

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 95 (1977)  
**Heft:** 43

**Artikel:** Verhalten von Bauwerken - Qualitätskriterien: FBH-Studentagung an der ETH Lausanne  
**Autor:** Ammann, Walter / Ziegler, Armin  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-73480>

### **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:** 02.04.2026

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

sorgfältiges Vibrieren ausschalten. Überzähne, Unebenheiten, Vertiefungen, Anschlussfugen usw. werden sauber mit einem Haftmörtel ausgeglichen; die Wände erhalten eine Oberflächenbehandlung mit Dichtungsschlämme.

### Decken

Das Parkhaus ist nach dem System der sogenannten Parkrampen konzipiert, das heisst, es weist leicht geneigte Geschosdecken auf, welche ein allseitiges Parken und eine leichte Überwindung der Geschosdifferenzen ermöglichen.

Die Zwischendecken sind als Flachdecken mit 25 cm Dicke vorgesehen; die oberste Decke erhält infolge erhöhter Auflast eine Dimension von 36 cm. Das gewählte System bietet neben überlegener Wirtschaftlichkeit eine bessere Verteilung von Luft und Licht, erleichterte Reinhaltung, geringe Konstruktionshöhe und klare Raumproportionen. Der Deckenbeton wird in drei zeitlich verschobenen Abschnitten eingepumpt, wodurch ein freieres Abklingen der primären Schwindvorgänge gewährleistet ist.

Während die oberste Decke konventionell geschalt und gespriesst wird, senkt man die Schalungen der tieferliegenden Decken an Hängestangen ab und fixiert sie in planmässiger Höhe. Die Zuglast wird dabei von der mittlerweile freitragenden Decke über 1. Untergeschoss aufgenommen. Ausreichende Öffnungen ermöglichen den Vertikaltransport des Aushubmaterials und notfalls auch ein Auswechseln der unter Tag eingesetzten Maschinen. Sie werden nachträglich zubetoniert. In der Endphase übernehmen die Decken als aussteifende Scheiben den allseitigen Erddruck, welcher über die Umfassungswände einwirkt. Dieser Spannungszustand und die geringen Temperaturschwankungen des unterirdischen Bauwerkes erlauben den Verzicht auf Dilatationsfugen.

### Arbeitsvorgang

Wie schon erwähnt, wird das Parkhaus von oben nach unten erstellt. Die einzelnen Bauphasen gehen aus den Abbildungen hervor.

Nach Entfernung des Humus und dem Aushub einer flachen Baugrube von rund 3,50 m Tiefe entsteht ein Planum, von dem aus die Elementwände im 1. Untergeschoss ausgeführt und gleichzeitig die Pfahlbohrungen auf 23 m abgeteuft werden. Die geplante und genau vermessene Bohrloch-Sohle nimmt zunächst den 6 m hohen Armierungskorb auf, welcher

über einen speziellen Sitz mit der Stütze verbunden ist und diese fixiert. Disposition, Verwirklichung und Kontrolle einer hohen Versetzgenauigkeit für die 19 m langen Stützen nach Höhe, Lage, Vertikalität und Verwindungsfreiheit ist besonders wichtig. Dies vor allem im Hinblick auf die doppelt geneigten Deckenebenen, welche später in verschiedenen Höhen daran anzuschliessen sind. Es wurden mehrere Methoden erprobt und die geeignetsten angewendet.

Als nächstes werden sodann die Pfahlfüsse betoniert, während man die Bohrrohre partiell hochzieht. Die restliche Bohrung über dem Pfahl wird mit Aushubmaterial angefüllt und die Verrohrung nun ganz gezogen. Auf diese Weise entsteht die vollständige Fundament- und Stützenkonstruktion des 6geschossigen Parkhauses im voraus und ohne Aushubarbeiten. Nachdem die oberen Stützenenden mit Stahlpilzen versehen worden sind, kann die Decke über dem 1. Untergeschoss in konventioneller Art geschalt und betoniert werden. Die Decke erhält jedoch eine grosse Zahl kleiner Aussparungen, durch welche man Hängestangen führt. An diesen kann die Deckenschalung nach Erhärten des Betons und Entfernen der Spriessung befestigt und später für die Ausführung der darunterliegenden Decke in die genaue Lage abgesenkt werden. So lassen sich stets neue Schalungstische in beliebigen Ebenen einrichten.

Der Aushub für das 2. Untergeschoss erfolgt jetzt unter Tag, wird horizontal zur Deckenöffnung geschafft und durch diese mittels Kran und Spezialgreifer senkrecht nach oben befördert. Die tägliche Aushubleistung beträgt rund 200 bis 250 m<sup>3</sup>. Gleichzeitig mit diesen maschinellen Erdarbeiten werden im 2. Untergeschoss weitere Wandelemente und Deckenaufleger für die folgende Etage vorbereitet und inzwischen provisorisch abgespriesst. Von diesem Augenblick an gibt es an der Oberfläche der Baustelle keine sichtbaren Veränderungen mehr, während im Inneren des Kubus die Arbeiten in beschriebener Weise und analoger Wiederholung fortschreiten. Lediglich die Zu- und Abtransporte von Beton und Aushubmaterial gehen weiter, bis die Ausführung nach rund einem Jahr im 6. Untergeschoss angekommen sein wird.

### Beteiligte:

Objekt:	City-Parkhaus, Chur
Bauherr:	Parkhaus Chur AG
Architekten:	Th. und Th. Domenig, Chur
Ingenieure:	Erik O. Laengle, Zähler und Wenk, Chur
Unternehmer:	Hew AG, Zürich

## Verhalten von Bauwerken – Qualitätskriterien

### FBH-Studientagung an der ETH Lausanne

Die diesjährige FBH-Studientagung ist an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Lausanne durchgeführt worden und befasste sich mit dem Verhalten von Bauwerken im Gebrauchszustand und mit Qualitätskriterien. In einem ersten Themakreis wurden *Schadenfälle an Brücken und Hochbauten* diskutiert. Der zentrale Teil galt dem Thema der *Rissebildung* und der *Verformungen*. Der dritte Vortragszyklus galt schliesslich dem Bereich der *Materialprüfung* und der *Materialbehandlung*. Im Schlussreferat kam H. Rüschi von der TU-München auf die Verantwortung des projektierenden Ingenieurs in der Gesellschaft zu sprechen (der Vertrag erscheint demnächst in der Schweiz. Bauzeitung).

Alle Referate der Studientagung sind in der *SIA Dokumentation 23* wiedergegeben. Es wird hier deshalb nicht detail-

liert auf die einzelnen Vorträge eingegangen. Vielmehr sollen wesentliche Punkte herausgegriffen und stellvertretend für weitere Ausführungen näher erläutert werden.

### Schadenfälle

Bei der Konstruktion eines Bauwerkes kommt neben der Beachtung der zahlreichen statischen und konstruktiven Gesichtspunkte in erster Linie der *Qualität des verarbeiteten Betons* und seiner *Nachbehandlung* eine zentrale Bedeutung zu. Anhand ausgewählter Beispiele kommt J.P. Delisle neben Schadenfällen von frühzeitiger Rissebildung infolge Schwindens vor dem Abbinden – bedingt durch eine nicht verhinderte und eventuell durch Windeinfluss noch begünstigte Verdun-

stung von freiem Kapillarwasser – auf weniger bekannte Schadenphänomene wie *Sulfateinwirkung* auf Beton oder *Verstopfung der Meteorwasser- und Drainageleitungen durch Kalkablagerungen* zu sprechen. Die Kalkablagerungen entstehen durch Auswaschen des beim Hydratationsvorgang von Portlandzement entstehenden Kalziumhydroxides und anschließender Reaktion mit  $\text{CO}_2$ . Bei der Sulfateinwirkung auf Beton spielt sich mit den vorhandenen Trikalziumaluminaten eine volumenvergrößernde Reaktion ab, die zu einem fortschreitenden Aufsprengen des Gefüges führt. Neben der Wahl einer Zementart mit erhöhter Sulfatresistenz im zweiten Fall, können beide Phänomene durch Verwendung eines kompakten, undurchlässigen Betons stark eingeschränkt werden.

N. Letta ging in seinem Vortrag auf die Beziehung zwischen Bauwerkqualität und -unterhalt ein und betonte, dass schon im Projektierungsstadium einer Kunstbaute noch vermehrt auf erforderliche Unterhaltsarbeiten Rücksicht genommen werden sollte. Schliesslich trügen neben einer zeitgerechten und durchdachten Bearbeitung des Ausführungsprojektes in erster Linie gut ausgeführte und seriös überwachte Bauarbeiten zur Qualität eines Bauwerkes bei.

Den Themenkreis der Schadenfälle beschloss J.J. de Montmollin mit einem Referat über die am *Viadukt von Landeron* aufgetretenen Schäden während der Bauausführung.

### Rissebildung und Verformungen

Die Frage der Rissebildung, insbesondere der *Rissweite* hat bedeutenden Einfluss auf die *Wasserundurchlässigkeit des Betons*, auf die Verformungen und auf die Korrosion der Armierung (wobei allerdings für Rissweiten bis 0,4 mm hier kein eindeutiger Zusammenhang feststellbar ist) und nicht zuletzt auf die Ästhetik. H. Falkner zeigte anhand von Versuchen, die am *Otto-Graf-Institut* in Stuttgart durchgeführt wurden, die Zusammenhänge auf zwischen Bewehrungsprozentsatz, Durchmesser der Armierung und der zu erwartenden Rissbreite und betont, dass man bei konsequenter Anwendung der bis heute bekannten Gesetzmässigkeiten bei unterschiedlicher Beanspruchungsart von Bauteilen oder ganzen Bauwerken durchwegs in der Lage ist, grobe Risse zu vermeiden. Dass dem bis heute nicht immer so ist, zeigt R. Henauer anhand zahlreicher Beispiele. Neben dem nicht oder nur teilweise Berücksichtigen statischer und konstruktiver Gegebenheiten durch den projektierenden Ingenieur macht er insbesondere auch das *gesteigerte Tempo der Bauausführung* und gewisse moderne Bautechniken für die erhöhte Risseanfälligkeit verantwortlich.

Mit der Richtlinie 34 zur Norm SIA 162 wurden als hauptsächlichste Neuerungen der *rechnerische Bruchwiderstand* als *primäres Bemessungskriterium für Stahlbeton- und Spannbetonquerschnitte* einerseits und die *Plastizitätstheorie als Bemessungsgrundlage an Gesamtsystemen* (Traglastverfahren) andererseits eingeführt. Mit der Frage, ob die neu zugelassene Plastizitätstheorie als Ergänzung oder eher gar als Gegensatz zur herkömmlichen Elastizitätstheorie zu betrachten sei, setzte sich R. Walther auseinander. Er kam zum Schluss, dass beide Theorien ihre berechtigten Anwendungsbereiche haben. Die Elastizitätstheorie soll vor allem dort angewendet werden, wo das Verhalten im Gebrauchszustand interessiert, während für Bruchsicherheitsbetrachtungen die Plastizitätstheorie im Vordergrund steht, wobei die Bewehrung nach den bewährten konstruktiven Regeln und ungefähr nach dem im Gebrauchszustand zu erwartenden Kräfteverlauf angeordnet werden soll. Während mit dem herkömmlichen, auf der Elastizitätstheorie beruhenden Konzept der zulässigen Spannungen in vielen Fällen meistens ein befriedigendes Verhalten unter Gebrauchslast und gleichzeitig eine ausreichende, aber oft auch unnötig grosse Bruchsicherheit erzielt wurde, stellt sich bei der

Anwendung der Plastizitätstheorie vermehrt die Frage nach dem *Verhalten im Gebrauchszustand*. R. Favre stellt fest, dass sich der entwerfende Ingenieur in seinem Variantenstudium oft mehr mit Fragen der Statik und der Kosten beschäftigt und dabei die für den Bauherrn wichtigen, projektbezogenen Qualitätskriterien im Gebrauchszustand vernachlässigt. Im Hochbau kann als einer der Hauptnachweise die Berechnung der Durchbiegungen gelten. Anhand eines Beispiels wurde eine einfache Methode zur *Berechnung der Durchbiegungen* vorgestellt, wobei deren Genauigkeit bei  $\pm 30$  Prozent liegen soll. Gegenwärtig laufen an der ETHL Versuche zur Überprüfung dieser Methode.

Auch im *Brückenbau* sind nach Auffassung von R. Favre die Qualitätsansprüche in erster Linie auf den Fall der *ständigen Lasten* auszurichten, wobei aber infolge der *Verkehrslasten* auch das *Schwingungsverhalten* betrachtet werden muss.

Dem Riss- und Tragverhalten von *Verbundbrücken* waren zum Abschluss des ersten Tages drei Vorträge gewidmet. J. Pétignat stellte aufgrund zahlreicher Untersuchungen fest, dass die Rissebildung in der Beton-Fahrbahnplatte nur zu einem geringen Teil durch Verkehrs- und ständige Lasten verursacht wird. Vielmehr spielen dabei Schwinden, Kriechen, Temperaturdifferenzen und zu einem grossen Teil die Art des Bauvorganges der Fahrbahnplatte eine entscheidende Rolle.

M. Crisinel stellte an zwei untersuchten Verbundbrücken gute Übereinstimmung zwischen Berechnung und Messung der Beanspruchung der Stahlträger in Längs- und Querrichtung fest. Bei der Bestimmung des Stosszuschlages für Einzellasten zeigte sich eine enorme Abhängigkeit von der Oberflächenbeschaffenheit der Fahrbahn. Die Norm SIA 160 vermag dabei die gemessenen Werte bei rauher Oberfläche nicht abzudecken, wobei allerdings beigefügt wird, dass die Norm auch die verteilte Belastung erfasst, in Wirklichkeit aber eher nur die Einzellasten berücksichtigt werden müssen.

Anhand durchgeführter Messungen haben M. Hirt und J. Jacquemond das Verhalten einer Verbundbrücke unter tatsächlicher Verkehrsbelastung mit der Norm SIA 160 verglichen, wobei unabhängig von der Spannweite stets die in der Norm definierte Belastungsart I die grösste Beanspruchung erzwingt. Dabei ist jedoch bei den heutigen geschweissten Konstruktionen der Ermüdung grosse Beachtung zu schenken, ein Nachweis ist vor allem bei kleinen Spannweiten unerlässlich.

### Beton unter Frosteinwirkung

Geht es darum, auf gewisse Vorgänge in unserer *Umwelt* Einfluss auszuüben, müssen wir uns über die elementaren Mechanismen, die dabei beteiligt sind, Klarheit verschaffen. B. Harnik ist in seinem Vortrag diesen elementaren Vorgängen, die bei der *Einwirkung von Frost und Tausalzen auf Beton* eine wesentliche Rolle spielen, nachgegangen. Nach einem Überblick über den Aufbau und das Gefüge des Betons nahm er die verschiedenen, an der Zerstörung des Betons beteiligten Faktoren, unter die Lupe. Neben dem *hydrodynamischen* Effekt (Volumenzunahme beim Übergang von Wasser zu Eis) wurde vor allem der Problemkreis *Unterkühlung* des Wassers in Kapillar- und vor allem in Gelporen und die damit verbundenen schädigenden Einwirkungen auf den Beton untersucht. Der zweite Teil des Vortrages galt dem *Tausalz*, das ja neben der ihm zugeordneten Wirkung je nach Anwendung mehr oder weniger an der Zerstörung des Betons mitbeteiligt ist. Aus diesen Untersuchungen über die «Mikro-Vorgänge» bei Gefrier-Auftauprozessen leitete der Referent abschliessend die zur Herstellung und Erhaltung eines intakten Betons erforderlichen Massnahmen ab.

Neben dem Wissen, wie man einen frostsicheren Beton herstellt, brauchen wir auch *Prüfmethoden*, die uns in vernünftiger Zeit über das zu erwartende Frostverhalten eines

Betons Auskunft geben. Zwar gibt es seit längerer Zeit mehrere Methoden, mit denen die Frostempfindlichkeit eines Betons geprüft werden kann. Wenn man aber die Verschiedenartigkeit dieser Prüfmethode, die ja jeweils immer einen anderen Aspekt der Frostresistenz untersuchen, berücksichtigt, kann es nicht verwundern, dass für denselben Beton mit den verschiedenen Prüfverfahren recht unterschiedliche und zum Teil sich widersprechende Resultate erhalten werden.

Auf diese Problematik ist *C. A. Roulet* näher eingetreten. Er stellte einleitend drei bekannte Prüfmethode vor und ging anschliessend etwas genauer auf ein neu entwickeltes Verfahren ein, das neben der *Längenänderung* auch den *Temperaturverlauf im Innern des Probekörpers während des Abkühl- und Auftauvorganges* berücksichtigt. Im weiteren legte der Referent dar, warum die verschiedenen Prüfmethode verschiedene Resultate liefern müssen und dass es für die Frostbeständigkeitsprüfung *kein universelles Prüfverfahren* geben kann.

### Korrosionsprobleme bei Stahl

Anderer Art als beim Beton sind die Korrosionsprobleme bei Stahlkonstruktionen. *O. Petinelli* befasste sich in seinem Vortrag mit zwei der wichtigsten Korrosionsschutzmassnahmen, die für Stahltragwerke in Frage kommen. In einem ersten Teil wurden die Herstellung, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile von Stählen, die selbst eine *Schutzschicht* (Patina) bilden (wie z.B. Corten, Indaten usw.) dargelegt. Zwar dürfen diese, sich selbst schützenden Stähle, wie aus dem Referat zu entnehmen war, nicht in jeder Situation bedenkenlos eingesetzt werden; im Gegenteil, es sind bei ihrer Anwendung zahlreiche *Vorsichtsmassnahmen* zu beachten. Es ist aber doch beruhigend zu vernehmen, dass diese Stähle zur Abwechslung einmal in industrieller Umgebung sich viel besser verhalten, d.h. viel rascher eine Schutzschicht bilden als zum Beispiel in ländlicher Atmosphäre. Der zweite Teil des Vortrages galt der Verwendung von *sandgestrahlten* und mit *Schutzanstrich* versehenen Produkten.

### Träger in Segmentbauweise

Mit einem Korrosionsproblem besonderer Art hat sich *J. Rojas* in seiner Arbeit über vorgespannte Segmente befasst. Während beim monolithischen Bauwerk bei vernünftiger Ar-

mierung Risse auftreten, die für die Vorspannkabel keine Gefahr darstellen, können sich beim Träger, der aus einzelnen Segmenten besteht, *Rissekonzentrationen an den Segmentfugen* bilden, die für die Vorspannkabel eine ernste Korrosionsgefahr darstellen. *J. Rojas* hat mit seinen Versuchen zeigen können, dass sich mit richtiger Verteilung der Spannkabel bei einem teilweise vorgespannten in Segmentbauweise erstellten Träger kein wesentlich anderes Risseverhalten zu erwarten ist als bei einem gleichen monolithischen Träger.

### Einfluss der Nachbehandlung auf Beton

Bei der Nachbehandlung von Beton betont *H. Stamm* in erster Linie den Grundsatz, den frischen Beton *dampfdicht und wärmeisolierend* abzudecken, wobei es genügt, nur Matten auf den Beton zu legen. Die dampfdichte Abdeckung verhindert das Aufkommen eines Feuchtigkeitsgefälles über den Querschnitt, so dass Schwindrisse vermieden werden können, während die Wärmeisolierung eine ausgeglichene Temperaturverteilung über den ganzen Querschnitt gewährleistet, allzu hohe Temperaturspannungen demnach also vermieden werden können und durch die zurückgehaltene Wärme erst noch eine raschere Festigkeitssteigerung erzielt wird.

Die Tagung wurde durch einen Vortrag von *H. Rüschi*, München abgeschlossen. Seine Worte galten der Verantwortung des entwerfenden Ingenieurs in der Gesellschaft. In eindrücklicher Weise zeigte er die Gefahren auf, die mit Sicherheit auf uns zukommen werden, wenn beim Planen und Projektieren nicht mit genügend *Weitsicht* und *Verantwortungsbewusstsein* vorgegangen wird.

Zum Abschluss der Tagung bot sich noch die Gelegenheit, an der Exkursion zum Viadukt «Lac de la Gruyère» teilzunehmen.

Die nächste FBH-Studientagung wird folgenden zwei Themen gewidmet sein:

1. Schweizer planen und bauen im Ausland und
2. Erdbebenberechtigtes Bauen.

Sie wird am 29./30. September 1978 in Zürich stattfinden.

*A. Ziegler/W. Ammann, Zürich*

Adresse der Verfasser: *Walter Ammann*, dipl. Ing. ETH, und *Armin Ziegler*, dipl. Ing. ETH, Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH-Hönggerberg, 8093 Zürich.

## Umschau

### Superhartes Material synthetisiert

Ein Verfahren zur Herstellung eines superharten Verbundwerkstoffes aus *Graphit* und *Tantal* haben zwei Mitarbeiter der Wissenschaftlichen Laboratorien *Los Alamos* (New Mexico) entwickelt, die von der Universität Kalifornien im Auftrag der amerikanischen Energieforschungs- und Entwicklungsbehörde ERDA betrieben werden. Das Material eignet sich besonders gut für Hochgeschwindigkeitswerkzeuge, Guss- und Pressformen und andere Ausrüstungen der Industrie sowie für zahlreiche Zwecke der Raumfahrttechnik. Es hat einen sehr hohen Schmelzpunkt – etwa 3740 °C – und ist ausserordentlich beständig gegen Verschleiss und plötzliche extreme Temperaturänderung.

Wie die beiden Erfinder, *Robert E. Riley* und *Terry Wallace*, erklären, werden durch Aufdampfung in exakt kontrollierter Atmosphäre Graphitfäden in einheitlicher Dicke mit metallischem Tantal ummantelt. Unter Hitze und hohem Druck (2980 °C, 210 kg/cm<sup>2</sup>) verwandelt sich bei der

weiteren Behandlung des Materials das metallische Tantal in superhartes Tantalcarbide. Die beiden Wissenschaftler werden auf der 6. Internationalen Konferenz über Aufdampftechnik, die im Oktober 1977 in Atlanta (Georgia) stattfindet, ausführlich über das von ihnen entwickelte Verfahren berichten.

### Technisches Museum im alten Limmatkraftwerk Kappelerhof, Baden

Kürzlich ist im Gebäude des am 15. März 1976 stillgelegten Limmatkraftwerkes Kappelerhof ein kleines technisches Museum eröffnet worden. Von den vier Maschinengruppen, die durch eine Rohrturbine in einem neuen Kraftwerk ersetzt worden sind, konnte eine Einheit vollständig erhalten bleiben. Turbineneinlauf und Turbinenkammer wurden durch Mauern abgeschlossen und trockengelegt. Durch eine schmale Treppe zugänglich, kann die Francis-Turbine von *Escher Wyss*, Baujahr 1918, in ihrer ursprünglichen Lage besichtigt werden. In einem abgetrennten Teil des Maschinensaaes des im Jahr 1892 dem Betrieb übergebenen Werkes Kappelerhof steht ein Generator von *Brown, Boveri & Cie.*, Baujahr 1925. Das Winkelgetriebe und das holzverzahnte