Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 83 (1965)

Heft: 42: Prof. G. Schnitter zum 65. Geburtstag, 1. Heft

Artikel: Wiederaufbau der durch einen Schiffszusammenstoss teilzerstörten Brücke über den See von Maracaibo (Venezuela)

Autor: Puell, Heinz / Hemmleb, Rudolf

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-68285

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 26.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

wie z. B. für die Schweiz, dass sie gestützt auf ausreichende und zuverlässige hydrologische Unterlagen gründlich prüfen und bilanzieren, besonders in qualitativer Hinsicht, wie weit sie ihre Wasserschätze auf lange Sicht gesehen für ihre eigene wirtschaftliche Entwicklung und ihr Wohlbefinden selbst benötigen.

Wir hoffen, dass es uns gelungen ist, einen Eindruck davon zu geben, welche grundlegende Bedeutung der Hydrologie im Rahmen einer weitblickenden, umfassenden Wasserwirtschaft zukommt und wie sehr der heute Gefeierte, Professor *Gerold Schnitter*, mit dieser Aufgabe verbunden und ihr zugetan ist.

Er vereinigt in seinem Lebenswerk in bester Weise Wissenschaft und Praxis. Wir haben in ihm einen ideenreichen und verständnisvollen Partner für die Behandlung der uns gemeinsam berührenden Probleme gefunden, wofür wir ihm wärmstens danken. Wir wissen, wie stark ihn das Naturgeschehen, aber besonders auch die Auswirkungen der menschlichen Tätigkeit auf die Zukunft unserer Gewässer und deren Schicksal beschäftigen. Darum blicken wir mit Freude der weiteren Zusammenarbeit mit ihm entgegen und entbieten ihm zum heutigen Anlass unsere herzlichen Glückwünsche.

Adresse der Verfasser: Dr. *Max Oesterhaus*, Direktor, *Emil Walser*, Unterabteilungschef des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft, 3000 Bern, Bollwerk 27.

Quellen

Brecht Bertold; Leben des Galilei 1938/39. Berlin, Verlag Suhrkamp.

Delattre P.; L'utilisation de la force de l'eau à travers les âges. Discours de réception à l'Académie de Lyon, 1957.

Geiser Karl; Brienersee und Thunersee; Veröffentlichung Nr. 2 des Schweiz. Wasserwirtschaftsverbandes, 1914.

von Muralt A.; Über die Beziehungen zwischen reiner und angewandter Forschung, «Schweiz. Hochschulzeitung», Sonderheft ETH 1955.

Oesterhaus M. und *Walser E.;* Der hydrographische Dienst des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft, «Plan», schweiz. Zeitschrift für Landes-, Regional- und Ortsplanung, Nr. 5, 1957.

Schmid K.; Ansprache als Rektor der ETH am Akademischen Akt vom 22. 10. 1955. «Schweiz. Hochschulzeitung», Sonderheft ETH 1955.

Tschudi H. P.; Bundesrat, Die Erfüllung der Zukunftsaufgaben durch den föderalistischen Staat, Jahrbuch der Neuen Helvetischen Gesellschaft, 1965. USA Federal Council for Science and Technology; Scientific Hydrology, June 1962.

Walser E.; Hydrographie und Wasserkraftnutzung, in: Die Schweiz. Elektrizitätswirtschaft, herausgegeben vom VSE anlässlich 11. UNIPEDE-Kongress 1958.

Zurbrügg H.; Aspects juridiques du régime des eaux en Suisse, Rapport présenté à la Société suisse des juristes, Bâle 1965.

Wiederaufbau der durch einen Schiffszusammenstoss teilzerstörten Brücke über den See von Maracaibo (Venezuela)

DK 624.21 : 624.012.4.004.67

Von Dipl.-Ing. **Heinz Puell**, Caracas, und Dr.-Ing. **Rudolf Hemmleb**, Wiesbaden

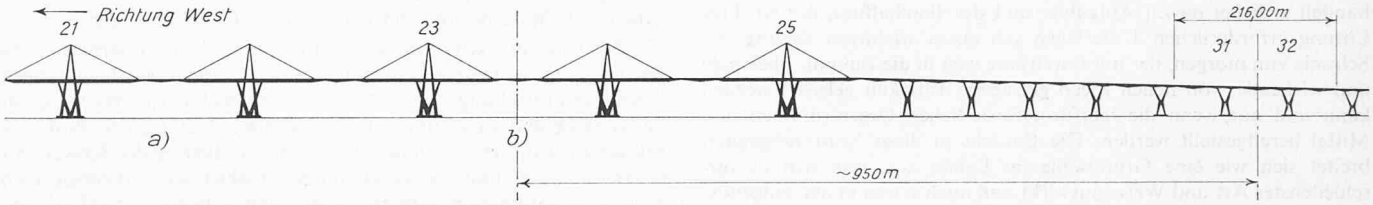
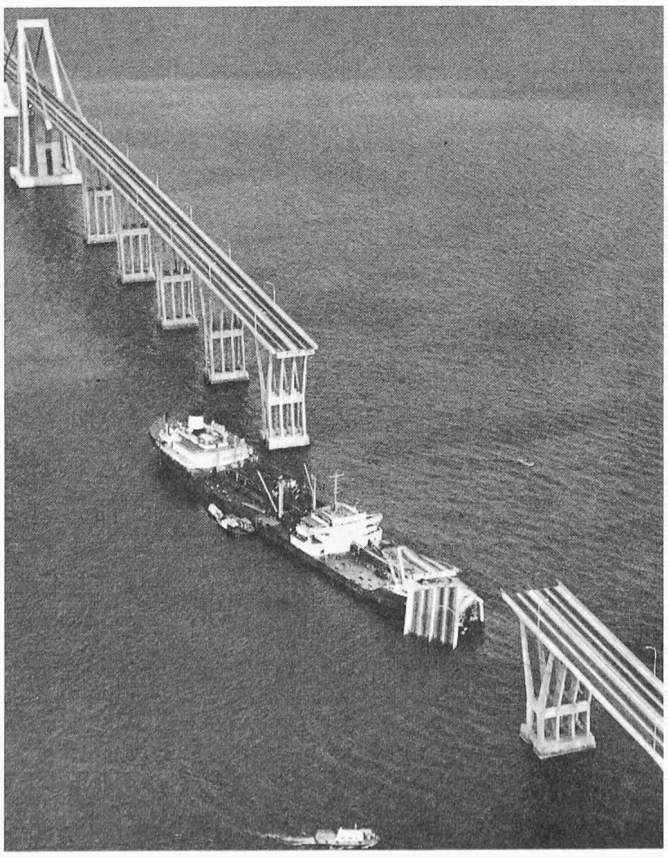


Bild 1. Uebersicht über die Schiffahrtsöffnungen und die Unfallzone der Maracaibobrücke, Masstab 1:10 000. a = Oeffnung für die Schiffahrt Nord-Süd, b = id. Süd-Nord. 31 und 32 = eingestürzte Pfeiler

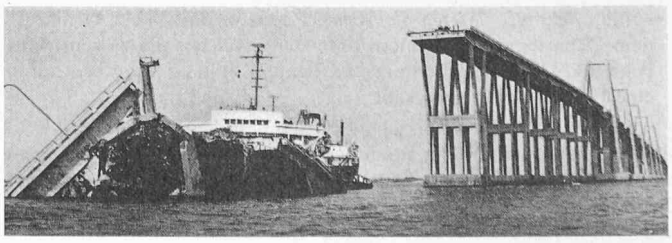
Bild 2. Blick gegen Westen auf die Schadensstelle



Projekt und Bau der Strassenbrücke über den See von Maracaibo, die am 24. August 1962 dem öffentlichen Verkehr übergeben wurde, sind in der einschlägigen Literatur, u. a. in dieser Zeitschrift, 78. Jahrgang, 1960, Heft 42, S. 670–676 ausführlich beschrieben worden. Dieser Brückenbau hat seine besondere Beziehung zur Schweiz dadurch erhalten, dass die venezolanische Regierung die Professoren *G. Schnitter* und *F. Stüssi* von der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich mit der Prüfung der konstruktiven und statischen Unterlagen beauftragt hatte. Diese bildeten auch für den nachstehend beschriebenen Wiederaufbau die Grundlage.

Ein schweres Unglück führte zu einer Teilzerstörung dieser grossen Brücke, bevor sie zwei Jahre in Betrieb war. In der Nacht vom 6. auf den 7. April 1964 kollidierte der 36000-t-Tanker «Esso Maracaibo» infolge einer plötzlich aufgetretenen Manövrierunfähigkeit mit der Brücke. Das vollbeladene Schiff befand sich auf Süd-Nord-Fahrt, also auf dem Wege von den Ölfeldern im Süden des Maracaibo-Sees in Richtung auf das offene Meer. Etwa 2 km südlich der Brücke wurde der Tanker infolge eines Kabelbrandes in der elektrischen Schaltzentrale manövrierunfähig. Da das Schiff offenbar nicht mehr genügend Fahrt hatte, um die Schiffahrtsöffnungen zwischen den Pfeilern 23 und 24 gefahrlos passieren zu können, versuchte die Schiffsleitung, mit Ankerhilfe die Fahrtgeschwindigkeit abzustoppen und gleichzeitig das Schiff noch vor der Brücke über Steuerbord (Ostufer) auf Grund zu setzen. Leider hatte dieses Manöver nicht den gewünschten Erfolg; die ausgeworfenen Anker fanden in dem schlik-

Bild 3. Vorschiff «Esso Maracaibo» mit abgestürztem Pfeilertisch 31 und 32



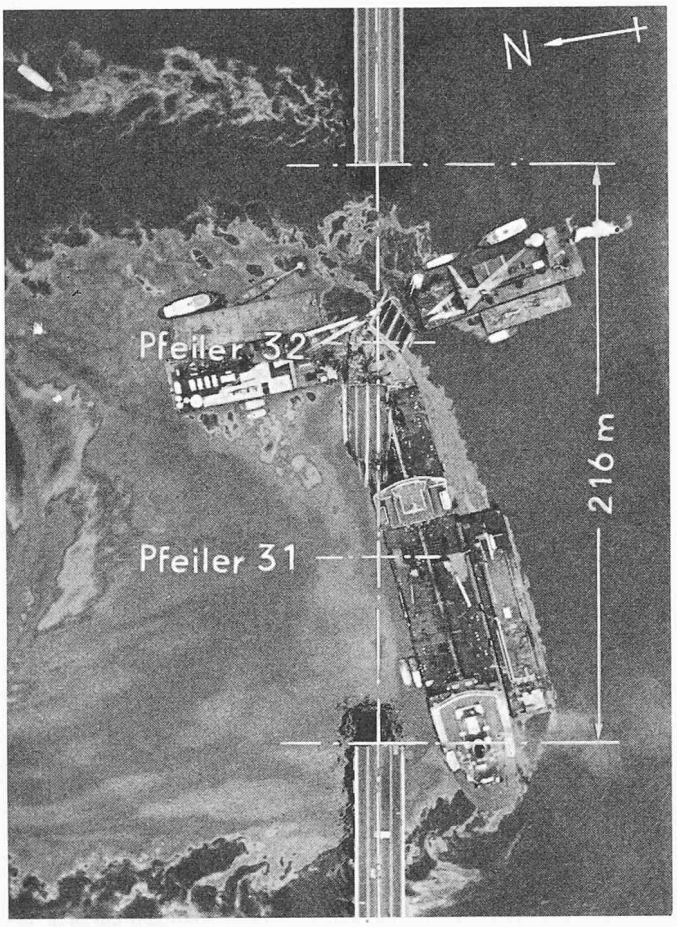


Bild 4. Tanker «Esso Maracaibo» und zwei Schwimmkräne im Einsatz

kigen Untergrund des Sees nicht genügend Halt. Zwar wurde hierdurch der Zusammenstoss mit einem Pfeiler der grossen Schiffahrtsöffnungen verhindert; die Kollision mit dem Brückenbauwerk war aber nicht mehr zu vermeiden. Wie aus Bild 1 ersichtlich ist, liegt die Schadenstelle über 950 m von der am weitesten nach Osten liegenden Schiffahrtsöffnung entfernt, welche für die Nordfahrt vorgesehen ist. Der Tanker trieb unter etwa 15° auf die Brücke zu, brachte zuerst den Pfeiler 31 zum Einsturz und kam nach weiterem Zusammenstoss mit Pfeiler 32, der ebenfalls einstürzte, zum Stillstand (Bilder 2, 3 und 4; Details dieser Pfeiler und der Einhängeträger siehe SBZ 1960, S. 672).

Zusammen mit der Zerstörung der beiden Pfeiler fielen drei der zwischen den Pfeilern eingehängten Brückenfelder senkrecht in den See, während die beiden Tischplatten der Pfeiler auf das Vorschiff des Tankers stürzten (Bild 5). Wie durch ein Wunder gab es auf dem Tanker trotz der schweren Gewichte, die auf ihn herabfielen, keinen einzigen Verletzten; jedoch konnten bedauerlicherweise einige Kraftfahrzeuge, die sich auf der Brücke befanden, nach dem Einsturz nicht mehr rechtzeitig gewarnt werden, so dass mehrere Menschenleben zu beklagen sind.

Bereits wenige Stunden nach dem Unfall waren der Minister für Öffentliche Arbeiten sowie dessen Mitarbeiter und die Beauftragten des Konsortiums, welches die Brücke gebaut hatte, auf der Schadenstelle, um die Massnahmen für den sofortigen Wiederaufbau einzuleiten. Zunächst wurden zwei Schwimmkräne mit 300 bzw. 200 t Tragfähigkeit eingesetzt, um den Tanker von den darauf gestürzten Brückenteilen zu befreien, so dass er nach wenigen Tagen mit Schlepperhilfe an seinen Ausgangshafen zurückgebracht werden konnte (Bild 6).

Sodann beauftragte das Ministerium für Öffentliche Arbeiten das aus den Firmen *Precomprimido C.A.*, Caracas, und der *Julius Berger AG*, Wiesbaden, bestehende Konsortium mit dem Wiederaufbau des zerstörten Brückenabschnittes. Das Ministerium verlangte, den zerstörten Brückenabschnitt in seiner ursprünglichen Form wiederherzustellen und die Arbeiten so zu beschleunigen, dass die Brücke nach Ablauf von sechs Monaten dem Verkehr wieder übergeben werden könne.

Die Forderung, die Brücke in der ursprünglichen Form wiederherzustellen, hatte die nahezu restlose Beseitigung der Trümmer zur Voraussetzung. Es war also notwendig, sich zunächst ein möglichst

Bild 5. Blick auf die östliche Brückenhälfte

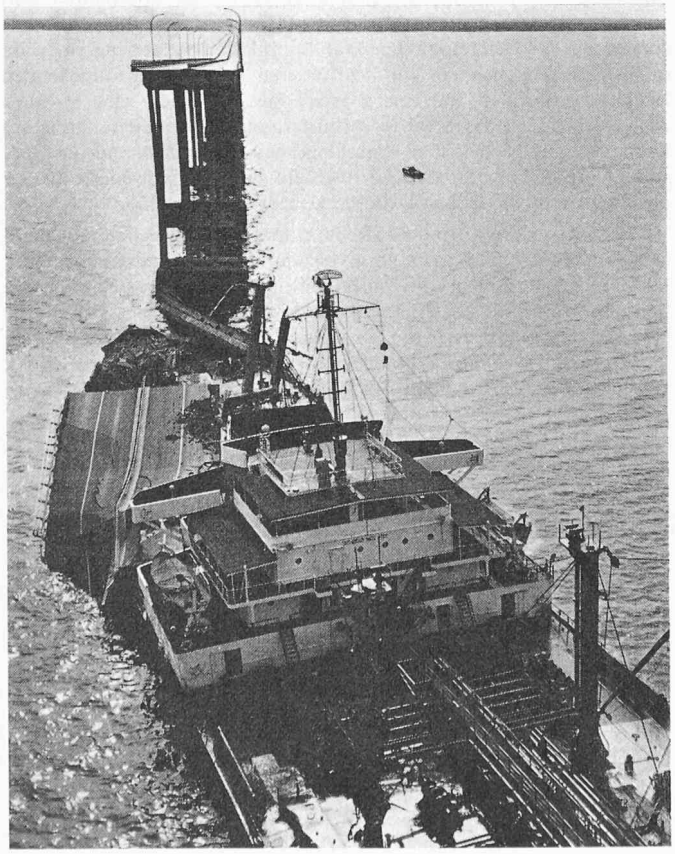
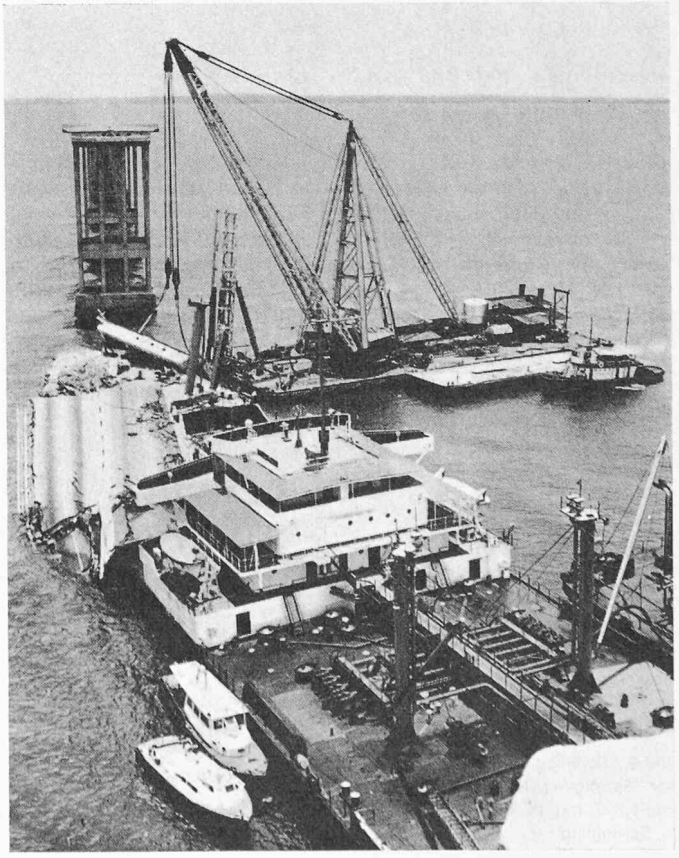
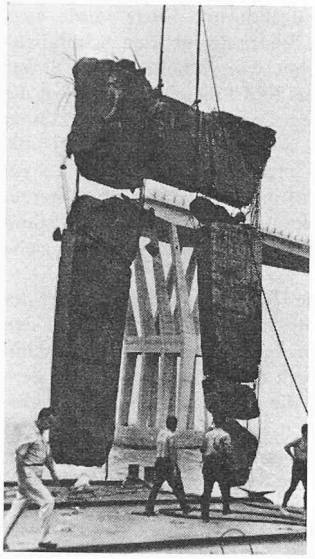


Bild 6. Beseitigen der Trümmer vom Deck des Tankers





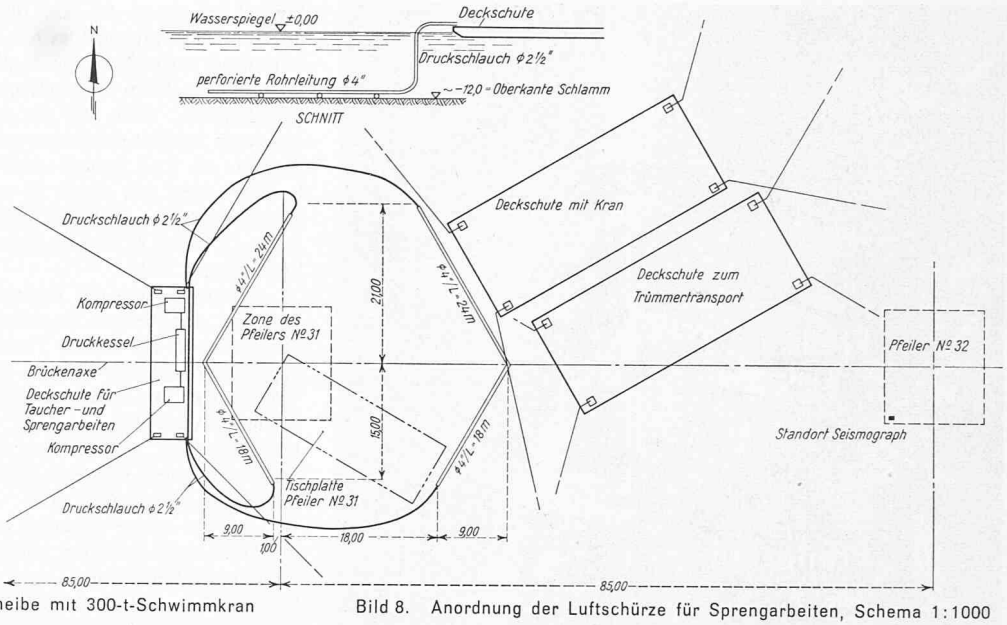


Bild 7 (links). Trümmerbeseitigung im Wasser: Herausheben einer Pfeilerscheibe mit 300-t-Schwimmkran

Bild 8. Anordnung der Luftschürze für Sprengarbeiten, Schema 1:1000

klares Bild über die Lage der in den See – der an dieser Stelle eine Wassertiefe von 12 m hat – gestürzten Trümmer zu verschaffen. Sondierungen und Proberammungen zeigten, dass die Einhängefelder nahezu senkrecht herabgefallen und die übrigen Konstruktionsteile, wie Pfahlkopfplatten, Pfeilerscheiben mit den Tischträgern seitlich verschoben bzw. seitlich ins Wasser gestürzt waren. Das unter Wasser bzw. im Schlamm liegende Trümmergewirr stellt sich als ein undurchdringliches Chaos dar. Soweit als möglich wurden die grossen Trümmer in Einzelteile zerlegt und mit Hilfe eines 300-t-Schwimmkranes geborgen und abtransportiert (Bild 7).

Um die Trümmer zu zerlegen, wurde von Tauchern unter Wasser mit Nitramon «S» gesprengt. Um infolge der Sprengung Schäden an den Pfeilern 30 und 31 und den anschliessenden Brückenteilen zu vermeiden, arbeitete man mit Sprengladungen bis zu höchstens 14 kg und legte ausserdem eine Luftschürze um die Sprengstellen (Bild 8). Die Stärke der Sprengungen wurde mit Leet 3-Componant Portable Seismographen gemessen. Die Energierelation errechnete sich nach der Formel

$$\text{R.E.} = 10.8 \cdot f^2 \cdot A^2$$

wobei: $$A = 10^{-3} \cdot \sqrt{A_l^2 + A_v^2 + A_t^2}$$

$$f = 1/3 \cdot (f_l + f_v + f_t)$$

wenn A_l, A_v und A_t die grössten Längs-, Höhen- und Querampli-tuden, f_l, f_v und f_t die grössten Längs-, Höhen- und Querfrequenzen sind, die das Gerät entsprechend Bild 9 aufzeichnet. Laut Erfahrungen bei Sprengungen der Orinoco Mining Co., welche die Messgeräte bereitstellte, wurde als höchstzulässiger Wert für die R.E. der Betrag von 1,00 angesetzt. Bei 14 kg Sprengstoff und Betrieb der Luftschürze wurde eine grösste R.E. von 0,00428 ermittelt. Da zum Zerkleinern der Pfeilerscheiben und Absprengungen der Bewehrungseisen 14 kg und weniger ausreichten, wurde davon abgesehen, grössere Ladungen zu verwenden, obgleich das Verhältnis der R.E. von 0,00428:1,0000 dies erlaubt hätte. Ausserdem blieb der Aussagewert der R.E. mit 1,000 umstritten, da er nur empirisch festgelegt war.

Im Laufe der sehr mühevollen und umständlichen Räumungsarbeit zeigte sich, dass die Trümmer langsam mehr und mehr in den Schlick des Seebodens versanken. Sondierungen erbrachten weiterhin, dass trotz Beseitigung des grössten Teiles der Pfeilerscheiben immer wieder erhebliche Hindernisse angetroffen wurden. Es wurde deshalb ein Saugbagger eingesetzt, welcher den Bereich beider Pfeiler so weit wie möglich freibaggerte.

Nachdem man sich durch weitere Untersuchungen ein sehr genaues Bild über die Lage der noch im Seeboden verbliebenen Trümmermassen verschaffen konnte, wurde beschlossen, die zeitraubende und kostspielige Bergung der restlichen Trümmer einzustellen und die Fundierung der wiederherzustellenden beiden Pfeiler so zu konstruieren, dass sie die noch im Seegrund verbliebenen Trümmermassen überbrücken. Die Gründung konnte somit nicht in der alten Form ausgeführt werden, sondern es ergaben sich durch die Überbrückung der Trümmer wesentlich grössere Pfahlkopfplatten und eine grössere Anzahl von Rammpfählen. Um die Biegungsbeanspruchung der weitgespannten Pfahlkopfplatten zu verringern, wäre es zweckmässig gewesen, von der früheren X-Form der aufgehenden Pfeiler abzuweichen und eine grössere Spreizung oder eine H-Form zu wählen. Doch das M.O.P. (Ministerium für öffentliche Arbeiten) lehnte alle diesbezüglichen Vorschläge des Konsortiums ab und bestand darauf, dass die Brücke oberhalb der Pfahlkopfplatte in der gleichen Form wie früher wiederhergestellt werden sollte.

Auf diese Weise trat die Reparaturstelle im Brückenbild kaum in Erscheinung, und man hatte bis auf die Neukonstruktion der Pfahlkopfplatte und der Pfahlgründung den Vorteil, auf vorhandene und geprüfte Statik und Pläne zurückgreifen zu können. Eine Neuberechnung der Pfeilertische einschliesslich der Prüfung hätte sich in der kurzen Zeit nicht durchführen lassen. Durch die Umstellung auf schnell lieferbare Stahlsorten und -durchmesser sowie grössere

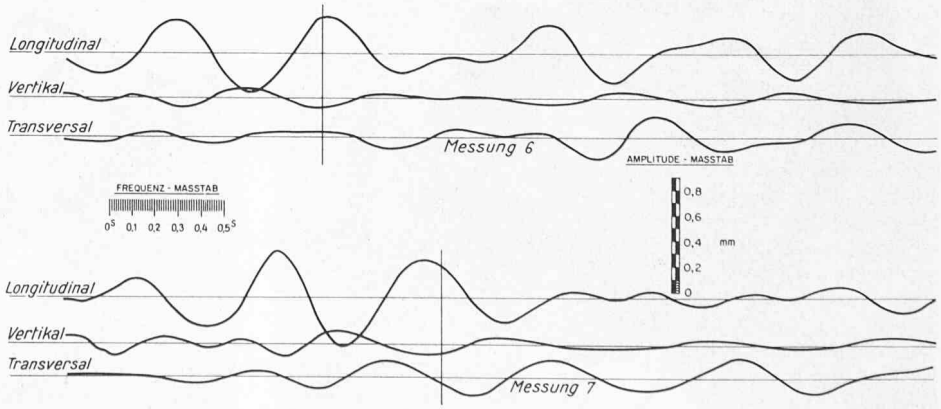


Bild 9. Seismographische Messung der Sprengung Nr. 6 mit 12 kg und Nr. 7 mit 14 kg Nitramon «S» je Sprengung

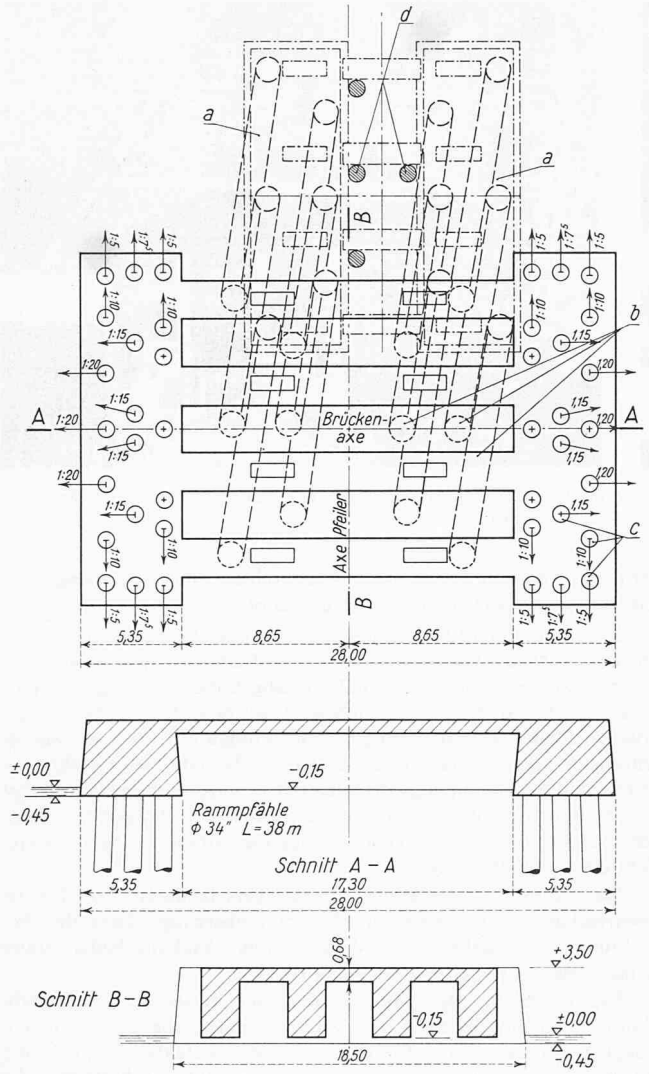


Bild 10. Neue Gründung Pfeiler 31, Masstab 1:450. a = alte, verschobene Pfahlkopfplatte, b = alte, umgebrochene Bohrpfähle, c = Rammpfähle Φ 34", L = 38 m, d = Sicherungspfähle für die abgestürzte und verschobene Pfahlkopfplatte

Betonierabschnitte mit vorgefertigten Bewehrungskörben war ohnehin an der Baustelle eine grosse Zahl von Bewehrungsplänen umzuzeichnen. Trotz der Entscheidung für den Wiederaufbau in der alten Form hatte man noch innerhalb des Konsortiums zwei Möglichkeiten für die Methode des Aufbaues zu prüfen.

Die erste Lösung sah einen Wiederaufbau in der gleichen Art wie früher vor, unter weitgehender Vorfertigung von Schalung und Bewehrung an Land. Obwohl das frühere Gerät nicht mehr zur Verfügung stand, konnte wenigstens der 250-t-Schwimmkran «Ajax», der bereits beim Neubau der Brücke mitgearbeitet hatte, wieder angemietet werden. Dieser Kran befand sich zur Zeit des Unfalls in Curaçao und wurde kurzfristig mit ebenfalls noch vorhandenen Deckschuten, Schleppern, Motorbooten und einer schwimmenden Betonieranlage von 20 m³/h nach Maracaibo geschleppt.

Die zweite Lösung bestand in einer vollständigen Einrüstung der Lücke von 216 m Länge mit Hilfe von Zwischenfundamenten und Betonieren der Pfeilertische und Einhängeplatten an Ort und Stelle. Man entschloss sich, die erste Lösung auszuführen. Die Lieferung der bei Lösung 2 erforderlichen umfangreichen Stahlgerüste wäre wahrscheinlich nicht früh genug erfolgt, und die im See liegenden Trümmer der Einhängeplatten und Pfeiler hätten die Gründung der Hilfsfundemante ausserordentlich erschwert.

Die unterschiedliche Lage der im Seegrund liegenden alten Pfahlkopfplatten bedingten bei Pfeiler 31 und 32 verschiedene konstruktive Lösungen der Neugründung. Offensichtlich waren bei dem Rammstoss des Schiffes die Bohrpfähle auf Oberkante Seegrund – der trotz der weichen Konsistenz bei einem plötzlichen Stoss eine starre Einspannung bewirkte – und an Unterkante Pfahlkopfplatte abgeknickt, ohne dass jedoch die schlaffe bzw. vorgespannte Bewehrung riss. Dadurch klappte die auf den nunmehr gelenkig angeschlossenen Pfählen stehende Pfahlkopfplatte wie ein Gelenkviereck um und wurde bei Pfeiler 31 nach Nordnordost, bei Pfeiler 32 dagegen nach Ostnordost verschoben. Aus diesem Grunde ordnete man bei Pfeiler 31 die beiden Reihen von 2 × 20 Rammpfählen senkrecht zur Brückenlängsaxe an (Bild 10) und bei Pfeiler 32 parallel dazu mit 2 × 19 Pfählen. Das Rammen begann bei Pfeiler 31 am 7. 7. 1964 und bei Pfeiler 32 am 28. 7. 1964. Die vorgespannten Stahlbetonrammpfähle waren 38 m lang, besassen einen Durchmesser von 91,4 cm und wurden von einer Schwimmramme mit einem 20-t-Bär gerammt.

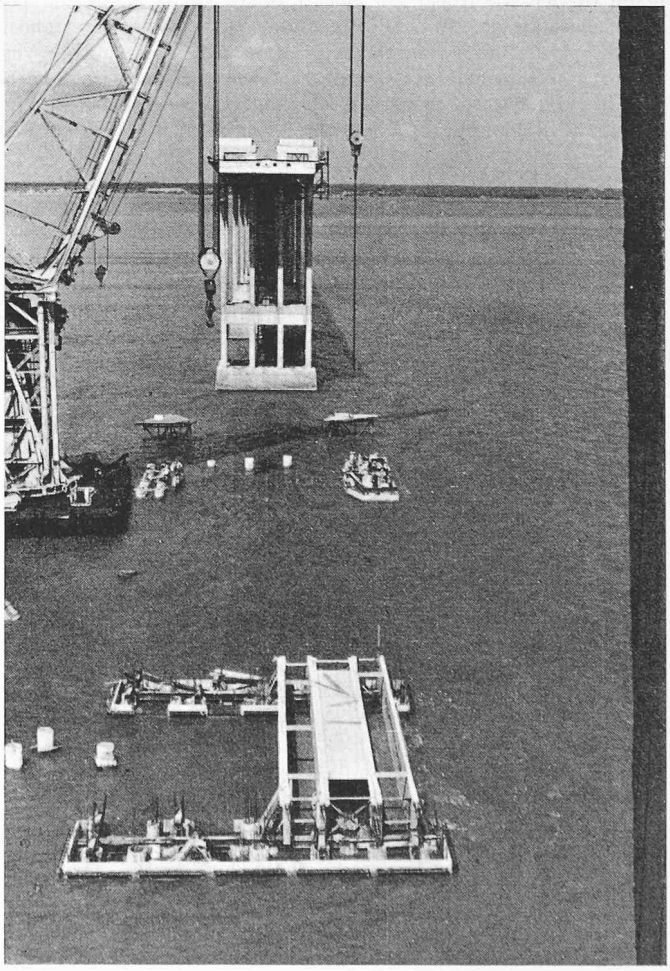
Einige Zusatzpfähle sichern die Trümmer der alten Pfahlkopfplatten in ihrer Lage, um bei weiterem Absinken eine seitliche Verschiebung und damit eine evtl. Gefährdung der neuen Pfahlgründung zu verhindern.

Vorgefertigte Schalungsböden mit Aussparungen für die Pfähle – bei jeder Pfahlreihe 3 Stück – dienten als Arbeitsbühne für das Verlegen der Bewehrung. Für die vier verbindenden Balken zwischen den Pfahlkopfplatten, auf denen die Pfeilerscheiben ruhen, bildeten je 2 gegeneinandergestellte, schlaff bewehrte Fertigträger in L-Form die Schalung bei Pfeiler 31 (Bild 11). Die zwei Balken von Pfeiler 32 besassen die doppelte Breite und benötigten dementsprechend je 4 L-Träger der gleichen Form. Diese Fertigbalken von 50 t Gewicht wurden auf der östlichen Brückenfahrbahn mit Lieferbeton betoniert und mit dem Schwimmkran eingesetzt.

Für die Längsbewehrung der Balken standen Eisen von 2" und 2¼" Durchmesser und nur 9 bis 10 m Länge zur Verfügung. Da Überdeckungsstösse konstruktiv nicht möglich waren, entschloss man sich nach umfangreichen Vorversuchen zur elektrischen Handschweissung der Stösse mittels X-Naht. Jede einzelne Schweisstelle wurde mit einem Röntgengerät geprüft. Mit vorgefertigten Bewehrungskörben von 30 t Gewicht für die Balken und Fertigplatten als Schalung für die verbindende obere Druckplatte wurden die Pfahlkopfplatten von der schwimmenden Betonieranlage aus betoniert (Bild 12).

Für die weitgespannten Balken wäre wegen der zu erwartenden Kriechverformung durch die hohe Auflast eine Vorspannung kon-

Bild 11. Erste L-Träger bei Pfeiler 31 verlegt



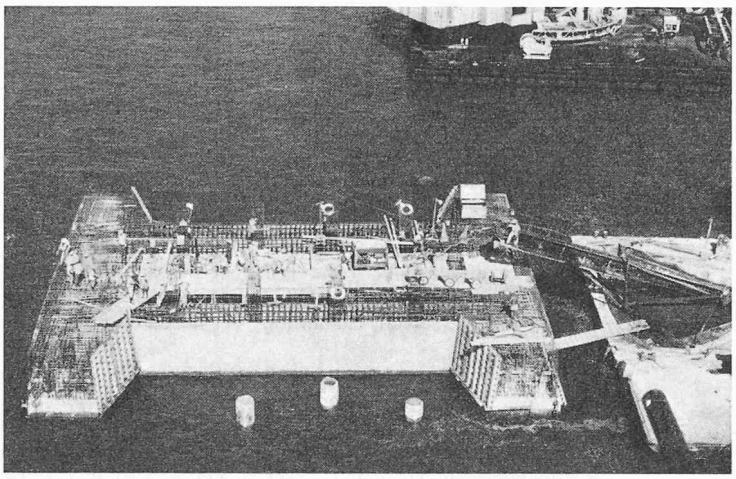


Bild 12. Betonieren der Pfahlkopfplatte von Pfeiler 32

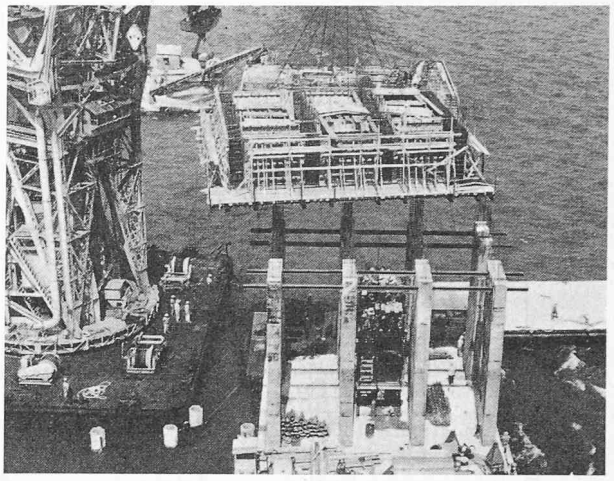


Bild 13. Pfeiler 31, Einsetzen des Querträgergitters mit Schalung und Bewehrung

struktiv besser gewesen, doch auch hier war diese Lösung aus Termingründen nicht möglich. Es zeigte sich jedoch, dass die Zusatzmomente in den Pfählen infolge der Durchbiegung der Pfahlkopfplatte selbst bei ungünstigsten Annahmen über das Kriechen in vertretbaren Grenzen bleiben. Die Durchbiegung wurde durch Feinnivellement bei jeder neuen Laststufe kontrolliert.

Die aufgehenden Pfeilerstiele bis zum Querriegel konnten durch Verwendung von 4 m hohen Schalungskästen und vorgefertigten Bewehrungskörben zügig in drei Abschnitten hergestellt werden. Die vier Querriegel selbst stellten mit den senkrecht dazu liegenden Verbindungsträgern einen Trägerrost dar, der komplett mit Schalung und Bewehrung an Land vorgefertigt und in einem Stück von 110 t Gewicht auf provisorische Unterstützungsträger aufgesetzt und betoniert wurde. Dadurch liess sich die Herstellung dieses komplizierten Bauteiles erheblich abkürzen (Bild 13).

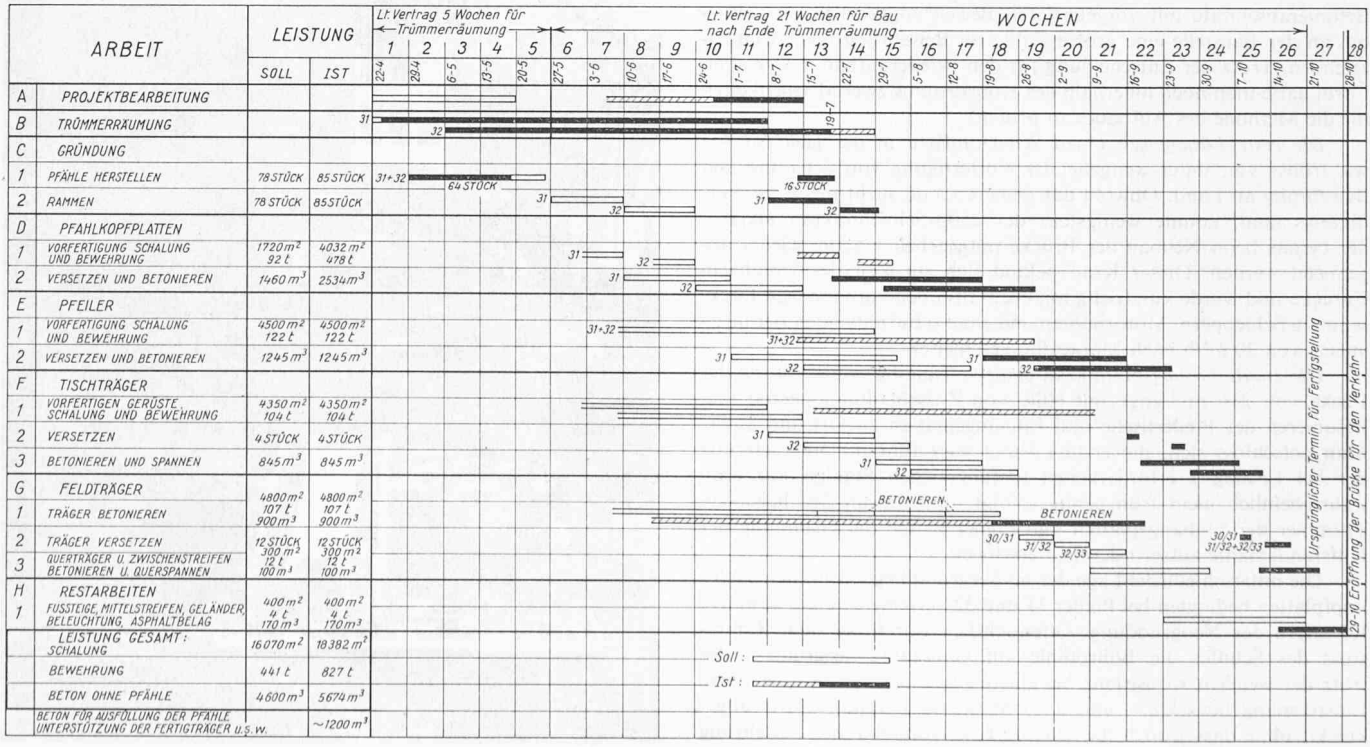
Die Pfeilerstiele von Oberkante Querriegel bis Unterkante Tischplatte wurden wie früher mit einer Kletterschalung hergestellt. Die Stahlfachwerkträger für die Einrüstung der Tischplatte standen glücklicherweise noch vom Neubau her auf dem Werkplatz zur Verfügung und brauchten nur in einigen Teilen ergänzt zu werden. In zwei in der Längsaxe getrennten Abschnitten wurden die Rüstungsträger mit Schalung und Bewehrung – bei einem Stückgewicht von 150 t – auf die mit Spanngliedern verstrebten Pfeilerstiele abgesetzt, betoniert sowie längs und quer vorgespannt.

Die insgesamt 12 Einhängeträger von 46 m Länge für die 3 Zwischenfelder waren inzwischen auf der Ostseite der Brücke gefertigt worden, wo sie vom Schwimmkran abgehoben, zur Einbaustelle transportiert und dann dort eingesetzt wurden. Im höchsten Feld zwischen Pfeiler 30 und 31 ging es beim Einbau nur noch um wenige Zentimeter, dass die Hubhöhe des Kranes beinahe nicht mehr ausreichte. Auf dem Fertigungsplatz der Träger musste übrigens zunächst auf der Fahrbahn der Brücke ein lastverteilender Trägerrost hergestellt werden, um die Überlastung eines Längsträgers durch das Gewicht eines Einhängeträgers zu vermeiden.

Nach Einsetzen des letzten Fertigträgers benötigte man für die Restarbeiten wie Versetzen der Fahrbahnübergänge, Geländer, Beleuchtung, Leitplanken der Mittelstreifen, Asphaltarbeiten dank weitgehender Vorbereitung nur noch 10 Tage.

Die Forderung des Ministeriums, den zerstörten Brückenabschnitt in einem Zeitraum von sechs Monaten wiederherzustellen, bedeutete für das Konsortium eine schwere Aufgabe; denn da die Brücke schon vor nahezu zwei Jahren fertiggestellt war, hatte man die damals verwendeten Maschinen und Geräte schon längst abtransportiert, und das Personal war in alle Winde zerstreut. Es handelte

Bild 14. Arbeitsablauf



sich immerhin darum, in diesem kurzen Zeitraum ein Brückenbauwerk von 216 m Länge über Wasser zu errichten. Es bedurfte aussergewöhnlicher Anstrengungen, um das für diese Zwecke benötigte Spezialgerät wie auch einige mit diesem Brückenbau vertraute Ingenieure und Facharbeiter aus dem Ausland zur Schadenstelle heranzuholen.

Unbestreitbar ist es eine beachtenswerte Leistung der mit den Wiederherstellungsarbeiten beauftragten Firmen *Precomprimido C.A.* und *Julius Berger AG*, die Brücke in der vorgeschriebenen Zeit von nur sechs Monaten wieder aufgebaut zu haben, so dass sie am 30. Oktober 1964 dem Verkehr wieder übergeben werden konnte. Der Umfang der Leistung wird umso mehr erkennbar, als in dieser Zeit nicht nur 3230 lfdm Pfähle mit 91,4 cm Durchmesser gerammt und 7040 m³ Beton, davon 1850 m³ Spannbeton, mit 830 t Betonstahl und 110 t Spannstahl eingebaut wurden, sondern unter schwierigsten Umständen fast 3000 t Trümmer aus dem See geborgen wurden.

Sehr erschwerend für die Einhaltung des geforderten Termins war der Umstand, dass die Trümmerbeseitigung statt der vorgesehenen 35 Kalendertage 84 Tage benötigte. Die wirkliche Bauzeit vom Rammen des ersten Pfahles bei Pfeiler 31 bis zur Verkehrsübergabe betrug dann nur 115 Kalendertage. Aus dem Arbeitsplan (Bild 14) ist zu ersehen, wie die Ist-Zeiten trotz starkem Rückstand letzten Endes das Soll noch nahezu erreichten.

Nahezu 700 Ingenieure und Arbeiter waren in der Hauptbauzeit Tag und Nacht auf der Baustelle tätig, und ihrem rastlosen Einsatz ist die einmalige Rekordzeit zu verdanken.

Im Zusammenhang mit diesem Unglücksfall ist in der Öffentlichkeit Venezuelas die Notwendigkeit von Schutzbauten zur Sicherung der Pfeiler gegen Schiffsstösse leidenschaftlich erörtert worden. Das hier geschilderte Unglück hat nicht nur Menschenleben gefordert, sondern darüber hinaus dem Lande sehr grosse wirtschaftliche Schäden zugefügt. Diese Schäden sind ausser den Kosten für die Wiederherstellung der Brücke vor allen Dingen die Folgen der Unterbrechung der Verbindung zwischen den beiden Ufern des Sees. Um diese notdürftig aufrecht zu erhalten, musste die frühere Fährverbindung provisorisch wieder hergestellt werden, für welche die Fährschiffe aus anderen Gegenden heranzuschaffen waren.

Es soll nicht Aufgabe dieses Aufsatzes sein, sich mit der Notwendigkeit von Schutzbauten auseinanderzusetzen. Das hier geschilderte Beispiel zeigt aber, dass Schutzbauten allein für die Schifffahrtsöffnungen nicht ausreichend sind, sondern, wenn sie eine absolute Sicherheit darstellen sollen, einen Umfang einnehmen würden, der wirtschaftlich kaum noch vertretbar scheint. Hinzu kommt, dass für die Bemessung solcher Schutzbauten die Grösse der in der Zukunft verkehrenden Schiffe kaum übersehbar ist. Während im Jahre 1962 auf dem See von Maracaibo Tanker mit einem Fassungsvermögen bis zu 36000 t verkehrten, ist in neuester Zeit schon ein Tanker mit über 90000 t beobachtet worden. Zweifellos verdient der Schutz von Brückenpfeilern in Gewässern, die von grossen Schiffen befahren werden, besondere Aufmerksamkeit, wobei nicht nur an baulichen Schutz, wie massive oder bewegliche Leitwerke, Schlepphilfe usw., sondern auch an optische und akustische Signalanlagen, oder sogar automatische Kursbeeinflussung durch Radargeräte und Elektronik zu denken ist. Hier gilt es, die bestmöglichen Lösungen zu finden, um in Zukunft derartige Katastrophen mit grösster Wahrscheinlichkeit zu verhindern.

Adresse des zweitgenannten Verfassers: Dr.-Ing. *Rudolf Hemmleb*, bei Julius Berger AG, 6200 Wiesbaden, Biebricher Allee 37

Die Entwicklung der Injektionen in den letzten Jahrzehnten

DK 624.138.24

Von **Charles E. Blatter**, dipl. Ing., Swissboring AG, Zürich

Einleitung

Die Anwendung der Injektionen im Untergrund ist heute eine allgemein gebräuchliche Baumethode geworden. Es ist bekannt, dass diese Methode bereits am Anfang des 19. Jahrhunderts in Frankreich mit Erfolg angewendet worden ist, aber die kräftige Entwicklung hat eigentlich erst in den zwanziger Jahren und dann erneut nach dem Zweiten Weltkrieg begonnen. Der Bau der grossen Talsperren, der damals intensiv in Angriff genommen wurde, hat die Entwicklung der Injektionen zu einer Notwendigkeit gemacht.

In der Schweiz wurde bereits beim Bau der ersten Grimselsperren (Gelmer, Seeuferegg und Spitallamm) in den Jahren 1928–1931 der Fels mit Injektionen gedichtet, wobei es sich bei dem massigen Aaregranit um die Verschliessung von mehr oder weniger grossen Spalten handelte. Als Injektionsmittel wurde Zement, eventuell unter Beimischung von Sand, verpresst.

Die für die Einpressungen verwendeten Mischungen waren jedoch nicht stabil, und der im Wasser suspendierte Zement setzte sich rasch ab, wodurch Reichweite und Eindringungsfähigkeit der Injektion stark begrenzt werden. Die Entwicklung der Methoden ging in den letzten Jahrzehnten dahin, dass man erstens stabilisierte Suspensionen aufgebaut und zweitens chemische Injektionsmittel für besondere Zwecke vermehrt verwendet hat.

Injektionstechnik

Bei der Injektion von kornförmigen Stoffen hat man sich zum Ziele gesetzt, dass die Injektionsmischungen praktisch keine Dekantation mehr aufweisen, während der Injektion genügend flüssig sind und nach der Injektion eine genügende Steifheit ergeben. Diese Injektionsmittel sind auch wasserabweisend, so dass sie im fliessenden Wasser verwendet werden können (Bild 1).

Die Stabilisierung der Mischungen kann durch chemische, physikalische oder mechanische Aktivierung erfolgen. Als chemische Aktivierung bezeichnen wir die Beimischung von kolloidalen Zusätzen zu gröberen Stoffen oder die Deflokulation von kolloidalen Tonen durch chemische Behandlung. Als kolloidale Zusätze werden oft Wasserglas oder Bentonit gebraucht. Es war üblich, die Mischungen reich mit Zement zu dosieren; man erhält damit eine sehr hohe Festigkeit des Endproduktes, die aber in vielen Fällen nicht erforderlich ist. Die Grenze der Injektionsfähigkeit liegt bei einem Zementwasserfaktor von 2:1 bis 2,3:1. Bei den stabilisierten Mischungen wird der Zementgehalt eher niedrig gehalten. Die Dispersion durch physikalische Mittel wurde von *Florentin* und *L'Hériteau* empfohlen. Durch Aufheizung des zementhaltigen Injektionsmittels auf 25° bis 35° erhält man für Mischungen von 2:1 eine stabilisierte, nicht dekantierende Suspension.

Am meisten verbreitet ist die mechanische Aktivierung, die darin besteht, dass die Injektionsschlämmen in einem leistungsfähigen Mischer bearbeitet werden. Die Mischer sind zum Teil ähnlich einer Kolloidmühle und sind bekannt unter den Namen Hochturbulenz-, Colcrete, Akti-, Turbo- oder Swibomischer. Sie ergeben eine Laminierung, die die Zementkörner von ihrer hydratisierten Hülle befreien, wodurch kolloidale Eigenschaften hervorgerufen werden.

Die Herstellung von stabilisierten Mischungen hat dann auch die Aufbereitung von Mörteln gestattet, welche sich durch hohe Druckfestigkeiten auszeichnen. Es sind vor allem zwei Verfahren, das Prepaktverfahren [1] aus den USA und das Colgroutverfahren [2] aus England, die stabilisierte Mörtel verwenden und daher auch zur Herstellung von Beton durch Injektion geeignet sind. Der Prepaktmörtel zeichnet sich durch einen abgestuften Kornaufbau aus. Neben Sand 0 ÷ 1 mm wird Portland-Zement und Flugasche (Alfesil) beigemischt, so dass praktisch alle Korn-Abstufungen vorhanden sind.

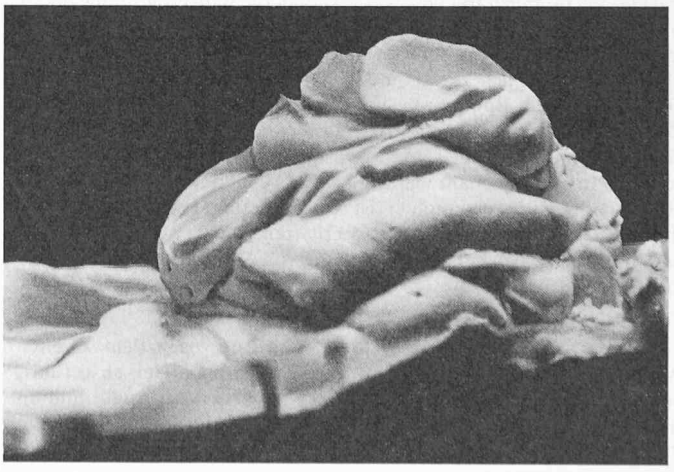



Bild 1. Stabilisierte Injektionsmischung, im fliessenden Wasser abgelagert