

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 117/118 (1941)
Heft: 17

Artikel: Der "Hohlsteg-Verbundträger"
Autor: Bächtold, J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-83438>

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: 22.02.2026

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

derkopf, Wegpolieren rauher Stellen an den Wänden des Kompressionsraumes, Kerzen mit höherem Wärmewert oder Spezialkerzen für Azetylenbetrieb einsetzen, Gemischvorwärmung ausschalten oder sonst unwirksam machen, Temperatur der Ansaugluft möglichst niedrig halten, Gas-Luftgemisch auf 5 bis 10% Luftüberschuss einstellen, Zündzeitpunkt allenfalls etwas zurückstellen, Ventile mit dünnen Tellern (vom wiederholten Einschleifen) durch neue ersetzen, Zusetzen von Dämpfungsstoffen zum Azetylen-Luftgemisch.

Die Dämpfungsstoffe haben den Zweck, das Gasluftgemisch derart zu kühlen, dass die Gefahr der frühzeitigen Selbstentzündung vermieden wird. Auch bei Anwendung der obigen Massnahmen werden die Temperaturen noch nicht derart herabgesetzt, dass ohne Dämpfungsmittel befriedigende Leistungen erzielt würden; 50% der Benzinleistung war bei verschiedenen Messungen das Maximum. Als Dämpfungsmitte kommen in Frage: 1. Wasser, 2. Benzin, Benzol, 3. organische Verbindungen wie Alkohole, Azeton, 4. Gemische obiger Verbindungen mit Wasser.

Das Mass für die Kühlfähigkeit eines Dämpfungsmittels ist seine Verdampfungswärme, die Wärmemenge, die benötigt wird, um die Flüssigkeit in Dampfform überzuführen. Vergleichmessungen haben ergeben, dass die Oktanzahl offenbar weniger wirksam ist als die Verdampfungswärme. Benzin mit 67 und sogar Flugmotorenbenzin oder Benzol mit Oktanzahl 100 erwiesen sich weniger dämpfend als Alkohole oder selbst Mischungen von Alkohol mit Wasser. Wichtig ist beim Dämpfungsstoff ferner sein Heizwert, weil er den Gemischheizwert des Azetylen-Luftgemisches und dadurch die Motorleistung beeinflusst. Ueber diese drei Faktoren gibt folgende Tabelle Aufschluss:

Dämpfungsstoff	Verdampfungswärme, kcal/l	Heizwert (unterer), kcal/l	Oktanzahl
Wasser	540	0	—
Benzin	55	7650	67
Benzol	79	8400	rd. 100
Aethylalkohol	183	5200	über 100
Methylalkohol	222	3600	über 100

Daraus ergeben sich verschiedene Tatsachen, die durch ausgedehnte Versuche auf dem Motorenprüfstand, dem Wagenprüfstand und auf der Strasse bestätigt wurden:

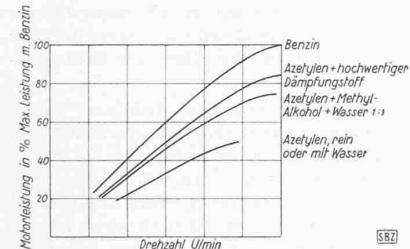


Abb. 1. Leistungskurven für Benzin- und Azetylen-Betrieb bei verschiedenen Dämpfungsmitteln

nen maximal rd. 60% erreicht werden (Abb. 1). Benzin und Benzol geben mässige Kühlung und eine Erhöhung der Leistung, die man eigentlich vom Azetylen selbst haben möchte. Da sie heute sehr schwer erhältlich sind, sollten sie als Dämpfungsstoffe nicht verwendet werden.

Aethyl- und Methylalkohol eignen sich zufolge ihrer hohen Verdampfungswärme besonders gut; auch Mischungen mit Wasser ergeben gute Resultate, besonders weil sie die ebenfalls seltenen Alkohole strecken helfen. Mischungen von 50% Alkohol mit 50% Wasser ergeben bei guter Dämpfung die wirtschaftlichsten Resultate. Die Menge des Zusatzes sollte derart bemessen werden, dass man auf 1 kg Karbid $\frac{1}{10}$ Alkohol und $\frac{1}{10}$ Wasser verbraucht. Unter diesen Verhältnissen können bei sorgfältiger Regulierung klopfreie Leistungen erzielt werden, die bis 75% der Benzinleistung gehen. Bei gleicher abgegebener Leistung am Motor können sich in gewissen Grenzen Azetylen und Alkohol ersetzen, indem bei grösserem Alkoholzusatz weniger Azetylen verbraucht wird, und umgekehrt. Die gegenseitigen Mengen verhalten sich wie die zugehörigen Heizwerte, was beweist, dass der im Dämpfungsmitte enthaltene Heizwert voll ausgenutzt wird. Die Grenzen sind einerseits durch das Klopfen (wenig Alkohol) und anderseits durch die Kriegswirtschaft (viel Alkohol) gesetzt. Mit reinem Alkohol als Dämpfungsmitte dürften maximal 85% der Benzinleistung erreicht werden. Es ist noch zu erwähnen, dass Methylalkohol äusserst vorsichtig gehandhabt werden muss, da er sehr giftig ist.

(Schluss folgt)

Der «Hohlsteg-Verbundträger»

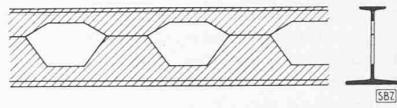
Im «Stahlbau» vom 3. Jan. 1941 beschreibt Ing. W. E. Uhlig (Mannheim) einen neuartigen Verbundträger. Das Wesentliche und Neue daran besteht darin, dass der einbetonierte Stahlträger zusammengesetzt wird aus den Hälften eines grösseren und eines kleineren Differingerträgers, wobei die schwächere Hälfte in die Druckzone zu liegen kommt. Um den Abstand der Flanschen und damit das Trägheitsmoment beliebig ändern zu können, werden die Träger längs einer Zickzacklinie aufgeschnitten, die eine Hälfte gegenüber der andern um die halbe Wellenlänge der Zickzacklinie verschoben und längs der nunmehr unterbrochenen Berührungsnaht verschweisst (Abbildung).

Als Hauptvorteile seines Verbundträgers gegenüber normalen einbetonierten Walzträgern führt Uhlig die Stahlersparnis und den besseren Verbund an. Der Konstrukteur hat es in der Hand, durch die Wahl der Profile für Ober- und Untergurt den Stahlträger voll auszunützen. Zweifellos wird auch der Verbund durch die Öffnungen im Steg verbessert, aber entgegen Uhligs Auffassung wird ohne zusätzliche Schikanen und ohne Bügel mit schlaffer Zusatzarmierung, besonders bei dynamischer Beanspruchung, der Verbund doch ungenügend sein. Was die Stahlersparnis anbelangt, die heute natürlich besonders interessiert, kann leicht nachgewiesen werden, dass diese bei kleineren Profilen durch den Mehraufwand an Schneid- und Schweissarbeit aufgehoben wird, sodass man einen ökonomischen Vorteil höchstens bei grossen Profilen erzielt. Das gleiche gilt natürlich für alle Verbundkonstruktionen; die durch Verbundwirkung erzielte Stahlersparnis geht als ökonomische Ersparnis ganz oder teilweise wieder verloren durch den Arbeitsaufwand für die Sicherstellung des Verbundes. Demgegenüber ist jedoch festzustellen, dass die Vernachlässigung des Verbundes eine Trennung zwischen Stahl und Beton zur Folge haben kann. Dass die Gefahr einer solchen Trennung besteht, kann an ausgeführten Brücken aus einbetonierten Stahlträgern festgestellt werden, wo infolge dieser Trennung starke Rostbildung auftritt, und zudem der Beton zwischen den Trägern quer zur Trägerrichtung gerissen ist.

Die Behauptung, die Verbindung zwischen Beton und Stahl sei bei einbetonierten Trägern nicht ohne weiteres gewährleistet, lässt sich damit begründen, dass die Oberfläche der Walzträger gewöhnlich einer optimalen Haftung nicht günstig ist. Denn oft sind die Träger mit Zementmilch oder einem ähnlichen, erfahrungsgemäss verbundhemmenden (weil abblätternden oder abstäubenden) Mittel gestrichen, sie sind mit der Walzhaut oder sogar mit Schnitz überzogen. Ferner bilden sich leicht längs der grossen Flächen, ähnlich wie gegen die Schalung, poröse Stellen im Beton durch das Entweichen der Luft und des Wassers. Dazu kommt noch, dass infolge geringerer oder fehlendem Schwinddruck — der Beton ist ja grösstenteils oder ganz zerschnitten — die Haftung geringer ist, als bei kleinen und besonders bei runden Stahlquerschnitten.

In der Regel begnügt sich der Konstrukteur damit, die rechnerisch ermittelten Längsschubkräfte durch Schikanen am oberen Flansch¹⁾ aufzunehmen (Spiralen, Querstollen, Schlaudern usw.). Ganz abgesehen davon, dass die Konzentration der Längsschubspannungen auf bestimmte Punkte, bzw. Querschnitte, die Trennung zwischen Stahl und Beton und die Rissbildung begünstigt, ist dadurch das Zusammenwirken der beiden Baustoffe in der Zugzone noch nicht gesichert. Bei teilweise oder ganz einbetonierten Trägern müssen daher alle Massnahmen ergriffen werden, um ein Gleiten zwischen Walzträger und Beton zu verhindern. Dies kann geschehen, indem durch den Steg eine grosse Anzahl Rundisenen durchgesteckt werden, besonders in der Nähe der gezogenen Flanschen, oder durch Umfassung des Trägers mit Bügeln und Einlage von zusätzlicher schlaffer Längsarmierung, oder sonstwie durch Verbindung des Betons mit dem Träger, auch in der Zugzone; d. h. der Verbund soll nicht nur rechnerisch, sondern tatsächlich sichergestellt werden. In dieser Beziehung bedeutet der Verbundträger von Uhlig, wie bereits gesagt, eine gewisse Verbesserung, aber er gewährt noch keine restlose Zusammenfassung der Vorteile der reinen Stahl- und der Eisenbetonbauweise.

Die Ausführungen von Uhlig vermitteln den Eindruck, dass die Verbundbauweise in Deutschland erst in jüngster Zeit eine gewisse Bedeutung erlangt hat und noch weniger entwickelt ist als bei uns. Jedenfalls trifft seine Feststellung, dass der Ingenieur



Hohlsteg-Verbundträger nach W. E. Uhlig

1) Vgl. «SBZ» Bd. 106, S. 254, Abb. 5 (30. Nov. 1935).

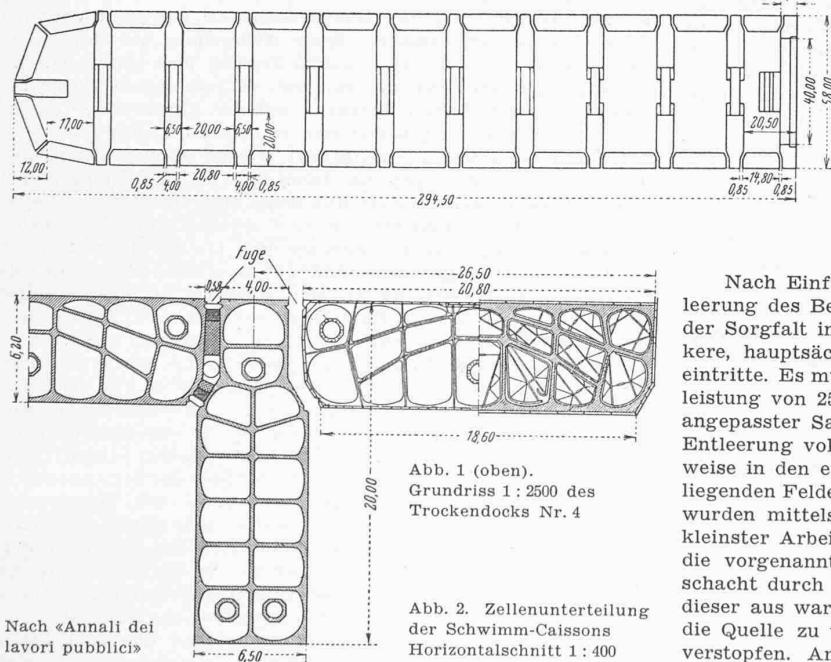
bei Stahlskelettbauten mit Betonumhüllung grundsätzlich auf die statische Mitwirkung des Betons verzichte, für schweizerische Verhältnisse nicht zu. Im Gegenteil können wir bereits auf eine namhafte Zahl ausgeführter Verbundkonstruktionen hinweisen, die als Verbundtragwerke gerechnet werden sind²⁾.

Zum Schluss schreibt Uhlig, die Notwendigkeit der Ueberdeckung der Zugarmierung mit Beton sei im Eisenbetonbau als schwerer Nachteil bekannt, weil dadurch in der äussersten Zugzone der wenig dehnungsfähige Beton vorhanden sei. Er leitet hieraus einen Vorteil für seinen Träger ab, indem er behauptet, auf die Einbetonierung des unteren Flansches verzichten zu können. Hierzu ist zu sagen, dass der Verbund in der Zugzone für seinen Träger nicht wesentlich besser ist als bei gewöhnlichen einbetonierte Vollwandträgern. Ausserdem fallen die paar Zentimeter mehr oder weniger Abstand des gezogenen Betons von der neutralen Zone nur bei ganz kleinen Trägern ins Gewicht. In diesem Zusammenhang möge noch auf den Aufsatz von Ing. Leonhardt in der «Bautechnik» H. 31/1940³⁾ verwiesen werden, wo berichtet wird, dass nach den Erfahrungen in Deutschland die Walzträger entweder ganz oder gar nicht einbetoniert werden sollten.

J. Bächtold

Bau des vierten Trockendocks im Hafen von Genua

Das im Jahre 1928 vollendete Trockendock Nr. 3 im Hafen von Genua genügte mit seiner nutzbaren Länge von 240 m, einer Breite von 32 m und einer Wassertiefe von 12 m wohl noch für die Schiffsklasse der «Conte Rosso», «Conte Verde», «Giulio Cesare», «Duilio» und «Roma» mit Längen von 170 m bis 215 m, aber nur noch knapp für den neuesten Passagierdampfer «Rex» mit einem Spielraum zwischen Schiffsrändern und Beckenwandungen von rd. einem Meter. Man schritt daher in der Zone zwischen dem Molo Ciano und dem Molo Guardiano dei bacini in einer Lage, die eine spätere Verlängerungsmöglichkeit sichert, zum Bau eines vierten Trockendocks mit Innenabmessungen von 280 m auf 40 m bei 14,25 m grösster Wassertiefe.



Nach «Annali dei lavori pubblici»
Abb. 1 (oben).
Grundriss 1 : 2500 des Trockendocks Nr. 4

Abb. 2. Zellenunterteilung der Schwimm-Caissons
Horizontalschnitt 1 : 400

Die Sondierungen an der Baustelle ergaben einen felsigen Untergrund in Tiefen von 17 bis 20 m. Die Bauausführung erfolgte daher im Sinne der Abb. 1 mit umhüllenden Längscaissons von 20,80 m Länge und 6,20 m Breite, die sich mit ihren Enden auf der Beckenseite auf Quercaissons von 20,00 auf 6,50 m abstützten, deren zwischen die Längscaissons eingeschobene Köpfe für die Auflagerung entsprechend geformt waren (Abb. 2). Bis zum Einbau der Beckensohle war eine Verspreitung der gegenüberliegenden Quercaissons vorgesehen. Nach durchgeföhrter Fugendichtung erschienen sodann mit Trockenlegung des Beckens die weiteren Aushub-, Betonierungs- und sonstigen Fertigstellungsarbeiten in offener Baugrube gesichert.

²⁾ Eine bezügliche Veröffentlichung von Obering. A. Albrecht ist uns in Aussicht gestellt.

³⁾ Auszugswise in «SBZ» Bd. 116, S. 230.

Die Durchführung aller Arbeiten und Lieferungen des umfangreichen Objektes wurde einem ad hoc gebildeten Gemeinschaftsunternehmen, bestehend aus der Società Italiana Lavori Marittimi und der Società Italiana Finanziaria per Costruzioni übertragen, mit Arbeitsbeginn im Januar 1935.

Um die Caissons von ihrem Herstellungsort schwimmend zur Verwendungsstelle bringen zu können, wurden sie in Eisenbetonkonstruktion mit Zellenquerschnitten nach Abb. 2 ausgeführt. Dabei erhielten die Zellräume der Längscaissons zwischen den bogenförmigen Rippen und die Auflagerzellen zur besseren Kräfteübertragung auf die Quercaissons bzw. deren Aufbauten bei kleineren Beanspruchungen, Füllungen aus Beton. Gleiche statische Ueberlegungen führten auch zur Vollbetonierung der Querpfeilerköpfe, während die in das Becken hineinragenden Teile der Zellenaufbauten wegen der später notwendigen Wiederentfernung nur mit Sand gefüllt waren. — Die zwischen den Längs- und Quercaissons verbleibenden Fugen von 85 bis 105 cm Breite wurden durch beidseitige, in entsprechenden Nuten der Caissons geführte Eisenbetontafeln abgeschlossen und sodann mit Steinmaterial gefüllt. Ein Deckenabschluss vervollständigte die so gebildete Fugen-Arbeitskammer, in der nun unter Druckluft von oben die Steine zum Teil entfernt, zum Teil unter sich und mit den Caissonwandungen verbunden wurden. Eine Kaminaussparung ermöglichte den Ein- und Ausstieg und horizontale Verstärkungsplatten in Abständen von 2 bis 3 m sicherten diese Füllkonstruktion, die zum Schluss noch durch Vollbetonierung der Hohlräume und Kamme ergänzt wurde.

Alle statischen Probleme wurden durch Prof. Dr. Krall eingehenden Ueberprüfungen mit Modellversuchen unterzogen, wobei nach den Sondierungen und den Erfahrungen beim Bau von Dock Nr. 3 mit max. Fundierungstiefen von 20 m unter Meeresspiegel gerechnet wurde. In Wirklichkeit ergaben sich aber Schneidentiefen bis Kote — 25 und es mussten überdies innerhalb der Kammern unter den Schneiden noch Ausbrüche bis max. — 27,6 durchgeführt werden. Um den dadurch geänderten statischen Bedingungen gerecht zu werden, erschien eine gegenseitige Abstützung der gegenüberliegenden Quercaissons notwendig, was erstmalig durch eingelegte T-förmige Eisenbetonbalken, später durch (unter einem 14 × 8 m grossen, beweglichen Caisson hergestellte) Querriegelerfolgte. Der gleiche Caisson fand Verwendung für die Abschlusschwelle an der Dock einfahrt von rd. 14 m Stärke, wozu mehrere Positionen notwendig waren. Die Kopfabschlüsse der Seitenwände mit den Vorrichtungen für die Anschläge des Schwimmtores gelangten innerhalb senkrechter Klebkästen unter Mithilfe von Tauchern im Offenen zur Ausführung.

Nach Einführung des Schwimmtores konnte mit der Entleerung des Beckens begonnen werden, doch zeigten sich trotz der Sorgfalt in der Ausführung der bisherigen Arbeiten stärkere, hauptsächlich von den Fugenstellen kommende Wassereintritte. Es mussten daher Pumpen bis zu einer totalen Stundenleistung von 2500 m³ und ferner zur Mithilfe ein entsprechend angepasster Saugbagger eingestellt werden. Damit konnte die Entleerung vollendet und die Abräumung der Felssohle, etappenweise in den einzelnen, zwischen Seitenwänden und Querrippen liegenden Feldern durchgeführt werden. Die auftretenden Quellen wurden mittels Entwässerungskanälen zu Pumpschächten mit kleinster Arbeitskammergrösse geleitet. Sodann betonierte man die vorgenannten Sohlenfelder und gestaltete jeden Pumpenschacht durch Deckeneinzug zur Druckluft-Arbeitskammer. Von dieser aus war es sodann möglich, durch weiteren Felsausbruch die Quelle zu verfolgen und mit schnellbindendem Zement zu verstopfen. An anderen Stellen genügten Zementeinpressungen unter hohem Druck (bis 14 at), wofür etwa 1370 t Zement verwendet wurden. Alle Dichtungsarbeiten bewirkten eine Verringerung der Sickerwassermenge auf rund 40 m³/h. Die Bodenplatte des Beckens wurde mit Beton von 250 kg Zement und 50 kg Puzzolanerde pro m³ ausgeführt. Nach diesen Arbeiten musste das Becken wieder gefüllt bzw. die Seitenwände entlastet werden zur Entfernung der Versteifungsbalken. Damit konnten schroffe Belastungsänderungen der Wände vermieden werden.

Zu den maschinellen Einrichtungen des Trockendocks gehören auch die Vorkehrungen zur hydraulischen Betätigung der Schiffshebeböcke mittels einer, unter 150 at Druck stehenden Mischung von Süßwasser mit 10% Glyzerin. — Die Gesamtbauzeit dauerte bis Mitte Juni 1939, betrug somit vier Jahre und fünf Monate. Die Kosten ergaben sich zu rd. 70 Millionen Lire, von denen rd. 60 Millionen auf die Bauarbeiten entfielen («Annali dei lavori pubblici», Nr. 7, Juli 1940).

M. N.