nachweis der Haftspannungen bei einem Stahldurchm. $d > 25$ mm macht ebenfalls eine Aufteilung des Stahlquerschnitts notwendig oder aber eine besondere Vorkehrung der Verankerung, da die Haftspannungen das zulässige Maß von 5 kg/cm^2 teilweise überschreiten.

Da die Bergmannspfähle auf den Ausbruchbogen aufliegen, ist die in § 14, 2 der Bestimmungen geforderte Betondeckung der Eisen, die in dem besonderen Fall wenigstens 4 cm betragen muß, schwierig oder z. T. gar nicht zu erreichen. In wenig druckhaftem Gebirge wird es möglich sein, durch Umpfänden, d. h. durch Herausnehmen der Pfändkeile zwischen den Bergmannspfählen und ihr Wiedereintreiben zwischen Bergmannspfahl und Ausbruchbogen, den notwendigen Zwischenraum zu schaffen. Die Bergmannspfähle und damit der Gebirgsdruck müssen dann durch dazwischengeschobene Betonklötzchen gehalten werden, da auch die Pfändkeile wieder zu entfernen sind. Es bedarf jedenfalls einer äußerst sorgfältigen Arbeit, um praktisch die Betondeckung der Stahlrahmen vollkommen zu erreichen und einen sicheren Rostschutz des Stahls zu gewährleisten. Bei stärkerem Gebirgsdruck wird in vielen Fällen ein Umpfänden, besonders im Scheitel, unmöglich sein.

Die Bogen sind bei größeren Tunnelquerschnitten der leichteren Handhabung wegen mehrteilig ausgeführt. Bei Verwendung als Bauteil eines Eisenbetonrahmens sind gemäß § 14, 1 der Bestimmungen die Stoßverbindungen vor allem in den Ulmen, wo die Bogen als Zugeisen wirken, entsprechend auszubilden. Die für den Einbau der Rüstung üblichen und auch genügenden Laschenverbindungen oder einfachen Schraubenverbindungen erscheinen hier nicht genügend. Außerdem ist eine besondere Verankerung der Bogen in der Zugzone der Widerlager und ihre Verbindung mit der Bewehrung des Sohlgewölbes erforderlich.

Vorstehende Betrachtungen erhellen, daß die Einbetonierung der Bogen als vollwertiger Bauteil nach den geltenden Bestimmungen des Eisenbetonbaues in der praktischen Ausführung sich meist sehr schwierig gestaltet und deshalb nur unvollkommen vorgenommen wird, der einbetonierte Stahl also zum großen Teil als unwirksam zu bezeichnen ist.

Das Handbuch für Eisenbetonbau unterstreicht den Vorteil des Einbetonierens: „Die Bogen sind zwar verloren, es kann dafür aber die Bewehrung oder Mauerung schwächer gehalten werden“⁹⁾. Diese Möglichkeit soll im folgenden untersucht werden, wobei gleichzeitig berücksichtigt werden soll, inwieweit der Wirtschaftlichkeit Rechnung getragen ist. Das Gewölbe des gegebenen Tunnels ist zur Veranschaulichung für eine Mindest-Gewölbedicke (Abb. 12 u. 13) und für Verstärkung der Gewölbedicke (Abb. 15) berechnet. Als Belastung ist entsprechend den gegebenen Verhältnissen die Druckellipse nach

Kommerell¹⁰⁾ mit $h = 20$ m und $\varphi = 30^\circ$ angenommen. Vorausgesetzt ist, daß die eben erläuterten Vorschriften der Bestimmungen für Eisenbetonbau erfüllt sind, so daß die Stahlrahmen vollgültig in die Bewehrung und in das Tragwerk einbezogen werden können.

Als Mindestdicke ist im Scheitel 30 cm gewählt, um einerseits die Bestimmung zu erfüllen, daß der Profilstahl nur einen geringen Teil der Querschnittshöhe ausmachen soll, andererseits die Forderungen der praktischen Ausführung zu berücksichtigen. Zu geringe Gewölbedicke macht das sachgemäße Einbringen und Stampfen des Betons, noch dazu bei doppelter Bewehrung, unmöglich. Für die Kämpfer ergibt sich eine Dicke von 55 cm. Die Sohle ist 60 cm dick, um genügend Steifigkeit zur Entlastung des Scheitels zu haben.

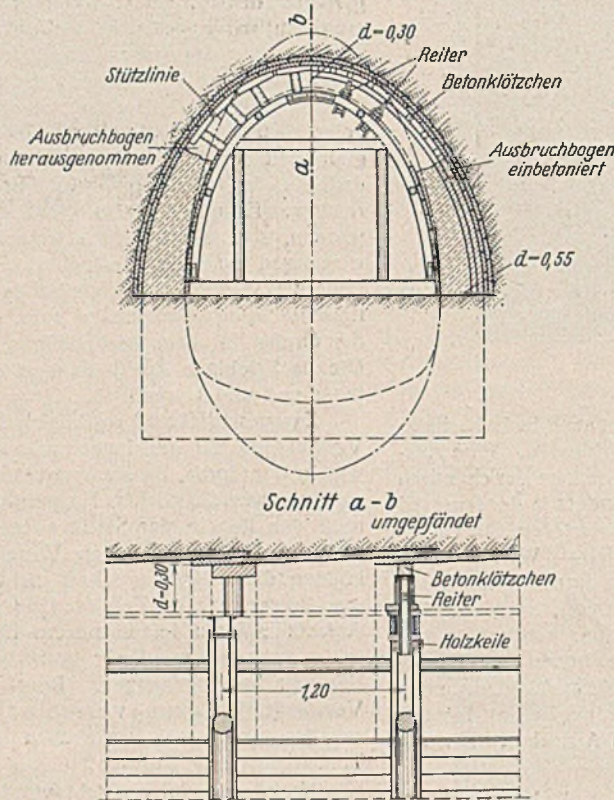


Abb. 10. Kleinbahntunnel. Gebirge auf den Lehrbogen abgestützt (Rüstung Kunz).

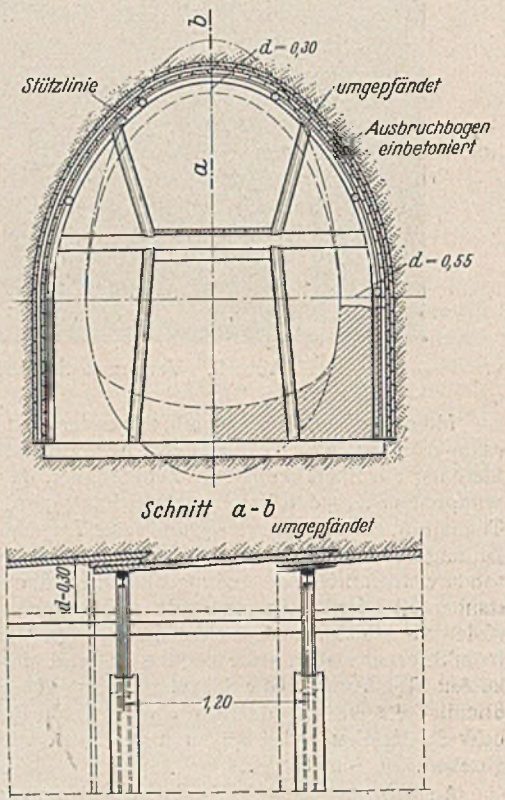


Abb. 11. Der Tunnel der Abb. 10, Gebirge auf den Ausbruchbogen abgestützt.

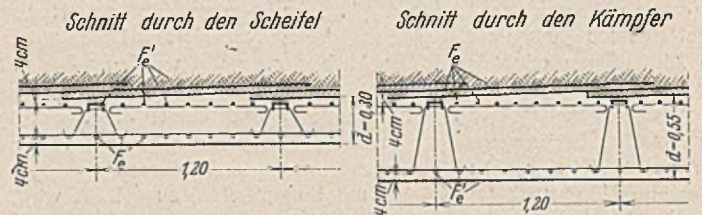


Abb. 12. Längsschnitte durch das doppelt bewehrte Gewölbe des Tunnels der Abb. 10.

Scheitel: $F_e = 24 \text{ cm}^2/\text{m}$, $F_e' = 18 \text{ cm}^2/\text{m}$	28,8 $\text{cm}^2/1,20 \text{ m} \sim 8 \text{ } \varnothing 22$ 21,6 $\text{cm}^2/1,20 \text{ m} \sim \square 10 + 7 \text{ } \varnothing 14$
Kämpfer: $F_e = 22 \text{ cm}^2/\text{m}$, $F_e' = 21 \text{ cm}^2/\text{m}$	26,4 $\text{cm}^2/1,20 \text{ m} \sim \square 10 + 8 \text{ } \varnothing 15$ 25,2 $\text{cm}^2/1,20 \text{ m} \sim 8 \text{ } \varnothing 20$.

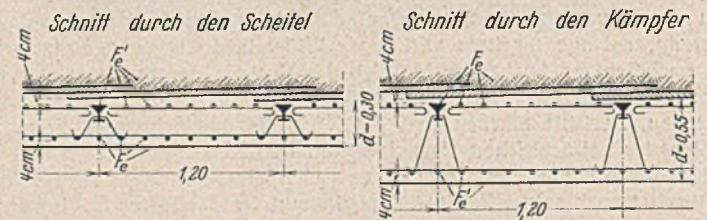


Abb. 13. Längsschnitte durch das doppelt bewehrte Gewölbe des Tunnels der Abb. 11.

Scheitel: $F_e = 24 \text{ cm}^2/\text{m}$, $F_e' = 18 \text{ cm}^2/\text{m}$	28,8 $\text{cm}^2/1,20 \text{ m} \sim 8 \text{ } \varnothing 22$ 21,6 $\text{cm}^2/1,20 \text{ m} \sim \text{Pokaleisen} + 7 \text{ } \varnothing 12$
Kämpfer: $F_e = 22 \text{ cm}^2/\text{m}$, $F_e' = 21 \text{ cm}^2/\text{m}$	26,4 $\text{cm}^2/1,20 \text{ m} \sim \text{Pokaleisen} + 7 \text{ } \varnothing 12$ 25,2 $\text{cm}^2/1,20 \text{ m} \sim 8 \text{ } \varnothing 20$.

⁹⁾ Beton-Kalender 1938, S. 302, e), oder Hütte, 26. Aufl., III. Bd., S. 219.
¹⁰⁾ Handbuch für Eisenbetonbau, 4. Aufl., XII Bd., S. 341. Berlin 1937, Wilh. Ernst & Sohn.

¹⁰⁾ Kommerell, Statische Berechnungen von Tunnelmauerwerk. Berlin 1912, Wilh. Ernst & Sohn.

Bei den angenommenen Gewölbedicken errechnet sich für alle Querschnitte doppelte Bewehrung, im Scheitel $F_e = 24 \text{ cm}^2$, $F_e' = 18 \text{ cm}^2$; im Kämpfer $F_e = 22 \text{ cm}^2$, $F_e' = 21 \text{ cm}^2$; insgesamt für 1 m Tunnel rund 700 kg Rundstahl. $F_e + F_e'$ ist nach den Bemessungstabellen von Mörsch¹¹⁾ als Mindestquerschnitt berechnet.

Es ist also möglich, die Ausbruchbogen der Kunzschens Rüstung $\square 10$ mit $F_e = 13,5 \text{ cm}^2$ nahezu mit ihrem vollen Gewicht in die Bewehrung einzubeziehen und somit an Rundstahl etwa 70 kg für 1 m Tunnel zu sparen. Das Pokaleisen der Rüstung in Abb. 13 mit $F_e = 25,4 \text{ cm}^2$ kann nur etwa mit 50% seines Gewichts als Bewehrung gewertet werden, da der Ringabstand von 1,20 m noch einen Teil des errechneten Stahlquerschnitts zur Bewehrung des Zwischenfeldes erfordert (s. Schnitte). Die Ersparnis an Rundstahl ist etwa 120 kg für 1 m Tunnel.

Bei Vergrößerung der Gewölbedicke im Scheitel und Kämpfer um 20 cm errechnet sich im Scheitel $F_e = 19,4 \text{ cm}^2$, $F_e' = 0$; im Kämpfer $F_e = 13,7 \text{ cm}^2$, $F_e' = 0$; insgesamt für 1 m Tunnel 430 kg Rundstahl. Die Dicke der Sohle kann zweckmäßig auf 40 cm verringert werden. Der Mehrausbruch und Mehrverbrauch an Beton beträgt für 1 m 1,8 m³ (Abb. 16).

Bei Einbetonieren der Ausbruchbogen $\square 10$ wird der Scheitel doppelt bewehrt. Daraus ergibt sich: $F_e = 14 \text{ cm}^2$, $F_e + F_e' = 14 + 13,5 = 27,5 \text{ cm}^2$ mit $\sigma_e/\sigma_b = 1800/60$. Es ist also möglich, die Rundstahlbewehrung schwächer zu halten, der Gesamtstahlverbrauch erfährt aber eine Erhöhung.

Trägt man nun die Abmessungen der Gewölbe, bezeichnet durch die Dicke in Scheitel, Kämpfer und Sohle, als Abszissen an und den dazugehörigen Ausbruch und Beton als Ordinaten und addiert hierzu den erforderlichen Rundstahl und Formstahl ($\square 10$ oder Pokaleisen), so erhält man etwa das in Abb. 14 dargestellte Bild über die Wirtschaftlichkeit des Einbetonierens der Ausbruchbogen und die hierdurch gegebene Möglichkeit, die Bewehrung oder Mauerung schwächer zu halten. Um die Veränderlichkeit zu berücksichtigen, die bei der Ausführung des Baues infolge der Erschwernisse der doppelten Bewehrung und der Kostenerhöhung für schwächere Gewölbe eintritt, wurden als Maßstab für die Ordinaten die Gesteinskosten für 1 m Tunnel gewählt. Wenn auch der angegebene Preis nur für einen bestimmten Fall, also nicht allgemein, gültig ist, so werden die Linien ihren Verlauf immerhin beibehalten, auch wenn infolge veränderter Grundlagen die Preise sich ändern.

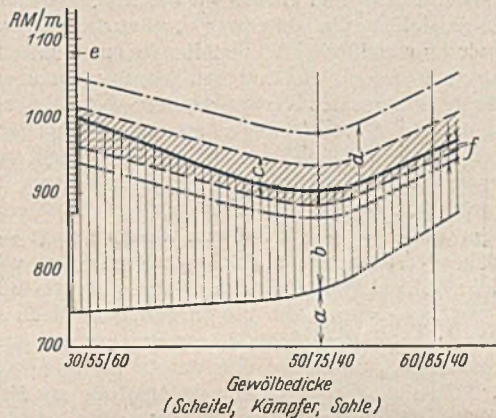


Abb. 14.

Zeichnerische Darstellung der Kosten für 1 m Tunnel bei veränderlicher Dicke des Traggewölbes in mildem Gebirge. Stahlbetongewölbe mit und ohne Einbeziehung der Ausbruchbogen.

- a = Kosten für Ausbruch und Beton.
 - b = " " Rundstahlbewehrung.
 - c = " " Ausbruchbogen $\square 10$.
 - d = " " Ausbruchbogen aus Pokaleisen.
 - e = " " für freitragende Bogen.
 - f = Ersparnis an Rundstahl durch Einbetonieren von Stahlbogen.
- $\min(a + b) = \text{wirtschaftlichstes Gewölbe}$

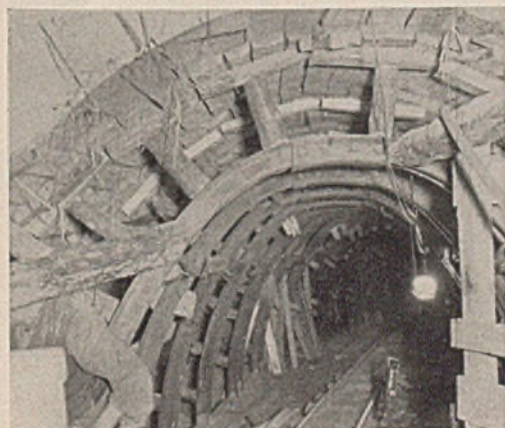


Abb. 15. Ausbruchbogen herausgenommen, zum Betonieren ungepfändet (Sandboden). Lehrbogen freitragend.

Die Linien lassen erkennen, daß das Einbetonieren der Ausbruchbogen selbst bei der möglichen Verminderung der Gewölbedicke und der bestmöglichen Anrechnung des Eisenquerschnitts der Bogen auf die Bewehrung stets einen Mehraufwand und deshalb Mehrkosten erfordert.

¹¹⁾ Mörsch, Bemessungstabellen für das Entwerfen von Eisenbetonbauten. Stuttgart 1938. Verlag Konrad Wittwer.

Am unwirtschaftlichsten erscheint das Einbetonieren freitragender Stahlrahmen.

Die aufgeworfene Frage kann also dahin beantwortet werden, daß es keinen wirtschaftlichen und im allgemeinen auch keinen bautechnischen Vorteil bringt, die Stahlbogen der Vortriebsrüstungen der Ringbauweise in das Traggewölbe eines Tunnels oder Stollens einzubetonieren. Die größtmögliche statische Ausnutzung des Eisenquerschnitts der Bogen bedingt zwar eine Verminderung der Gewölbedicke und damit eine Ersparnis an Ausbruch und Beton, sie erhöht aber den Stahlverbrauch für die entsprechend den schwächeren Abmessungen stärker zu haltende Bewehrung (doppelte Bewehrung).

Das Einbeziehen der Stahlbogen in die Bewehrung nach den Vorschriften des Eisenbetonbaues ist in der praktischen Ausführung unständig und zeitraubend. Es behindert und verteuert die Arbeit. Das

Herausnehmen hat sich, besonders bei der Rüstung, die die Lehrbogen zur Abstützung des Berges verwendet, als einfach und zweckmäßig erwiesen. Es ist selbst in lockerem Gebirge, das zu rascher Entspannung neigt, ohne Gefahr möglich und erprobt (Abb. 15). Bei rund 40 km Tunnel und Stollen, deren Ausführung mir mit der Rüstung in Holz und Eisen (Bauart Kunz) bekannt ist, war es kaum notwendig, eine Tonne Stahl der Rüstung mit einzubetonieren.

Bei Rüstungen, die das Gebirge auf den Ausbruchbogen abstützen, hat man ebenfalls versucht, Verfahren zu erproben, die das Herausnehmen der Bogen ermöglichen.

Die Zweckmäßigkeit einer solchen Betriebsweise muß aber hinter der eben beschriebenen zurückstehen.

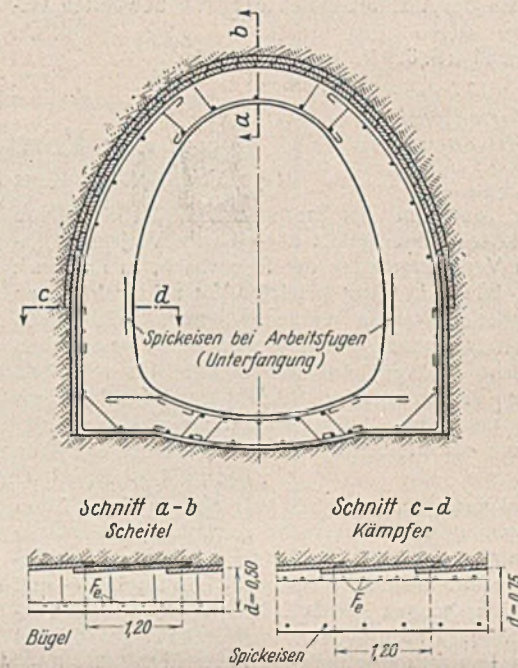


Abb. 16. Verstärktes Gewölbe des Tunnels der Abb. 10 u. 11, einfach bewehrt, Ausbruchbogen herausgenommen. Wirtschaftlichste Ausführung.

- Scheitel: $F_e = 19,4 \text{ cm}^2/\text{m}$; $23,3 \text{ cm}^2/1,20 \text{ m} \sim 5 \varnothing 25$.
- Kämpfer: $F_e = 13,7 \text{ cm}^2/\text{m}$; $16,4 \text{ cm}^2/1,20 \text{ m} \sim 5 \varnothing 22$.

Wenn Bogen einzubetonieren sind, wird es sich meistens um kurze Strecken in schwierigem Gebirge handeln, wo der Verlust der Rüstung durch den bautechnischen Vorteil der Sicherheit der Bauausführung weitestgehend aufgewogen wird. In sehr kleinen Querschnitten, bei denen die Bogen schwach gehalten und aus billigen Altstoffen hergestellt werden können, wie es im Kanal- und Wasserleitungsbau üblich ist, kann es zweckmäßig sein, sie als verloren einzubetonieren. Die Bogen stützen freitragend als Ausbruchbogen das Gebirge und geben dadurch den vollen Lichtraum für die Arbeit frei, was den Vortrieb wesentlich erleichtert und wirtschaftlicher gestaltet.

Das Schaubild (Abb. 14) führt schließlich neben den angestellten Betrachtungen noch zu der Feststellung, daß die wirtschaftlichste Ausführung eines Tunnel- oder Stollengewölbes ein Stahlbetongewölbe mit einfacher Bewehrung in Scheitel und Kämpfer bei entsprechender Wahl der Gewölbedicke ist (Abb. 16).

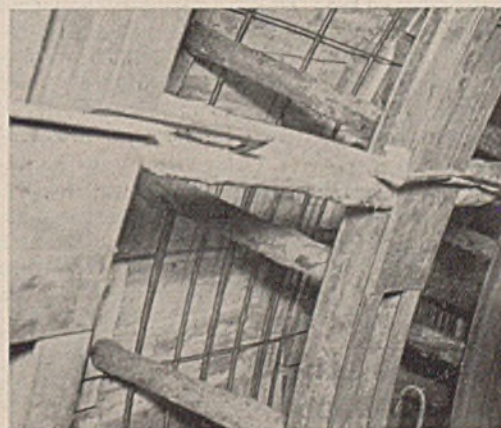


Abb. 17. Einfache Bewehrung der Kämpfer. Im Vordergrund Spickeisen.

Zu dicke Gewölbe sind ebenso wie zu schlanke unwirtschaftlich und erfordern höhere Kosten.

In Amerika hat der Stahlbeton im Tunnelbau weitgehende Verwendung gefunden. Die Anwendung ist dadurch ermöglicht, daß der dort gebräuchliche Holztausbau, die sogenannte amerikanische Zimmerung, den ganzen lichten Raum des Querschnitts frei gibt¹²⁾ (Abb. 2). Hierdurch ist Bewegungsfreiheit zum Einstellen der Stahlbewehrung und zur Betonierung gewährleistet. Die sonst gebräuchlichen Holzrüstungen mit Sparren- und Jochzimmerung gewähren diese Bewegungsfreiheit infolge ihrer zuweilen dichten Absprießung nicht und stehen naturgemäß der Ausführung der Stahlbewehrung hindernd im Wege. Es konnte sich deshalb der Stahlbeton bei den älteren Betriebsweisen keinen Eingang verschaffen.

Die neuere Betriebsweise der Ringbauweise hat es ermöglicht, ein Stahlbetongewölbe ohne Schwierigkeit in sachgemäßer Weise auszuführen. Der notwendige freie Arbeitsraum ist gegeben (Abb. 17). Besonders günstig und ohne Behinderung kann die Ausführung des einfach bewehrten Ge-

wölbes, also des an sich wirtschaftlichsten Gewölbes, in den Arbeitsgang der Betriebsweise einbezogen werden¹³⁾. Ich konnte diese Erfahrung bei Ausführung von rd. 30 km Tunnel und Stollen in einem solchen Stahlbetongewölbe machen. Ich bin auch der Ansicht, daß es in den weitaus meisten Fällen möglich sein wird, dem Entwurf das einfach bewehrte Gewölbe zugrunde zu legen.

Die amerikanische Betriebsweise ist dabei in wesentlichen Punkten übertroffen. Da der Mehrausbruch und die verlorene Holzrüstung wegfällt, da außerdem der Arbeitsgang bedeutend einfacher ist, ist die deutsche Ausführung billiger. Die Zuverlässigkeit des fertigen Bauwerks ist gewährleistet, da die Hohlräume hinter dem Gewölbe vermieden sind und somit die nachträgliche Entspannung und Druckbildung verhindert ist, was sich bei Einbetonieren der Holzrüstung nicht vermeiden läßt. Die erhöhte Sicherheit der Ausführung ist an sich durch die sichere Betriebsweise des Vortriebes mittels der Ringe gegenüber Holzzimmerung gegeben.

¹²⁾ Handb. f. Eisenbeton., S. 329 ff.

¹³⁾ Wiedemann, Stollenbau, S. 55. Berlin 1937. Wilh. Ernst & Sohn.

Alle Rechte vorbehalten.

Zur Rostschutzfrage.

Von Dipl.-Ing. Hans Heberling, München.

Das erste diesjährige Januarheft der Bautechnik enthält einen von Geheimrat Schaper verfaßten Jahresbericht über die im Vorjahr durchgeführten bautechnischen Versuchsarbeiten der Reichsbahn, in den auch die bereits vor mehreren Jahren in Gang gesetzten Versuchsarbeiten an Stahlbauten wiederum mit einbezogen wurden. Seine Ausführungen darüber faßt Schaper dahin zusammen, daß viele angebotene neue Farben bei diesen Versuchen nicht die vom Anbieter erhoffte Überlegenheit über die alten bewährten Farben gezeigt haben. Damit ist klar zum Ausdruck gebracht, daß von einer „einschneidenden“ Änderung der Reichsbahnvorschriften auch für die Dauer des Krieges nicht die Rede sein kann.

Insbesondere wird bei dem Eisengrunderstrich alles beim Alten bleiben, nachdem die erwähnten Dauerversuche unzweideutig bewiesen haben, daß die Bleimennige auch in ihren derzeitigen beiden Handelsarten¹⁾ noch immer den verhältnismäßig besten Schutz für Eisen- und Stahlsorten aller Art und Abmessungen verbürgt. Nach Ansicht des Reichsbahn-Zentralamtes (wie übrigens auch anderer maßgeblicher Stellen) hat nämlich die innerdeutsche Rohstoffumstellung bis heute noch keine Rostschutzfarben hervorgebracht, die allen noch so verschiedenen Forderungen gleichermaßen gerecht zu werden vermöchten. Vielmehr haben die erwähnten Versuche eindeutig ergeben, daß die Aufgaben der Grund- und Deckanstriche auf Eisen zu verschiedenartig sind, um mit einer einzigen Gruppe von Anstrichstoffen schlechthin gelöst werden zu können. Demgemäß wird der bisher übliche Aufbau der Schutzanstriche auch weiterhin bestehen bleiben, in der Weise, daß der Grunderstrich den unmittelbaren Schutz des Metalls übernimmt, während den Deckanstrichen im wesentlichen die Abwehr von Witterungseinflüssen zufällt.

Diese Zweiteilung kommt denn auch in den derzeitigen RZA-Vorschriften insofern eindeutig zum Ausdruck, als in ihnen die Aufgaben der Grunderstriche von denen der Deckanstriche grundsätzlich getrennt behandelt werden. Besonders fällt dabei ins Gewicht, daß für den ersten und zweiten Grunderstrich auf Eisen einheitlich Bleimennige vorgeschrieben ist, ohne Rücksicht darauf, ob die darauffolgenden Deckanstriche lediglich Leinöl oder Leinölstandöl oder ein Bindemittel aus neuzeitlichen Rohstoffen enthalten. Ein Unterschied gegen früher ist lediglich insofern feststellbar, als an Stelle der reinen Bleimennige bis auf weiteres die beiden erwähnten Handelssorten zu verwenden sind, während als Bindemittel für sie neben Leinöl zur Zeit auch einige ausgewählte Arten von Kunstharzlösungen herangezogen werden können²⁾. Für Deckanstriche dagegen sind je nach Art und Stärke der Beanspruchung die verschiedenartigsten Anstrichstoffe — u. a. auch Bitumen- und Kunstharzlacke — zugelassen.

Aus diesen Bestimmungen geht zunächst hervor, daß die Aufgaben der Grunderstriche nach Ansicht der Reichsbahnfachleute stets die gleichen bleiben, gleichviel aus welchen Rohstoffen sich die zugehörigen Deckanstriche zusammensetzen. Sehr wahrscheinlich spielt jedoch hierbei der Umstand mit hinein, daß manche der neuen Austauschstoffe — so vor allem einige der gebräuchlichsten Kunstharze — vorweg durch einen

verhältnismäßig hohen Säuregrad³⁾ gekennzeichnet sind. Allerdings handelt es sich hier ebenso wie bei den gegebenenfalls daraus entstehenden Abbaustoffen um durchweg „schwache“ Säuren, die auf Eisen oder anderen metallischen Werkstoffen keinen nennenswerten Schaden anrichten können. Andererseits darf man jedoch nicht übersehen, daß auch geringfügige Rostansätze verhängnisvolle Ausmaße annehmen können, sofern man sie nicht rechtzeitig erkennt und ihre weitere Ausbreitung verhindert. Insbesondere beim Eisen ist die mit Recht so sehr gefürchtete Unterrostung recht häufig auf solche unscheinbare Vorgänge im Filminnern zurückzuführen, deren Gefährlichkeit meist erst zu spät erkannt wird. Man wird also — mit anderen Worten gesagt — künftighin genau so wie bisher vorbeugende Maßnahmen gegen das vorzeitige oder allzu reichliche Auftreten rostfördernder Abbaustoffe im Bindemittel treffen müssen.

Die — wenn auch nur in geringem Maße vorhandene — saure Beschaffenheit sehr vieler neuer Bindemittel macht also auch weiterhin vorwiegend basische Grunderstriche erforderlich, da diese ja gerade den Zutritt organischer Zersetzungstoffe zur Metalloberfläche verhindern sollen. Schon aus diesem Grunde werden beispielsweise „Bleiweiß Z“⁴⁾ und die basischen Zinkoxyde beim Aufbau höher beanspruchter Schutzanstriche aller Wahrscheinlichkeit nach auch künftighin nicht entbehrt werden können, wenn sich noch einmal weitere Beschränkungen im Ölverbrauch als notwendig erweisen sollten.

In noch viel höherem Grade gilt dies jedoch für die Bleimennige, die dementsprechend ihre Vorzugsstellung als Grunderstrich ersten Ranges für Eisen auch weiterhin behalten wird. Die chemische Zusammensetzung der Bleimennige läßt wohl keinen Zweifel darüber aufkommen — und die Erfahrungen der Praxis haben dies bereits bestätigt —, daß sie in besonderem Maße zur Aufnahme und Unschädlichmachung der beim Filmabbau gebildeten organischen Säuren und ähnlicher Stoffe befähigt ist. Auch die sonstigen Vorzüge der beiden derzeitigen Bleimennigemarken — ihre ungewöhnliche Haftfestigkeit sowie die Fähigkeit, das Eisen in den elektrisch „passiven“ (d. h. rosthemmenden) Zustand zu versetzen — fallen hier nicht unerheblich ins Gewicht. Denn schon die erstgenannte Eigenschaft wird eine örtliche Freilegung des Eisens in den allermeisten Fällen verhindern; sollte dies aber um irgendwelcher unberechenbarer Umstände willen doch einmal der Fall sein, so wird die passive Oxydhaut dem gefährdeten Metall wenigstens vorübergehend Schutz gewähren, vorausgesetzt natürlich, daß der Schaden alsbald entdeckt und ausgebessert wird.

Besondere Beachtung verdient in diesem Zusammenhang die Feststellung Schapers, daß unter allen in diese Versuche mit einbezogenen bituminösen und teerhaltigen Anstrichen ein zweimaliger Deckanstrich mit Eisenlack (auf Teergrundlage) auf einem Bleimennige-Grunderstrich die besten Ergebnisse zeitigte. Seit einiger Zeit macht sich nämlich in der Fachpresse die irriige Meinung geltend, daß die Bleimennige ihre Wirksamkeit nur in Verbindung mit sogenannten „arteigenen“ Deckanstrichen voll entfalten könne. Hervorgerufen wurde dieser Irrtum möglicherweise dadurch, daß die Bleimennige auch heute noch, soweit es die örtlichen Umstände gestatten, mit einer mehrfachen Deckschicht

¹⁾ Sie enthalten nach wie vor in je 100 Gewtl. Fertigware je 40 Gewtl. Schwerspat oder Eisenoxydrot, im übrigen jedoch nur reine Bleimennige.

²⁾ Vgl. die vorläufigen Technischen Lieferbedingungen des Reichsbahn-Zentralamtes für Rostschutzfarben auf Phthalatharz-Grundlage, Ausgabe IX, 1938.

³⁾ Die Säurezahl des frischen Leinöls beträgt rd. 3, diejenige der gebräuchlichsten Kunstharze durchschnittlich 20. Näheres in der tabellarischen Zusammenstellung der deutschen Kunstharze. Berlin 1937, Otto Elsner.

⁴⁾ Es sei hier daran erinnert, daß „Bleiweiß Z“ nach wie vor als ein inniges Gemisch von Bleiweiß und Zinkweiß, jedoch unter Ausschluß wertvermindernder Zusätze in den Handel kommt.

aus getöntem Bleiweiß (oder „Bleiweiß Z“) überzogen wird, das allerdings in chemischer und maltechnischer Beziehung unter allen Pigmenten der Bleimennige am nächsten kommt. Auf Grund vieljähriger Erfahrungen steht zweifelsfrei fest, daß die in dieser Anordnung hergestellten Anstriche durch hohen Schutzwert und eine sonst nicht leicht zu erreichende Lebensdauer ausgezeichnet sind. Andererseits wurde jedoch einwandfrei erwiesen, daß die oben aufgezählten Vorzüge der Bleimennige auch dann noch hinreichend zur Geltung kommen, wenn die darauf folgenden Deckanstriche weder Blei noch Öl enthalten. Insbesondere wurden über die Brauchbarkeit der Bleimennige-Grundanstriche mit nachfolgendem Bitumenanstrich bereits vor Jahren auch von dritter Seite Untersuchungen durch-

geführt, die den von der Reichsbahn mitgeteilten Sachverhalt in allen wesentlichen Punkten bestätigen⁵⁾. Ihnen zufolge bringt der Bleimennige-Grundanstrich auch in dieser Verwendungsart stets erhebliche Vorteile mit sich, vorausgesetzt, daß die Bitumenschicht stark genug gehalten ist, um der Einwirkung fließenden und auch geschlebeführenden Wassers dauernd zu widerstehen⁶⁾.

⁵⁾ Vgl. u. a. den Aufsatz von A. V. Blom, Wasserfeste Anstriche. Farbenzeitung, 38. Jahrg., Nr. 13, S. 350.

⁶⁾ Diese Zusammenstellung wurde von jeher für Unterwasseranstriche (an Schleusen und ähnlichen Anlagen) bevorzugt.

Alle Rechte vorbehalten.

Direktor Hermann Russow †.

Am 26. Juli 1940 verschied aus voller Arbeit heraus der Geschäftsführer des Deutschen Stahlbau-Verbandes, Direktor Hermann Russow.

Geboren am 21. November 1883 in Crien in Pommern, trat er als Fünfzehnjähriger zunächst in ein Architekturbüro in Stettin ein, um sich dann dem Studium des Bauingenieurwesens auf dem Technikum in Mecklenburg-Strelitz zu widmen. Nach mehrjähriger praktischer Tätigkeit bei verschiedenen Bauunternehmungen führte ihn sein Weg zur Stahlindustrie. 1910 trat er in die Statische Abteilung des Stahlwerks-Verbandes in Düsseldorf ein, 1919 folgte er einem Ruf des Deutschen Stahlbau-Verbandes, Berlin, dem von nun an seine Lebensarbeit gewidmet war.

Russow wurde zunächst die Leitung der Statistik des Verbandes und die Bearbeitung allgemeiner Organisationsfragen übertragen. Schon bald zeigte sich seine besondere Veranlagung für die vielgestaltigen Aufgaben, wie sie in der Geschäftsstelle eines industriellen Verbandes zusammenfließen, und vor allem seine Anpassungsfähigkeit an die vielfachen Wünsche und Anregungen aus dem Kreise der Mitglieder. So wurde er bald der Geschäftsführung ein wertvoller Mitarbeiter, der sich in den Zeiten des Währungsverfalles, der Deflation und des bis 1933 dann folgenden wirtschaftlichen Niederganges stets treulich und in immer steigendem Maße bewährte. Die genannten Zeitspannen dürften unbestritten die schwierigsten und wechselvollsten Zeiten des deutschen Wirtschaftslebens gewesen sein. Nur Männer mit einem unermüdlichen Arbeitswillen und einer nie erlahmenden Arbeitskraft, widerstandsfähig gegen die zermürbenden Einflüsse



dieser Zeiten, mit einem gesunden und doch nicht uferlosen Optimismus und schließlich mit einem offenen Blick für die Anforderungen des Tages konnten den Kampf dieser Jahre bestehen, Eigenschaften, wie sie Russow in reichem Maße beschieden waren und wie er sie in vorbildlicher und selbstloser Weise unentwegt einsetzte.

Erst recht fanden die Aufgaben, die das von Russow aus vollem Herzen bejahte Dritte Reich auch an die Stahlbauindustrie stellte, in ihm ihren Mann, so daß, als ihm am 1. Oktober 1938 die Geschäftsführung des Verbandes übertragen wurde, er mit starker und zielbewußter Hand das Steuer ergriff und die Verbandsgeschäfte glücklich und mit Erfolg weiter auf dem bisherigen Wege führte.

Das Schicksal hat Russow knapp 2 Jahre auf diesem Posten belassen. Seine in mehr als 20jähriger Zeit der deutschen Stahlbauindustrie geleistete Arbeit ist fest in der Geschichte und in der Entwicklung des Verbandes verankert. Die Erinnerung an ihn wird in allen, die ihn kannten und die mit ihm arbeiteten, fortleben, eine Erinnerung, die besonders gern anknüpfen wird an Russows hervorragende menschliche Eigenschaften. Aufgeschlossen jeder an ihn herantretenden Arbeit kam er offen und lebenswürdig jedermann entgegen und war stets bemüht, Schärpen und Reibungen zu vermeiden. Hilfsbereit sprang er ein, wo er helfen konnte und schlug durch sein lebenswertes Wesen die Brücken zur Umwelt. Trauernd steht die deutsche Stahlbau-Industrie an der Bahre ihres verdienstvollen Arbeiters, des treuen Kameraden und guten Freundes. Er bleibt ihr unvergessen!

Dr. Oclert.

Vermischtes.

Baurat Dr.-Ing. e. h. Johannes Bousset 75 Jahre alt. Am 31. Juli feierte Dr.-Ing. e. h. Bousset seinen 75. Geburtstag. Er hat seine Lebensarbeit den Berliner Schnellbahnen gewidmet, seit er mit 29 Jahren bei Siemens & Halske die Leitung des Technischen Büros der Berliner Hochbahnen übernahm. Im Jahre 1902 wurde er Leiter der Bauabteilung der Berliner Hochbahngesellschaft, 1926 Vorstandsmitglied der Nord-südbahn-Gesellschaft, 1929 Vorsitzender ihres Vorstandes. Der Name Bousset ist für immer mit den Berliner Hoch- und Untergrundbahnen und damit mit der Entwicklungsgeschichte der städtischen Schnellbahnen überhaupt verbunden. Bekannt ist sein Werk über die Berliner Untergrundbahnen (Berlin 1935, Wilh. Ernst & Sohn). Die Ernennung zum Kgl. Baurat (1913), die Verleihung der Würde eines Ehrendoktors und die Mitgliedschaft in der Akademie des Bauwesens sind äußere Zeichen der Anerkennung, die sein Wirken, sein überlegenes Wissen und seine große Erfahrung überall gefunden haben.

Technische Hochschule München. Professor Theo Lechner ist beauftragt worden, in der Abteilung für Bauwesen Bauwirtschaft, Kostenanschläge und Vergabungswesen in Vorlesungen und Übungen zu vertreten.

Einführung der Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton im Sudetengau. Der Reichsverkehrsminister gibt bekannt,

daß die genannten Bestimmungen¹⁾ im Reichsgau Sudetenland eingeführt sind, ebenso die DIN-Normen²⁾, auf die in den Bestimmungen hingewiesen ist. Die CS-Normen 1090 von 1931 über Betonbauten und die Bestimmungen des CS-Ministeriums für öffentliche Arbeiten vom 28. 12. 1922 über die Ausführung und Abrechnung der Betonarbeiten sind außer Kraft gesetzt.

Die Wiener Herbstmesse findet in diesem Jahre in der Zeit vom 1. bis 8. September statt. Es werden u. a. Baumaschinen aller Art ausgestellt werden.

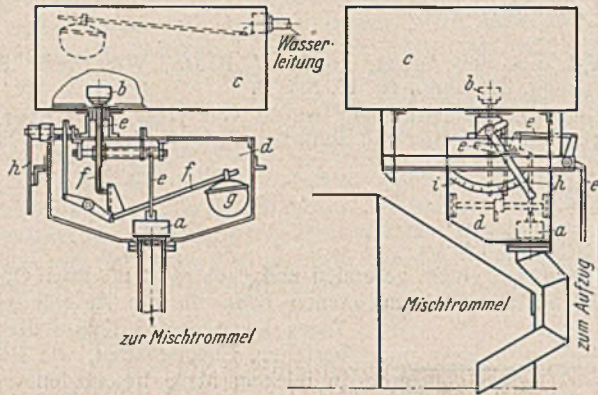
Selbsttätige Wasserabmeßvorrichtung für Betonmischer. Um beim Füllen der Trommel einer Betonmischmaschine mit den festen Betonbestandteilen eine gleichbleibende Menge Anmachwasser ohne Zutun des Bedienungsmannes zugeben zu können, hat die Maschinenfabrik Otto Kaiser in St. Ingbert eine selbsttätige Wasserabmeßvorrichtung entwickelt, die durch die Bewegungen der Beschickeneinrichtung für die Trommel ausgelöst wird.

Die Einrichtung (s. Abb.) besteht aus dem Sammelgefäß *c* und dem Abmeßgefäß *d*, die durch eine kurze Rohrleitung über das Einlaßventil *b*

¹⁾ Ausgabe 1938; Verlag Wilh. Ernst u. Sohn, Berlin.

²⁾ Zu beziehen von Beuth-Vertrieb, Berlin SW 68.

in Verbindung stehen. Am Abfluß nach der Mischtrommel ist im Meßgefäß *d* das Auslaßventil *a* angebracht. Der Sammelbehälter *c* ist an eine Druckwasserleitung angeschlossen. Wenn sich der Behälter *c* mit Wasser gefüllt hat, wird der Zufluß durch ein gewöhnliches Schwimmerventil unterbrochen.



Selbsttätige Wasserabmeßvorrichtung für Betonmischer.

a Auslaßventil, *b* Einlaßventil, *c* Sammelbehälter, *d* Abmeßgefäß, *e* Hebel zum Öffnen und Schließen des Ein- und Auslaßventiles, *f* Hebel zum Verstellen der zufließenden Wassermenge, *g* Schwimmer, *h* Handhebel zum Einstellen der Wassermenge, *i* Teilung.

Beim Hochziehen des mit den festen Betonbestandteilen gefüllten Aufzugkastens der Beschiebeinrichtung wird durch die vom Aufzugkasten bewegten Hebel *e* das Auslaßventil *a* geöffnet, so daß die Wassermenge im Meßgefäß *d* zur Mischtrommel fließt. Umgekehrt beim Senken des entleerten Aufzugkastens schließt sich infolge der Hebel *e* das Auslaßventil *a*, während das Einlaßventil *b* geöffnet wird. Das mittlerweile dem Sammelbehälter *c* zugeführte Wasser gelangt dann in das Meßgefäß *d*.

Das Einlaßventil *b* steht durch die Hebel *f* mit dem Schwimmer *g* in Verbindung, dessen Lage von außen durch den Handhebel *h* verstellbar werden kann. Wird der Schwimmer *g* nach oben verstellbar, so gelangt eine größere Menge Wasser in das Abmeßgefäß und umgekehrt. Die Wassermenge ist genau einstellbar. Der Handhebel *h* wird durch Rasten an der Teilung *i* festgehalten.

Riedig.

Mit Eternit bewehrter Beton. Im Zuge der Autarkiemaßnahmen Italiens wurde unter anderem auch die Möglichkeit geprüft, den Eisenbedarf im Baugewerbe herabzumindern und die Bewehrung durch andere Stoffe oder Bauweisen zu ersetzen. Zu diesem Zwecke hat ein besonderer Arbeitsausschuß italienischer Hochschullehrer entsprechende Untersuchungen durchgeführt, über die Prof. Ing. Pietro Periani in Annali dei Lavori Pubblici 1939, Heft 8, ausführlich berichtet¹⁾. Die sonst üblichen Bewehrungsseile wurden durch gepreßte Eterniteinlagen aus 1 Gewichtsteil Asbest und 6 bis 10 Gewichtsteilen Portlandzement ersetzt. In Anbetracht der reichen und guten Asbestvorkommen, namentlich auf den Liparischen Inseln, ist dieser künstliche Baustoff für die Autarkiebestrebungen Italiens von nicht unerheblicher wirtschaftlicher Bedeutung. Versuche mit Balken und Deckenbauweisen nach Abb. 1 bis 8 führten zu folgenden Ergebnissen:

1. Prüfung der Elastizität und des Zugwiderstandes der an Stelle der Rundseile verwendeten Eterniteinlagen: Nutzlänge 10 cm, rechteckiger Querschnitt 1,81 cm², Elastizitätsziffer 375 t/cm², Bruchlast bei 240 kg.

2. Statische Prüfung mit Einzellast in Balkenmitte: Lastabstand von den Auflagerpunkten 100 cm, Balkenquerschnitt 12 × 16 cm:

a) nicht bewehrte Balken: Bruchlast 631 kg;

¹⁾ Dr. Ing. de Simone, Ann. Lav. Pubbl., Dez. 1939, S. 1189—1223.

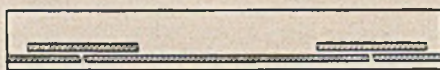


Abb. 3.

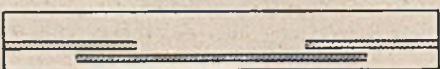


Abb. 4.

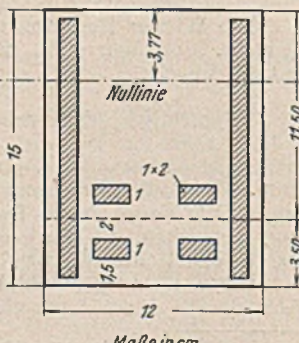


Abb. 5.

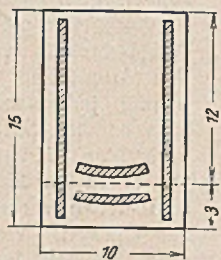


Abb. 1.

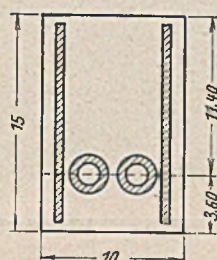


Abb. 2.

b) mit Eterniteinlagen bewehrte Balken, rechteckiger Bewehrungsquerschnitt 8 cm², Bruchlast 1444 bis 1482 kg;

c) Balken mit Eisenbewehrung, rechteckiger Bewehrungsquerschnitt 1,5 cm², Bruchlast 2955 kg.

3. Prüfung mit Eterniteinlagen bewehrter Balken auf Biegunszug bei Beanspruchung durch eine in Balkenmitte wirkende veränderliche Einzellast: Abstand von den Auflagern 100 cm, Balkenquerschnitt 12 × 16 cm, rechteckiger Bewehrungsquerschnitt 8 cm²:

a) veränderliche Last zwischen 400 und 1100 kg: der Balken brach nach 100 Beanspruchungen,

b) veränderliche Last zwischen 400 und 900 kg: der Balken brach nach 2500 Belastungen,

c) veränderliche Last zwischen 400 und 800 kg: der Balken brach nach 1 030 000 Belastungen,

d) veränderliche Last zwischen 400 und 700 kg: nach 1 500 000 Wiederholungen der Belastung kein Bruch.

Aus den Untersuchungsergebnissen hat der Arbeitsausschuß nachstehende Schlußfolgerungen gezogen: 1. Die Eterniteinlage beeinflusst den Widerstand der Balken gegen Biegung günstig.

2. Im allgemeinen ist die Größe dieses durch Eterniteinlagen bewirkten Widerstandes etwa 1/10 des Widerstandes des gleichen Eisenquerschnittes. 3. Für veränderliche Lasten können 50% der Beanspruchung durch ruhende Lasten ohne Bedenken angenommen werden. 4. Zwischen dem Verhalten von Balken, die mit Eisen und mit Eternit von gleichem Querschnitt bewehrt sind, ist ein erheblicher Unterschied. In letzterem Falle trat nämlich der Bruch, im Gegensatz zur Eisenbewehrung, ohne jede vorausgegangene Formänderung ein. 5. Die Verwendung gepreßter Eterniteinlagen an Stelle von Eisen führt, unter sonst gleichen Umständen, zu dem Gewichte nach schwereren Tragwerken als die Verwendung einer sachgemäßen Rundseileisenbewehrung. Diese Schlußfolgerungen beziehen sich nur auf rechteckige, nicht auch auf T-förmige Balkenquerschnitte.

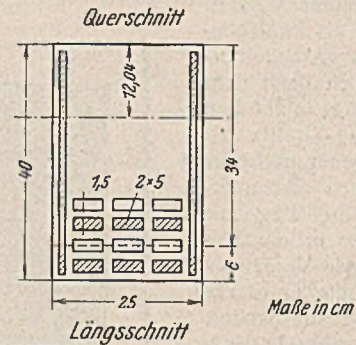


Abb. 6.

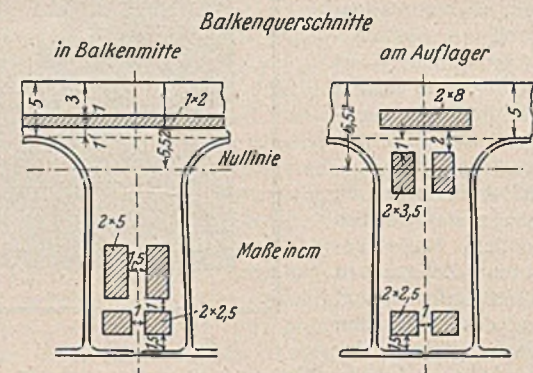
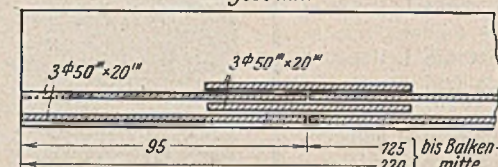


Abb. 7.

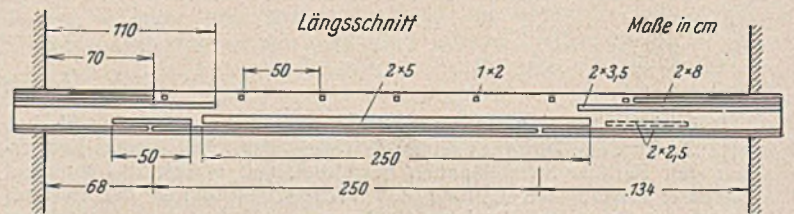


Abb. 8.

Abgesehen von der Eignung gepreßter Eterniteinlagen als Ersatz von Stahlbewehrung kommen für diesen künstlichen Baustoff noch folgende Vorteile in Betracht: 1. große Gleichartigkeit (Homogenität); 2. größter Widerstand gegen Feuchtigkeit, gegen das Gefüge angreifende Stoffe und umherziehende elektrische Ströme; 3. größte Einfachheit der Herstellung der Einlagen; 4. leichte Herstellung von Röhren und Säulen.

Dr.-Ing. Dr. rer. pol. Haller VDI, Tübingen.

INHALT: Die Baugrubenausstellung einer Kanalschleuse. — Über die Wasserwirtschaft im Warthegeau. — Stahl- und Stahlbeton im Tunnel- und Stollenbau. — Zur Rostschutzfrage. — Direktor Hermann Russow† — Vermischtes: Baurat Dr.-Ing. e. h. Johannes Bousset 75 Jahre alt. — Technische Hochschule München. — Einführung der Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton im Sudetengau. — Die Wiener Herbstmesse. — Selbsttätige Wasserabmeßvorrichtung für Betonmischer. — Mit Eternit bewehrter Beton.

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