

Die Anwendungen mässiger Vorspannung beim Kulturwehr Kehl/Strassburg: praktischer Teil

Autor(en): **Missel, Anton**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **97 (1979)**

Heft 40

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-85548>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

stes durch den Verformungswiderstand des Baugrundes wird der Baugrund als elastisch isotroper Halbraum unter Berücksichtigung der geologischen Vorbelastung idealisiert angenommen. Über die dafür zu treffenden Annahmen wird nach Auswertung von Messungen der BAW Karlsruhe später berichtet werden.

Das grosse Bauwerk konnte natürlich nicht fugenlos in einem Zug betoniert und zweiachsig vorgespannt werden. Um günstige Voraussetzungen für den Bauablauf zu schaffen, wurden die Bodenplatten des Tosbeckens, des Wehr-

abfallbodens und der Wehrschwelle in 6 bis 8 m breite Streifen in Flussrichtung unterteilt mit jeweils 1 m breiten Fugenzwischenräumen (Bild 7), die erst nach Fertigstellung aller dieser Längsstreifen und deren Längsvorspannung ausbetoniert werden. Unmittelbar nach dem Einbringen des Fugenstreifenbetons wird dann das Wehr auf die Breite des Bauabschnittes, also auf rund 120 m Breite quer zusammengespannt. Damit entsteht ein fugenloses Betontragwerk mit einer Grundfläche von 120 auf 56 m, das anschliessend im zweiten Bauabschnitt um die gleich grosse Fläche erweitert wird.

Schrifttum:

F. Leonhardt: «Massige, grosse Betontragwerke ohne schlaffe Bewehrung, gesichert durch mässige Vorspannung». Bet. u. Stahlbet. 5/73: 128-133

F. Leonhardt: «Vorlesungen über Massivbau», Vierter Teil, Springer-Verlag, 1975

F. Leonhardt: «Rissebeschränkung: Bet. u. Stahlbeton 1/76: 14-20

Falkner: Schriftenreihe des D. A. f. St. 1969, Heft 208

CEB-FIP: Internat. Richtlinien 1970

Adresse des Verfassers: H. Gaiser, dipl. Ing., Geschäftsführer, Alfred Kunz GmbH & Co., Postfach 151140, D-8 München 15.

Praktischer Teil

Von Anton Missel, Karlsruhe

Allgemeines zum Bauablauf

Die Arbeiten werden gemäss dem Sondervorschlag der Arbeitsgemeinschaft in zwei Bauabschnitten durchgeführt. Die Trennlinie liegt in Flussmitte (Bild 1 und 2).

Als Bauabschnitt 1 wurde die französische Seite ausgeführt, da der Rhein nach Errichten der halbseitigen Baugrubenumschliessung einen grösseren Durchflussquerschnitt auf der deutschen Hälfte aufwies.

Bevor auf die eigentlichen Betonarbeiten eingegangen wird, sollen die wichtigsten Bauarbeiten genannt werden, die vorher durchzuführen waren: Zunächst wurden Erddämme als Baugrubenumschliessung geschüttet. In die Dämme wurde dann im Schlitzwandverfahren eine Dichtwand eingebracht. Sie bindet ringsum in eine nahezu horizontale Schluffschicht ein, die in etwa 21 m Tiefe unter der Flusssohle ansteht und die horizontale Abdichtung der Baugrube bildet. Oberwasserseitig und in Flussmitte war durch Einstellen von Spundbohlen in die Dichtwand auch noch eine Spundwand eingebaut, um die Baugrube an diesen Seiten bis an die Dichtwand hin ausheben zu können.

Die Baugrube wurde mit Brunnen leergepumpt, die im unterwasserseitigen Erddamm angeordnet waren. Sie konnten durch den Betrieb von nur drei Brunnen trockengehalten werden, die eine maximale Leistung von 170 l/s (bei höchstem Hochwasser) hatten. Für eine Baugrube von 11 000 m² mitten im Rhein und mit einer Wasserspiegeldifferenz von 10 m ist diese Sickerwassermenge ausserordentlich gering. Nach dem Rammen der MV-Pfähle, die als Auftriebssicherung der Tosbeckenplatte erforderlich waren, konnten die Betonarbeiten beginnen.

Bau des Wehres

Der Ablauf und die Reihenfolge der Arbeiten wurden bestimmt durch Zahl und Grösse der Betonierabschnitte. Die Tosbeckenplatte, der Wehrabfallboden und die Wehrschwelle waren in schmale, parallel zur Flussachse verlaufende Streifen aufgeteilt und ergaben ideale

Betonierabschnitte (Bild 3 und 4). Der sogenannte kritische Weg für den Bauablauf führte über die Pfeiler und die darauf aufgesetzten Staubalken.

Bei den 53 m langen Wehrpfeilern (Bild 5) wurde auf eine vertikale Fuge verzichtet. Aus der Kletterschalung ergaben sich Betonierabschnitte von 4 m Höhe. In den Pfeilerköpfen sind Treppenhaus und Maschinenräume unterge-

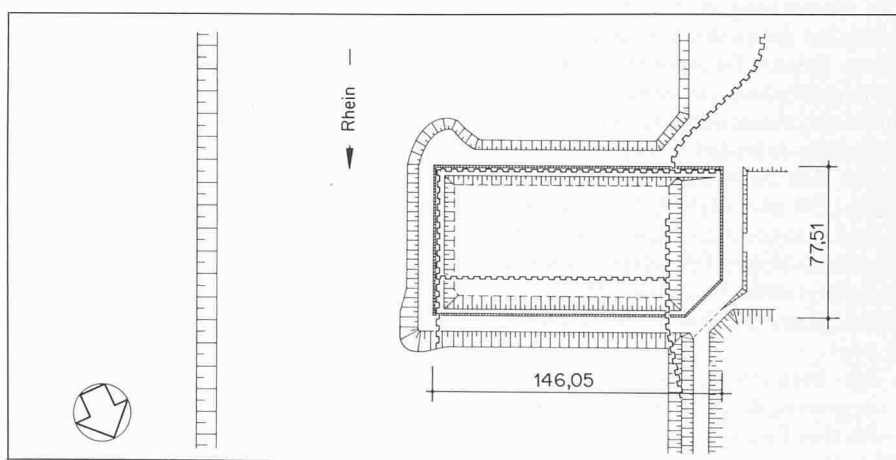


Bild 1. Lageplan mit Baugrube, 1. Bauabschnitt

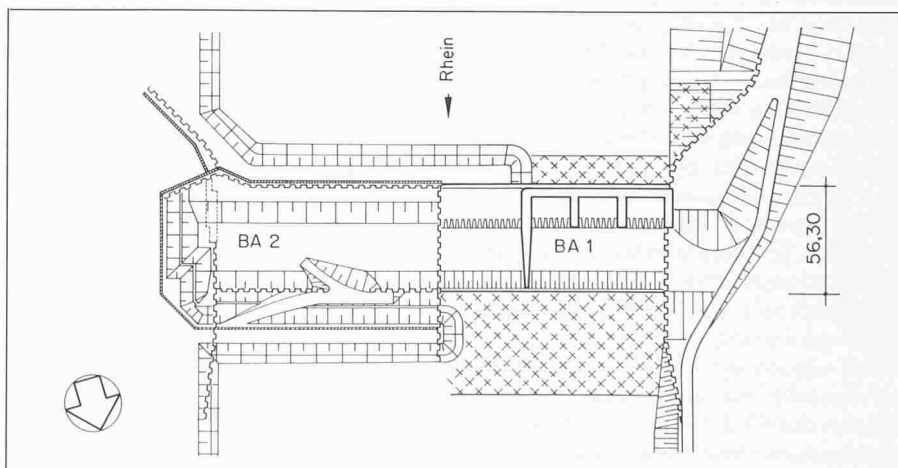


Bild 2. Lageplan mit Baugrube, 2. Bauabschnitt

bracht, die Herstellung ist deshalb entsprechend zeitraubend. Auch die *Staubalken* wurden durch horizontale Arbeitsfugen in Betonierabschnitte eingeteilt. Sie erstreckten sich jeweils über ein Feld. Um das Rahmensystem Staubalken/Wehrpfeiler unmittelbar nach dem Betonieren von Temperaturspannungen freizuhalten, durfte der Staubalken zunächst nur mit einem Pfeiler verbunden werden (Bild 6).

In sämtlichen Arbeitsfugen musste das Korngerüst des Betons zu 80 Prozent der Oberfläche freigelegt werden. Bei den vertikalen, geschalteten Flächen wurde Waschbetonpaste auf der Schalung aufgetragen und sechs Stunden nach dem Betonieren ausgeschalt und abgespritzt; die horizontalen Flächen wurden frühzeitig abgespritzt.

Die überwiegende Mehrzahl der Betonierabschnitte hatte ein Volumen von 200–500 m³ Beton. Mit 40 m³/Std. Betonierleistung waren diese Blöcke in einer Schicht zu betonieren. In den drei letzten Betonierphasen wurden die 1 m breiten Trennstreifen zwischen den Blöcken mit insgesamt 1500 m³ Beton geschlossen.

Beton

An den Massenbeton des Bauwerks wurden durch die Anwendung der mässigen Vorspannung *besondere Anforderungen* gestellt. So war u. a. die *Entwicklung der Abbindewärme* und das *Schwinden möglichst klein zu halten*. Wir erreichten dies durch

- die Wahl eines geeigneten Zements, eines *Hochfenzements NWHS*,
- die *Verminderung der Zementmenge auf 240 kg/m³* und
- die *Wahl von möglichst groben Zuschlägen*.

Betonzuschlag mit Durchmesser 125 mm stand im Einzugsgebiet nicht zur Verfügung und hätte nur durch grosse Mehrkosten beschafft werden können. Wir beschränkten uns deshalb auf die Verwendung von Grösstkorn mit 63 mm Durchmesser und erreichten so eine Sieblinie nahe der A-Kurve im besonders guten Bereich. Durch die Wahl dieser Kornverteilung bei den Zuschlägen erreichten wir gleichzeitig die Voraussetzung für eine hohe Festigkeit des Betons. Da nahezu 80 Prozent des Betonzuschlags grösser als 4 mm ist, ergibt sich ein geringer Mörtelanteil und eine kleine Wasserzugabe. Damit ist der Beton sehr schwindarm. Die Konsistenz lag zwischen K 1 und K 2; es handelte sich also um einen sehr steifen Beton. Das Verdichtungsmaß lag zwischen 1,17 und 1,23. Ein weiterer Faktor für die Festigkeitsentwicklung war die Zugabe eines Abbindeverzögerers. Verzögert wurde die Abbindezeit auf 6–10 Stunden mit einer Zugabe von 0,4 Prozent vom Zementgewicht.

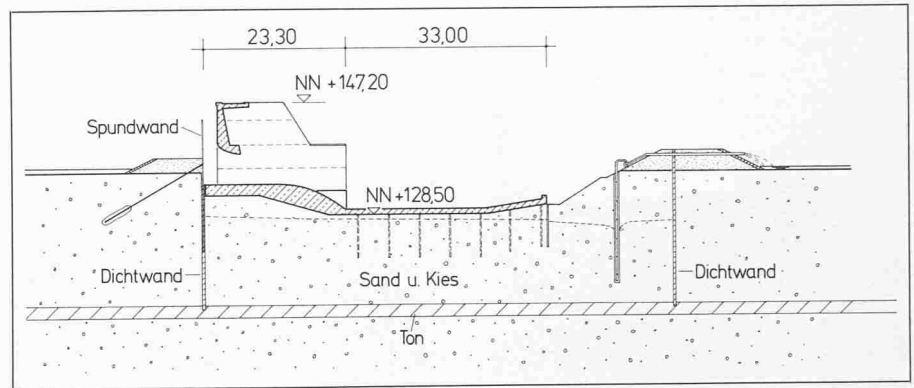


Bild 3. Schnitt durch das Staubalkenwehr



Bild 4. Blick in die Baugrube des 1. Bauabschnittes mit der Wehrsohle

Der so zusammengesetzte Beton reagierte wegen des geringen Mörtelanteils auf Schwankungen in der Wasserzugabe sehr empfindlich und war *nicht pumpbar*. Durchgeführte Pumpversuche blieben trotz allen Bemühungen der Pumpenhersteller ohne Erfolg. Hinderlich waren verständlicherweise das grobe Korn und der geringe Mörtelanteil. So verblieb als Lösung nur der Einbau mit Kübeln von 1,5 m³ Inhalt, die motorisch geöffnet und geschlossen wur-

den. Das Entleeren wurde durch Elektroausenrüttler unterstützt. Bei den Betonierabschnitten mit grosser Schütthöhe wurde ein Entmischen des Betons durch Einsatz von Schüttröhren verhindert. Der Beton wurde in Lagen von 50 cm Stärke eingebaut und mit Elektroinnenrüttlern Durchmesser 80 mm verdichtet. Diese Geräte hatten sich in einem Grossversuch als besonders geeignet herausgestellt.

Unmittelbar nach dem Betonieren wur-

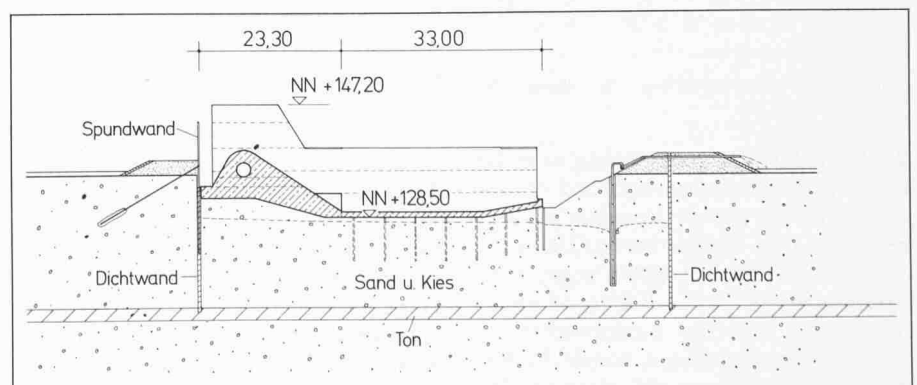


Bild 5. Schnitt durch den mittleren Teil des Wehres mit fester Wehrschwelle

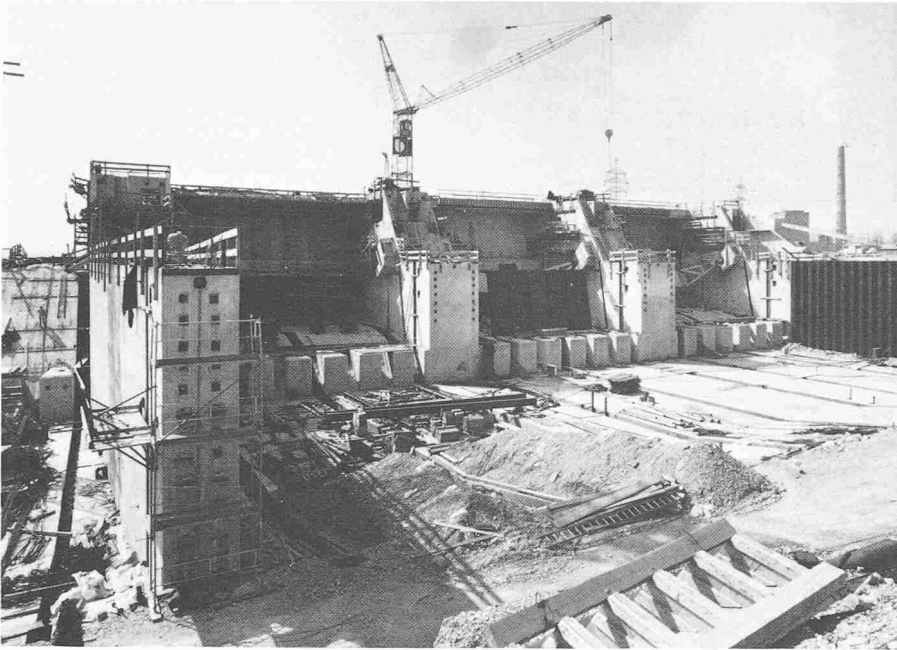


Bild 6. Ansicht des Staubalkenwehres, 1. Bauabschnitt

de der Block mit einer Folie überspannt, um Feuchtigkeitsverluste zu verhindern. Die obere Seite des Betons wurde mit 4 mm starken Wärmedämmplatten abgedeckt, um ein rasches Abkühlen an den Aussenflächen zu verhindern, denn grössere Temperaturunterschiede führen im jungen Beton zu grossen Spannungen und Rissen. Auch an den Seitenflächen der Blöcke wurden Folien angebracht, um eine Abkühlung infolge von Luftzug zu verhindern.

Messungen der Betontemperatur mit Temperaturfühlern am oberen Rand, in halber Höhe und am unteren Rand eines Tosbeckenblocks ergaben die im Bild 7 gezeigte Temperaturverteilung. Infolge der Abbindewärme steigt die Betontemperatur um 25 °C. Durch die

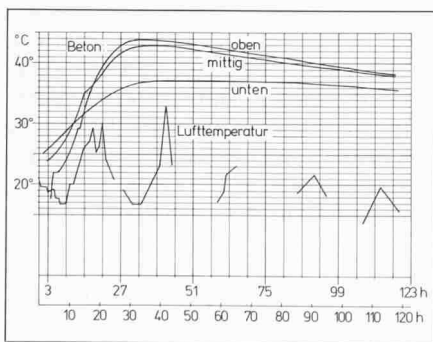


Bild 7. Temperaturentwicklung im Beton der Wehrsohle

Wirkung der Wärmedämmung wird die Betontemperatur oben während der ersten vier Tage nahezu konstant bei 40° gehalten. Das Temperaturgefälle vom oberen zum unteren Rand zeigt, dass Abbindewärme in den Baugrund abgeflossen ist. Um die Betontemperatur nach oben zu begrenzen, wurde die Betoneinbautemperatur auf maximal 25° beschränkt. Dies erforderte an heissen

einem Durchmesser von 30 mm verwendet, die senkrecht in Aussparungen in der 10 cm starken Sauberkeitsschicht einbetoniert und auf planmässiger Höhe verschweisst wurden. In Betonierabschnitten mit grösserer Höhe wurden diagonal und horizontal ausgesteifte Stützgerüste aus Winkelstahl bis zu Profil 100/100 errichtet. Bei Betonierabschnitten übereinander wurden diese Stützgerüste in Höhe der Arbeitsfuge gestossen.

Eine *Teilvorspannung* des Betons in *Flussrichtung* mit 60 Prozent Spannkraft wurde anfangs nach Erreichen einer Druckfestigkeit von 20 N/mm² aufgebracht. Je nach Lufttemperatur war diese Festigkeit in drei bis fünf Tagen erreicht. In diesem Zeitpunkt erreichte die Temperatur im Beton infolge der Abbindewärme ihren Grösstwert. Später wurde die Höhe der Teilvorspannung auf 30 Prozent zurückge-

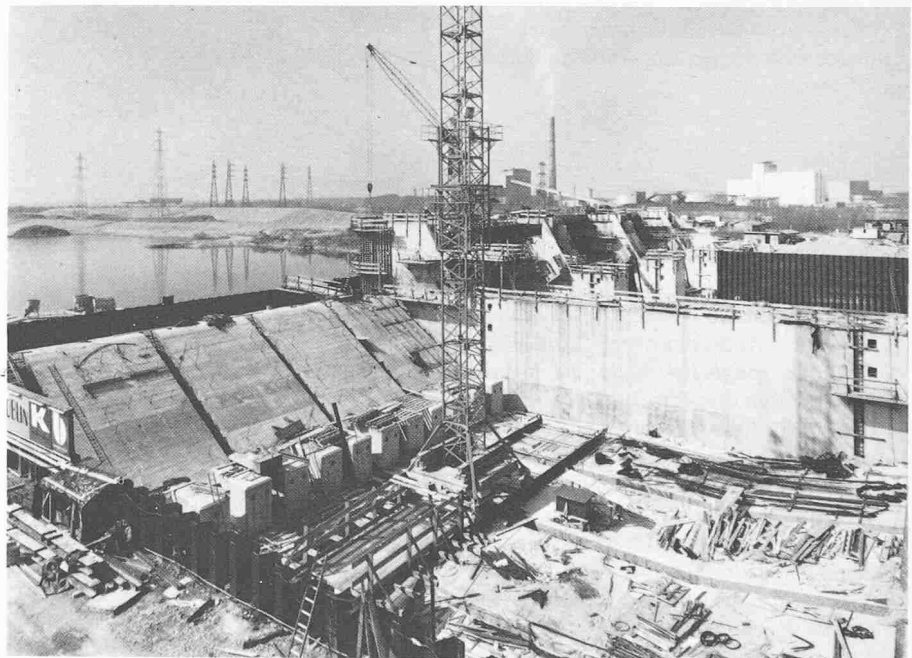


Bild 8. Ansicht der Baugrube des 1. Bauabschnittes. Bauzustand Frühjahr 1979

Sommertagen ein Betonieren in den Abend- oder Morgenstunden. Die Erhärtungsprüfungen ergaben nach drei Tagen bereits eine Druckfestigkeit von 20 N/mm², nach sieben Tagen von 25 N/mm². Die Güteprüfung ergab nach 28 Tagen eine Druckfestigkeit von 47 N/mm², bei einer geforderten Betonfestigkeitsklasse von B 25.

Vorspannarbeiten

Die Spannglieder für die Vorspannung in Flussrichtung wurden fertig verrohrt und einschliesslich der angebauten Ankerkörper geliefert, bei Längen über 30 m auf Trommeln aufgerollt. Als Spanngliederunterstützungen wurden in der Tosbeckenplatte Rundstähle mit

nommen und bereits bei einer Festigkeit von 12 N/mm² vorgespannt, um vor allem bei kühler Witterung früher vorspannen zu können. Die volle Vorspannung folgte so früh wie möglich, im allgemeinen nach drei, spätestens nach sieben Tagen.

Für die Vorspannung in *Flussquerrichtung* konnte der Spannstahl erst kurz vor dem Ausbetonieren der Trennstreifen eingebaut werden. Er wurde über die Gesamtlänge von 120 m eingezogen. In Querrichtung der Betonierabschnitte werden deshalb zunächst nur ausgesteifte Hüllrohrstücke eingebaut. Für die Schalungsabspannungen wurden diese sinnvoll mitbenutzt. Das Einziehen der Spannglieder erfolgte von der Mittelpundwand. Dort im letzten Block waren die Spannglieder auch zu verankern. Gespannt wurde über Aus-

