

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 100 (1982)  
**Heft:** 47

**Artikel:** Technische Beiträge "Forschung": Zusammenfassung der deutschsprachigen Vorträge  
**Autor:** Ritz, Peter  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-74897>

### **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:** 09.02.2026

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

geben, womit abgeschätzt werden kann, ob der Trag- oder der Gebrauchsfähigkeitsnachweis für die Bemessung massgebend sein wird.

### Tragfähigkeit

Bei Lastkombinationen mit mehreren *veränderlichen* Lasten braucht nur die wichtigste mit ihrem vollen Wert (z. B. Nutzlast) berücksichtigt werden, die übrigen (z. B. Wind, Schnee) dürfen mit dem Beiwert  $\psi_0$  abgemindert werden (Tabelle 1).

Für Nachweise mit Hilfe der Plastizitätstheorie wird die *statische* Methode empfohlen; zur *Duktilität* kann mit einfachen Mitteln beurteilt werden, ob ein genauer Nachweis erforderlich sei, der dann der Fachliteratur zu entnehmen wäre.

Die Abschnitte für die Bemessung von Querschnitten auf Biegung, Schub, Torsion und Durchstanzen enthalten das Wichtigste aus MC78, hinsichtlich Knicken und Ermüdung sind vereinfachte Nachweise aufgenommen.

### Gebrauchsfähigkeit

Je nach Fall sind unterschiedliche *Lastkombinationen* zu untersuchen:

- ständige Lasten:  $G + P + \Sigma \psi_2 Q_2$   
(z.B. für Durchbiegungen)
- häufige Lasten:  $G + P + \psi_1 Q_1 + \Sigma \psi_2 Q_2$   
(z.B. für Rissbreiten)
- seltene Lasten:  $G + P + Q_1 + \Sigma \psi_1 Q_2$

wobei:

$Q_1$  = wichtigste veränderliche Last

$Q_2$  = übrige veränderliche Lasten

$\psi_1, \psi_2$  = Beiwerte, vgl. Tabelle 2

Es folgen *Tabellen* und *Rechenhilfen* für Spannungsnachweise und zur Beschränkung von Formänderungen und Rissbreiten einschl. wichtiger Angaben zu Anordnung und Mindestquerschnitt der Bewehrung.

### Konstruktive Durchbildung

In diesem Kapitel finden sich die erforderlichen Angaben für Betonüberdeckung, Stababstand, Krümmungsradius, Spanngliedverankerung, Bewehrungsführung, Umlenkkräfte, indirekte Lagerung und Rahmenecken, wobei die Festlegungen der Mustervorschrift dort erweitert wurden, wo neuere technologische Erkenntnisse vorliegen, z. B. bei der Verankerung von Betonstählen oder hinsichtlich der die Bügel ergänzenden Schubzulagen.

### Bauteile

Dieses Kapitel enthält einige spezifische Angaben zur Bewehrungsanordnung bei Platten und Stützen sowie ein-

| Beiwert  | Nutzlasten  |                       |            |                 | Wind oder Schnee |
|----------|-------------|-----------------------|------------|-----------------|------------------|
|          | Wohngebäude | Büro- oder Lagerräume | Parkhäuser | Strassenbrücken |                  |
| $\psi_0$ | 0,3         | 0,6                   | 0,6        | 0,3             | 0,5              |

Tabelle 1. Abminderungsbeiwert  $\psi_0$  bei Lastkombinationen zur Berechnung der Tragfähigkeit

fache Berechnungs- und Bemessungsregeln für wandartige Träger.

### Spätere Ergänzungen

Ein weiteres Kapitel über spezielle Bauweisen (z. B. Spannbett, Vorspannung ohne Verbund, Vorfertigung, Segmentbauweise, Freivorbau, Taktschiebverfahren, feldweise Herstellung, Schrägkabelbrücken) soll *später* den allgemeinen Teil ergänzen.

Als *Anhänge* sind vorgesehen: Kriterien zur Qualitätskontrolle der Baustoffe und repräsentative Werte für veränderliche Lasten.

### Diskussion

Für eine ausführliche Grundsatzdiskussion war das Gremium zu gross und die Zeit zu knapp. So blieb es beim Beantworten einiger Detailfragen, die sich aufgrund der gezeigten Dias ergeben hatten, sowie bei mehreren prinzipiellen Erklärungen von im Saal anwesenden Mitgliedern des CEB-Verwaltungsrats, im besonderen des Präsidenten von CEB, *J. Ferry Borges*. Allgemein wurde anerkannt, dass die Verfasser des Stockholmer Entwurfs für zukünftige FIP-Bemessungsempfehlungen das ge-

Tabelle 2. Abminderungsbeiwerte  $\psi_1$  und  $\psi_2$  bei Lastkombinationen zur Berechnung der Gebrauchsfähigkeit

| Beiwerte                | $\psi_1$    | $\psi_2$ |
|-------------------------|-------------|----------|
| <i>Nutzlasten</i>       |             |          |
| - Wohngebäude           | 0,4         | 0,2      |
| - Büro- oder Lagerräume | 0,6         | 0,3      |
| - Parkhäuser            | 0,7         | 0,6      |
| - Strassenbrücken       |             |          |
| $l = 10$ m              | 0,7         | 0        |
| $l = 100$ m             | 0,5         | 0        |
| <i>Wind oder Schnee</i> | 0,2 bis 0,5 | 0        |

steckte Ziel erreicht hätten, nämlich das im Konstruktionsbüro erforderliche Rüstzeug in knapper und verständlicher Form bereitzustellen. Zu einzelnen Sachfragen seien sicher noch Diskussionen zwischen den für MC78 und für den FIP-Entwurf Verantwortlichen erforderlich, unterschiedliche Festlegungen sollen dann *gemeinsam getragen und für den Anwender deutlich herausgestellt und begründet werden*.

Adresse des Verfassers: *M. Miehlsbradt*, Dipl.-Ing., EPFL-Ecublens, Institut de statique et structures - Béton Armé et Précontraint (IBAP), 1015 Lausanne.

## Technische Beiträge «Forschung»

### Zusammenfassung der deutschsprachigen Vorträge

Von Peter Ritz, Horw

### Versuchsergebnisse

Die Speicherung von flüssigen Gasen wie Propylen, Butan oder Erdgas in vorgespannten Betongrossbehältern erfordert genauere Kenntnisse über deren Verhalten bei tiefen Temperaturen. *Höltschi* berichtete über durchgeführte Tieftemperaturversuche an BBRV-Paralleltrahtkabel bei  $-165$  bis  $-180$  °C.

Es wurden sowohl Zugversuche an Einzeldrähten sowie an kompletten Spanngliedern durchgeführt. Der Ablauf der Versuche ist in Bild 1 anhand eines Spannungs-Dehnungsdiagrammes dar-

gestellt. Die wichtigsten Versuchsergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

- Bruch der Einzeldrähte sowie der kompletten Spannglieder durchweg in der freien Drahtlänge.
- Kein vorzeitiges Versagen der kalt aufgestauchten BBRV-Stauchköpfchen.
- Erreichen der vollen und infolge tiefen Temperaturen erhöhten Drahtfestigkeit.
- Zunahme der Fließspannung und der Bruchfestigkeit bei extrem tiefen Temperaturen um rund 20% gegenüber den entsprechenden Werten bei Raumtemperatur.

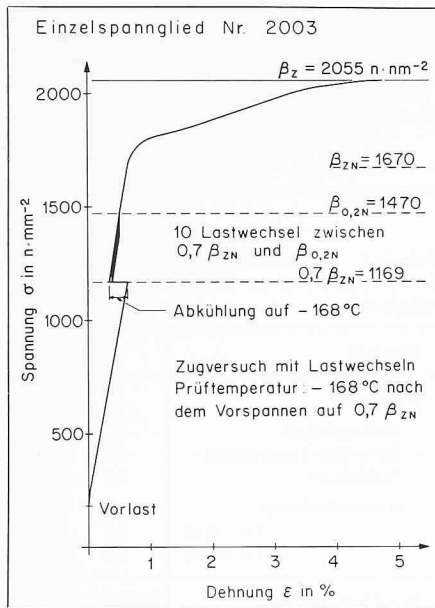


Bild 1. Spannungs-Dehnungsdiagramm eines Einzeldrahtes Ø 7 mm. Versuchsdurchführung gemäss Vorschlag IfBt

- Geringe Abnahme der Verformungseigenschaften bei tiefen Temperaturen, ohne dass jedoch die erforderlichen Nennwerte der Dehnungen unterschritten werden.

Die Versuche bestätigten die Zuverlässigkeit der BBRV-Drahtverankerung auch bei Tiefsttemperaturen. Bei der Bruchberechnung von Tieftemperaturbauten kann man somit annehmen, dass diese Verankerungen die volle Traglast des Spannstahles überträgt.

Winkler stellte Untersuchungen an abgelenkten Drähten und Litzen mit Querdruck und Biegung vor. Die Messergebnisse zeigen, dass die Zugfestigkeit innerhalb gleicher Spannstahltypen verschiedener Fabrikate eine ziemlich hohe Streuung aufweist.

Cordes erläuterte in seinem Vortrag die an der Technischen Universität Aachen durchgeführten Grossmodellversuche über Spanndrreibung. Eine ausführliche Darstellung dieser Ergebnisse ist im Heft 325 der Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton zu finden.

Tassi berichtete über analytische und experimentelle Untersuchungen zum Verhalten von Spannbetonbalken unter Zweiparameterlasten. Die Studie zeigt, wie man analytisch die Biegesteifigkeit des durch Schub gerissenen Trägers annähern kann. Experimentell wurde die Rissentwicklung unter einer Primär- und einer Sekundärlast, die theoretisch nicht das gleiche Rissbild erwarten lassen, studiert. Im wesentlichen hatten die Risse infolge Primärbelastung nur geringen Einfluss auf die Risse infolge Sekundärbelastung.

Kupfer erläuterte Versuchsergebnisse

zur teilweisen Vorspannung. Er stellte dazu einfache Bemessungsregeln auf. Im besonderen wies er auf die Bedeutung einer ausreichenden schlaffen Bewehrung zur Rissesicherung der Tragwerke hin.

In einem weiteren Referat beschrieb Kupfer Versuche an zusammengepressten Zementmörtelfugen als Alternative zur Pressfuge aus Epoxiharz-mörtel, wie sie in der Segmentbauweise vorkommen. Als vorteilhaft erweist sich bei dieser Konstruktionsart die weitgehende Unempfindlichkeit des Zementmörtels gegenüber hohen Temperaturen infolge extremer Klimaeinflüsse.

An der Technischen Universität München wurden Versuche über vorgespannte Schubbewehrungen in Spannbetonträgern durchgeführt. Die von Kupfer vorgestellten Untersuchungen zeigen, wie solche Konstruktionen bemessen und konstruiert werden können.

### Hinweise für Berechnung und Bemessung

Mit der Berechnung und Bemessung von Platten mit Vorspannung und im besonderen mit Vorspannung ohne Verbund befasste sich das Referat von Ritz. Platten mit Vorspannung mit Verbund können anhand der in praktisch allen Ländern vorhandenen Vorschriften über vorgespannte Betonkonstruktionen berechnet und bemessen werden. Für Platten mit Vorspannung ohne Verbund existieren heute erst wenige Vorschriften und Empfehlungen (USA, England, FIP-Empfehlungen). In verschiedenen Ländern sind entsprechende Bestimmungen in Arbeit (Deutschland, Schweiz, Holland). Auf zwei Probleme wurde besonders eingegangen: Bruchwiderstand eines Querschnittes bzw. eines Plattenelementes sowie Rissesicherung im Gebrauchszustand.

Für den Spannstahl ohne Verbund stellt sich die Frage nach der im Bruchzustand wirksamen Stahlspannung. Der Spannungszuwachs wurde bisher entweder als konstanter Wert oder als Funktion des Bewehrungsgehaltes und der Betondruckfestigkeit angesetzt. Eine differenziertere Untersuchung zeigt, dass dieser Spannungszuwachs sowohl von der Geometrie als auch von der Verformung des Gesamtsystemes abhängig ist. Bis zur Risslast verhält sich eine Platte homogen und kann mit der elastischen Theorie dünner Platten mit kleinen Durchbiegungen berechnet werden. Bei der gerissenen Platte wirkt der Beton als Druckmembran und der Spannstahl als Zugmembran. Mit Hilfe

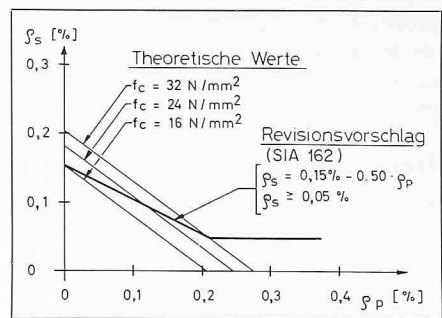


Bild 2. Bewehrungsgehalte, um eine Risseverteilung zu gewährleisten

der Theorie 2. Ordnung lassen sich einfache Beziehungen zwischen dem Spannungszuwachs und der Durchbiegung sowie der freien Länge zwischen den Ankern ableiten. Wird der nominelle Bruchzustand durch eine Grenzdurchbiegung definiert, ist damit die Spannung des Spannstahls beim Bruch bestimmt.

Der Einfluss der Vorspannung ohne Verbund auf das Risseverhalten kann nicht über den üblichen Weg der Verbundgesetze untersucht werden. Zwischen dem Spannstahl ohne Verbund und dem Beton treten nur sehr kleine Reibungskräfte auf. Die im Stahl wirkende Zugkraft wird fast ausschliesslich bei den Verankerungsstellen als Druckkraft auf den Beton abgegeben. Bei der Rissbildung interessiert vor allem die Frage, ob sich nur ein Riss öffnet oder ob eine Risseverteilung gewährleistet ist. Man kann die vom Erstriss ausgehende Krafteinleitung mittels der Scheibentheorie untersuchen. Normalkräfte aus Vorspannung oder äusseren Membrankräften beeinflussen das Risseverhalten auf ähnliche Weise wie eine schlaffe Bewehrung. In Bild 2 ist die zur Risseverteilung erforderliche schlaffe Bewehrung in Funktion der Vorspannbewehrung angegeben, wobei angenommen ist, dass keine äusseren Membrankräfte wirksam sind.

Messungen am Modell einer Offshore-Plattform aus Spannbeton wurden durch Wagner vorgestellt. Die Anwendung des Spannbetons in Offshore-Konstruktionen erfordert in Zukunft noch vielfältige Forschungsarbeiten, u. a. über das dynamische Verhalten und die Korrosion im Zusammenhang mit den Rissöffnungen.

### Ausführungsprobleme

Rahlwes stellte eine Sonderlösung zur Unterstützung des Spannsens von Spanngliedern mit nachträglichem Verbund durch Heisswasser vor. Er gibt Anleitungen für das rechnerische Erfassen des Heizvorganges und für

eine Abschätzung der Spannstahltemperaturen durch Messungen der Wassereinlauf- und Auslauftemperaturen. Bei der Anwendung dieser Sonderlösung ist es wegen der Korrosionsgefahr sehr wichtig, nach dem Vorspannen das Wasser durch Pressluft bzw. durch den Auspressmörtel einwandfrei zu entfernen.

Kernbichler berichtete über ein neuentwickeltes kunststoffbeschichtetes Spannbündel. Diese Spannbündel können aussen am Tragwerk angebracht werden und sind somit auch nach dem Einbau zugänglich. Im Notfall können sie ausgetauscht werden.

### Beiträge zur Dauerhaftigkeit der Bauwerke

Mit dem häufig diskutierten Problem des Korrosionsschutzes von Einzelspanngliedern ohne Verbund beschäftigte sich das Referat von Aeberhard. Unter Einzelspanngliedern ohne Verbund (Bild 3) versteht man Monolitzen, deren Litze werkmässig mit einer durchgehenden Schicht aus Dauerkorrosionsschutzfett versehen wird, über die anschliessend ein Kunststoffrohr aus Polyäthylen oder Polypropylen extrudiert wird. Das Kunststoffrohr bildet den primären, das Fett den sekundären Korrosionsschutz. Daraus ergeben sich besondere Anforderungen an die mechanischen, chemischen und physikalischen Eigenschaften des Kunststoffrohres und des Korrosionsschutzfettes. Um Beschädigungen des Spanngliedes während des Verlegens sowie im eingebauten Zustand zu vermeiden, muss das Kunststoffrohr mindestens 1 mm Wandstärke aufweisen. Der Werkstoff des Hüllrohres hat beständig gegen Säuren, Salzlösungen und Wasser zu sein. Er hat ferner eine geringe Wasserdampfdurchlässigkeit aufzuweisen. Schliesslich ist eine sehr gute Spannungsrissbeständigkeit, eine auch bei tiefen Temperaturen hohe Kerbschlagzähigkeit, eine hohe Alterungsbeständigkeit, eine hohe Licht- und Witterungsstabilität und eine gute Verträglichkeit mit dem Fett notwendig. Das Korrosionsschutzfett muss alle Drahtoberflächen gut benetzen und den Raum zwischen Litze und Hüllrohr vollständig ausfüllen. Damit dies sicher der Fall ist, wird ein Mindestgehalt an Fett pro Längeneinheit vorgeschrieben.

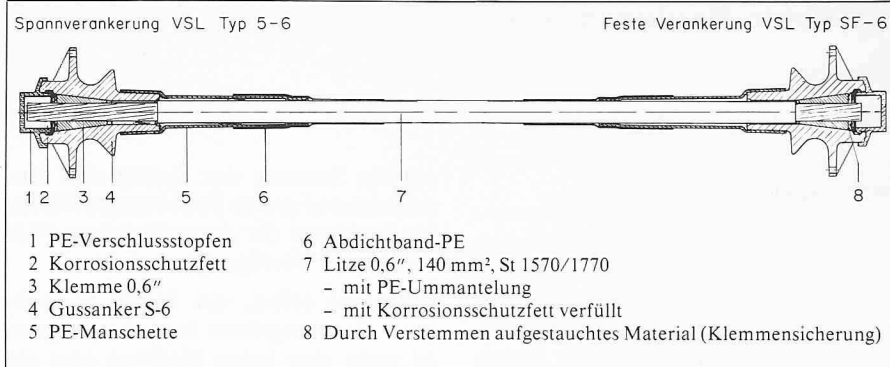


Bild 3. Einzelspannglied ohne Verbund des Spannverfahrens VSL

Das Fett hat hochwirksame Inhibitoren aufzuweisen, muss in hohem Masse oxydations- und alterungsstabil, schwefelfrei und ohne korrosionsfördernde Ionen sein.

Besondere Aufmerksamkeit ist den Spannverankerungen zu schenken, müssen diese doch während der ganzen Lebensdauer des Bauwerkes ihre Funktion erfüllen können. Der Verankerungskörper aus Sphäroguss ist nicht korrosionsgefährdet. Entscheidend ist daher der Korrosionsschutz des Litzenstückes im Verankerungskörper.

Wie auch die Zulassungsverfahren der Bundesrepublik Deutschland bestätigen, bieten sorgfältig konzipierte Einzelspannglieder den bestmöglichen Schutz gegenüber Korrosion und können somit ohne Bedenken angewendet werden. Die anschliessende Diskussion, bei der besonders auf Erfahrungen in Holland hingewiesen wurde, zeigte, dass von den hohen Anforderungen, wie sie dargelegt wurden, nicht abgewichen werden darf, will man mit dieser Bauweise nicht Misserfolge haben. Nebst der einwandfreien Ausbildung der Einzelspannglieder ist eine grosse Sorgfalt während des Transportes, der Lagerung und des Einbaus am Platz.

Der Beitrag von Nürnberger beschäftigte sich ebenfalls mit dem Korrosionsschutz bei Spanngliedern. Der dauerhafte Korrosionsschutz von Spanngliedern mit und ohne Verbund bleibt nach wie vor ein aktuelles Problem. Auf der technologischen Seite sind unter anderem Fragen wie Spannungsriss- und Wasserstoffkorrosion abzuklären. Bei der Ausführung ist besonders dem Injizieren der Spannglieder die nötige Aufmerksamkeit zu schenken.

Dietrich berichtete über Langzeit-Kraftmessungen an vorgespannten Felsankern, die im Laufe der vergangenen 14 Jahre an 6 ausgewählten Bauwerken durchgeführt wurden. Bezüglich der Ursachen der Kraftänderung ist zwischen Verformungen des Bodens, Störungen in den Ankerzonen und Korrosionsschäden zu unterscheiden. Bei allen untersuchten Bauwerken konnte beobachtet werden, dass die Kraftänderung nach etwa 2 bis 7 Jahren ab Ankereinbau zur Ruhe kam. Bei den 5 Bauwerken: Kaverne Waldeck Deutschland, Kaverne Hotzenwald Deutschland, Staumauererhöhung Kansera Marokko, Schlossfelsen Burgdorf und Autobahntunnel Seelisberg variierte die Kraftänderung zwischen +5% und -12%. Bei der Hangsicherung Schallberg Simplon wurden Verluste bis zu 27% gemessen. Alle untersuchten Messanker haben bis jetzt ihre Aufgabe erfüllt.

Illesy erläuterte Untersuchungen mittels dynamischer «In-Situ»-Kurzzeitmessungen, deren Ziel es ist, Lebensdauerprognosen von Bauwerken zu stellen. Mit Hilfe von Energieprinzipien können Beziehungen zwischen dem dynamischen Verhalten eines Bauwerkes und dessen Tragfähigkeit hergeleitet werden. Die Dämpfung eines Systems liefert ein Mass der aktuellen Bauwerksqualität. Durch periodische Kurzzeitmessungen kann auf die Qualitätsänderung des untersuchten Objektes geschlossen werden. Zurzeit werden in Ungarn über 70 Brücken solchen Kontrollen unterzogen.

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. P. Ritz, Zentralschweizerisches Technikum Luzern, 6048 Horw.