

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 127/128 (1946)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Der expansive Beton im Wiederaufbau Frankreichs  
**Autor:** Lardy, Pierre  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-83773>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 06.02.2025

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

vorhanden, so muss die Rechnung für eine andere Annahme des Knotenpunktes innerhalb des homogenen Motors wiederholt werden. Die wahre Kreisfrequenz  $\varepsilon$  und der wahre Knotenpunkt ergeben sich dann durch lineare Interpolation nach Abb. 15 a mit grosser Annäherung.

Systeme mit beidseits eines homogenen Motors befindlichen Zusatz-Drehmassen lassen sich also nicht mehr ganz so einfach und schnell berechnen wie die früher behandelten Fälle. Die vorstehenden Untersuchungen unter a) und b), insbesondere unter b), sollen zeigen, dass man sich aber auch in weniger häufigen Ausnahmefällen helfen kann.

## VII. Zusammenfassung

Auf Grund eines einfachen Gedankenganges wird zunächst eine inhomogene Kolbenmaschine (Dampfmaschine mit mehreren Zylindern verschiedener Grösse) stufenweise auf eine einzige, dynamisch gleichwertige Masse reduziert. Die zugehörigen Rechnungen können mit Hilfe des Diagrammes (Abb. 3), erleichtert werden. Homogene Kolbenmaschinen (Verbrennungsmotoren) mit bis zu zwölf Zylindern bzw. zwölf Kurbeln können indessen ohne ein solches Diagramm, mit Hilfe einer jeder Kurbelzahl  $z$  zugeordneten Reduktionsziffer  $R_z$  auf eine einzige Masse reduziert werden. Die Reduktionsziffer ist der Tabelle 1 zu entnehmen. Weiter werden für ein allgemeines Drei-Massensystem mit Zahnradgetrieben Gleichungen zur Bestimmung der Kreisfrequenzen ersten und zweiten Grades angegeben und daraus in Verbindung mit dem Reduktionsverfahren für homogene Motoren einige Anwendungen als Spezialfälle abgeleitet. Zur Erleichterung der Rechnung sind folgende Fälle in Tabelle 3 zusammengefasst:

1. Stationäre Maschinengruppe üblicher Bauart mit Schwungrad und Generator.

2. Maschinengruppe mit schwerem Schwungrad am einen und leichter Zusatz-Drehmasse am andern Ende der Kurbelwelle.

3. Schiffsmaschinengruppe mit schwerem Zahnradgetriebe und mit untersetztem Propeller; Fahrzeug-Antrieb.

4. Flugzeugmotor mit untersetztem Propellerantrieb am einen und mit übersetztem Laderantrieb am andern Ende der Kurbelwelle.

5. Flugzeugmotor mit untersetztem Propellerantrieb und mit übersetztem Laderantrieb am gleichen Wellenende.

6. Symmetrische Maschinengruppe mit zwei Motoren, die parallel auf einen zwischenliegenden Generator arbeiten.

7. Symmetrische Maschinengruppe mit zwei Motoren, die parallel über zugehörige Getriebe auf einen gemeinsamen Generator arbeiten.

In den Fällen 1 bis 3 können die gesuchten Kreisfrequenzen  $\varepsilon_1$  und  $\varepsilon_2$  der Schwingungen ersten und zweiten Grades mit Hilfe der in Tabelle 3 angegebenen  $M$ - und  $N$ -Werte aus der charakteristischen Gleichung:

$$\varepsilon^4 - \varepsilon^2 M + N = 0 \quad \dots \dots \quad (35)$$

berechnet werden. Dabei wird in den meisten praktischen Anwendungsfällen  $\varepsilon_1$  strengrechtig und  $\varepsilon_2$  mit sehr guter Annäherung gefunden. Bedingungen für streng richtige Lösungen werden angegeben.

In den Fällen 6 und 7 lassen sich die Ausdrücke für die Kreisfrequenzen  $\varepsilon_1$  und  $\varepsilon_2$  unmittelbar aus der Gleichung ablesen:

$$N_S = \varepsilon_1^2 \varepsilon_2^2 \quad \dots \dots \quad (43)$$

Fall 5 kann eventuell mit vertauschten Werten  $cR_z$  und  $c(z-1-R_z)$  wie die Fälle 1 bis 3 berechnet werden, doch ist nur  $\varepsilon_1$  brauchbar. Gegebenenfalls ist das Probiervorgehen nach Abschnitt VI unter b) anzuwenden.

Weitere Anwendungsfälle lassen sich auf Grund der vorliegenden Untersuchungen leicht lösen.

## Der expansive Beton im Wiederaufbau Frankreichs

In Fortsetzung seiner Veröffentlichungen im Jahre 1944<sup>1)</sup> gibt Henri Lossier in «Le Génie Civil» vom 15. Oktober und 1. November 1945 unter dem Titel: «L'Utilisation de Ciments expansifs pour la réparation et la reconstruction d'ouvrages d'art sinistrés» einen wertvollen Einblick in die Anwendungsmöglichkeiten des expansiven Betons auf dem Gebiete der Ausbesserungs- und Wiederinstandstellungsarbeiten von Bauwerken, die durch den Krieg beschädigt oder teilweise zerstört wurden. Die Ausführungen Lossiers sind bemerkenswert; sie zeigen vor allem, in welchem Umfange bereits der expansive Beton in Frankreich zu den verschiedensten konstruktiven Problemen, die vorerst notgedrungen mit dem Wiederaufbau zusammenhängen, herangezogen wird. Man gewinnt den Eindruck, dass Lossier sowohl die materialtechnischen, im besonderen die chemischen und «dynamischen» Grundlagen, als auch die konstruktiv-technische Seite seiner Erfindung soweit ausgebaut hat, dass er zahlreiche, gegenwärtig für Frankreich sehr dringende Bauaufgaben mannigfacher Art mit einfachen Mitteln zu lösen im Stande ist.

Der Mechanismus der Expansion kann reguliert werden. Knapp nach dem Abbinden des Betons wird der Expansionsprozess durch intensive Befeuchtung eingeleitet, deren Dauer (5 bis 15 Tage) entsprechend der gewünschten Intensität der Expansion bemessen und bei deren Aufhören der Expansionsprozess automatisch und endgültig gedrosselt wird. Damit ist die Hauptforderung an den expansiven Beton, nämlich die *quantitative Beherrschung der Expansion*, erfüllt. Lossier hat verschiedene Kategorien von expansivem Beton geschaffen, vom schwindfreien bis zum stark expansiven Beton mit einem Dehnungsmass von 15 mm/m. Jede Kategorie wird durch die sogen. «dynamische Expansionskurve» charakterisiert, die, experimentell bestimmt, den spezifischen Expansionsdruck in Abhängigkeit der Dehnung darstellt und damit eine gewisse Analogie mit dem üblichen Spannungs-Dehnungsdiagramm aufweist. Auf dieser Grundlage kann den Erfordernissen entsprechend der quantitative Einsatz des expansiven Betons abgestuft und der zu erzielenden Wirkung angepasst werden.

In den von Lossier beschriebenen Beispielen kommt der expansive Beton vorwiegend ohne Armierung zur Anwendung. Der entstehende Spannungszustand ist ein solcher zweiter Art, d. h. die erzeugte Vorspannung entsteht am Widerstand der Auflager bzw. Widerlager gegen die Expansion, im Gegensatz zum Widerstand, den beim armierten Expansivbeton die Armierungen erzeugen (Spannungszustand erster Art). Die Rolle, die Lossier hier dem expansiven Beton zuweist, ist die eines Spannungsregulators im Sinne einer Wiederherstellung des ursprünglichen, durch die Bombardierungsschäden gestörten Spannungs-

Zustandes. Für die Gewölbe ist damit auf einfache Art und Weise ein von hydraulischen Pressen unabhängiges Gewölbeexpansionsverfahren geschaffen, das bemerkenswerte technische und wirtschaftliche Vorzüge besitzt. Das Verfahren lässt sich sowohl auf Beton- und Eisenbeton- als auch auf Mauerwerksgewölbe ohne wesentliche Unterschiede gleich gut anwenden. Ähnlich kann ein an seiner Oberseite beschädigter Balken durch Behandlung mit expansivem Beton künstlich in einen günstigeren Spannungszustand versetzt werden.

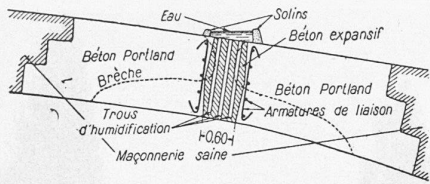
Lossier wählt fünf typische Beispiele aus: Die Wiederinstandstellung einer Bogenbrücke aus Mauerwerk mit elliptischen Gewölben, eines Mauerwerkviaduktes auf hohen Pfeilern, einer Balkenbrücke mit Kastenquerschnitt und veränderlichem Trägheitsmoment, eines rechteckförmigen Kranbahnträgers, sowie den Wiederaufbau einer fast vollständig zerstörten Bogenbrücke mittels vorgespannter Eisenbetongewölbe mit schwacher Armierung. Sämtliche Brücken sind zweigleisige Eisenbahnbrücken. Wir beschränken uns auf einige charakteristische Hinweise. Bei der Ausbesserung von Breschen in Gewölben wurde i. a. auf komplizierte Gerüstkonstruktionen verzichtet zu Gunsten des Einbaues von Hilfsbögen aus Eisenbeton, die sich im gesunden Mauerwerk abstützen. Auf dieser Unterlage wurden die zur Schliessung der Bresche bestimmten Gewölbeteile aus schwach expansivem Beton hergestellt, in deren Scheitelpartie ein «Zap-



Bild 2. Blick in den neuen Fischpass des Stauwehrs Kembs

<sup>1)</sup> Siehe diesbezgl. SBZ Bd. 124, S. 95 (1944).

Gewölbe-Brücke von 3 x 38,5 m in Epinay-sur-Seine. Anordnung des Expansivzapfens mit seiner Befeuchtungseinrichtung im beschädigten Gewölbe



fen» aus stark expansivem Beton den erstrebten Spannungs-Ausgleich ermöglichte. Besonders interessant ist die Anordnung und das Funktionieren der Befeuchtungsanlage über dem «Expansivzapfen», wodurch die Expansion in die Wege geleitet und reguliert wird (s. Bild). Erwähnenswert ist auch die wesentliche Verbesserung des Spannungszustandes in einem rechteckigen Kranbahnträger durch Anwendung von expansivem Beton und die bis ins Einzelne mit grosser Sorgfalt ausgeführte Instandstellung einer Balkenbrücke mit Kastenquerschnitt, wo u. a. der Expansivbeton als Injektionsmittel der zahlreichen Risse eine besonders dankbare Anwendung fand.

Obschon der expansive Beton in Fragen des Spannungsausgleichs die eben beschriebene wichtige Rolle spielt, sind damit seine Anwendungsmöglichkeiten keineswegs erschöpft. Der Wegfall jeglicher Vorspannvorrichtung, sowie seine direkte Anwendbarkeit auf dem Bauplatz selbst heben seine Bedeutung im Rahmen der massiven Bauweise gebührend hervor. Wie weit eine andere wichtige Forderung, nämlich die *Permanenz* seiner Wirkung, erfüllt ist, muss die Zukunft erweisen. Trotzdem noch manche Fragen nicht abgeklärt sind, dürfte die Rolle, die der expansive Beton heute schon spielt, nicht mehr übersehen werden. Eine intensive Beschäftigung mit diesem neuesten Verfahren der Massivbauweise ist lohnenswert und dürfte auch in der Schweiz in erhöhtem Masse die Aufmerksamkeit der Fachwelt auf sich ziehen.

Dr. Pierre Lardy

### Der Fischpass am Stauwehr Kembs

Beim Bau des Rhein-Stauwehrs Kembs wurde in das linke Widerlager ein Fischpass<sup>1)</sup> eingebaut. Sein Eintritt war 6 m unterhalb der Wehrschwelle in der Ufermauer angeordnet. Von hier stieg eine 150 m lange, im Gelände unterhalb dem linken Widerlager angelegte Kammertreppe in den 10 m höher im Widerlager-Körper liegenden, 10 m oberhalb der Schützen ausmündenden Fischkanal. Das Gefälle der Kammertreppe betrug somit 6,7 ‰. Die Kammern waren 1,9 m lang und 1,8 m breit. Die in den 2 m hohen Trennwänden über der Sohle liegenden Schlupflöcher waren 0,8 m hoch und 0,6 m breit, während die im obern Rand eingelassenen Sprunglöcher 0,6 auf 0,4 m massen. Neben dem Eingang zum Fischpass lag der Eintritt zu einem elektrisch betriebenen Fischaufzug, der die Fische 10 m hoch hob und in den Fischkanal kippte.

<sup>1)</sup> Siehe H. Blattner in SBZ Bd. 105, S. 4\* (1935).

Im Mai 1940 wurde der Fischkanal als Minenkammer eingerichtet und das Wehr-Widerlager damit gesprengt. Bei dessen Wiederaufbau wurden an Stelle des Fischpasses gasfeste Schutzräume eingebaut, von denen Minenschächte in einen auf Unterwasserspiegel liegenden, 10 m langen Minenstollen führten (von hier aus wurde später, im Frühjahr 1945, die vollständige Zerstörung dieses Bauwerkes bewirkt).

Der oben beschriebene Fischpass hatte auf die Dauer weniger befriedigt, als es anfänglich den Anschein hatte. Der Eintritt lag im Bereiche der Deckwalze bei überströmendem Wasser, der austretende Strom konnte sich deshalb nur bei Niederwasser spürbar machen und seine anlockende Wirkung ausüben. Der lange, dunkle Schacht in der hohen Ufermauer und der teils überdeckte Kanal im Widerlager-Körper entbehrten bei trüben Tagen der dem Fische notwendigen Lichtfülle, für die mit vielerlei Versuchen künstlicher Beleuchtung kein Ersatz gefunden werden konnte.

1942 hat das Wasserstrassenamt Freiburg i. B. eine neue Anlage geschaffen, die für die vorliegenden Verhältnisse als mustergültig bezeichnet werden muss (Bild 1 und 2). 75 m unterhalb der linksseitigen Wehr-Schütze liegt die weite, dem Flusslauf in schlanker Kurve sich anschmiegende, 4 m tiefe Einmündung des Fischpasses. Er ist in offenem Einschnitt in das Gelände gelegt. Die 200 m lange Kammertreppe führt mit einem Gefälle von 5 ‰ in schlanker Linie nach dem Kraftwerk-Kanal (bei Km 0,5). Die stets in hellem Tageslicht liegenden, geräumigen Kammern von 2 m Tiefe sind bei 2,5 m Länge in der unteren Hälfte 4 m breit, in der oberen Hälfte 3 m. Der Höhenunterschied zweier Kammern beträgt 14 cm. Die 10,5 cm starken Trennwände werden als fertige Eisenbetonplatten in Nuten eingeschoben. Die Schlupflöcher an der Sohle — die mit Bollensteinen abgeplästert ist — und die Sprunglöcher im oberen Rand sind 40 cm breit bei 60 cm Höhe. Ihre Ränder sind durch 6 mm starke gusseiserne Formstücke zweckmässig abgesteckt. Die Verbindungslinien dieser zwei Reihen Löcher bilden in üblicher Weise gegenläufige Wellenlinien, sodass die Strömung des Wassers stets gebrochen wird, die Fische aber in gestrecktem Zuge durchschwimmen können. An der geräumig ausgeweiteten Ausmündung im Oberwasser liegt die Sohle 1,7 m unter dem Stauwasserpiegel, sodass im Sprungloch der ersten Querwand bei Normalstau eine Ueberfallhöhe von 30 cm vorhanden ist.

Im Betrieb erwies sich dieser Fischpass ausserordentlich befriedigend. Es stellte sich ein reger Durchzug ein von Lachs (gezählt wurden 40 bis 50 Stück in 24 Stunden; sobald im Spätherbst die Wassertemperatur unter 8° sank), Nase (in dichten Zügen), Brachsen (zeitweise ebenfalls in dichten Zügen), Barben, Aal usw. Wenn der Fisch den Fluss heraufzieht, seinem Laichplatz zu, folgt er gerne dem Ufer, die Einmündung eines Seitengewässers suchend. Trifft er hierbei die weite Einmündung des Fischpasses, dessen lebhaft strömende Wasser sich im Wehrunterwasser — besonders bei geringem Ueberfall — bis weit hinaus geltend machen kann, so folgt er gerne diesem Anreiz.

Erwin Schnitter

Bild 1. Der Fischpass 1942 am Stauwehr Kembs. Grundriss 1:1250 und Einzelheiten. Länge A-B 200 m, Gesamtlänge 238 m

