DER BAUINGENIEUR

17. Jahrgang 24. Januar 1936 Heft 3|4

VERSUCHE ÜBER DIE VERWENDUNG VON BAMBUS IM BETONBAU.[1]

Von Ing. K. Datta, Chittagon, Indien.

A. Einleitung.

I. Was versteht man unter Bambus.

Nach Schrötter faßt man unter dem Begriff „Bambus" im gewöhnlichen Sprachgebrauch alle baum- oder strauchartigen Gräser mit ausdauerndem, verholztem und verzweigtem Stamm zusammen.

Die Oberfläche des Bambus ist glänzend und glatt, anfangs grün, später gelblich, oder braun bis schwarz, einfarbig oder durch unregelmäßige Pilzflecken punktiert oder getigert oder durch andersfarbige Längslinien gestreift.

Von einem Wurzelstock aufschießend bleibt der Halm unverzweigt, bis er seine volle Höhe erreicht hat, was schon im ersten Jahr geschieht. Er erscheint also zunächst als ein astloser Spieß, nur von den oft mächtigen Scheideblättern bedeckt. Diese fallen ab, sobald der Halm sich zu verzweigen beginnt. Von Anfang an behält der Halm die gleiche Dicke bei, so daß das Alter eines Rohres an seiner Dicke nicht zu erkennen ist. Das Alter wird nach dem Klang und dem Aussehen der Oberfläche beurteilt.

Der ausgebildete verzweigte Halm sitzt mit kegelförmig zugespitzter, stets etwas gebogener Basis auf dem Wurzelstock und ist mit demselben durch einen dünnen stielförmigen Strick verbunden. Diese Halmbasis ist charakterisiert durch dicht aufeinanderfolgende Knoten, welche mit zahllosen Nebenwurzeln besetzt sind. Da die Verbindung mit dem Wurzelstock nur eine sehr dünne ist, muß eben der Halm durch reiche Produktion eigener Wurzeln für seine Befestigung im Boden und die nötige Säftezufuhr sorgen.

Weiter oben am Halme folgen die Knoten in weitem Abstande voneinander. Die Halmglieder sind hohl. An den Knoten durchsetzen feste, stark verkieselte Scheidewände das Innere. Die Knoten sind die Einfügungsstellen der abgefallenen Scheideblätter. An den Knoten entspringen auf beiden Seiten des Halmes abwechselnd die Seitenzweige, deren Knospen durch Druck an den nebenliegenden Halmgliedern oft zwei deutliche durch eine Kante getrennte Rinnen hervorrufen.

Die Fasern laufen in den Halmgliedern streng parallel und bedingen so die unbegrenzte Spaltbarkeit der Rohre; in den Knoten durchkreuzen sie sich nach allen Richtungen.

Die Weltwörterbücher erwähnen ungefähr 30 Arten von Bambus. Francé erwähnt ungefähr 230 Arten von Bambus. Nach Häckel umfassen die Bambusse 23 Gattungen mit 184 bis 186 Arten. Spörry schätzt die Bambusarten, vom kleinsten schilfartigen Grase bis zu jenen stolzen Stämmen, welche sich bei einem Durchmesser an der Basis von 30 cm und mehr, oft 20 m und höher erheben, etwa über 50. Die Landbewohner in Indien und Japan nennen die Bambusarten „unzählbar", was heißen soll, daß sie nicht alle kennen.

Bambus wächst in der alten Welt von 23° s. B. (Südafrika) bis 46° n.B. (Kurilen), in der neuen Welt von 42° s.B. (Insel Chiloe) bis 40° n. B. (bei Philadelphia). Manche Baumgräser wachsen im Himalaya und in den Anden bis zur Schneegrenze und bilden dort Urwälder. Die japanischen Arten — Moso- und Mabambus vertragen Frost bis zu —10° C.

Der Bambus faßt leicht Wurzel und gedeiht leicht. Wirft man eine Wurzel in eine Vertiefung und bedeckt sie mit etwas Erde und Asche, so dringen die Fasern schon nach zwei Monaten fest und tief in den Boden, besondere Sorgfalt ist nicht zu beobachten. Eine Bearbeitung des Bodens ist nicht nötig, wie hart derselbe auch sei. Die Wurzeln dringen sehr leicht durch, sie gehen nicht sehr tief, wuchern aber stark und auf große Strecken seitwärts. Das Verpflanzen geschieht gewöhnlich in der warmen Regenzeit des Juni, selten im Frühling. Die Bambussprossen schießen naturgemäß regellos hervor. Bambus wächst sehr schnell. Francé erwähnt, daß manche Bambusarten der Tropen in der Regenzeit eine Höhe bis zu 40 m schon innerhalb 40 bis 60 Tagen erreichen. Kraus fand im botanischen Garten von Buitenzorg in Java ein Maximum von 57 cm in 24 Stunden. In dem berühmten Garten von Kew bei London hat man innerhalb 24 Stunden ein Höhenwachstum bis 91 cm gesehen.

II. Der in Indien verwendete Beton und seine Bestandteile.

In Indien und hier besonders in Bengalen ist Bambus in Hülle und Fülle vorhanden. Die Bauern und der Mittelstand der bengalischen Dörfer haben fast durchweg eigene Bambusgebüsche. In den Bauerndörfern findet der Bambus weitgehende Verwendung, die sich nicht zuletzt auch aus den qualitativen Vorzügen erklärt. Hohe Festigkeit bei geringem Raumgewicht ist die bestechendste Eigenschaft dieses außerordentlich leicht zu bearbeitenden Materials, das sich außerdem noch durch seine Gleichmäßigkeit in Wuchs und Festigkeit auszeichnet. So werden die Hütten fast ausschließlich aus diesem Material gebaut. Soweit die Umfassungswände aus Lehm hergestellt sind, stellt der Bambus das Material für Decken und Dachgerüst dar. Selbst kleine Brücken werden aus Bambus gebaut; seine Verwendung für Gartenzäune ist beinahe selbstverständlich, wie auch die Eignung zum Gangbarmachen der schmutzigen Wege während der Regenzeit. Bambushäuser finden selbst in kleineren Städten Verwendung.

Die Lebensdauer des Bambus und seine Haltbarkeit lassen allerdings, ähnlich wie bei anderen Bauhölzern, sehr zu wünschen übrig, da er sich gegen den Einfluß der Feuchtigkeit sehr empfindlich zeigt und unter deren Einwirkung früher oder später verfault. Infolgedessen ist man genötigt, alle die Bauteile, die der Feuchtigkeit ausgesetzt sind — also die Pfosten der Hütten, die Gartenzäune usw. von Zeit zu Zeit zu erneuern, wozu überdies vielfach auch der öfters anzutreffende Wurmfraß zwingt. Durch Teeranstrich und ähnliche Präparierung des Bambus lassen sich diese Nachteile wohl etwas zurückdrängen, doch hält dies nur für eine beschränkte Zeit vor. Die außerordentlich leichte Brennbarkeit des Materials ist ein weiterer großer Nachteil. Es kommt häufig vor, daß ein ganzes Dorf durch Feuer eingeäschert wird. In großen Städten sind aus diesem Grunde Bambuskonstruktionen überhaupt nicht zugelassen. Der Verwendung des Bambus sind insofern noch Grenzen gezogen, als er nur in kleineren Querschnitten anzutreffen ist und sich deshalb praktisch für Bauteile großer Tragglieder nicht eignet.

Aus den vorstehenden Erläuterungen geht hervor, daß der Bambus trotz seiner vielen guten Eigenschaften im Bauwesen keine große Verwendung finden konnte, solange man nicht in der Lage war, ihn gegen Verfaulen, Wurmfraß und Einwirkung des Feuers zu schützen.

Durch Umhüllung des Bambus mit Beton könnten sehr wahrscheinlich die genannten Nachteile des Bambus ausgeschaltet werden.

In folgendem sollen nun kurz der in Indien verwendete Beton und seine Bestandteile besprochen werden, um dadurch zu zeigen,

[1] Nach einer Dissertation an der Techn. Hochschule Stuttgart.

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA
Katedra Wytrzymałości Materiałów
i Statyki Budowli

wie weit die Verwendung dieses neuzeitlichen Baumaterials in Anbetracht der Verhältnisse Indiens uns Vorteile bietet.

Die wenigen Zementfabriken in Indien sind noch nicht in der Lage, den Bedarf Indiens an Zement zu liefern, auch sind die Erzeugnisse noch nicht so hochwertig wie die europäischen und japanischen. Daher wird der größte Teil des Zementbedarfs von englischen und japanischen Zementwerken gedeckt.

Gruben- sowie Flußsand werden zwar gewonnen, aber der Sand ist fast immer sehr feinkörnig (Korngröße unter 1 mm).

Im größten Teil Indiens, besonders in Bengalen, kommt kein Kies vor. Gebrochenes Steinmaterial ist verhältnismäßig teuer, daher wird fast immer gebrochenes Ziegelmaterial verwendet.

Für die Prüfung des Zements und für die Herstellung des Betons sind keine Vorschriften vorhanden. Der Bauunternehmer ist also nicht verpflichtet, sich über die Eigenschaften des verwendeten Betons zu orientieren. Begriffe wie Wasserzementfaktor oder Feinheitsmodul sind kaum bekannt, das Mischungsverhältnis wird fast ausschließlich für die Betongüte als maßgebend angesehen.

B. Verbundkonstruktionen aus Bambus und Beton.

Aus dem Vorhergesagten geht hervor, daß die Verwendung von Beton in Indien uns einerseits noch keinen wirtschaftlichen Vorteil bietet, da Indien stark von ausländischem Zement abhängig ist, andererseits auch keinen technischen Vorteil, da erstens die einheimischen Zuschlagstoffe für die Herstellung hochwertigen Betons schlecht geeignet sind und zweitens weil man durch das Fehlen der Betonkontrolle überhaupt noch nicht in der Lage ist, eine bestimmte Güte zu gewährleisten.

Es war deshalb zu überlegen, ob es nicht möglich wäre, Konstruktionen aus einer Kombination von Bambus und Beton herzustellen, wobei der Beton die nachstehend unter a bis d genannten Aufgaben hätte:

a) die verschiedenen tragenden Bambusquerschnitte zusammenzuhalten und gemeinsam zur Wirkung zu bringen;

b) den Bambus gegen seine Feinde zu schützen,

c) dem Bauteil eine gefällige und zweckmäßige Form zu geben;

d) einen Teil der Kräfte, besonders der Druckkräfte, zu übernehmen.

Diese Forderungen können nur erfüllt werden, wenn folgende Eigenschaften vorhanden sind:

1. die beiden Materialien dürfen sich gegenseitig nicht schädigen;

2. der Bambus soll im Beton nicht geringer wertig werden d. h. von Pilzen usw. nicht angegriffen werden;

3. der Bambus muß im Beton festsitzen und dadurch eine Verbundwirkung zwischen beiden Materialien erzielen.

Wie alle Hölzer nimmt der Bambus aus seiner Umgebung Feuchtigkeit auf und quillt dabei. Das Quellen eines einbetonierten Bambus kann so groß werden, daß die dabei auftretenden Kräfte die Zugfestigkeit des frischen Betons überschreiten und die Betondeckung aufreißen. Beim Austrocknen und Erhärten des Betons wird der Bambus wieder seine Feuchtigkeit verlieren und dabei schwinden. Da das Schwindmaß für Bambus vielfach größer ist als das für Beton und außerdem der Bambus rascher schwindet, so wird dieser mit der Zeit im Beton lose sitzen und es wird keine Haftung zwischen Bambus und Beton vorhanden sein. Allerdings werden die Äste (vgl. Abb. 1), die Scheidewände, und die Unebenheit der Oberfläche (vgl. Abb. 2) des Bambus das Gleiten zwischen den beiden Materialien hindern. Aber da je nach der Größe des Bauteils, es lange dauern kann, bis der einbetonierte Bambus wieder trocken wird und da der Bambus wie alle Hölzer mit der Aufnahme an Feuchtigkeit seine Festigkeit verringert, so wäre es zweckmäßig, wenn man den Bambus gegen Feuchtigkeit ganz unempfindlich machen könnte. Es gibt aber bis jetzt kein solches Verfahren, wodurch man die Hölzer auf die Dauer gegen Feuchtigkeitsaufnahme vollkommen schützen kann. Der Beton verliert aber nach seiner Herstellung rasch an Feuchtigkeit (wenn er trocken gelagert ist) und hat nach wenigen Tagen nur noch einen geringen Feuchtigkeitsgehalt; außerdem schwindet er beim Austrocknen. So kann man annehmen, daß es genügt, wenn der Bambus durch geeignete Verfahren für die ersten Tage nach seiner Einlagerung in den Beton gegen Feuchtigkeit möglichst unempfindlich gemacht wird. In diesem Fall sind für den Bambus im Beton nur geringe Längen-, Breiten- oder Dickenänderungen zu erwarten, und es besteht die Möglichkeit, daß der Bambus im Beton festsitzen wird. Wird dieses Ziel durch einen Außenanstrich erreicht, so ist es weiter möglich, daß dieser Anstrich den Bambus gegen Verfaulen, Pilzangriff, und so weiter schützt. Damit werden die Grundbedingungen 1 bis 3 erfüllt.

Abb. 1.

Abb. 2.

Ist man nun in der Lage, durch geeignete Vorkehrungen, die Grundbedingungen zu erfüllen, so erhebt sich die Frage — ob die beiden Materialien — Bambus und Beton unter den verschiedenen Beanspruchungen elastisch zusammenwirken.

Elastisches Zusammenwirken von Bambus und Beton.

Prof. Baumann hatte in der Materialprüfungsanstalt der Technischen Hochschule zu Stuttgart weitgehende Versuche über Elastizitäts- und Festigkeitseigenschaften von Bambus durchgeführt [2]. Für die Versuche wurden lufttrockene Bambusrohre verwendet. Der Feuchtigkeitsgehalt des Bambus ist nicht festgestellt worden, wie es wünschenswert wäre.

Baumann fand den:

Elastizitätsmodul für Bambusrohre bei Druckbelastung = 189 000—199 000 kg/cm².

Druckfestigkeit für rd. 30 cm lange Bambusrohre von rd. 3 cm Außendurchmesser und 0,45 cm Wandstärke = 794 kg/cm² bis 863 kg/cm², bezogen auf den wirksamen Querschnitt.

Den Elastizitätsmodul für Bambusstreifen bei Zugbelastung = 170 000—180 000 kg/cm², im Mittel 175 000 kg/cm².

Zugfestigkeit für Bambusstreifen = 1627—2070 kg/cm².

Elastizitätsmodul für Bambusrohre bei Biegebelastung = 170 000—220 000 kg/cm².

Biegefestigkeit für Bambusrohre mit Außendurchmesser d = 7—2 cm und Auflagerentfernung rd. 25 d = 763—2760 kg/cm².

Der von Prof. Baumann ermittelte Druckelastizitätsmodul für Bambusrohre, E_d = 189 000 kg/cm²—199 000 kg/cm² ist etwa gleich groß wie der für gewöhnlichen Beton.

Der bei denselben Versuchen ermittelten Druckfestigkeit des Bambusrohres, σ_d = 794—863 kg/cm², bezogen auf den wirksamen Querschnitt, entspricht eine Druckfestigkeit von etwa 372 bis 435 kg/cm², bezogen auf den umschlossenen Querschnitt. Hiernach besitzt das Bambusrohr eine hohe Druckfestigkeit auch bezogen auf den umschlossenen Querschnitt; sie ist höher als beim gewöhnlichen Beton. Außerdem ist es selbstverständlich, daß es durch Wahl größerer Wandstärke und geringeren Außendurchmessers des Rohres möglich ist, die Festigkeit zu steigern.

Nach den vorstehenden Erläuterungen ist zu vermuten, daß ein auf Druck beanspruchter Bauteil aus Bambusbeton nicht schwächer sein wird als ein solcher aus Beton von gleichem Querschnitt; er dürfte im Gegenteil bei reichlichen Bambusrohreinlagen, infolge der höheren Druckfestigkeit des Bambus, noch höheren Widerstand bieten. Außerdem wird selbstverständlich ein Bauteil aus Bambusbeton biegefester als ein solcher aus Beton von gleichem Querschnitt.

Da das Bambusrohr etwa denselben E_d-modul, aber höhere Druckfestigkeit besitzt als der Beton, so können vermutlich

[2] Vgl. Mitteilungen über Forschungsarbeiten, Heft 131, S. 41 u. f. Berlin: Julius Springer 1913.

Bambusrohre mit Vorteil in der Druckzone eines Eisenbetonbalkens verwendet werden.

Bambusrohre besitzen wesentlich höhere Zugfestigkeit als der Beton. Deshalb können sie auch in der Zugzone oberhalb der Eiseneinlagen eines Eisenbetonbalkens eingelegt werden. Hierdurch kann die Tragfähigkeit des Bauteils erhöht und sein Eigengewicht erniedrigt werden.

Da der Bambus im Vergleich zu Eisen nur einen geringen Zugelastizitätsmodul besitzt, so müßte man, um die gleiche Wirkung zu erreichen, den Eisenquerschnitt in der Zugzone eines Eisenbetonbalkens durch einen vielfach (rd. 10fach) größeren Bambusquerschnitt ersetzen. Immerhin wird sehr wahrscheinlich die Verwendung von Bambuseinlagen statt Eisen nur in wenig beanspruchten Balken in Frage kommen.

C. Der Versuchsplan.

Um die angeschnittenen Fragen zu klären, wurden in der Materialprüfungsanstalt der Technischen Hochschule zu Stuttgart unter der Leitung von Herrn Prof. O. Graf Versuche durchgeführt.

Aus wirtschaftlichen Gründen mußten einerseits die Anzahl der Versuche möglichst beschränkt werden und andererseits die Abmessungen der Versuchskörper klein gewählt werden. Aus denselben Gründen konnte nicht immer derselbe Zement bzw. derselbe Beton zur Herstellung der Versuchskörper verwendet werden.

Durch Vorversuche sollten festgestellt werden:

1. Das Haften zwischen nicht isoliertem Bambus und Mörtel bzw. Beton.

Zu diesem Zweck wurden lufttrockene Bambusstreifen in Mörtelkörper gelegt und Bambusrohre teils mit Mörtel gefüllt und teils in Mörtel bzw. Betonkörper gelegt.

2. Der Einfluß der Betondeckung und verschiedener Betonmischungen auf die Rißbildung an Betonkörpern mit nicht isolierten Bambusrohreinlagen.

Hierfür wurden lufttrockene Bambusrohre von etwa gleichem Außendurchmesser und Wandstärke in Betonkörper von verschiedener Größe und aus verschiedenen Mischungen einbetoniert.

3. Einfluß der nicht isolierten Bambuseinlagen auf die Biegefestigkeit von Betonbalken.

Betonbalken wurden zu diesem Zweck in der Zugzone mit nassen Bambusstreifen verstärkt.

4. Die Wasseraufnahmefähigkeit von Bambus wurde an Bambusstreifen ermittelt.

5. Das Quellen bzw. Schwinden von Bambus als Folge von Wasserauf- und -abnahme.

Die Proben wurden aus lufttrockenen Bambusstreifen in Prismenform ausgearbeitet. Die Längenänderungen wurden mittels Mikrometerschraube ($^1/_{100}$) und die Dicken- bzw. Breitenänderungen mittels eines Meßgeräts, in das eine Meßuhr ($^1/_{100}$) eingebaut war, gemessen.

6. Einfluß verschiedener Isoliermittel auf die Wasseraufnahmefähigkeit von Bambus.

Durch die Hauptversuche sollten festgestellt werden:

1. Der Gleitwiderstand zwischen Beton und isolierten Bambusstreifen mit und ohne Scheidewand.

Zu diesem Zweck wurden isolierte Bambusstreifen in Betonwürfel von 10 cm Kantenlänge einbetoniert und nach etwa 6 Wochen der Gleitwiderstand zwischen beiden Stoffen durch Herausdrücken des Bambus ermittelt.

2. Tragfähigkeit von Betonbalken, die in der Zugzone isolierte Bambuseinlagen hatten.

Zu diesem Zweck wurden Balken 10×10×56 cm und Balken 20×20×100 cm bzw. 110 cm verwendet. Die Bambusbewehrung schwankte zwischen 0,8—10% des gesamten Balkenquerschnitts.

3. Tragfähigkeit von Betonsäulen mit angestrichenen Bambusrohreinlagen.

Die Säulen waren alle gleich groß, nämlich 10×10×56 cm. Der verwendete Beton war von verschiedener Güte; die Bambusbewehrung schwankte zwischen 5—25% des gesamten Säulenquerschnitts.

I. Vorversuche mit Bambus und Beton.

1. Verhalten der im lufttrockenen Zustand eingebetteten, nicht isolierten Bambusstreifen.

Um das Zusammenwirken von Bambus und Beton möglichst schnell beobachten zu können, wurden 2 Mörtelkörper 20×3×1,5 cm mit lufttrockenen Bambusstreifeneinlagen 19,4×2,4×0,9 cm hergestellt. Die Mörteldeckung der Einlagen war also nur 3 mm. Der Mörtel war plastisch und bestand aus 1 Gewichtsteil hochwertigem Portlandzement und zwei Gewichtsteilen Rheinsand von 0—3 mm Korngröße. Für die Herstellung der Körper wurden Holzformen verwendet. Die Formen wurden zunächst zwei Stunden lang in Wasser gelegt und dann gut geölt. 24 Stunden nach der Herstellung wurden die Körper ausgeschalt. Dabei zeigten sich in den Probekörpern Risse in der Längsrichtung der Bambuseinlagen. Da die Risse vermutlich auf das Quellen des Bambus zurückzuführen waren, wurden die Körper nach 3tägiger Luftlagerung künstlich auf 100° C erhitzt. Nach wenigen Stunden wurde beobachtet, daß die Bambuseinlagen so geschwunden waren, daß sie im Mörtel lose saßen.

2. Verhalten eines im lufttrockenen Zustand mit Mörtel gefüllten, nicht isolierten Bambusrohres.

Ein lufttrockenes Bambusrohr, etwa 15 cm lang mit 2,5 cm Außendurchmesser, wurde mit demselben Mörtel wie bei den Versuchen 1 gefüllt und trocken gelagert. Es wurde nach dem Erhärten des Betons beobachtet, daß der Beton in dem Rohr lose saß. Da vermutlich dieser Vorgang auf das Quellen des Bambus durch Feuchtigkeit zurückzuführen war, wurde das Bambusrohr mit dem Beton künstlich erwärmt. Nach wenigen Stunden wurde beobachtet, daß der Beton wieder in dem Rohr fest saß, nach längerer Erwärmung bekam das Bambusrohr einen Längsriß.

Der lufttrockene Bambus in Berührung mit feuchtem Beton nimmt Wasser auf und quillt. Die Feuchtigkeitsaufnahme und das Quellen erfolgte so, daß im ersten Fall die dünne Betondeckung Risse bekommen hatte und im zweiten Fall, der Beton von dem umschließenden Bambusrohr los geworden war. Mit der Feuchtigkeitsabgabe schwindet der Bambus mehr und rascher als der Beton. So wurde im ersten Fall beobachtet, daß der Bambus nach mehrstündiger Erhitzung in dem Betonkörper lose saß; im zweiten Fall umschloß das lose Bambusrohr nach mehrstündiger Erhitzung den Beton wieder fest; bei fortgesetzter Erwärmung traten in diesem Fall Risse im Bambusrohr auf.

Eine gegenseitige chemische Einwirkung der beiden Materialien wurde nicht beobachtet.

3. Verhalten eines lufttrockenen Bambusrohres in einem Mörtelprisma.

Da die verkieselte Außenhaut des Bambusrohres wasserdichter erscheint als die innere, so wurde ein Mörtelprisma 7×7×14 cm hergestellt und dabei ein ganzes Rohr in die Mitte eingesetzt. Das Rohr besaß einen Außendurchmesser von rd. 3 cm und eine Wandstärke von rd. 3,5 mm. Durch Bestreichen der Stirnenden mit Wachs wurde dafür gesorgt, daß die Feuchtigkeit durch die beiden Enden des Rohres keinen Eintritt fand. Der Mörtel bestand aus einer Mischung 1 : 2 wie bei den Versuchen 1 und 2. Zur Herstellung des Körpers wurde eine Eisenform verwendet. Der Körper wurde 24 Stunden nach der Herstellung ausgeschalt; dabei wurden Wassertröpfchen im Innern des Rohres beobachtet. Der Körper wurde in einem Raum von 15—20° C trocken gelagert. Es war kein Riß in der Mörteldeckung zu sehen, was sehr wahrscheinlich darauf zurückzuführen ist, daß der Mörtel einerseits sehr fett und andererseits die Mörteldeckung etwa 2 cm dick war.

Nach etwa vier Wochen hatte sich das Bambusrohr doch vom umschließenden Beton losgemacht.

Die verkieselte Außenhaut des Bambusrohrs ist auch nicht genügend wasserabweisend. Das einbetonierte Bambusrohr nimmt Feuchtigkeit auf und quillt; mit der Zeit schwindet das Rohr wieder und sitzt lose im Beton.

Eine dicke Betondeckung und eine fette Betonmischung sind in der Lage, das Zerreißen der Betondeckung durch das Quellen der Bambuseinlagen zu verhindern.

4. Versuche über die beim Austrocknen mögliche Rißbildung an Betonkörpern mit nichtisolierten Bambusrohreinlagen; Einfluß der Betondeckung und Betonmischung.

Um den Einfluß der Dicke der Betondeckung und der Betonmischung über die Rißbildung an Betonkörpern mit Bambusrohreinlagen zu studieren, wurden folgende Würfel mit lufttrockenem Bambusrohr (von etwa 2,5 cm Außendurchmesser und 0,3 cm Wandstärke) in der Mitte hergestellt: vier Würfel mit 7 cm Kantenlänge, zwei Würfel mit 10 cm Kantenlänge und zwei mit 12 cm Kantenlänge.

Der Beton für zwei Würfel mit 7 cm Kantenlänge war aus einer Mischung 1 : 2 wie bei den Versuchen 1 und der Beton für die übrigen Würfel bestand aus einem Gewichtsteil gewöhnlichen Portlandzement und 6,3 Gewichtsteilen Rheinsand von 0—30 mm. Die sämtlichen Würfel wurden in Eisenformen hergestellt, nach 24 Stunden ausgeschalt und dann in einem Raum von 15—20° C trocken gelagert.

Nach kurzer Zeit wurde beobachtet, daß die Würfel mit 7 cm Kantenlänge aus magerem Beton in der Längsrichtung der Bambusrohreinlagen Risse bekommen hatten; dagegen waren die übrigen Würfel rißfrei. Etwa vier Wochen nach der Herstellung waren alle Bambusrohre im Beton lose geworden. Eine gegenseitige chemische Einwirkung der beiden Materialien wurde nicht beobachtet. Daraus folgt: Eine dicke Betondeckung oder eine fette Betonmischung ist in der Lage, das Zerreißen der Betondeckung durch das Quellen der Bambuseinlagen zu verhindern.

5. Versuche mit Betonbalken, die in der Zugzone nicht isolierte Bambuseinlagen hatten.

Trotz der Erkenntnis, daß nicht isolierter Bambus nach einiger Zeit im Beton lose sitzt, wurden einige Betonbalken 10 × 10 × 56 cm mir Bambusstreifeneinlagen hergestellt (vgl. Abb. 3a u. b). Da die

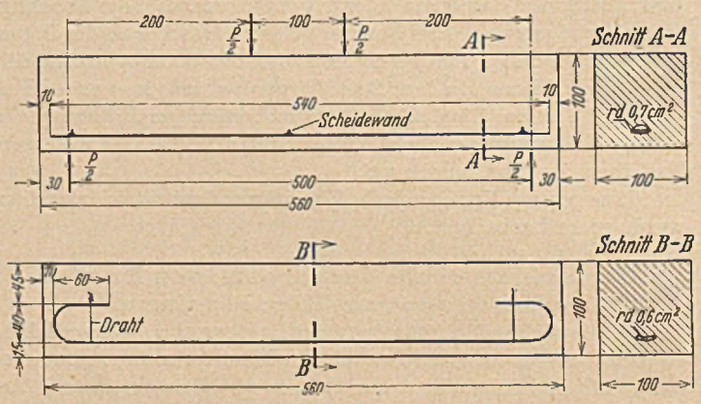


Abb. 3 a und b.

Gefahr bestand, daß der trocken einbetonierte Bambus durch Quellen die Betondeckung zerreißt, wurden die Einlagen vor dem Einbetonieren 48 Stunden im Wasser gelagert. Die Einlage in Balken 1 und 2 hatten Scheidewände am Ende, aber keine Haken. Die Einlagen in Balken 3 und 4 hatten Haken am Ende, aber keine Scheidewände. Für die Herstellung der Haken mußten die Enden der Bambusstreifen in kochendes Wasser eingetaucht werden. Gleichzeitig mit den bewehrten Balken wurden noch zwei Vergleichsbalken ohne Einlagen hergestellt. Der Beton bestand aus 1 Gewichtsteil Rombacher Portlandzement, zwei Gewichtsteilen Rheinsand von 0—3 mm Korngröße und vier Gewichtsteilen Illersand von 3—7 mm Korngröße. Die Balken wurden in eisernen Formen hergestellt und während 24 Stunden mit nassen Säcken zugedeckt. 72 Stunden nach der Herstellung wurden die Balken ausgeschalt. Die Balken wurden dann bis zum Prüfungstag trocken gelagert. Der Prozentsatz der Bewehrung war etwa 0,6 je Balken.

Die Balken wurden im Alter von 10 Tagen auf ihre Biegefestigkeit geprüft; das Belastungsschema ist aus Abb. 3a ersichtlich.

Die Versuche sollten zur Beantwortung folgender Fragen beitragen:

a) Kann der Bambus gegen Gleiten durch Haken oder durch Scheidewände oder durch beide gesichert werden?

b) Ist die Erhöhung der Riß- und Bruchlast von Betonbalken durch Bambuseinlagen möglich?

Die Bruchlast der unbewehrten Balken betrug = (273 + 327) : 2 = 300 kg. Biegefestigkeit des Betons = 18 kg/cm². Druckfestigkeit des Betons, ermittelt an den Reststücken der unbewehrten Balken als Würfel mit 10 cm Kantenlänge = (131 + 131) : 2 = 131 kg/cm². Druckfestigkeit des Betons in dem bewehrten Balken ermittelt an den Reststücken der Balken als Würfel mit 10 cm Kantenlänge = (113 + 105) : 2 = 109 kg/cm²

Bewehrte Balken	Rißlast kg	Rißweite bei der Rißlast mm	Bruchlast kg
1	300	7	550
2	324	5	—
3	286	4	640
4	246	5	—

Bei allen vier bewehrten Balken zeigte sich bei der Rißlast ein von der Zugzone ausgehender klaffender Riß. Bei Balken 1 und 3 wurde der Versuch bis zum Bruch durchgeführt. Hier stieg die Last unter andauerndem Breiterwerden des Risses noch erheblich. Unter der Höchstlast brachen die Fasern des eingelegten Bambus im Balken 1 am mittleren Knoten. Beim Balken 3 wurde bei der Höchstlast die Betondruckzone zerstört. Beim Zerschlagen der Balken wurde beobachtet, daß die Bambuseinlagen sowie der Beton um den Bambus noch feucht waren. Diesen Beton konnte man mit dem Finger leicht wegkratzen. Beim Balken 1 wurde festgestellt, daß die Scheidewände des Bambus abgeschert waren. In beiden Balken waren die Bambuseinlagen im Beton etwa 1 cm geglitten.

Bei Balken 2 und 4 wurden die Versuche bei der Rißlast unterbrochen und die Balken zerschlagen, um zu sehen, ob schon bei dieser Last ein Gleiten des Bambus stattgefunden hat. Es wurde bei Balken 2 beobachtet, daß der Beton vor den Scheidewänden zerstört war und daß die Scheidewand an einem Ende der Einlagen schon abgeschert war. Beim Balken 4 wurde auch ein Durchrutschen der Haken beobachtet.

Aus diesen Versuchen folgt, daß es nicht möglich ist, mit gewöhnlichen Bambuseinlagen eine Verbundkonstruktion aus Bambus und Beton zu erreichen, weil keine Haftung zwischen Bambus und Beton stattfindet und aus dem folgenden Grunde.

Je nach der Größe des Bauteils kann es lange dauern, bevor der einbetonierte Bambus wieder trocken wird. Da der Bambus wie alle Hölzer mit der Feuchtigkeitsaufnahme seine Festigkeit verringert, so muß man entweder beim Ausschalen und Benützen des Baues eine lange Zeit warten oder einen größeren Querschnitt von Bambuseinlagen wählen. Allerdings saß der Bambus im Beton lose, wodurch die Haken ihre Wirkung verloren hatten.

Durch Feuchtigkeit haben die Scheidewände ihre Festigkeit verringert; sie sind deshalb schon bei der Rißlast abgeschert worden.

Die Rißlast der bewehrten Balken war in diesem Fall nicht größer als die Bruchlast der unbewehrten Balken. Bei späteren Versuchen wurde die Rißlast durch die Bewehrung erhöht. Es ist daher möglich, durch entsprechende Bambuseinlagen die Bruchlast des Betonbalkens zu erhöhen.

6. Versuche über die Wasseraufnahmefähigkeit von Bambus.

Die Probestücke wurden aus lufttrockenen Bambusstreifen gewonnen. Teils mit und teils ohne Haut waren sie alle ungefähr gleich groß, nämlich 20 × 2 × 0,3 cm; ihr Gewicht betrug je rd. 15 g

Die Proben wurden zunächst alle gewogen und dann im Wasser von 15—20° C gelegt. Von Zeit zu Zeit wurden die Proben aus dem Wasser genommen und dann wieder gewogen, nachdem das äußerlich anhaftende Wasser gut abgewischt war. Es wurde festgestellt, daß die Proben ohne Haut das Wasser viel rascher aufnahmen als diejenigen mit Haut. Die Wasseraufnahme der Bambusproben ohne Haut betrug in 24 Stunden etwa 41,8%. Dagegen war die Wasseraufnahme der Bambusproben mit Haut nur 25% in 24 Stunden, 33% in 96 Stunden und 50% in zwei Wochen.

7. Versuche über Quellen und Schwinden von nichtisoliertem Bambus als Folge von Wasseraufnahme und Wasserabgabe.

Die Proben wurden aus lufttrockenen Bambusstreifen in Prismenform 1×1×9 cm ausgearbeitet; ihr Gewicht betrug rund 7 g.

Die Dicken- und Breitenänderungen wurden mit einem Meßgerät, in das eine Meßuhr [3] ($^1/_{100}$) eingebaut war und die Längenänderungen mit einer Mikrometerschraube ($^1/_{100}$) gemessen.

Die Proben wurden zunächst abgewogen, abgemessen und dann unter Wasser von 15—20° C gebracht. Sie wurden dann von Zeit zu Zeit dem Wasser entnommen und die Änderungen des Gewichts und der Abmessungen festgestellt. Die Messungen wurden bis zu der Wasseraufnahme von 50% des Gewichts im lufttrockenen Zustand durchgeführt. Der Fasersättigungspunkt des verwendeten Bambus liegt bei etwa 35% des Gewichts im lufttrockenen Zustand. Der Quell- bzw. Schwindvorgang ist ähnlich wie bei den gewöhnlichen Bauhölzern (vgl. Mitteilungen der Holzforschungsstelle an der Technischen Hochschule zu Darmstadt Heft 1/1932, S. 16). Bis zum Fasersättigungspunkt sind die Längen-, Breiten- und Dickenänderungen ungefähr proportional zu der Wasseraufnahme des Bambus; die Längenänderung beträgt etwa 0,15%, die Breitenänderung etwa 6% und die Dickenänderung rd. 8% der Abmessungen im lufttrockenen Zustand.

Mit der Wasserabnahme schwindet der Bambus und erreicht im lufttrockenen Zustand seine ursprünglichen Abmessungen wieder.

8. Versuche mit Isoliermitteln.

Aus den bisher gemachten Versuchen fand sich, daß der Bambus vor dem Einbetonieren gegen Wasseraufnahme isoliert werden sollte. Wenn man das tut, so ist für das Isoliermittel, das aber billig sein muß, folgendes zu bemerken:

Es kann eine Tränkung oder ein Anstrich erfolgen.

Es darf weder mit dem Bambus noch mit dem Beton eine schädliche chemische Wirkung hervorrufen.

Es soll wasserunlöslich und wasserabweisend sein.

Es muß möglichst schnell trocknen.

Als Anstrich muß es fest am Bambus haften.

Da der Beton nach der Herstellung in der Regel bald viel Feuchtigkeit verliert, so genügt es wahrscheinlich, wenn das Isoliermittel den Bambus für wenige Tage annähernd wasserdicht hält.

Die Versuchsdurchführung und die Ergebnisse der verwendeten Isoliermittel waren im einzelnen folgende.

Zunächst wurde bei Verwendung von Erdöl das Gewicht der Bambusprobestücke festgestellt, um sie dann während zweier Tage in Erdöl zu lagern. Es zeigte sich, daß die Proben keine Gewichtszunahme aufwiesen und somit auch keinerlei Erdöl aufnahmen. Die Erwartung, daß das Öl in die Poren des Bambus eindringen und sie beim Trocknen verschließen werde, wurde also nicht erfüllt. Trotzdem wurden die Probestücke noch der Einwirkung des Wassers ausgesetzt. Die Wasseraufnahme zeigte gegenüber nicht behandeltem Bambus keinerlei Unterschied.

Bei einem weiteren Versuch wurden die Probestücke nicht ganz in Erdöl gelegt, sondern nur mit einem Ende in Erdöl gestellt, damit das Öl durch Kapillarwirkung in den Poren eindringen und emporsteigen sollte. Nach etwa 24 Stunden war das Öl bis zum freien Ende des etwa 20 cm langen Probestücks gedrungen. Anschließend wurden die Proben getrocknet, gewogen und dann in Wasser gelegt. Die Wasseraufnahmefähigkeit des Bambus war praktisch unverändert.

Die Probestücke wurden mit dem Leinöl bestrichen; dieses bildete zunächst eine Schicht auf der Außenseite der Probestücke, die dann getrocknet, abgewogen und ins Wasser gelegt wurden. Hier löste sich nur die Ölschicht ab. Im übrigen zeigte sich unverminderte Wasseraufnahmefähigkeit des Bambus, so daß anzunehmen ist, daß das Öl in die Poren des Bambus nicht eingedrungen ist.

Auch das Erwärmen des Öls hatte keinen Erfolg. Die Probestücke wurden in Öl bei ca. 100° C eingelegt. Zunächst war zu beobachten, daß aus den Bambusstücken Luftblasen aufstiegen. Nachdem die Probe aus dem Öl genommen und getrocknet war, zeigte sich eine kleine Gewichtsabnahme, die wohl darauf zurückzuführen ist, daß die in dem Bambus noch enthaltene Feuchtigkeit durch die Erwärmung abgegeben wurde. Die Wasseraufnahmefähigkeit des Bambus war in diesem Fall auch unverändert.

Leinölfirnis, Rheinaufirnis und Firnis mit Kreidepulver, mit dem Pinsel aufgetragen, bildeten eine Schicht auf den Proben. Nach Austrocknen wurden die Probestücke in Wasser gelegt. Die Wasseraufnahme in 24 Stunden war etwa 10% des Gewichts der Probestücke in lufttrockenem Zustand.

Anstriche aus Wasserglas, Membranit, Kaltonit oder Arbagit sind im Wasser löslich und so nicht geeignet für den Zweck.

Die Proben wurden mit Kronalit Klarlack Nr. 100 angestrichen und nach Austrocknen auf ihre Wasseraufnahmefähigkeit untersucht. Es wurde eine Wasseraufnahme von 6% in 24 Stunden, 10% in 48 Stunden und 14% in 72 Stunden festgestellt.

Mayoritsisoliermasse ist ein Produkt aus Bleiweiß. Die Masse wurde zunächst mit etwa 10% Firnis verdünnt und die Proben zweimal angestrichen. Nach genügendem Auftrocknen wurden die Proben in Wasser gelegt. Die Wasseraufnahme betrug 3% in 24 Stunden, 5% in 48 Stunden und 7% in 72 Stunden.

Bleiweiß wurde zunächst mit rd. 10% Firnis verdünnt. Die Proben wurden dann mit der Masse zweimal angestrichen und nach dem Trocknen der Wirkung des Wassers ausgesetzt. Es wurde eine Wasseraufnahme von 1,5% in 24 Stunden, 3,5% in 48 Stunden und 5% in 72 Stunden festgestellt.

Die Versuche ergaben, daß Bleiweiß als das beste der untersuchten Isoliermittel zu betrachten ist. Als das nächste kommt Mayoritsisoliermasse in Frage, die überdies noch den Vorzug des billigen Preises für sich hat.

II. Hauptversuche.

Versuche mit Beton und isoliertem Bambus.

1. Gleitwiderstand zwischen Bambus und Beton.

Es wurden einige Betonwürfel von 10 cm Kantenlänge mit Bambusstreifeneinlagen hergestellt. Die Streifen waren teils mit und teils ohne Scheidewand; sie wurden vor dem Einbetonieren mit Mayoritsisoliermasse (verdünnt mit rd. 10% Firnis) zweimal angestrichen. Der Beton bestand aus 1 Gewichtsteil Rombacher Portlandzement und sechs Teilen Rheinsand von 0—7 mm Korngröße; er wurde mit der Hand gemischt und war plastisch. Die Würfel wurden in Eisenform hergestellt, nach 24 Stunden ausgeschalt und dann in einem Raum von 15—20° C trocken gelagert. Nach etwa sechs Wochen wurde der Gleitwiderstand zwischen Beton und Bambus durch Herausdrücken des Bambus festgestellt.

Der Gleitwiderstand zwischen Beton und angestrichenen Bambus ohne Scheidewand ergab sich im Mittel zu etwa 3,5 kg/cm²; der Gleitwiderstand zwischen Beton und angestrichenen Bambus mit Scheidewand war so groß, daß an der Lastangriffstelle die Druckfestigkeit des Bambus von 825 kg/cm² erreicht wurde. Nach Zerschlagen der Würfel wurde beobachtet, daß der Bambus im Beton fest saß. Der Beton erreichte eine Würfelfestigkeit von 200 kg/cm², ermittelt an Würfeln von 10 cm Kantenlänge.

2. Versuche mit Betonbalken, die in der Zugzone Bambuseinlagen hatten.

Bei Serie 1 wurden insgesamt acht Betonbalken (sechs bewehrte und zwei unbewehrte), mit Abmessungen 10×10×56 cm

[3] Vgl. Heft 1/2 der Mitt. des Fachausschusses für Holzfragen.

und sechs Betonwürfel von 10 cm Kantenlänge hergestellt. Wie aus Abb. 4—6 ersichtlich ist, wurden für die Bewehrung drei verschiedene Verankerungsarten gewählt. Alle Einlagen sind einige Tage vor dem Einbetonieren mit Mayoritsisoliermasse, verdünnt mit 10% Firnis, zweimal angestrichen worden. Die Bewehrung der Balken betrug etwa je 0,8% des Balkenquerschnitts.

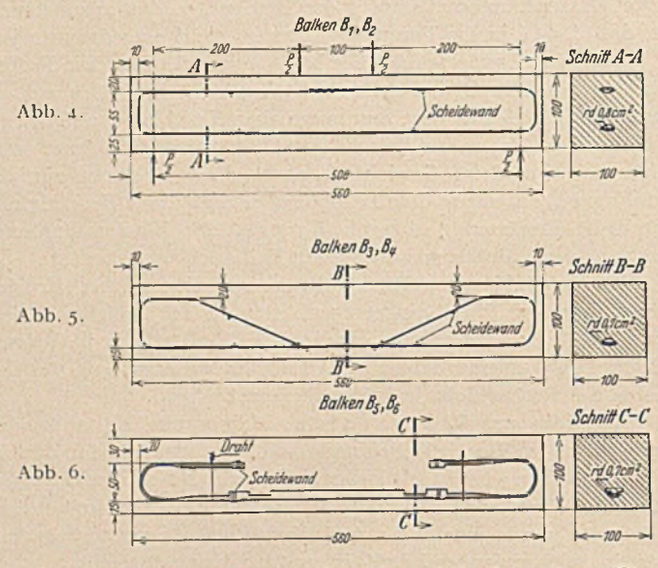


Abb. 4.

Abb. 5.

Abb. 6.

Der Beton bestand aus 1 Gewichtsteil hochwertigem Eisenportlandzement (Buderus) und 5 Gewichtsteilen Rheinsand von 0—7 mm Korngröße. Dieses Mischungsverhältnis entsprach etwa 380 kg Zement pro Kubikmeter fertigen Beton. Der handgemischte Beton mit einem Wasserzementfaktor von etwa 0,57 war plastisch. Die Körper wurden in Eisenformen hergestellt, nach 24 Stunden ausgeschalt, während der nächsten drei Tage mit feuchten Säcken abgedeckt und dann bis zum Prüfungstag in einem Raum von 15—20° C Lufttemperatur trocken gelagert.

Sämtliche Körper wurden im Alter von drei Wochen geprüft. Vor der Prüfung waren sie alle rißfrei. Das Belastungsschema für die Balken ist aus Abb. 4 zu sehen.

Die Würfelfestigkeit des Betons war im Mittel 335 kg/cm². Die Bruchlast der Betonbalken im Mittel 532 kg, die Biegefestigkeit des Betons 32 kg/cm².

Beobachtungen während und nach den Versuchen:

Bei allen bewehrten Balken zeigte sich bei der Rißlast ein von der Zugzone ausgedehnter klaffender Riß; jedoch ließ sich die Last unter andauerndem Breiterwerden der Risse noch erheblich steigern. Die Rißlast entsprach etwa der Bruchlast der unbewehrten Balken. Im Balken B_5 brachen die Fasern des eingelegten Bambus unter der Höchstlast von 900 kg. Bei den Balken B_1 und B_6 wurden die Versuche vor dem Bruch unterbrochen und die Balken zerschlagen. Bei den Balken B_2, B_3 und B_4 erfolgte der Bruch durch Zerstörung des Betons in der Druckzone über den klaffenden Rissen.

Nach der Prüfung wurden alle Balken zerschlagen und es wurde beobachtet, daß die Einlagen im Beton festsaßen. Im Balken B_5 waren die Scheidewände des Bambus noch unversehrt.

Der verwendete Beton hatte eine verhältnismäßig hohe Festigkeit, $\sigma_d = 335$ kg/cm² und $\sigma_b = 32$ kg/cm² und die Bewehrung der Balken war schwach; sie betrug rd. 0,7% des Balkenquerschnitts. Bei sämtlichen Balken waren die Bambuseinlagen nicht in der Lage, nach Überwinden der Betonbiegefestigkeit die Rißverbreiterung zu verhindern; denn bei dieser Belastung war die Zugspannung in den Bambuseinlagen für Balken B_1 900 kg/cm², für B_2 1070 kg/cm², B_3 940 kg/cm², B_4 650 kg/cm², und für B_5 und B_6 je 975 kg/cm². Die entsprechende rechnungsmäßige Dehnung in den Einlagen zwischen zwei Scheidewänden waren rd. 1,08, 1,28, 1,27, 0,88, 1,26 und 1,36 mm. Diese errechneten Dehnungen stimmten einigermaßen mit der gemessenen Rißweite der Balken unter der Rißlast überein. Bedenkt man noch, daß die Rißweiten an der unteren Kante der Balken, also rd. 2 cm unter der Schwerachse der Einlagen gemessen wurden, so werden die weiten Risse, die die Balken bei der Rißlast schon bekommen hatten, erklärlich.

Es war bei diesen Versuchen nur möglich, eine Erhöhung der Bruchlast, aber nicht eine Erhöhung der Rißlast der Betonbalken durch Bambuseinlagen festzustellen.

Die Scheidewände der Bambuseinlagen waren stark genug, um bis zu rd. 1000 kg/cm² (bei B_5) Zugspannung im Bambus das Gleiten zwischen Bambus und Beton zu verhindern.

Durch Isolierung des Bambus konnte das Quellen bzw. Schwinden des Bambus soweit verhindert werden, daß er im Beton fest saß.

Bei den Balken der Serie 2 wurde ein geringwertiger Beton und ein hoher Prozentsatz von Bewehrung gewählt, um die Wirkung des Bambus besser in Erscheinung zu bringen.

Es wurden insgesamt zwei bewehrte und zwei unbewehrte Betonbalken 10 × 10 × 56 cm und sechs Würfel von 10 cm Kantenlänge hergestellt. Der bewehrte Balken B_7 hatte rd. 10% und der bewehrte Balken B_8 rd. 5% Bambuseinlagen des gesamten Balkenquerschnitts an der Stelle des größten Biegemoments. Wie aus den Abb. 7—10 ersichtlich ist, wurde in Balken B_7 die Scheidewände und in Balken B_8 Geißfüße für die Verankerung der Einlagen

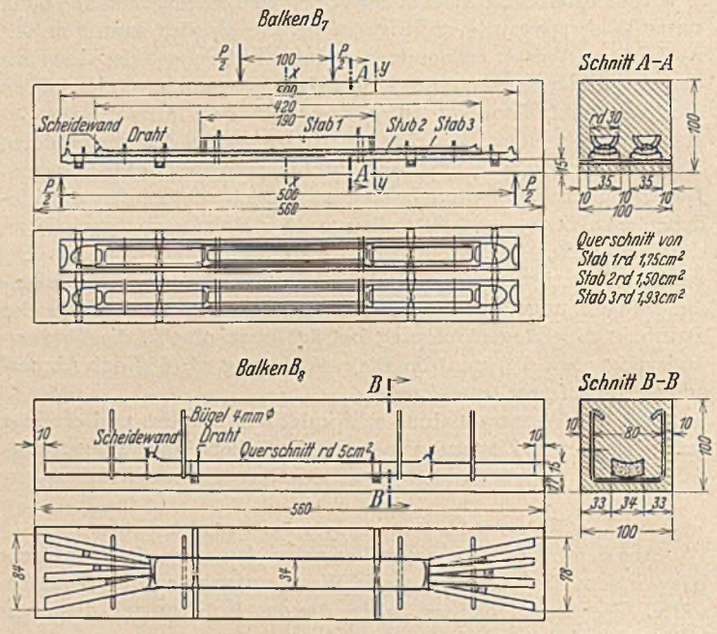


Abb. 7.—10.

genommen, da bei einem größeren Bambusquerschnitt die Hakenbildung große Schwierigkeiten bereitete. Die Einlagen wurden vor dem Einbetonieren mit Mayoritsisoliermasse, verdünnt mit 10% Firnis, zweimal angestrichen und genügend getrocknet. Der Beton bestand aus einer Mischung von 1 Gewichtsteil hochwertigem Portlandzement aus Nürtingen und 8 Gewichtsteilen Rheinsand von 0—3 mm Korngröße. Der handgemischte Beton mit einem Wasserzementfaktor von rd. 1,5 hatte eine plastische Konsistenz. Die sämtlichen Körper wurden in Eisenformen hergestellt, 24 Std. nach der Herstellung ausgeschalt und dann mit feuchten Säcken abgedeckt. 18 Stunden nach der Herstellung wurden in den bewehrten Balken B_7 an beiden Seitenflächen und im bewehrten Balken B_8 an der Unterfläche in der Längsrichtung der Einlagen Risse beobachtet. Nach dreitägiger Feuchtlagerung wurden die Körper in einem Raum von 15—20° C Lufttemperatur trocken gelagert. Die Prüfung der Körper erfolgte 31 Tage nach ihrer Herstellung. Das Belastungsschema für die Balken ist aus Abb. 7 ersichtlich, die Würfelfestigkeit des Betons war 65 kg/cm², die Biegefestigkeit des Betons rd. 10 kg/cm² im Mittel; Bruchlast der Betonbalken = (156 + 176) : 2 = 166 kg; Rißlast des bewehrten Balken B_7 = 280 kg; Auftreten des ersten Schutzrisses in B_7 bei 1090 kg Belastung; Bruchlast des Balkens B_7 = 1340 kg; Rißlast des Balkens B_8 = 290 kg; Auftreten des ersten Schubrisses in B_8 bei 920 kg Belastung; Bruchlast des Balkens B_8 = 1360 kg.

Bei Balken B_7 zeigte sich vor Beginn des Versuches auf beiden Seitenflächen des Balkens B_7 je ein Riß (s. gestrichelte Linie in

Abb. 11), der parallel zur Unterkante im Abstand von rd. 1 cm sich über die ganze Länge des Balkens hinzog. Auf der einen Seite in der Mitte des Balkens klaffte der Riß etwa ½ cm breit. Dieser Riß ist durch das Quellen des Bambus entstanden. Der erste Biegeriß entstand auf der Unterfläche des Balkens bei einer Belastung von 230 kg. Dieser Riß ist als Haarriß zu bezeichnen; er

Abb. 11. Bruchbild des Balkens B_7; die gestrichelte Linie zeigt den Riß infolge Quellen der Bambuseinlagen.

war einer Belastung von 920 kg nur wenig breiter geworden. Außerdem wurde keine Fortsetzung dieses Risses auf den Seitenflächen beobachtet. Bei 1090 kg Belastung trat ein Schubriß ein. Der Bruch erfolgte durch die Überwindung der Schubfestigkeit des Betons bei einer Höchstlast von 1340 kg. Während des ganzen Versuches wurde kein einziger Biegeriß auf der Seitenfläche des Balkens beobachtet (s. Abb. 11).

Bei Balken B_8 wurden vor Beginn des Versuches Risse auf der Unter- und Stirnfläche des Balkens beobachtet. Diese Risse sind durch das Quellen des Bambus entstanden. Bei einer Belastung von 290 kg wurde der erste Biegeriß (ein Haarriß) auf der Seitenfläche des Balkens beobachtet (s. Abb. 12). Die Risse, die auf der Unterfläche und Stirnfläche zu Beginn des Versuches vor-

Abb. 12. Bruchbild des Balkens B_8.

handen waren, zeigten bei 550 kg Belastung keine deutliche Erweiterung. Bei 920 kg Belastung wurde der erste Schubriß beobachtet. Der Bruch erfolgte durch Überwindung der Druckfestigkeit des Betons bei einer Belastung von 1360 kg (s. Abb. 12). Die Risse auf der Stirnfläche zu Beginn des Versuches haben sich unter der Höchstlast nicht erweitert.

Nach den Versuchen wurden die beiden Balken zerschlagen; die Bambuseinlagen saßen fest im Beton.

Aus dieser Serie von Versuchen folgt, daß der Beton mit einem σ_{bz} = von 10 kg/cm² und einem σ_{J} = 65 kg/cm² war; der Prozentsatz der Bewehrung für die Balken B_7 und B_8 war dagegen ziemlich hoch. Infolgedessen war es in diesem Fall möglich, die Rißlast der Betonbalken durch Bambuseinlagen zu erhöhen und zwar um rd. 70%. (Rißlast der bewehrten Balken 280 kg bzw. 290 kg und Bruchlast der Betonbalken = 166 kg.) Allerdings wurden die Risse mit unbewehrten Augen gesucht.

Bis zu 920 kg Belastung, d. h. 140 kg/cm² Zugspannung im Bambus war der Haarriß in Balken B_7 unverbreitert, soweit dies ohne besondere Messungen gesagt werden kann.

Mit den gewählten Bambuseinlagen (Balken B_7 = 10%, Balken B_8 5%) ergab sich eine wesentlich höhere Bruchlast als bei den unbewehrten Balken. (Bruchlast für B_7 = 1340 kg, für B_8 = 1360 kg, gegen 166 kg für den unbewehrten Balken.) Außerdem geht es durch Vergleiche von Balken B_7 und B_8 hervor, daß bei der Bruchlast die hohe Bewehrung in B_7 nicht voll ausgenützt war.

Durch Geißfußverankerung wurde ein genügender Gleitwiderstand zwischen Bambus und Beton erreicht.

Die Scheidewände des Bambus waren in der Lage, das Gleiten zwischen Bambus und Beton zu verhindern.

Obwohl die Bambuseinlagen vor dem Einbetonieren in der üblichen Weise isoliert waren, traten in der Betondeckung Risse auf, weil die Betondeckung der Balken zu gering war (rd. 1 cm) und weil der Beton sehr minderwertig war.

Immerhin wurde durch Isolierung das Quellen des Bambus soweit zurückgehalten, daß die Einlagen im Beton festsaßen.

Die Risse, die durch Quellen des einbetonierten Bambus in der Betondeckung der Balken entstanden waren, hatten vermutlich keinen schädlichen Einfluß auf die Riß- oder Bruchlast des Balkens.

Bei Serie 3 wurden insgesamt ein bewehrter und ein unbewehrter Betonbalken, je 20 × 20 × 100 cm und drei Betonwürfel von 10 cm Kantenlänge hergestellt. Da das Einbringen der Einlagen in der Weise wie in Balken B_7 oder B_8 doch zeitraubend und infolgedessen kostspielig ist, wurden die Einlagen in Balken B_9 in der in Abb. 13 u. 14 ersichtlichen Weise angeordnet. Die Bewehrung

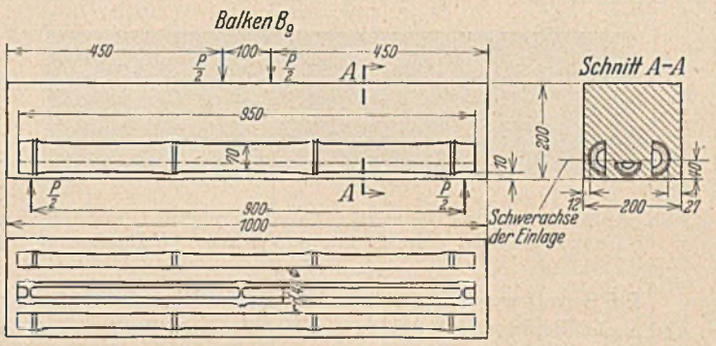


Abb. 13 u. 14.

bestand aus drei Bambusstreifen mit einem gesamten Querschnitt von 27,5 cm², also rd. 7% des Balkenquerschnitts. Vor dem Einbetonieren wurden die Einlagen mit Bleiweiß, verdünnt mit 10% Firnis, zweimal angestrichen und gut getrocknet.

Der Beton bestand aus einer Mischung von 1 Gewichtsteil Heidelberger gewöhnlichem Portlandzement und 4,8 Gewichtsteilen Moränesand von 0—7 mm Korngröße. Er wurde in der Mischmaschine hergestellt und war halbflüssig. Die Balken wurden in Holzformen und die Würfel in Eisenformen hergestellt. Wie aus Abb. 13 u. 14 ersichtlich ist, betrug in den bewehrten Balken die untere Betondeckung 1,0 cm und die seitliche Betondeckung 1,2 bzw. 2,7 cm.

Die sämtlichen Körper wurden drei Tage lang feucht gehalten und fünf Tage nach der Herstellung ausgeschalt. Es wurde beobachtet, daß der bewehrte Balken in seinen unteren und seitlichen Flächen mit geringer Betondeckung Längsrisse bekommen hatte. Dagegen war die Seitenfläche mit größerer Betondeckung, nämlich 2,7 m, rißfrei. Die Körper wurden im Alter von zwei Wochen geprüft. Das Belastungsschema für die Balken ist aus Abb. 13 ersichtlich.

Die Würfelfestigkeit des Betons betrug 200 kg/cm²; die Biegefestigkeit des Betons 34 kg/cm² im Mittel; die Bruchlast des unbewehrten Balkens 2304 kg; die Rißlast des bewehrten Balkens 2500 kg; die Bruchlast des bewehrten Balkens 6780 kg; die Erhöhung der Rißlast durch Bambuseinlagen

$$= \frac{2500-2304}{2304} \cdot 100 = 8{,}5\%.$$

Die berechneten Spannungen waren:

In Bambus $\sigma_B = \dfrac{M}{F_B \cdot \left(h - \dfrac{x}{3}\right)} = 350$ kg/cm².

In Beton $\sigma_b = \dfrac{2M}{bx\left(h - \dfrac{x}{3}\right)} = 177$ kg/cm².

Bei Balken B_9 wurde der erste Zugriß ein Haarriß, der sich bei der Bruchlast nur wenig verbreiterte. Der Bruch erfolgte durch Zerstörung des Betons an einem Ende des Balkens, wo die Einlagen eine Keilwirkung auf den Beton ausübten (s. Abb. 15). Nach der Prüfung wurde der Balken zerschlagen und es wurde beobachtet, daß die Scheidewände der Einlagen unversehrt waren und die Einlagen im Beton fest saßen.

Diese Serie zeigt, da der Beton gut und die Bambusbewehrung hoch war, eine sehr kleine Erhöhung der Rißlast des Betonbalkens durch Bambuseinlagen, sie betrug 8,5%.

Mit den gewählten Bambuseinlagen (7%) ergab sich eine wesentlich höhere Bruchlast als bei den unbewehrten Betonbalken.

Die Scheidewände waren in der Lage, das Gleiten zwischen Bambus und Beton zu verhindern.

Durch Verwendung eines guten Betons, einer dicken Betondeckung (2,7 cm) und durch gleichzeitige Isolierung der Einlagen war es möglich, Risse in der Betondeckung infolge von Quellen der Bambuseinlagen zu verhindern.

Durch Isolierung der Einlagen war es möglich, das Quellen der Einlagen soweit zurückzuhalten, daß sie im Beton fest saßen.

Abb. 15. Bruchbild des Balkens B_9. Die dick gezogene Linie parallel zur Unterkante zeigt den Riß infolge Quellens des Bambus.

Bei Serie 4 wurde ein bewehrter Betonbalken 20 × 20 × 110 cm und sechs Betonwürfel von 10 cm Kantenlänge hergestellt. Die Bewehrung des Balkens bestand aus einem Bambusrohr von 8 cm Außendurchmesser und 1,5 cm Wandstärke mit einem wirksamen Querschnitt von rd. 30 cm², also etwa 7,5% des Balkenquerschnitts. Vor dem Einbetonieren wurde das Rohr in etwa zwei gleiche Querschnitte geteilt und in der Weise wie bei Balken B_9 isoliert. Außerdem wurden Bügel aus Rundeisen von 3 mm Durchmesser im Abstand von 6 mm über die ganze Länge des Balkens angeordnet. Diese letzte Vorkehrung sollte Risse, die durch Quellen der Bambuseinlagen in der Betondeckung entstehen, verhindern. Die Bewehrung ist aus Abb. 16 ersichtlich.

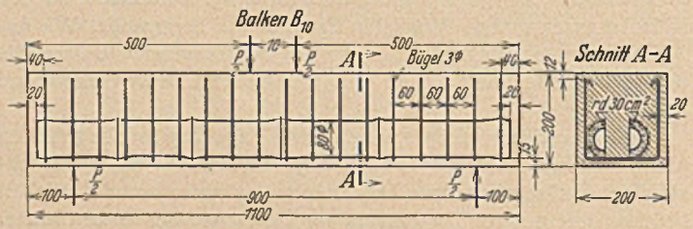


Abb. 16.

Der Beton bestand aus 1 Gewichtsteil Traßportlandzement und 5 Gewichtsteilen Moränesand von 0—7 mm Korngröße. Er wurde mit der Hand gemischt und hatte eine plastische Konsistenz. Der Balken wurde in einer Holzform und die Würfel in Eisenformen hergestellt. Wie aus Abb. 16 ersichtlich ist, betrug die untere Betondeckung des Balkens 1,5 cm und die seitliche Betondeckung im Durchschnitt 2,3 bzw. 3,6 cm; 48 Stunden nach der Herstellung wurden die Körper ausgeschalt und mit feuchten Säcken sieben Tage lang abgedeckt. Der Balken wurde jeden Tag sorgfältig nach Rissen abgesucht. Während der ersten sieben Tage waren keine Risse zu sehen. Nach siebentägiger Feuchtlagerung

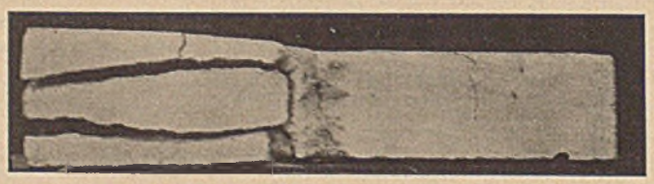


Abb. 17. Oberfläche des Balkens B_{10} nach dem Bruch.

wurden die Körper in einem Raum mit Lufttemperatur von 15—20° C trocken gelagert. Am ersten Tag der Luftlagerung wurde auf dem Balken an der Seitenfläche mit 2,3 cm Betondeckung ein Riß in der Längsrichtung der Einlagen beobachtet. Drei Tage darauf wurden an der Unterfläche sowie an der Seitenfläche mit 3,6 cm Betondeckung Längsrisse beobachtet.

Die Prüfung der sämtlichen Körper erfolgte im Alter von 33 Tagen. Das Belastungsschema für den Balken ist aus Abb. 16 ersichtlich.

Die Würfelfestigkeit des Betons betrug 188 kg/cm²; die Rißlast des Balkens nur 2500 kg und die Bruchlast 7750 kg.

Die Spannungen im Beton und Bambus bei der Bruchlast betragen

$$\sigma_B = \frac{M}{F_B \cdot \left(h - \frac{x}{3}\right)} = 420 \text{ kg/cm}^2,$$

$$\sigma_b = \frac{2\,M}{bx \cdot \left(h - \frac{x}{3}\right)} = 188 \text{ kg/cm}^2.$$

Der erste Zugriß war auch hier ein Haarriß und hat sich bei der Bruchlast nur wenig verbreitert. Der Bruch erfolgte durch Zerstörung des Betons an einem Ende des Balkens (s. Abb. 17), infolge von Keilwirkung der ungeraden Bambuseinlagen. Nach der Prüfung wurde der Balken zerschlagen und es war zu sehen, daß die Scheidewände noch unversehrt waren und die Einlagen im Beton fest saßen.

Der Beton im Balken B_{10} mit W_{33} = 188 kg/cm² war geringwertiger als der Beton im Balken B_9 mit W_{14} = 200 kg/cm². Es wurde kein Vergleichsbalken ohne Bewehrung gleichzeitig mit Balken B_{10} geprüft. So kann nichts über die Erhöhung der Rißlast durch Bambuseinlagen unmittelbar gesagt werden. Aber da die Rißlast für B_{10} gleich groß war wie die für B_9 und da bei B_9 eine kleine Erhöhung der Rißlast beobachtet worden war, so ist es auch anzunehmen, daß in Balken B_{10} auch eine Erhöhung der Rißlast durch Bambuseinlagen erreicht wurde.

Wie bei den vorigen Balken, wurde auch in diesem Fall eine Erhöhung der Bruchlast durch Bambuseinlagen erreicht.

Die Scheidewände waren in der Lage, das Gleiten zwischen Bambus und Beton zu verhindern.

Die Bewehrung in den Balken B_9 und B_{10} waren ungefähr gleich gut isoliert und etwa gleich groß. Der Balken B_{10} war mit Bügeln versehen (s. Abb. 16); der Balken B_9 hatte keine Bügel. Trotzdem hat das Quellen der Einlagen in B_{13} sogar die 3,3 cm dicke Betondeckung zerrissen; die 2,7 cm dicke Betondeckung des Balkens B_9 war dagegen rißfrei.

Durch Isolierung des Bambus war es möglich, das Quellen des einbetonierten Bambus soweit zurückzuhalten, daß er im Beton fest saß.

Die Risse, die durch Quellen der Einlagen in der Betondeckung entstehen, haben vermutlich keinen schädlichen Einfluß auf die Riß- oder Bruchlast des Balkens.

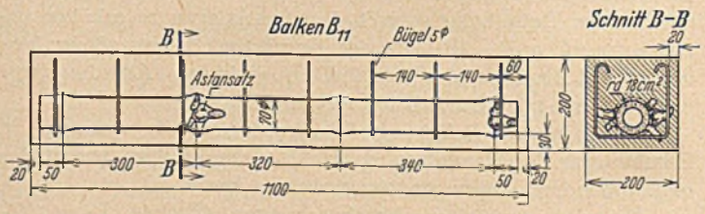


Abb. 18.

Serie 5 umfaßte einen bewehrten Balken 20 × 20 × 110 cm und sechs Würfel von 10 cm Kantenlänge. Wie aus Abb. 18 ersichtlich ist, hatte der Balken B_{11} ein Bambusrohr von rd. 7,0 cm Außendurchmesser und rd. 1,5 cm Wandstärke, also von etwa 18 cm² in der Zugzone. Das Rohr war 105 cm lang und hatte vier Knoten mit kräftigen Astansätzen. Einige Tage vor dem Einbetonieren wurde das Rohr mit Bleiweiß, verdünnt mit 10% Firnis dreimal angestrichen. Es wurden acht Eisenbügel von 5 mm Durchmesser über die Länge des Balkens im Abstand von 14 cm angeordnet. Der Beton bestand aus 1 Gewichtsteil Portlandzement

von Lauffen und 3,1 Gewichtsteilen Mainkiessand von 0—7 mm und 3,1 Gewichtsteilen Mainkies von 7—30 mm Korngröße. Der Kiessand war trocken. Der in der Mischmaschine hergestellte Beton mit einem Wasserzementfaktor von 0,58 war plastisch. Einige Stunden nach der Herstellung wurden die Körper in der Schalung mit feuchten Säcken abgedeckt. Sieben Tage nach der Herstellung wurden die Körper ausgeschalt und in einem Raum mit einer Lufttemperatur von 15—20° C trocken gelagert. Die Prüfung der Körper erfolgte im Alter von 21 Tagen. Das Belastungsschema für den Balken ist aus Abb. 18 ersichtlich. Der Balken war vor der Prüfung rißfrei.

Die Würfelfestigkeit des Betons betrug 278 kg/cm²; die Biegefestigkeit des Betons (nach Saliger) im Mittel mit rd. 40 kg/cm² geschätzt.

Bei der Bruchlast 6150 kg ist:

$$\frac{6150}{2} \cdot 40 \text{ (s. Abb. 18) und}$$

$$b_B = \frac{M}{F_B \cdot \left(h - \frac{x}{3}\right)} = 565 \text{ kg/cm}^2 \text{ und}$$

$$b_b = \frac{M\ 2}{b\ x \cdot \left(h - \frac{x}{3}\right)} = 248 \text{ kg/cm}^2.$$

Der Bruch erfolgte an einem Ende des Balkens, weil hier der durch die Verdickung des Bambus entstehende Druckkeil am Knoten sprengend auf den Beton wirkte (s. Abb. 19). Nach dem Zerschlagen des Balkens wurde beobachtet, daß die Astansätze des Bambusrohres noch unbeschädigt waren und daß das Rohr im Beton fest saß.

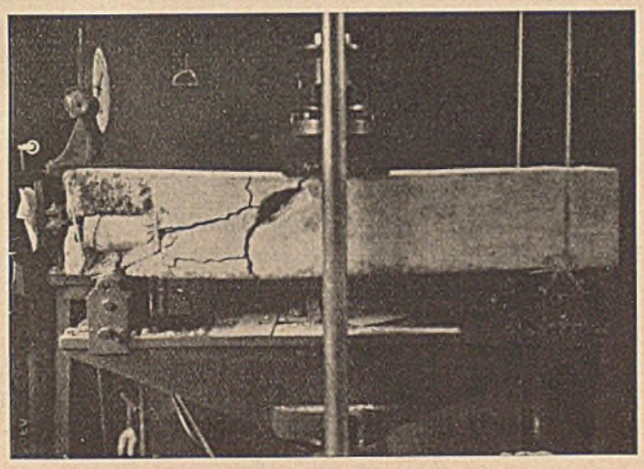


Abb. 19. Bruchbild des Balkens B_{11}; Versuchseinrichtungen.

Über die Erhöhung der Rißlast durch Bambuseinlagen kann aus den Versuchen mit Balken B_{11} nichts gesagt werden, da kein unbewehrter Betonbalken gleichzeitig geprüft wurde, aber die Bruchlast des Betonbalkens wurde durch Bambusrohreinlagen erhöht.

Durch die Astansätze wurde das Gleiten des Rohres im Beton bis zum Bruch des Balkens bzw. zu 565 kg/cm² Zugspannung im Bambus verhindert.

Durch Isolierung des Bambusrohres wurde das Quellen bzw. Schwinden des Bambusrohres soweit verhindert, daß es im Beton fest saß.

III. Druckversuche mit Bambusbeton.

Druckversuche mit Betonsäulen wurden teils mit und teils ohne Bambusrohreinlagen durchgeführt. Zur Verwendung kamen chinesische Bambusrohre von etwa 2,8 cm Außendurchmesser und rd. 4 mm Wandstärke; sie waren lufttrocken und besaßen eine Druckfestigkeit von rd. 400 kg/cm², bezogen auf den umschlossenen Querschnitt, ermittelt aus 4—10 cm hohen Proben. Auf die Feststellung des Feuchtigkeitsgehalts wurde verzichtet und zwar aus dem Grund, daß für die Praxis diese Feststellung bedeutungslos sei. Vor dem Einbetonieren wurden die Rohre der Serie 1 und 2 mit Mayoritsisoliermasse, verdünnt mit 10% Firnis und die Rohre der Serie 3 mit Bleiweiß, verdünnt mit 10% Firnis angestrichen, und dadurch gegen Feuchtigkeitsaufnahme tunlichst unempfindlich gemacht. Sämtliche Säulen waren gleich groß und zwar 10 × 10 × 56 cm; sie wurden in Eisenformen liegend hergestellt und nach der Betongüte und nach der Stärke der Bambusrohreinlagen in 3 Serien unterteilt:

Mit jeder Serie werden noch einige Würfel von 10 cm Kantenlänge in Eisenformen hergestellt, um die Würfelfestigkeit des Betons zu bestimmen.

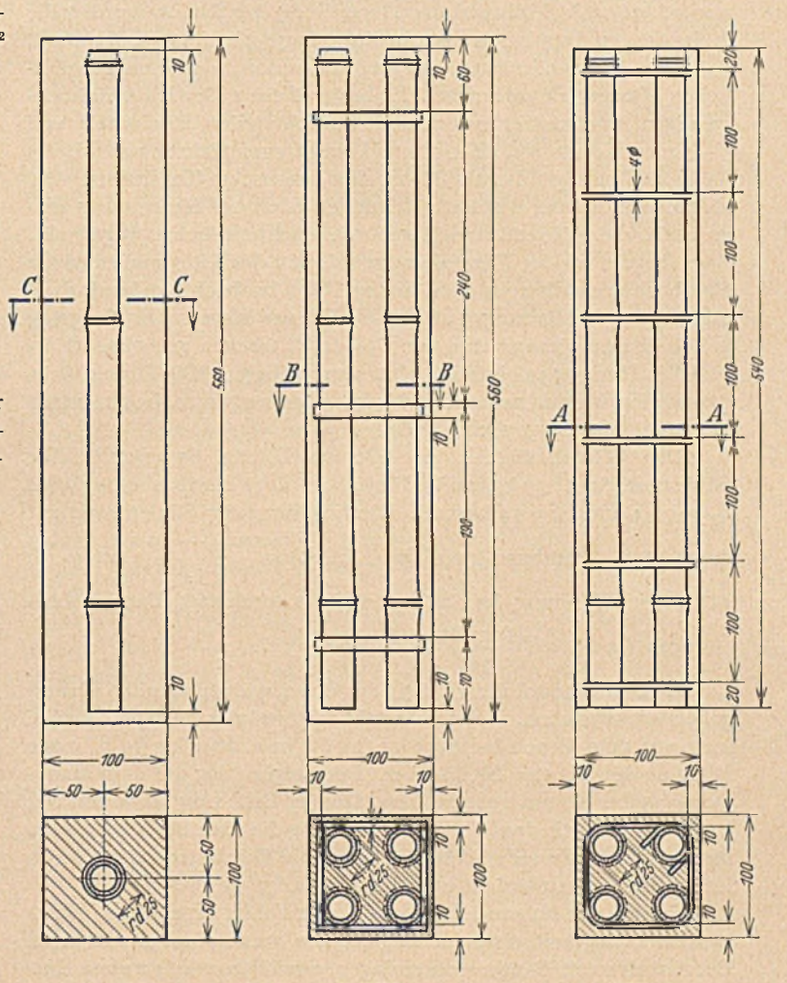


Abb. 20. Abb. 21. Abb. 22.

Serie 1 mit gutem Beton und geringer Bambusbewehrung: Es wurden insgesamt zwei Betonsäulen ohne Bambusrohreinlagen und zwei mit Bambusrohreinlagen und sechs Betonwürfel hergestellt. Wie aus Abb. 20 ersichtlich ist, hatten die Bambusbetonsäulen je ein Bambusrohr von rd. 2,5 cm Außendurchmesser mit einem umschlossenen Querschnitt von rd. 5 cm² in der Mitte.

Der Beton bestand aus 1 Gewichtsteil Buderus hochwertigem Portlandzement und 5 Gewichtsteilen Rheinsand von 0—7 mm Korngröße. Dieses Mischungsverhältnis entsprach etwa 380 kg Zement pro Kubikmeter fertigen Beton. Der handgemischte Beton mit einem Wasser-Zementfaktor von 0,57 war plastisch. Die Körper wurden 24 Stunden nach der Herstellung ausgeschalt, während den ersten drei Tagen mit feuchten Säcken abgedeckt und dann bis zum Prüfungstag in Raumtemperatur von 15—20° C trocken gelagert. Die Prüfung der sämtlichen Körper erfolgte im Alter von drei Wochen. Die Druckflächen der Säulen wurden vor der Prüfung mit einer etwa 5 mm dicken fetten Mörtelschicht ausgeglichen. Sämtliche Körper waren vor der Prüfung rißfrei.

Die Würfelfestigkeit des Betons im Mittel betrug aus sechs Ver-

suchen nur 335 kg/cm²; die Säulenfestigkeit 274 kg/cm²; die Festigkeit der Bambusbetonsäule 267 kg/cm².

Die Bambusbetonsäulen wurden nach ihrer Prüfung zerschlagen; die Bambusrohre saßen fest im Beton und waren unbeschädigt.

Serie 2 aus minderwertigem Beton und einem hohen Prozentsatz der Bambusbewehrung. Es wurden insgesamt vier Säulen, zwei ohne und zwei mit Bambusrohreinlagen, und sechs Würfel hergestellt. Wie aus Abb. 21 ersichtlich ist, hatten die Bambusbetonsäulen je vier Bambusrohreinlagen; die Säule S_1 hatte einen umschlossenen Bambusquerschnitt von rd. 21 cm² und die Säule S_2 von rd. 26 cm². Während der Herstellung der Säulen wurden die Rohre durch Bambusstreifen in ihrer Lage gehalten (s. Abb. 21).

Der Beton sollte eine Festigkeit aufweisen, wie sie bei gewöhnlichen Mauerwerk vorkommt. Er bestand aus 1 Gewichtsteil hochwertigen Portlandzement und 8 Gewichtsteilen Rheinsand von 0—3 mm Korngröße. Mit einem Wasserzementfaktor von rd. 1,5 hatte der handgemischte Beton eine plastische Konsistenz. Die sämtlichen Körper wurden 24 Stunden nach der Herstellung ausgeschalt und während drei Tagen mit feuchten Säcken abgedeckt. Zwei Tage nach der Herstellung wurden in der Längsrichtung der Bambusbetonsäulen an allen Seiten Risse beobachtet. Nach dreitägiger Feuchtlagerung wurden die Körper bis zum Prüfungstag bei einer Raumtemperatur von 15—20° C trocken gelagert.

Die Prüfung erfolgte im Alter von 31 Tagen. Die Druckfläche der Säulen wurden vor der Prüfung mit einer 5 mm dicken fetten Mörtelschicht ausgeglichen.

Die Würfelfestigkeit des Betons betrug 65 kg/cm². Die Säulenfestigkeit 59 kg/cm². Festigkeit der Bambusbetonsäulen $S_1 = 72{,}4$ und $S_2 = 74$ kg/cm². Die Erhöhung der Säulenfestigkeit durch 21% Bambusrohreinlagen (in S_1) $= \frac{72{,}4 - 59}{59} \cdot 100 =$ rd. 22%. Die Erhöhung der Säulenfestigkeit durch 26% Bambusrohreinlagen (in S_2) $= \frac{74 - 59}{59} \cdot 100 =$ rd. 25%.

Bei den Betonsäulen erfolgte der Bruch wie üblich ohne vorhergehendes Anzeichen. Bei den Bambusbetonsäulen dagegen wurden kurz vor dem Bruch bei 6450 kg (in S_1) bzw. 6840 kg (in S_2) neue Risse an den Kanten beobachtet. Der Zeiger stieg auf dem Manometer weiter bis auf 7240 kg bzw. 7400 kg Belastung, d. h. um 8% bzw. 12%. Nach den Versuchen wurden die Bambusbetonsäulen zerschlagen. Es wurde beobachtet, daß die Bambusrohre im Beton fest saßen und außerdem noch unbeschädigt waren.

Serie 3 mit hohem Beton und einem hohen Prozentsatz Bambusbewehrung mit eisernen Bügeln. Es wurden insgesamt zwei Betonsäulen mit Bambusrohreinlagen, zwei Betonsäulen ohne Einlagen und drei Betonwürfel hergestellt. Wie aus Abb. 22 ersichtlich ist, hatten die Bambusbetonsäulen je vier Bambusrohre von etwa 2,5 cm Außendurchmesser, was etwa 20 cm² umschlossenen Bambusquerschnitt je Säule entspricht. Um die Rohre gegen Ausknicken zu sichern, wurden sie im Abstand von 10 cm durch eiserne Bügel von 5 mm Durchmesser verbunden.

Der Beton bestand aus einem Gewichtsteil Heidelberger gewöhnlichen Portlandzement und 4,8 Gewichtsteilen Moränesand von 0—7 mm Korngröße. Er wurde mit der Mischmaschine hergestellt und war ziemlich flüssig. Das Ausschalen der Körper erfolgte nach sieben Tagen; während der ersten drei Tage waren die Körper mit feuchten Säcken bedeckt. Bis zum Prüfungstag wurden die Körper dann bei einer Raumtemperatur von 15—20° C trocken gelagert. Die Prüfung der Körper erfolgte im Alter von 23 Tagen; vor der Prüfung waren alle Körper rißfrei, was wohl bei den Bambusbetonsäulen auf die Wirkung der Isolierung, der eisernen Bügel sowie auf den hochwertigen Beton zurückzuführen ist. Vor der Prüfung wurden die Druckflächen der Bambusbetonsäulen soweit abgeschliffen, bis der Querschnitt der Bambusrohre voll sichtbar war; die Druckflächen der Betonsäulen waren dagegen mit einer 5 mm dicken fetten Mörtelschicht ausgeglichen.

Die Würfelfestigkeit des Betons war rd. 244 kg/cm², die Säulenfestigkeit 200 kg/cm². Die Festigkeit der Bambusbetonsäulen betrug 266 kg/cm².

Wie aus dem Bruchbild (s. Abb. 23) ersichtlich ist, waren die Bambusrohre durch die Anordnung der Eisenbügel gegen Ausknicken gesichert. Nach dem Zerschlagen der Säulen wurde beobachtet, daß die Bambusrohre im Beton fest saßen.

1. Durch die angestellten Versuche ist bewiesen, daß ein auf Druck beanspruchter Bauteil aus Bambusbeton nicht schwächer ist, als ein solcher aus Beton von gleichem Querschnitt; im Gegenteil ist bei reichlichen Bambuseinlagen, mit minderwertigem Beton ein noch höherer Widerstand festgestellt worden.

Abb. 23.

2. Die Anordnung von Eisenbügeln hat auf die Festigkeit der geprüften Bambusbetonsäulen keinen Einfluß gehabt; doch wurden hierdurch Risse, die infolge Quellens des einbetonierten (isolierten) Bambus in der dünnen Betondeckung entstehen, vermieden.

3. Die schon bei den Vorversuchen festgestellte Tatsache, daß durch einen hochwertigen Beton oder eine dicke Betondeckung das Zerreißen der Betondeckung infolge Quellen der Bambuseinlagen vermieden werden kann, wurde durch diese Versuche bestätigt.

4. Durch Isolierung der Bambuseinlagen mit Mayoritsisoliermasse oder mit Bleiweiß war es bei diesen Versuchen wohl möglich, die Feuchtigkeitsaufnahme des einbetonierten Bambus soweit zurückzuhalten, daß er im Beton nicht lose saß; doch war es hierdurch nicht immer möglich, das Zerreißen der Betondeckung durch Quellen der Bambuseinlagen zu verhindern, besonders dann, wenn der Beton minderwertig und die Deckung dünn war.

Schlußfolgerungen und Richtlinien.

1. Eine gegenseitige chemische Einwirkung zwischen Bambus und Beton wurde bei den angestellten Versuchen nicht beobachtet und ist auch nicht zu erwarten.

2. Der nicht isolierte Bambus nimmt Feuchtigkeit auf und quillt, wenn er einbetoniert wird; je nach der Größe des einbetonierten Bambusquerschnitts kann die innere Spannung im Betonkörper so groß werden, daß die noch junge Betondeckung zerspringt.

Mit der Zeit schwindet der Bambus rascher und mehr als der Beton und sitzt lose im Beton.

Durch Isolierung des Bambus mit Bleiweiß oder mit Mayoritsisoliermasse kann das Quellen des Bambus soweit verhindert werden, daß er im Beton fest sitzt.

Durch Wahl eines fetten Betons, einer dicken Betondeckung sowie durch Anordnung von Eisenbügeln und gleichzeitige Isolierung der Bambuseinlagen kann das obengenannte Zerspringen der Betondeckung infolge Quellen des einbetonierten Bambus verhindert werden.

3. Der durch Herausdrücken des Bambus aus Betonwürfeln gefundene Gleitwiderstand zwischen Beton und isolierten Bambusstreifen ohne Scheidewand wurde als rd. 3,5 kg/cm² festgestellt; der Gleitwiderstand zwischen Beton und isolierten Bambusstreifen mit Scheidewand war so groß, daß an der Lastangriffstelle die Druckfestigkeit des Bambus von 825 kg/cm² erreicht wurde.

Bei den Biegeversuchen wurde festgestellt, daß die Scheidewände der isolierten Bambusstreifen stark genug waren, um das Gleiten des Bambus im Beton weitgehend zu verhindern; dabei spielte die Oberfläche der Einlagen keine große Rolle. Weiter wurde festgestellt, daß die Astansätze eines Bambusrohres in der Lage waren, das Gleiten des Rohres (bis über 565 kg/cm² Zugspannung in Bambus) im Beton zu verhindern.

4. Risse, die durch das Quellen der Bambuseinlagen in der Betondeckung eines Bambusbetonbalkens entstehen, haben keinen schädlichen Einfluß auf die Riß, bzw. Bruchlast des Balkens.

Bei den angestellten Biegeversuchen wurde die Rißlast des Betonbalkens durch Bambuseinlagen, wie zu erwarten war, bis auf zwei Fälle (Balken B_7 und B_8) kaum erhöht; die Bruchlast wurde dagegen erheblich erhöht.

Die Anordnung der Bambuseinlagen, wie in Balken B_7 oder B_8 (s. Abb. 8—10), wurde als geeignet gefunden.

Wenn die Einlagen wie in Balken B_9 (s. Abb. 13 u. 14), B_{10} (s. Abb. 13 u. 14) oder B_{11} (s. Abb. 18) angeordnet werden, so kann man annehmen, daß durch gleichzeitig eingelegte geschlossene Eisenbügel über die ganze Länge des Balkens das Zerspringen des Betons infolge Keilwirkung der Einlagen verhindert wird.

Wenn auch durch die beschriebenen Versuche noch nicht alle Fragen geklärt werden können, die für die Verwendung von Bambusbetonbalken wichtig sind, so zeigen die Ergebnisse doch, daß Bambusbetonbalken als Ersatz für Eisenbeton- und Holzbalken in wenigbeanspruchten Wohnhäusern verwendet werden können. Allerdings sind umfangreiche Versuche erforderlich, um z. B. die Frage der Rißentwicklung bei verschiedener Bewehrung, die Frage der Schubsicherung usw. zu beantworten.

5. Durch die angestellten Versuche mit Betonsäulen ist bewiesen, daß die Tragfähigkeit der Betonsäule durch Bambusrohreinlagen nicht verringert wird; im Gegenteil, beim minderwertigen Beton wird durch reichliche Bambusrohreinlagen eine kleine Erhöhung der Tragfähigkeit erreicht.

Auf Grund dieser Versuche kann man annehmen, daß Bambusbeton für Wände brauchbar ist und daß bei geeigneter Bauausführung die Erdbebensicherheit solcher Bauwerke gewährleistet ist.

6. Das Ergebnis des Versuches mit Balken B_{11} zeigt die Berechtigung der auf S. 18 erwähnten Annahme, daß die in der Zugzone oberhalb der Eiseneinlagen eingebrachten Bambusrohre die Sicherheit eines Eisenbetonbalkens erhöhen können; weiter zeigen die Ergebnisse der Druckversuche die Berechtigung der auf S. 18 erwähnten Vermutung, daß Bambusrohre mit Vorteil in der Druckzone eines Eisenbetonbalkens verwendet werden können [2].

[2] Beim Abschluß meiner Arbeit wurde mir bekannt, daß der Bambus als Bewehrungsmittel in Betonstraßen in China bereits erprobt wird (s. Betonstraße, November 1934).

Richtlinien für die Anwendung von Bambus.

Der Bambus muß möglichst gerade und gesund sein. Er soll auch lufttrocken sein. Wenn ein ganzes Rohr einbetoniert werden soll, so ist es zweckmäßig, daß das Rohr Astansätze hat. Rohre mit geringem Außendurchmesser und großer Wandstärke sind vorzuziehen.

In Fällen, wo der Bambus als Tragglied und der Beton als Verkleidung des Bambus dienen soll, also wo kein Verbund zwischen beiden Materialien unbedingt nötig ist, wie es z. B. bei den Bambusbetondecken der Fall ist, ist es nicht notwendig, den Bambus gegen Feuchtigkeitsaufnahme zu isolieren. Aber wenn eine Verbundwirkung der beiden Materialien erwünscht ist, muß der Bambus mit einem geeigneten Mittel gegen den Zutritt von Feuchtigkeit geschützt werden.

Wenn Bambuseinlagen als Ersatz für Eiseneinlagen in der Zugzone eines Betonbalkens verwendet werden sollen, muß der Bambusquerschnitt infolge des kleinen Zugelastizitätsmoduls des Bambus mindestens das 12fache des Eisenquerschnitts betragen.

Der Beton muß möglichst hochwertig sein und auf keinen Fall darf er eine Würfelfestigkeit von weniger als 150 kg/cm² nach 28 Tagen besitzen. Die Betonüberdeckung soll bei gleicher Betongüte mit der Zunahme des einbetonierten Bambusquerschnitts wachsen.

Bei Verbundkonstruktionen aus Bambusbeton sind im allgemeinen Eisenbügel zu verwenden, besonders bei Balken, um die auftretenden Schubkräfte zu übertragen.

Lang: Das Holz als Baustoff. 1. Aufl. Wiesbaden 1915.
Schrötter: Der Bambus und seine Bedeutung als Nutzpflanze. Basel 1886.
Spörry: Die Verwendung des Bambus in Japan. Zürich 1903.
France: Das Leben der Pflanzen. 5 Bände, 1906—1912.
Schmeil: Leitfaden der Botanik, 40. Aufl. Leipzig 1911.
Mayer: Fremdländische Wald- und Parkbäume für Europa. Berlin 1906.

KURZE TECHNISCHE BERICHTE.

Die Chambon-Talsperre.

Die auf fünf Jahre berechneten Bauarbeiten an der Chambon-Talsperre erforderten den Einsatz gewaltiger Hilfsmittel und modernster Geräte und Baustoffe. Der zum Antrieb der Maschinen mit einer Gesamtleistung von 1600 PS benötigte Strom wird durch eine 6 km lange 1500 V-Leitung zugeführt (Abb. 1, Lageplan). Die Durchführung der Aushubarbeiten bereitete die größten Schwierigkeiten. Zunächst mußte die Staatsstraße Grenoble-Briançon verlegt und durch einen Tunnel im linken Berghang geführt werden; außerdem wurde die Romanche in einem abgedeckten künstlichen Gerinne durch die Baustelle geleitet und erst unterhalb eines das Flußbett nach oben abschließenden Fangedammes in dieses zurückgeführt. Nach den Sondierungen im Flußbett hatte man den Aushub auf 46 000 m³ geschätzt. Leider war man hierbei nicht auf die vielfach vorhandenen mit Schutt gefüllten Gletschermühlen gestoßen, die stellenweise einen sehr tiefen Aushub erforderten, bis man auf den gesunden und geschlossenen Fels kam. Durch Abteufen eines stark verzimmerten Schlitzes bis auf die Kote 914,5 zwischen den Pro-

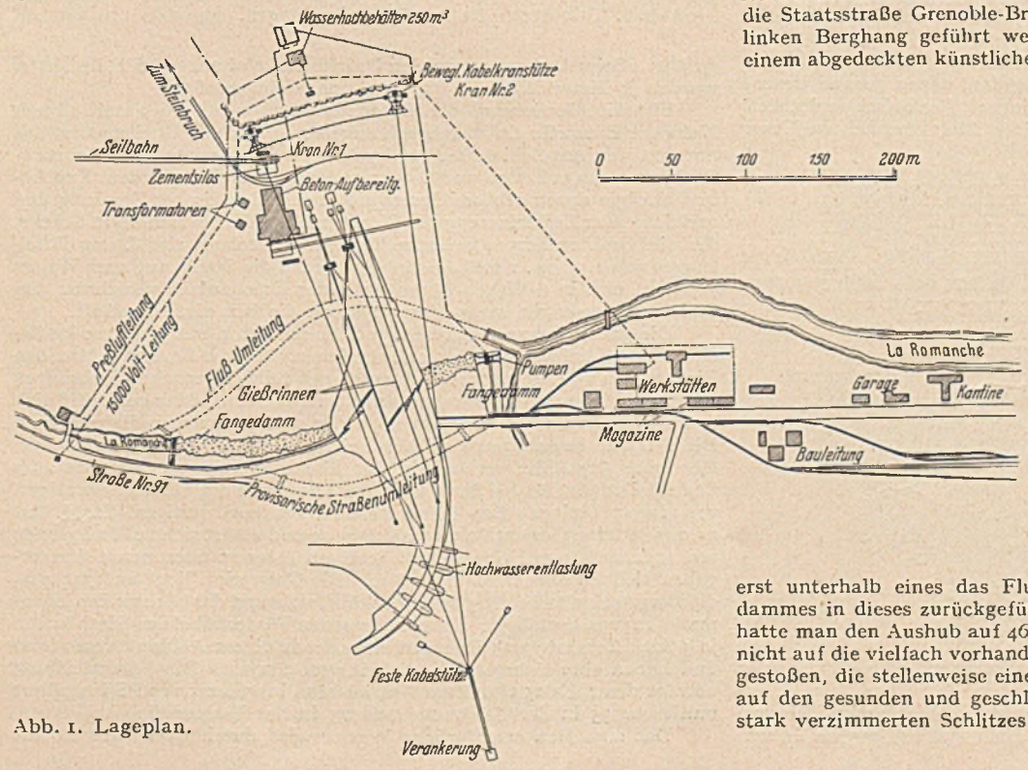


Abb. 1. Lageplan.

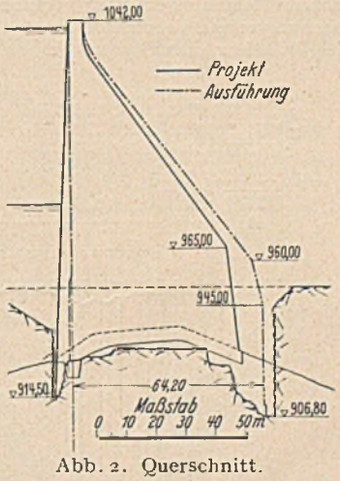


Abb. 2. Querschnitt.

filen 9 und 16 gewann man einen Einblick in die Lage der Felsoberkante und konnte demgemäß in Anpassung an die Felslage das Mauerprofil, vor allem die vordere und hintere Neigung, ändern. Außerdem wurde, wo erforderlich, ein stark bewehrter und im Fels verankerter Sporn angeordnet (Abb. 2).

Bei der Festlegung der neuen Umgrenzungslinien des Profils mußte weitgehend auf die starken Verzimmerungen der Aushubschächte Rücksicht genommen werden, da diese außerhalb des Mauerprofiles verbleiben mußten (Abb. 3). Lösen und Laden des Aushubs erfolgte von Hand, im Fels nach Auflockerung mit Preßlufthämmern; das Hochfördern geschah mittels Seilschaufel und Derrick. Kabelkrane verbrachten das Material auf 4 m³-Wagen mit Meterspur. Die Aushubarbeiten sollten ursprünglich $1^1/_2$ Jahre dauern; durch die aufgetretenen Schwierigkeiten und die hierdurch bedingten Aufenthalte und Projektänderungen zogen sich diese

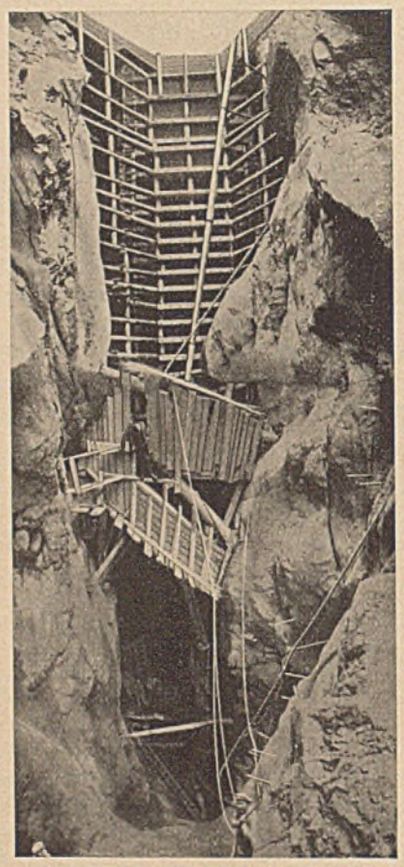


Abb. 3. Aushub und Versteifung der Baugrube.

Arbeiten trotz Mehrschichtenbetriebes vier Jahre hin bei einem Gesamtaushub von 115 000 m³.

Zur Erzielung einer genügenden Wasserdichtigkeit mußten ausgedehnte Zementinjektionen vorgenommen werden, denen genaue Untersuchungen und Versuchsbohrungen vorausgingen. Geologisch ergibt sich im Talquerschnitt das aus Abb. 4 ersichtliche Bild: am rechten Hang

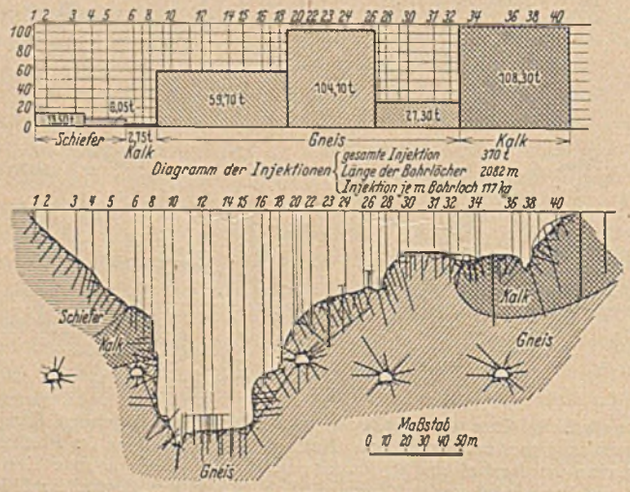


Abb. 4. Geologischer Talquerschnitt.

Schiefer, darunter Kalk, dann Gneis; der untere schluchtartige Teil des Tales ist in den Gneis eingeschnitten, der auch fast am ganzen linken Talhang ansteht. Von der Gründungssohle des oberstromigen Spornes aus wurden Bohrlöcher von insgesamt 2082 m Länge hergestellt und 370 t Zement eingespritzt. Sicherheitshalber wurden in dem Gneis noch fünf Stollen unter der Mauer angelegt und von dort aus ebenfalls Injektionen vorgenommen, vor allem um im Bereich des Straßentunnels und des Umleitungskanals eine Abdichtung zu erreichen. Die mittlere Entfernung der Bohrlöcher betrug 4 m, ihre Tiefe etwa 15 m, vereinzelt bis 50 m, ihr ⌀ 48 mm. Die Bohrungen wurden mit Diamantbohrern aus-

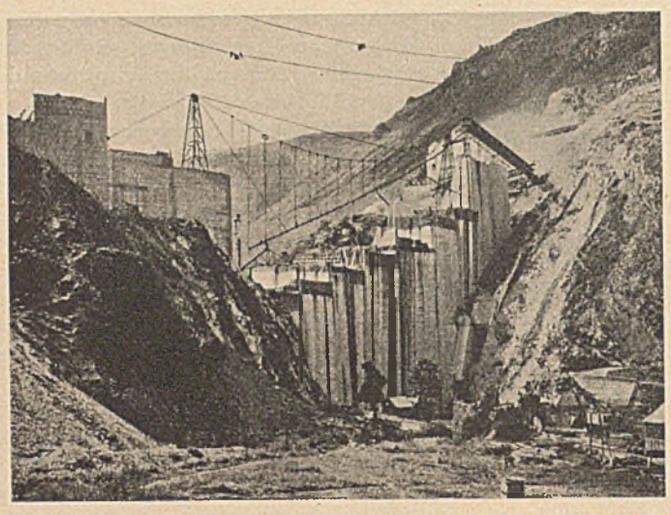


Abb. 5. Betonieranlagen.

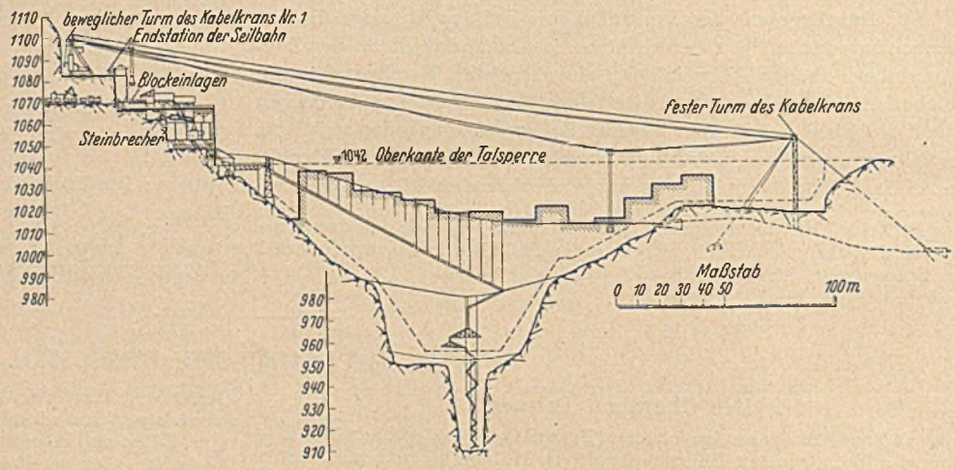


Abb. 6. Talquerschnitt mit Betonieranlagen.

geführt. Beim Auspressen wurden Drücke bis 40 at angewandt; im Mittel wurden je Meter Bohrloch 177 kg Zement eingepreßt.

Für die Gewinnung der Betonzuschläge wurde in unmittelbarer Nähe der Baustelle ein Steinbruch angelegt. In einem Gneismassiv, das nur von wenigen Schieferlagern durchzogen ist, konnte eine Abbruchfläche von 300 m Länge und 40—50 m Höhe freigelegt werden. Der Abbau erfolgte durch größere Sprengungen mit elektrischer Zündung und nachfolgender Zerkleinerung der Blöcke mit Preßlufthämmern in Stücke, die die Grobbrecher aufnehmen können. Mittels zweier Dampflöffelbagger von 1,5 bzw. 1 m³ Löffelinhalt werden die Steine auf 4 m³-Wagen verladen und in 6-Wagen-Zügen nach der Brechanlage verfahren. Im Steinbruch erzeugen sechs Kompressoren die benötigte Preßluft.

Die ganze Sperre enthält ca. 300 000 m³ Beton mit i. M. 200 kg Zement. Der Antransport der erforderlichen 60 000 t Zement hätte den Einsatz von 15 Lastwagen auf Straßen mit teilweise starken Steigungen erfordert, die zudem im Sommer stark befahren sind. Man entschloß sich daher zum Bau einer Seilbahn nach der nächstgelegenen Bahnstation. Die Seilbahn besteht aus zwei Abschnitten von 4,25 bzw. 6,2 km Länge. Der erste Abschnitt verläuft in der Ebene, während der zweite zum Zementsilo führt der bei der Mischanlage liegt und ein Fassungsvermögen von 1200 t besitzt. Das Kabel besteht aus hochwertigem Stahl, hat 25 mm ⌀, eine Gesamtlänge von 22 500 m und stützt sich auf 62 Pylonen von maximal 40 m Höhe ab. Da mehrere Täler zu überqueren sind, ergaben sich Spannweiten bis 878 m. Die Talstation liegt auf 714,4 m, die Bergstation auf 1083,5 m Meereshöhe, während der höchste Zwischenpunkt 1250 m hoch liegt. Die geschlossenen Förderkübel aus Eisen fassen je 5 Sack Zement (0,25 t), folgen einander in einem Abstand von 120 m und haben eine Fahrgeschwindigkeit von 2 m/sec. Die Förderleistung beträgt demnach 15 t/h. Zum Antrieb sind insgesamt 110 PS installiert und zwar 35 in der Talstrecke und 75 in der Bergstrecke.

Das zum Bau erforderliche Wasser wird durch zwei Pumpen mit

36 m³ Stundenleistung in einen Eisenbetonbehälter mit 250 m³ Fassungsraum am rechten Talhang gepumpt. Die eigentliche Betonbereitungsanlage mit einer Maschinenleistung von 1000 PS zerfällt in zwei Teile: die Aufbereitungsanlage und die Betonfabrik (Abb. 5 u. 6). Zwei symmetrisch angeordnete Brech- und Sortieranlagen liefern die aufbereiteten Zuschlagsmaterialien in einen 1500 m³-Silo und zwar in vier Kornstufen: Grobschlag von 25—100 mm, Feinschlag von 10—25 mm, Mittelsand von 0—10 mm und Feinsand von 0—2 mm. Der Vorbrecher ist ein Backenbrecher mit 30 m³ Stundenleistung und 110 PS Antrieb; an ihn anschließend befindet sich eine erste Sortiertrommel von 11 m Länge und 1,45/1,95 m ⌀, die das Brechgut in drei Kornstufen 0—10, 10—25 und 25—100 mm zerlegt. Anschließend daran verarbeitet ein Walzenbrecher mit 16 m³ Stundenleistung den Abfall aus der ersten Trommel und eine zweite Sortiertrommel von 4,45 m Länge und 1,0/1,35 m ⌀ teilt das Brechgut nochmals auf. Das so gesiebte Material gelangt über ein Becherwerk nochmals in die erste Trommel und von dort in den Silo. Da die zunächst vorhandenen beiden Kugelmühlen nicht genügend Sand lieferten, wurde noch eine Walzenmühle dahinter geschaltet. Die Betonbereitung erfolgte in zwei Mischern mit je 1335 l Trommelinhalt. Grobschlag, Feinschlag und Mittelsand wurden mengenmäßig über ein Förderband zugegeben, Feinsand und Zement gewichtsmäßig. Auch die Wasserzugabe erfolgte automatisch. Der Einbau des Betons geschah mit Gießrinnen und Kabelkranen.

Zur Beschickung der Gießanlage gelangte der Beton aus den Mischern zunächst auf ein 600 mm breites Förderband und von dort über ein zweites bewegliches Band zum Ausgangspunkt des Rinnensystems auf einem Gießturm. Die Hauptrinne war an einem Kabel aufgehängt und konnte beliebig mit Verteilerrinnen verbunden werden. Die Stundenleistung konnte zwischen 30 und 80 m³ verändert werden. Ebenso war die Rinnenneigung veränderlich und zwar von 45 bis auf 70%, um eine Entmischung zu vermeiden. Ebenfalls zum Einbringen von Beton, ferner für den Einbau der Blockeinlagen, zum Aufstellen der Schalungen und für sonstige Hilfsarbeiten fanden zwei Kabelkrane Aufstellung, die durch elektrische und Handsignale von der Betonieranlage aus geleitet wurden. Der Einbau des Betons durch diese Krane erfolgte in Spezialkübeln mit 2 m³ Inhalt und Bodenklappe. Die Hauptabmessungen der Kabelkrane waren die folgenden: Kabeldurchmesser 45 mm, Höhe des festen Turmes 42 m, des beweglichen 15 m; der letztere bewegte sich auf einer Fahrbahn von 105 m Länge. Die Spannweite der Krane betrug 348,5 m, ihre Tragkraft 5,5 t und die mittlere Stundenleistung 30 m³ Beton.

Laut Anschreibungsbedingungen wurden Blockeinlagen aus dem Steinbruch mit mehr als 20 kg Gewicht eingebaut; die hierbei erzielte Stundenleistung betrug 6 m³. Die Einschalung der einzelnen Betonierblöcke wurde mit eisernen Tafeln 80 × 50 cm und 100 × 200 cm bewirkt, die geölt waren. An den Dehnungsfugen wurden die einzelnen Blöcke durch einen Bitumenanstrich getrennt. Zwecks guten gegenseitigen Verbandes wurden die bereits erhärteten Betonteile vor dem Aufbringen neuer Betonschichten gut angenäßt, gereinigt und aufgerauht. Während der Hauptbetonierungszeit (Sommer 1933 u. 1934) wurden arbeitstäglich i. M. 800 m³ Beton eingebaut. Die höchste Tagesleistung überhaupt betrug 999 m³ Beton und 70 m³ Blockeinlagen, d. h. also zusammen 1069 m³ feste Masse.

Vor dem Beginn der Betonierungsarbeiten wurden in einem gut eingerichteten Baustellenlaboratorium ausgedehnte Vorversuche über die günstigste Zusammensetzung des Betons durchgeführt. Auf Grund der Formel von Bolomey

$$P = A + (100 - A) \cdot \sqrt{\frac{d}{D}}$$

(wobei P = Prozentsatz aller Zuschläge < d in Millimeter, A = Konstante, d = kleinster Korndurchmesser in Millimeter, D = größter Korndurchmesser in Millimeter) wurden für plastischen Beton (A = 12) und für Gußbeton (A = 14) unter Errechnung der Werte für alle Korngrößen von d = 0,14 mm (4900 — Maschensieb) bis d = 50 mm und für das verwendete Größtkorn D = 100 mm Idealkurven für die Kornzusammensetzung aufgestellt, die eine große Dichte, hohe Festigkeitseigenschaften und eine gute Umhüllung der Blockeinlagen gewährleisteten. Mit den so zusammengesetzten Zuschlägen und Zementgehalten von 200, 250 und 300 kg wurden für plastischen und Gußbeton zahlreiche Versuchskörper auf Druck, Biegung, Dichte und Wasserdurchlässigkeit geprüft. Die Wasserzusätze schwankten zwischen 6,4 und 9% des Trockengewichtes. Auf Grund der Ergebnisse wurde der Zementgehalt auf 225/200/150 kg und zwar von unten nach oben abnehmend festgelegt. Bei den Vorversuchen zeigte sich noch, daß die Betonsorten nach Kurve A und B, die in Anlehnung an die Fullerkurve nach der oben erwähnten Formel von Bolomey berechnet waren, höchste Güteeigenschaften aufwiesen, insofern sie hohe Festigkeit und Dichte mit geringer Durchlässigkeit vereinten. Gleichzeitig konnte bei Anwendung der Kurve C, bei der nach der Theorie von Leclerc das Mittelkorn von 10—25 mm fehlt, zwar eine Erhöhung der Druckfestigkeit erzielt werden, jedoch ergab sich auf der anderen Seite eine merkbare Zunahme der Durchlässigkeit. Bei der späteren Bauausführung zeigte sich übrigens, daß der nach der Kurve A zusammengesetzte Beton etwas zu sandarm und deswegen nur sehr schwer zu verarbeiten war; man erhöhte daher den Gehalt an Staub feinem < 0,5 mm (Feinsand + Zement) von 20 auf 21% und den Sandgehalt < 10 mm von 41 auf 43%, später auf 44%, und erhielt so einen gut verarbeitbaren Beton.

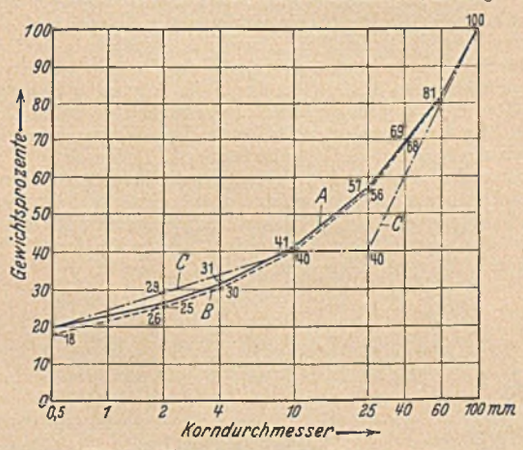


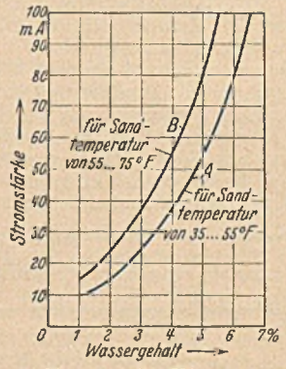
Abb. 7. Kornkurven der Vorversuche.

Die Zusammensetzung und Güte des erzeugten Betons wurde selbstverständlich durch tägliche Siebproben und Probekörper im Baustellenlaboratorium laufend geprüft. Die Probekörper waren Prismen 30/30/22 cm die nach 7, 28 und 84 Tagen abgedrückt wurden. Ebenso wurde der Zement laufend geprüft. (Nach „Travaux" 1935.)

Dr.-Ing. K. Pfletschinger.

Messung des Wassergehaltes im Beton-Sand durch elektrischen Widerstand.

Beim Bau der Mississippi-Schleusen bei Alton, wo über 150 000 m³ Beton verarbeitet wurden, kam ein Verfahren zur Messung des Feuchtigkeitsgehaltes der angelieferten Sandmengen zur Anwendung, das auf der Messung des elektrischen Widerstandes beruht, der mit zunehmendem Wassergehalt abnimmt. Bei den starken Schwankungen im Wassergehalt des angelieferten Sandes war eine zuverlässige und rasche Prüfung erforderlich, um die notwendigen Zusatzwassermengen zur Erzielung der gewünschten Konsistenz des Betons sofort festlegen zu können. Die angestellten Versuche mit der elektrischen Widerstandsmessung lieferten bereits brauchbare Ergebnisse, auch insofern als der Einfluß der verschiedenen Faktoren aufgezeigt wurde, von denen die Leitfähigkeit bzw. der Widerstand abhängt, wie Beschaffenheit des Wassers, Temperatur und Korngröße der Zuschlagstoffe. Die Versuche wurden sowohl im Aufgabebunker als in kleineren Gefäßen im Laboratorium durchgeführt. Wenn auch die angestellten Versuche noch nicht als abgeschlossen gelten können, so erwies sich das Verfahren doch schon brauchbar, da es eine rasche und einfache Überprüfung des Wassergehaltes gestattet. Die beigefügte Darstellung zeigt z. B. den Zusammenhang zwischen Stromstärke und Wassergehalt bei verschiedenen Temperaturen. (Nach „Engineering News-Record" 1935.) W. Lydtin.



Messung des Wassergehaltes des Sandes. (Einfluß verschiedener Temperatur).

Amerikanische Betonierungsverfahren im Kanalbau.

Beim Bau des über 43 km langen Abfangkanales in Chicago haben sich bei den beteiligten Unternehmern verschiedene Verfahren zur Herstellung des Betons, der Schalung usf. entwickelt, welche sehr beachtliche Leistungen unter schwierigen Verhältnissen erzielten und daher wohl allgemeines Interesse beanspruchen dürften.

Im allgemeinen wird täglich 24 Stunden voll gearbeitet: in 16 Stunden wird eine gewisse Strecke ausgeschachtet und freigelegt, um in den folgenden 8 Stunden die Arbeit des Einschalens, Eisenlegens und Betonierens vornehmen zu können. Die Größe des Vortriebes hängt von der Beschaffenheit des Baugrundes ab, in keinem Abschnitt wird aber mehr ausgehoben, als anschließend in 24 Stunden betoniert werden kann. Der Tagesfortschritt liegt in der Regel zwischen 2,75 bis 9,75 m. Das Ausschalen erfolgt meist nach 48 Stunden. Die Kanalsohle wird ohne Schalung in ziemlich trockener Beschaffenheit auf volle Aushublänge vor allen anderen Teilen betoniert. Die Bewehrung, welche in die Seitenwände eingreift, ragt dann frei heraus. Entweder wird die Schalung der Wände gegen die fertiggestellte Sohle abgesteift oder durch unten eingelegte besondere Querhölzer gehalten. Gewöhnlich sind die Mischer außerhalb der Baustrecke aufgestellt, so daß die Zufuhr des Betons durch Kipper erfolgt; in Querschnitten über 5 m Durchmesser hat man sie in den Kanal hoch oder tief, je nach Bedarf, eingebaut (Abb. 1). Handbetrieb beim Einbringen der Mischung ist die Regel, jedoch sind auch Ausfüh-

rungen mit Pumpanlagen eingerichtet worden, letztere haben sich aber infolge des dauernden Verstopfens der Rohrleitung nicht bewährt.

Die Anordnung der Schalung für die aufgehenden Teile des Kanalquerschnittes ist fast stets die gleiche bis auf die Abstützung. Der Abstand der zweiteiligen Stahlrippen, hinter welchen die 5—6,5 cm starken Schalbretter liegen, ist rd. 1,20 m. Die Verbindung im Scheitel der Rippen geschieht entweder durch Holzkeile oder Verschraubung.

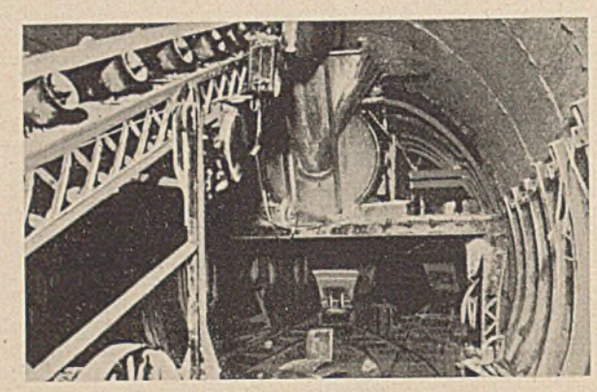


Abb. 1. Betonmischanlage im Kanalquerschnitt.

Die herangefahrene Betonmischung wird in die Seitenwände eingeschaufelt und die Schalung entsprechend schrittweise erhöht. Mit Preßlufthämmern wird letztere abgeklopft und es hat sich gezeigt, daß auf diese Weise ein dichter, nesterloser Beton hergestellt werden konnte, auch wenn die Mischungen verhältnismäßig trocken waren. In einigen Baulosen wird der Beton durch Kipper auf eine höher gelegene Bühne gebracht und von dort in die Seitenwände geschüttet. Immer jedoch wird das Schlußstück des Kanalquerschnittes von Hand eingebracht.

Die Ausstattung der Mischanlagen ist sehr verschieden. Es werden von den kleinsten Mischmaschinen solche bis zu 760 l verwendet. Die Zuführung der Stoffe erfolgt sowohl durch Bänder als auch durch Kipper. Dementsprechend sind die Mischer hoch oder tief eingebaut. Die vorgeschriebene Druckfestigkeit von 170 kg/cm² nach 7 und 210 kg/cm² nach 28 Tagen wird meist nicht unwesentlich überschritten. Es wurden Festigkeiten bis zu 430 kg/cm² erzielt.

Für die Zuführung der Baustoffe und den Zugang der Belegschaft sind kurze, seitlich einmündende Verbindungsstrecken angeordnet worden, an deren Enden Schächte mit Aufzügen liegen (Abb. 2). Alle Abschnitte haben mindestens zwei fest eingebaute Kompressoren mit doppelten, aus Gründen der Sicherheit, voneinander unabhängigen elektrischen Antrieben. Je nach der Größe sind die Zubringerstrecken ein- oder zweigleisig. In offenen Schächten, die bei einigen Bauabschnitten vorkommen, sind Krane an Stelle der Aufzüge vorhanden. Der Schachtdurchmesser beträgt in der Regel rd. 3,5—4,5 m.

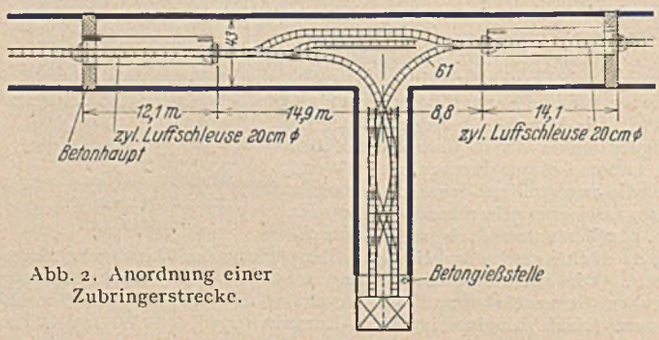


Abb. 2. Anordnung einer Zubringerstrecke.

Die Zuführung frischer Luft regelt sich meist von selbst durch Saugwirkung in den einzelnen Baustrecken. Wo dies nicht erfolgen kann, werden Frischluftleitungen und Luftfächer eingebaut, welche jedoch nur zeitweilig betrieben werden. (Nach Engineering News-Record 1935.)

Dr.-Ing. l'Allemand.

Dükerbauten in Nordamerika.

Der Ausbau der Wasserversorgung Südkaliforniens beruht darauf, daß durch eine rd. 390 km lange Rohrleitung, die durch den Parker-Damm angestauten Wassermassen des Colorado-Flusses nach der Behälteranlage in Cajalco geleitet werden. In dieser Strecke befinden sich etwa 46 km Düker, also nahezu 12% der Gesamtlänge. In bezug auf Linienführung und bauliche Durchbildung wurden — abgesehen von den hydraulischen Bedingungen und die Rücksichtnahme auf zukünftige Entwicklung — bei diesem gewaltigen Werk die verschiedenartigsten und schwierigsten Forderungen gestellt. Über die wichtigsten grundsätzlichen Fragen wird nachstehend kurz berichtet. Die Wasserleitung hat vom Coloradofluß nach Cajalco einen Höhenunterschied von etwa 290 m zu überwinden, der jedoch in Anbetracht des notwendigen (verlorenen) Gefälles wesentlich größer wird und rd. 493 m beträgt. Fünf Pumpanlagen in der ersten Hälfte der Strecke befördern die Wassermassen bis zum Hochpunkt der Leitung. Ausgehend von der Überlegung, daß bei bekannter Rauhigkeit der Wand-(Rohr-)flächen und gegebener Querschnittsform die Größe des Durchflußquerschnittes und das Gefälle so bemessen werden können, daß sich die Baukosten so niedrig wie möglich ergeben, ist es gelungen, drei Hauptformen für die Ausbildung der Düker zu finden und zwar ortsfest hergestellte Eisenbetonrohre- oder -gerinne, fertig verlegte Eisenbetonrohre und Stahlrohre. Es hat sich bei Vergleich dieser drei Ausführungsarten gezeigt, daß die an Ort und Stelle ausgeführten Eisenbetonbauwerke am wirtschaftlichsten waren. Bei Druckhöhen über 6 m wurde als zweckmäßigste Lösung der doppelte Kreisquerschnitt gefunden, unter 6 m ist der einfache Kreisquerschnitt am günstigsten. Kurze Düker geringer Druckhöhe zwischen Kanalstrecken waren am vorteilhaftesten als dreiteiliges Rechteckgerinne herzustellen. Besonders bemerkenswert ist die bauliche Durchbildung der im Erdbebengebiet liegenden Strecken, welche etwa alle 6,10 m Fugen aufweist, die nur Querkräfte aber keine Zugkräfte übertragen können.

Die Druckhöhen in der Leitung sind verhältnismäßig gering und liegen zwischen 2 bis 47 m, die Längen betragen etwa 50 bis über 8000 m.

Die Gesamtkosten der Anlage stellen sich auf 19,5 Millionen Dollar. (Nach Engineering News-Record 1935.)

Dr.-Ing. l'Allemand.

Die Aufstellung der Brücke über die Waal bei Nymwegen.

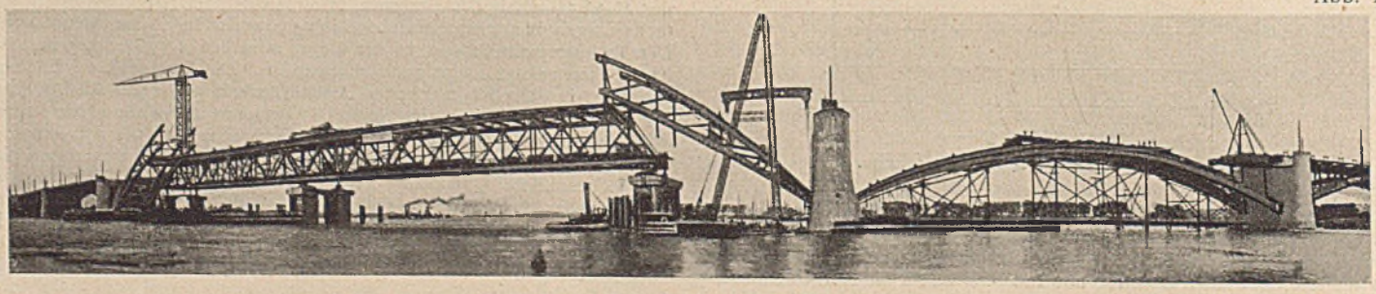
Die Straßenbrücke über die Waal bei Nymwegen hat fünf symmetrisch angeordnete Überbauten von 72 m — 95 m — 244,10 m — 95 m — 72 m Stützweite. Die Hauptträger der vier kleinen Öffnungen sind vollwandige Zweigelenkbögen, die Hauptträger der Hauptöffnung Fachwerksichelbögen (Abb. 1).

Für die Aufstellung der Seitenöffnungen wurden auf Rammpfählen ruhende eiserne Rüstungen verwendet, die umgesetzt werden konnten (Abb. 2). Die Bauteile wurden, soweit die Öffnungen über dem Vorland lagen, mit auf dem Boden rutschendem Standmast, und soweit sie über dem Wasser lagen, mit Schwimmkran montiert. Das schwerste Stück wog 27 t. Die Aufstellung mit dem Standmast war sehr zeitraubend, da er für jedes Stück verschoben werden mußte. Die Vollwandbögen wurden im Werk ganz zusammengelegt und aufgerieben. Nach Bogenschluß hoben sich die Hauptträger bei Temperaturerhöhung selbständig von den Gerüstschrauben ab. Die Fahrbahnteile wurden dann nach Freisetzen der Hauptträger mit auf den Längsträgern vorrückenden Auslegerkranen an den Landwiderlagern beginnend durchmontiert (Abb. 1).

Die Aufstellung der Mittelöffnung ist in vieler Hinsicht bemerkenswert. Für die zu Tal fahrenden Schiffe war eine links liegende lichte Öffnung von 80 m, für die zu Berg fahrenden Schiffe eine Öffnung von 60 m gefordert. Die Unterkante der Hilfskonstruktion mußte bei der Aufstellung über + 20,60 m + NN. liegen, wobei das Hochwasser unter Ausschluß der höchsten beobachteten Wasserstände auf etwa + 11,50 m angenommen war. Jeder zu Tal fahrende, aus mehr als zwei Einheiten bestehende Schleppzug mußte oberhalb der Brücke geteilt und mit kostenlos zu stellenden Schleppern durch die Rüstung gefahren werden.

Zur Überbrückung der Schiffahrtsöffnungen wurden Rüstträger verwendet. Zur Verfügung standen hierzu die auch neu zu errichtenden Überbauten der Brücke über die alte Maas bei Dordrecht von 77 m und 88,8 m Stützweite. Da ohnehin geplant war, diese Überbauten schwimmend nach Dordrecht zu bringen, und auf die Brücke Nymwegen somit im wesentlichen nur die Kosten für das Auflegen und Abheben der Träger entfielen, wurden hierdurch etwa 100 000 Gulden für besonders anzufertigende Rüstträger erspart.

Abb. 1.



Die Brücke Dordrecht konnte die Last der Nymwegenhauptträger von etwa 10 t/m nach Anbringung geringer Verstärkungen tragen. Da aber die Hauptträger nur 13 m Abstand hatten gegenüber 14,28 m, mußten Querbalken auf den Obergurt gelegt werden, wozu Längsträger der Dordrechter Brücke verwendet wurden. Ferner waren auch die Feldlängen verschieden, so daß Zwischenträger zur Übertragung der Lasten auf die Knotenpunkte notwendig wurden. Hierzu dienten drei Reihen Längsträger der auch im Bau befindlichen Brücke bei Moerdijk.

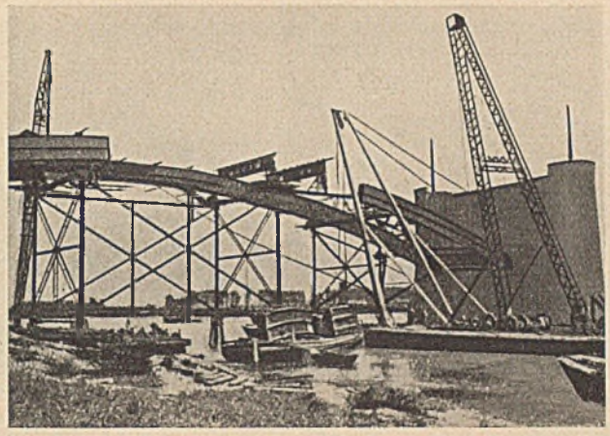


Abb. 2.

Infolge der Lage der Schiffahrtsöffnungen kam an der Nymwegenschen Seite der erste Knotenpunkt der Hilfsbrücke etwa 40 m vom Hauptpfeiler entfernt zu liegen. Diese Endstücke der Hauptträger im Gewicht von etwa 190 t wurden an Land zusammengebaut und im ganzen mit einem Schwimmkran eingesetzt (Abb. 1). An der andern Seite wurde die Rüstbrücke durch einen Kragarm soweit verlängert, daß auch hier die 40 m langen Endstücke im ganzen eingesetzt werden konnten. Die Schiffahrtsöffnung fiel hier etwas größer aus als verlangt war.

Die drei Hilfspfeiler bestanden aus im Rechteck um einen waagerechten Stahlrahmen gerammten Peiner Trägern Nr. 30, deren Köpfe durch einen Eisenbetonblock vereinigt wurden. Durch außen umgelegte Stahlbalken wurden die senkrechten Balken gegen den waagerechten Rahmen gepreßt und zusammengeschlossen.

Für die Aufstellung der Dordrechter Brücke wurde ein Platz 600 m oberhalb der Baustelle am linken Ufer ausgewählt, der hochwasserfrei gelegen es erlaubte, die Brücke ohne Rüstung auf ebener Erde aufzustellen. Der Überbau wurde in zwei Teile von 110 m und 54 m Länge zerlegt. Beide Teile wurden gleichlaufend nebeneinander liegend mit

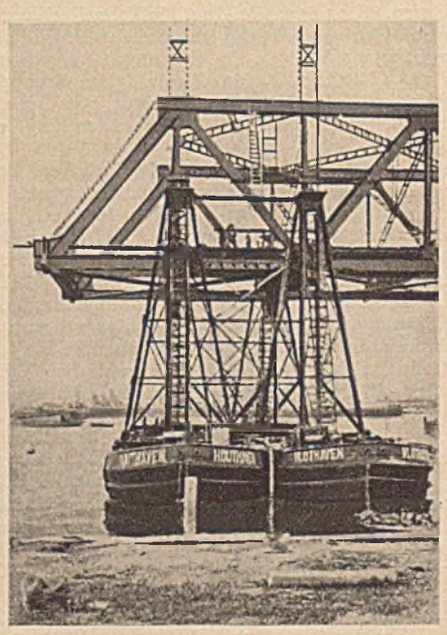


Abb. 3.

einem Turmdrehkran montiert, der zwischen ihnen lief. Der kürzere Teil wurde um den erwähnten Kragarm verlängert. Senkrecht zu den Achsen beider Teile wurden zwei Laufbahnen aus P-Trägern Nr. 100 hergestellt, die auf hölzernen Rammpfählen ruhten und über das Wasser liefen.

Der erste Brückenteil von etwa 700 t Gewicht wurde nach dem Abnieten auf Wagen über das Wasser vorgerollt. Vier Schuten wurden darunter gefahren, paarweise gekuppelt und mit je zwei Böcken versehen (Abb. 3). Der Überbau wurde nun durch acht Wasserdruckpressen mit der Unterkante bis auf + 21,0 m gehoben. Die Hubvorrichtung bestand aus zwei gelochten Bändern, die nach jedem Hub der Pressen durch in die Löcher gesteckte Bolzen die Last aufnahmen, während die Pressen auf Balken ruhten, die durch eine entsprechende Vorrichtung stufenweise gehoben wurden. Die erste Brücke wurde so in zwölf Arbeitsstunden, die zweite in acht Arbeitsstunden 9 m hoch gehoben.

Die erste Brücke wurde dann über die Hilfspfeiler gefahren, wobei die Schiffe durch ein Schleppboot gehalten wurden. Nach dem Festmachen wurde der Überbau durch Einpumpen von Wasser auf die Auflager abgesetzt. Er kragte dabei über den mittleren Hilfspfeiler vor.

Da der Turmdrehkran auch zur Aufstellung des mittleren Bogens dienen sollte (Abb. 1), wurde er auf den kleinen Dordrechter Überbau gesetzt und mit eingefahren, wobei die Kranspitze 70 m über dem Wasserspiegel lag. Der kurze Überbau wurde mit einem Ende auf den rechten Hilfspfeiler, mit dem andern auf das Kragende des bereits eingefahrenen größeren Überbaues abgesetzt, wobei eine besondere Gelenkanordnung erlaubte, die Löcher nach dem Absetzen aufzureiben. An dieser Stelle wurden die Überbauten beim Ausfahren auch wieder getrennt.

Unterdessen waren auf dem linken Ufer auf einer Kribbe die vier Endstücke des großen Bogens fertiggestellt. Sie wurden mit Schuten an ihren Platz gefahren und durch einen Schwimmkran auf die Rüstträger abgesetzt, wobei sie wegen der Wärmeänderung auf Rollen gelagert wurden. Die Fahrbahn und die unteren Teile der Hängestangen mußten wegen der notwendigen hohen Lage der Rüstträger zunächst fortbleiben, so daß die Bögen auf die obern ausgesteiften Teile der Hängestangen abgesetzt wurden. Auf dem Rüstträger wurden alle Teile verschieblich gelagert.

Für die Belastung durch Eigengewicht sind die Hauptträger als Dreigelenkbogen entworfen. Die Scheitelgelenke werden durch Absenken der erhöht montierten Träger zum Schluß gebracht. Sobald dann die Brücke sich selbst trägt, werden die Rüstträger ausgefahren und die Hilfspfeiler abgebrochen. Die unteren Teile der Hängestangen und die Fahrbahn werden dann mit einem auf den bereits verlegten Längsträgern vorrückenden Auslegerkran montiert. Schließlich werden die Hauptträger durch Einsetzen und Vernieten der Schlußstäbe im Scheitel zu Zweigelenkbogen gemacht. (Nach „De Ingenieur" 1935.)

W. Ihlenburg, Karlsruhe.

Aluminium im Brückenbau.

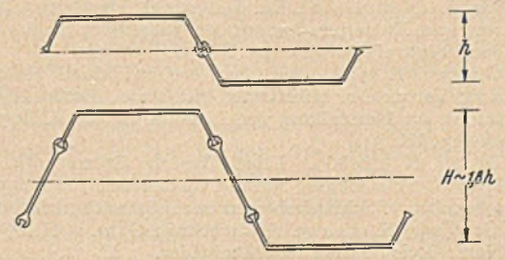
Beim Umbau der Smithfield Str.-Brücke in Pittsburgh (Pa.) wurden im Jahre 1933 ein Fahrbahnrost und Flachblechabdeckung aus einer Aluminiumlegierung verwendet, um das Eigengewicht der Brücke zu vermindern. Angesichts der in letzter Zeit häufigeren Vorschläge zur Verwendung von Aluminiumlegierungen im Brückenbau [1] ist das Ergebnis einer eingehenden Untersuchung der Brücke nach zweijährigem Betrieb von Interesse. Die Aluminiumteile sind mit warm geschlagenen Stahlnieten verbunden, die sich gut bewährt haben. Die Bauteile aus der neuen Aluminiumlegierung ST 27 haben sich ebenso gut verhalten, wie Stahlteile. In der Fahrbahnkonstruktion wurden keine losen Niete gefunden.

Soweit der Bericht. Die Lebensdauer von Aluminiumteilen im Brückenbau ist dagegen noch nicht ganz zu übersehen. Die Aluminiumlegierung ST 27 besitzt zwar gegenüber den älteren Legierungen erheblich größere Widerstandsfähigkeit gegen Korrosion. In letzter Zeit sind nun weitere Mitteilungen über Dauerversuche mit Leichtmetallen bekannt geworden [2]. Danach ist die Dauerfestigkeit von Leichtmetallen verhältnismäßig noch erheblich kleiner als bei Stählen von etwa gleich großer statischer Bruchfestigkeit. Es wird somit genau zu beobachten sein, wie sich die Aluminiumbauteile der stark beanspruchten Fahrbahn im Dauerbetrieb verhalten werden (Nach Eng. News-Record 1935, II S. 215).

Ferd. Schleicher, Hannover.

Eine neue Stahlspundwand Ougrée.

Am Albert-Kanal in Belgien wurde erstmalig ein neues Spundbohlensystem angewandt, das an Stelle des bekannten, hier in der neutralen Zone liegenden Kruppschen Schlosses ein Verlängerungsstück enthält. Dadurch konnte die Profilhöhe um etwa 80% vergrößert werden. (Vgl. Abb.)



Außer dem vergrößerten Trägheitsmoment für die Spundwand wird eine gute Rammfähigkeit der Doppelbohlen erwähnt. Die ausgeführten Proberammungen wirken jedoch nicht ganz überzeugend. Inwieweit

[1] Vgl. Bauing. 16 (1935) S. 357.
[2] Vgl. Graf, Stahlbau 8 (1935) S. 132.

durch eine Wirkung des Verlängerungsstückes als Doppelgelenk statische und rammtechnische Nachteile entstehen, muß noch untersucht werden. Falls sich diese etwa durch stellenweise Verschweißung der Schlösser oder auf anderem Wege vermeiden lassen, dürfte in der vielseitigeren Verwendungsmöglichkeit der gleichen Spundbohle für Spundwände verschiedener Steifigkeit ein erheblicher praktischer Vorteil liegen. (Nach De Ingenieur, 50 [1935] Nr. 42).

Dipl.-Ing. Kurt Förster, Hannover.

Schönheitswettbewerb für Stahlbrücken.

Das American Institute of Steel Construction veranstaltet seit 1929 jährlich einen Wettbewerb, in dem die drei „schönsten Stahlbrücken des Jahres" preisgekrönt werden. Der Wettbewerb soll zur Verbesserung der schönheitlichen Gestaltung von Stahlbrücken anregen. Er ist für alle während des betr. Jahres in den Vereinigten Staaten von Amerika fertiggestellten Bauwerke offen, die nach der Bausumme in drei Klassen eingeteilt werden.

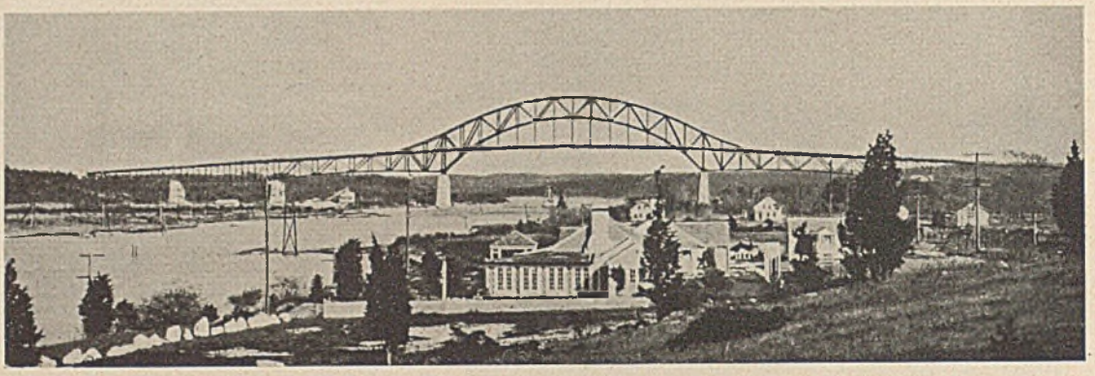


Abb. 1. Brücke bei Bourne über den Cape Cod Kanal (Mass).

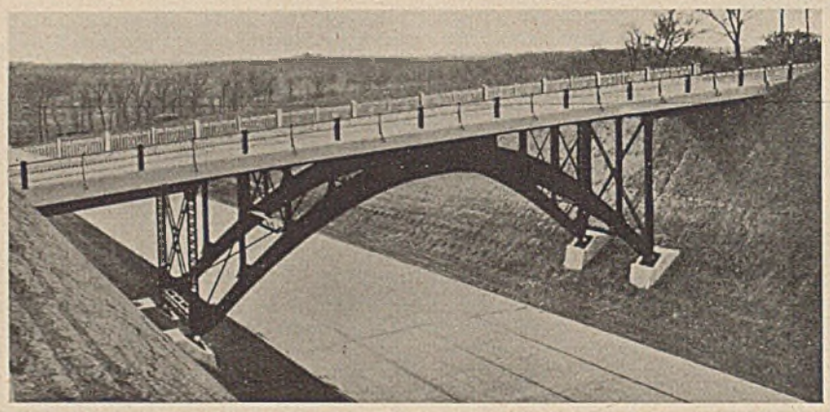


Abb. 2. Bogenbrücke in der Grafschaft Douglas (Nebraska).

Für das Jahr 1934 wurden nur zwei Preise erteilt nämlich in der Klasse A (mehr als 1 Million Baukosten) für die Brücke bei Bourne über den Cape Cod Kanal, deren Gesamtansicht in Abb. 1 wiedergegeben ist, und in Klasse C (weniger als 250 000 Dollar Baukosten) für eine kleine Bogenbrücke mit oben liegender Fahrbahn, die in der Grafschaft Douglas an der Kreuzung zweier Fernstraßen gebaut wurde (vgl. Abb. 2).

Es erübrigt sich, über die preisgekrönten Bauwerke technische Einzelheiten mitzuteilen, auch sei davon abgesehen auf die zum Teil sehr ins Auge fallenden Unterschiede etwa gegen zu gleicher Zeit in Mitteleuropa gebauten Stahlbrücken einzugehen. Die beiden Abbildungen verdienen jedoch als für viele amerikanische Bauwerke der letzten Jahre kennzeichnend auch die Beachtung der deutschen Fachwelt. (Nach L'Ossature Métallique, September 1935).

Ferd. Schleicher, Hannover.

PATENTBERICHTE.

Bekanntgemacht im Patentblatt Nr. 1 vom 2. Januar 1936 und vom gleichen Tage ab im Reichspatentamt ausgelegt.

Kl. 5 c, Gr. 9/20. St 51 935. Gustav Strunk, Essen. Knieschuh. 8. III. 34.

Kl. 19 a, Gr. 19. M 129 211. Franz Märtens, Wuppertal-Barmen. Schienenstoßverbindung mittels einer einteiligen bügelartigen Fußlasche. 16. I. 34.

Kl. 19 e, Gr. 1. R 89 793. Dr.-Ing. Joachim Rathjens, Naumburg a. S. Verfahren zur Gründung von Dämmen oder ähnlichen Bauwerken auf Moorboden. 31. I. 34.

Kl. 37 b, Gr. 2/02. M 122 345. Josef Merkens, Düren, Rhld. Isolierbauplatte für Wände und Decken. 10. VI. 32.

Kl. 37 e, Gr. 8/01. J 47 006. Ernst Jäck, Bern, Schweiz; Vertr.: Dr. F. Quade, Pat.-Anw., Berlin-Zehlendorf. Vorrichtung zum lösbaren Verbinden von Balken und Gerüstteilen. 19. IV. 33. Schweiz 24. XII. 32.

Kl. 37 e, Gr. 8/02. A 71 567. George William Amor, Norbury, Surrey, England; Vertr.: H. Neubart, Pat.-Anw., Berlin SW 61. Klemmverbindung für insbes. zu Gerüstzwecken dienende Rohre. 12. X. 33.

Kl. 65 a[1], Gr. 8. D 69 169. C. Ed. Dingedahl, Hamburg. Wasserfahrzeug zum Entfernen von auf der Wasseroberfläche schwimmenden Verunreinigungen. 17. XI. 34.

Kl. 80 b, Gr. 1/09. E 45 885. Karl Ivar Anders Eklund, Malmö, Schweden; Vertr.: Dr. H. Hirsch, Pat.-Anw., Berlin NW 21. Verfahren zur Herstellung von Leichtbeton. 4. VIII. 34. Schweden 15. XI. 33.

Kl. 84 b, Gr. 2. K 134 869. Fried. Krupp Grusonwerk Akt.-Ges., Magdeburg-Buckau. Schmiervorrichtung für lange Antriebsschrauben v. Schiffshebewerken m. Spindelantrieb. 2. VIII. 34.

Kl. 85 e, Gr. 9/05. K 124 115. Klärtechnik G. m. b. H., Quedlinburg Harz. Leichtflüssigkeitsabscheider. 3. II. 32.

Bekanntgemacht im Patentblatt Nr. 2 vom 9. Januar 1936 und vom gleichen Tage ab im Reichspatentamt ausgelegt.

Kl. 5 a, Gr. 18/10. C 49 949. Adolf Carlson, South Porcupine, Ontario, Kanada; Vertr.: Dr.-Ing. G. Breitung, Pat.-Anw., Berlin SW 11. Neigungsmesser für Tiefbohrlöcher. 5. XII. 34.

Kl. 5 c, Gr. 9/10. F 73 835. Dr.-Ing. Wilhelm Fechner, Duisburg. I- bzw. H-förmige Träger oder ähnliche Profile als Kappen im Bergbau. 29. VII. 32.

Kl. 19 a, Gr. 18. G 87 701. Erwin Glaser, Iglau, Tschechoslowakische Republik; Vertr.: Dipl.-Ing. P. Hapt, Pat.-Anw., Berlin W 57. Schienenstoßverbindung ohne Verwendung von Laschen. 22. III. 34.

Kl. 19 a, Gr. 24. O 21 594. Oltsch & Co., Zweibrücken. Stoßverbindung für Feldbahngleise mit einer Überwurflasche. 13. XII. 34.

Kl. 19 a, Gr. 30/01. D 67 143. Dr.-Ing. Hans Moritz Dempwolff, Bergedorf b. Hamburg. Tragbares Handgerät zum Verdichten von Schüttmassen, insbesondere der Bettung unter Bahnschwellen. 18. XII. 33.

Kl. 19 b, Gr. 6/04. C 48 911. Adolf Claus, Eßlingen a. N., u. Erich Welter, Stuttgart. Ausrüstung von Straßen zum Schutz gegen Behinderung durch Schnee und Eis. 26. II. 34.

Kl. 19 c, Gr. 6/50. Sch 96 993. Anton Schmid, Deggendorf. Straßendecke mit in frostfreier Tiefe angeordneter wasserdichter Schicht. 25. II. 32.

Kl. 19 d, Gr. 3. R 86 229. Max Roloff und Friedrich Beermann, Oppeln. Rauchschutztafel mit seitlichen Rauchabweisern, insbesondere für stählerne Brücken über Eisenbahnanlagen. 20. X. 32.

Kl. 20 i, Gr. 11/01. V 28 501. Vereinigte Eisenbahn-Signalwerke G. m. b. H., Berlin-Siemensstadt. Signalstellvorrichtung; Zus. z. Pat. 500 167. 29. VII. 32.

Kl. 20 k, Gr. 9/01. K 135 835. Dipl.-Ing. Otto Kobold, Leipzig. Fahrdraht. 6. XII. 34.

Kl. 37 a, Gr. 5. F 75 085. Dipl.-Ing. Karl Friedrich, Berlin-Reinickendorf. Fachwerkwand mit T-förmigen Stützen, an denen die die Außenwand bildenden Platten durch Klemmleisten befestigt sind. 18. II. 33.

Kl. 37 f, Gr. 2/02. M 127 742. Mitteldeutsche Stahlwerke Akt.-Ges., Riesa. Futtersilo. 9. VI. 34.

Kl. 85 d, Gr. 12. A 74 494. Armaturen- & Maschinenfabrik Akt.-Ges. vorm. I. A. Hilpert, Nürnberg. Oberflur-Wasserpfosten. 6. XI. 34.

Für den Inhalt verantwortlich: Prof. Dr.-Ing. F. Schleicher, Hannover. — Verlag von Julius Springer in Berlin W 9.
Druck von Julius Beltz in Langensalza.