

Vorentwurf zu ENV 1992-1-5  
Eurocode 2: Planung von Stahlbeton-  
und Spannbetontragwerken Teil 1-5:  
Tragwerke mit Spanngliedern ohne Ver-  
bund und/oder extern angeordneten  
Spanngliedern

**T 2567**

T 2567

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

Vervielfältigung, auch auszugsweise,  
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

**Fraunhofer IRB Verlag**

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

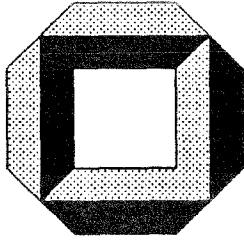
Postfach 80 04 69  
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00  
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)



**Massivbau  
Baustofftechnologie  
Karlsruhe**

Schlußbericht zum Forschungsvorhaben  
IV 1-5-685/92

**Vorentwurf zu ENV 1992-1-5**

**Eurocode 2: Planung von Stahlbeton-  
und Spannbetontragwerken**

**Teil 1-5:**

**Tragwerke mit Spanngliedern ohne Verbund  
und/oder extern angeordneten Spanngliedern**

von  
Prof. Dr.-Ing. J. Eibl

Universität Karlsruhe  
Institut für Massivbau und Baustofftechnologie  
Abteilung Massivbau  
Leitung Prof. Dr.-Ing. J. Eibl  
1993

Vorbemerkung:

Im Rahmen der Mitarbeit als Experte bei der europäischen Arbeitsgruppe SC2/1A4, die einen Vorschlag für ein Normpapier zum Bereich 'Externe Vorspannung und Vorspannung ohne Verbund' ausformulieren sollte, sind umfangreiche Arbeiten für die Entwicklung von Textfassungen und für Vergleichs- und Kontrollrechnungen angefallen, die freundlicherweise durch das Institut für Bautechnik, Berlin, im Rahmen des Forschungsvorhabens

Ergänzende Untersuchungen für einen Vorentwurf zu Eurocode 2, Teil 1A4,  
'Externe Vorspannung und Vorspannung ohne Verbund in Bauwerken'

unter der Kennziffer IV - 1 - 5 - 685/92 unterstützt wurden.

Für die Förderung dieser Untersuchungen sei dem Institut für Bautechnik, Berlin, unser besonderer Dank ausgesprochen.

## Forschungsvorhaben

### **Ergänzende Untersuchungen für einen Vorentwurf zu Eurocode 2, Teil 1A4, 'Externe Vorspannung und Vorspannung ohne Verbund in Bauwerken'**

IV - 1 - 5 - 685/92

Zur Vorbereitung des gemeinsamen europäischen Binnenmarktes waren vom Europäischen Normen Komitee (CEN) für die Entwicklung einer gemeinsamen europäischen Stahlbeton- und Spannbetonnorm eine Reihe von Expertengruppen zur Bearbeitung der dabei angesprochenen verschiedenen Teilgebiete ins Leben gerufen worden.

In der europäischen Arbeitsgruppe SC 2/1A4 'External and Unbonded Prestressing', in die der Verfasser als deutscher Experte berufen worden war, sollte ein Entwurf für eine übergreifende europäische Normung im Bereich 'Externe Vorspannung und Vorspannung ohne Verbund' ausgearbeitet werden.

Bei den vorbereitenden Arbeiten für die Vorlage eines fundierten und ausgeglichenen Normvorschlages und auch während der eigentlichen Formulierung des Vorschlages zur Klärung noch strittiger bzw. neu aufgetretener Fragen waren eine Reihe ergänzender Untersuchungen durchzuführen, die im Rahmen dieses vom Institut für Bautechnik, Berlin, geförderten Vorhabens bearbeitet wurden:

- Parameterstudien zum Einfluß
  - der Querschnittsgeometrie auf die Entwicklung der Nulllinienlage und
  - der Ribbildung auf den Spannungszuwachs im Spannglied

beim Übergang vom Gebrauchszustand auf den Versagenszustand;

- zur Externen Vorspannung bei Segmentbauteilen
  - für vereinfachende Ansätze zur Größe und Verteilung der Schnittgrößen nach der Öffnung der Fugen;
  - zum Einfluß der Fugenöffnungen auf den Spannungszuwachs im Spannglied;
  - zur Ausarbeitung vereinfachter Bemessungsansätze für die Segmente unter Ansatz der Fugenschnittgrößen;
- zum Sicherheitskonzept bei der Berechnung des Spannungszuwachses im Spannglied beim Übergang vom Gebrauchszustand auf den Versagenszustand.

Über die intensive Mitarbeit des Verfassers als deutscher Sachverständigenvertreter in der europäischen Expertengruppe konnten einerseits die Ergebnisse dieser ergänzenden Untersuchungen direkt in die laufenden Arbeiten zur Ausformulierung des Normenvorschlages, der aufgrund einer Änderung in der Einteilung inzwischen die Bezeichnung ENV 1992-1-5 erhalten hat, eingebracht und berücksichtigt werden. Zum anderen konnten dabei auch die deutschen Vorstellungen mit vertreten und gewahrt werden.

Dieser Vorentwurf lehnt sich in seiner Strukturierung eng an die Hauptnorm, den Eurocode 2, Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken, an und ergänzt bzw. ersetzt diesen bereichsweise, soweit dies mit Rücksicht auf diese speziellen Vorspannarten erforderlich ist.

Der Vorentwurf wurde zwischenzeitlich in seiner englischen Fassung bereits vom CEN in der Sitzung in Lillehammer im Juni 1993 endgültig beraten und verabschiedet.

Nachdem diese Regelung auch in Kürze in Deutschland als DIN V ENV eingeführt werden soll, wird hiermit ein erster, ins Deutsche übersetzter Entwurf (Fassung November 1993) vorgelegt, der voraussichtlich nach nur wenigen redaktionellen Überarbeitungen zur Anwendung zugelassen werden wird.

## Summary:

Created in 1993 the European Common Market strives for balanced national regulations and demands harmonised European Standards. This anticipating the Committee for European Standardization (CEN) had established a series of working groups with various responsibilities in order to develop common European standards u.a. for reinforced and prestressed concrete structures.

The working group SC2/1A4 'External and Unbonded Prestressing', which the author as German expert had been appointed to, was charged to draft the corresponding part of a common European standard.

Though experience and corresponding national regulations were already available, nevertheless there had to be done a series of additional investigations in order to elaborate a well grounded and balanced standard draft.

Studies had to be performed how the cross section geometry, the crack growing resp. the joint opening are influencing the position of the neutral axis and the tension increase of the tendons while the load is changing from SLS to ULS. But also simple assumptions had to be assessed for the analysis and the design of external prestressed segmental structural members. Finally the general concept had to be adapted to the relevant safety regulations.

The results of these additional investigations could be directly used during the ongoing work on formulating the draft of ENV 1992-1-5. In the mean time the english version of this prestandard has been finally discussed and approved. As these regulations will become valid soon also in Germany as DIN V ENV, a first draft of the German translation (dated Nov. 1993) has been submitted.

## Résumé:

Le marché commun européen réalisé depuis 1993 impose certains équilibrages et requiert des normes européennes élargies. Un certain nombre de groupes de travail furent créés pour les différentes sections par le Comité des Normes Européennes (CEN), entre autres, afin de développer une norme européenne commune pour le béton armé et le béton précontraint.

Le groupe de travail SC2/1A4 "External and Unbounded Prestressing", dans lequel l'auteur fut nommé comme expert allemand, élaborâ un projet pour la partie correspondante d'une norme européenne élargie.

Même si de nombreuses expériences ont pu être menées et qu'il existait des règlements nationaux, il fallait faire une série d'études complémentaires pour l'élaboration d'une proposition pour une norme élargie qui soit fondée et pondérée.

En plus des études menées sur l'influence de la géométrie de la section, de la formation des fissures ainsi que de l'ouverture des joints sur la position de l'axe neutre et sur l'accroissement de la tension dans l'armature précontrainte lors du passage de l'état de service à l'état de rupture, des formulations simplifiantes furent nécessaire pour la détermination des sollicitations aux E.L.S. et E.L.U. des éléments de construction réalisés par segments avec armature précontrainte externe, afin de lier le concept général avec la théorie de la sécurité correspondante.

Les résultats de ces études complémentaires furent tout de suite prises en compte dans les travaux en cours pour la reformulation de la proposition de la norme ENV 1992-1-5, qui a été entre temps déjà discutée et adoptée dans sa version anglaise. Cette réglementation doit être très bientôt introduite en Allemagne et, c'est pour cela qu'un premier projet de norme en allemand (version Novembre 1993) est présenté ici.



**ENV 1992-1-5**

**Eurocode 2:**

**Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken**

**Teil 1-5:**

**Tragwerke mit Spanngliedern ohne Verbund  
und/oder extern angeordneten Spanngliedern**

## **Inhalt**

- 1. Einleitung
  - 1.1 Geltungsbereich
    - 1.1.2 Geltungsbereich des Teils 1-5 des Eurocode 2
  - 1.4 Begriffe
    - 1.4.2 Besondere Begriffe in Teil 1-5 des Eurocode 2
  - 1.7 Besondere Kurzzeichen in Teil 1-5 des Eurocode 2
    - 1.7.3 Kleine lateinische Buchstaben
    - 1.7.4 Griechische Buchstaben und Kurzzeichen
- 2 Grundlagen der Bemessung
  - 2.3 Anforderungen an die Bemessung
    - 2.3.2 Grenzzustände der Tragfähigkeit
      - 2.3.2.2 Kombinationen von Einwirkungen
  - 2.5 Standsicherheitsnachweise
    - 2.5.3 Berechnungsverfahren
      - 2.5.3.1 Grundlagen
- 3 Baustoffeigenschaften
  - 3.3 Spannstahl
    - 3.3.6 Spannstahl für im Beton liegende Spannglieder ohne Verbund
  - 3.4 Vorspannelemente
    - 3.4.2 Hüllrohre
      - 3.4.2.1 Allgemeines
    - 3.4.3 Externe Spannglieder ohne Verbund
      - 3.4.3.1 Allgemeines
      - 3.4.3.2 Verankerungen
    - 3.4.4 Im Beton liegende Spannglieder ohne Verbund
      - 3.4.4.1 Allgemeines
    - 3.4.5 Umlenksättel
      - 3.4.5.1 Allgemeines
- 4 Bemessung von Querschnitten und Bauteilen
  - 4.2 Bemessungswerte
    - 4.2.3 Spannbeton

4.2.3.5 Bemessung von Bauteilen aus vorgespanntem Beton

4.2.3.5.5 Vorspannverluste

4.3 Grenzzustände der Tragfähigkeit

4.3.1 Grenzzustände der Tragfähigkeit für Biegung mit Längskraft

4.3.1.4 Externe Spannglieder ohne Verbund

4.3.1.5 Interne Spannglieder ohne Verbund

4.3.2 Querkraft

4.3.2.6 Segmentbauwerke

4.4 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

4.4.0 Allgemeines

4.4.0.3 Lastfälle und Kombinationen

4.4.1 Begrenzung der Spannungen unter Gebrauchsbedingungen

4.4.1.1 Grundlagen

4.4.2 Grenzzustände der Ribbildung

4.4.2.1 Allgemeines

4.4.2.2 Mindestbewehrung

4.4.2.3 Beschränkung der Ribbildung ohne direkte Berechnung

4.4.2.4 Berechnung der Ribbreite

5 Bauliche Durchbildung

5.3 Spannglieder

5.3.1 Anordnung der Spannglieder

5.3.2 Betondeckung

5.5 Schadensbegrenzung bei außergewöhnlichen Einwirkungen

5.5.2 Bemessung von Ringankern

6 Bauausführung

7 Güteüberwachung

Anhang 1: Zusätzliche Hinweise zur Ermittlung der Auswirkung zeitabhängiger Betonverformungen

Anhang 2: Nichtlineare Verfahren der Schnittgrößenermittlung

Anhang 3: Ergänzende Hinweise zu den durch Tragwerksverformungen hervorgerufenen Grenzzuständen der Tragfähigkeit

Anhang 4: Rechnerische Ermittlung der Tragwerksverformungen

## **Vorwort**

### **0.1 Zielsetzung der Eurocodes**

- (1) Die Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau bilden eine Gruppe von Normen für den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von Tragwerken des Hoch- und Ingenieurbaus und geotechnische Bemessungsregeln für bauliche Anlagen.
- (2) Sie sind als Bezugsdokumente für folgende Zwecke gedacht:
  - (a) als Mittel für den Nachweis, daß die wesentlichen Anforderungen der Bauproduktenrichtlinie (CPD) durch die Tragwerke des Hoch- und Ingenieurbaus erfüllt werden;
  - (b) als Rahmen für die Erarbeitung Harmonisierter Technischer Spezifikationen für Bauprodukte.
- (3) Sie behandeln die Bauausführung und Güteüberwachung nur soweit, wie dies zur Festlegung von Qualitätsforderungen an die Bauprodukte bzw. Bauausführung notwendig ist, um die bei der Tragwerksbemessung getroffenen Annahmen zu erfüllen.
- (4) Bis zum Vorliegen der erforderlichen Harmonisierten Technischen Spezifikationen für Produkte und für Verfahren zu Überprüfung der Produkteigenschaften behandeln einige Eurocodes für den Konstruktiven Ingenieurbau bestimmte Teilaspekte in informativen Anhängen.

### **0.2 Hintergrund des Eurocode-Programms**

- (1) Die Kommission der Europäischen Gemeinschaften (KEG) hat die Arbeiten an Harmonisierten Technischen Spezifikationen für den Entwurf, die Berechnung und Bemessung von Hoch- und Ingenieurbauwerken eingeleitet, die zunächst als Alternative zu den in den jeweiligen Mitgliedsstaaten existierenden Regeln dienen und sie schließlich ersetzen sollen. Diese technischen Regeln wurden als "Eurocodes für den Konstruktiven Ingenieurbau" bekannt.
- (2) Nach Konsultierung ihrer Mitgliedsstaaten übertrug die KEG im Jahre 1990 die Arbeiten zur weiteren Entwicklung, Herausgabe und Fortschreibung der Eurocodes für den Konstruktiven Ingenieurbau an CEN. Das EFTA-Sekretariat stimmte zu, die Arbeit von CEN zu unterstützen.
- (3) Das Technische Komitee CEN/TC 250 ist für alle Eurocodes des Konstruktiven Ingenieurbaus zuständig.

### 0.3 Eurocode Programm

- (1) Gegenwärtig befinden sich folgende Eurocodes für den Konstruktiven Ingenieurbau in Bearbeitung, wobei jeder in der Regel mehrere Teile umfaßt:

EN 1991	Eurocode 1	Grundlagen von Entwurf, Berechnung und Bemessung und Einwirkungen auf Tragwerke
EN 1992	Eurocode 2	Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken
EN 1993	Eurocode 3	Entwurf, Berechnung und Bemessung von Tragwerken aus Stahl
EN 1994	Eurocode 4	Entwurf, Berechnung und Bemessung von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton
EN 1995	Eurocode 5	Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holztragwerken
EN 1996	Eurocode 6	Entwurf, Berechnung und Bemessung von Tragwerken aus Mauerwerk
EN 1997	Eurocode 7	Geotechnik, Bemessung
EN 1998	Eurocode 8	Maßnahmen und Bemessungsregeln zur Ermittlung der Erdbebenbeanspruchbarkeit von Tragwerken
EN 1999	Eurocode 9	Entwurf, Berechnung und Bemessung von Tragwerken aus Aluminium.
- (2) Für die zuvor genannten Eurocodes hat das CEN/TC 250 einzelne Unter-Komitees eingesetzt.
- (3) Dieser Teil der Eurocodes für den Konstruktiven Ingenieurbau für Entwurf, Berechnung und Bemessung von Tragwerken aus Stahl- und Spannbeton wurde unter der Leitung der KEG fertiggestellt und zur Veröffentlichung freigegeben. Er wird von CEN als Europäische Vornorm (ENV) mit einer Laufzeit von zunächst drei Jahren herausgegeben.
- (4) Diese Vornorm ist für die praktische Erprobung bei Entwurf, Berechnung und Bemessung von Hoch- und Ingenieurbauwerken im Rahmen des in Abschnitt 1.1.2 angegebenen Geltungsbereichs und für Stellungnahmen gedacht.
- (5) Nach etwa zwei Jahren werden die CEN-Mitglieder um Stellungnahmen gebeten, die bei der Festlegung weiterer Arbeitsschritte Berücksichtigung finden sollen.

- (6) Zwischenzeitlich sollten Hinweise und Stellungnahmen zu dieser Vornorm an das Sekretariat des Unter-Komitees CEN/TC 250/SC 2 unter folgender Anschrift:
- DIN, Burggrafenstraße 6, D - 10787 Berlin, Deutschland,
- oder an ein anderes nationales Normungsinstitut gesandt werden.

#### **0.4 Nationale Anwendungsdokumente**

- (1) Im Hinblick auf die Verantwortlichkeit der zuständigen Behörden in den Mitgliedsländern für Sicherheit, Gesundheit und andere Sachverhalte, die durch die wesentlichen Anforderungen der Bauproduktenrichtlinie abgedeckt sind, wurden bestimmte Sicherheitselemente in dieser Vornorm als indikative Werte festgelegt, die durch Einrahmung [ ] gekennzeichnet sind. Es wird erwartet, daß die nationalen Normungsinstitute der Mitgliedsländer für diese Sicherheitselemente endgültige Werte festlegen.
- (2) Zum Zeitpunkt der Herausgabe dieser Vornorm werden viele der Harmonisierten Bezugsnormen einschließlich der Eurocodes, die Angaben für die zu berücksichtigenden Einwirkungen sowie solche für den Brandschutz enthalten, noch nicht zur Verfügung stehen. Es wird deshalb erwartet, daß das Normungsinstitut jedes Mitgliedslands ein Nationales Anwendungsdokument (NAD) herausgibt, das endgültige Werte für die Sicherheitselemente, Querverweise auf Bezugsnormen sowie nationale Hinweise für die Anwendung dieser Vornorm enthält.
- (3) Es ist beabsichtigt, daß diese Vornorm zusammen mit dem Nationalen Anwendungsdokument (NAD) angewandt wird, das in dem Land gültig ist, in dem sich das Hoch- oder Ingenieurbauwerk befindet.

#### **0.5 Besondere Hinweise zu dieser Vornorm**

- (1) Der Geltungsbereich des Eurocode 2 ist in Abschnitt 1.1.1 der ENV 1992-1-1 und der Geltungsbereich dieses Teils des Eurocode 2 ist in Abschnitt 1.1.2 festgelegt. Weitere geplante Teile von Eurocode 2 sind in Abschnitt 1.1.3 der ENV 1992-1-1 aufgeführt. Diese enthalten ergänzende Verfahrensweisen oder Anwendungen und ergänzen oder vervollständigen diesen Teil.
- (2) Bei der Anwendung dieser Vornorm soll den grundlegenden Annahmen und Voraussetzungen des Abschnitts 1.3 besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.
- (3) Die sieben Abschnitte dieser Vornorm werden durch vier Anhänge ergänzt, die denselben normativen Status haben wie die Abschnitte, auf die sie sich beziehen. Diese Anhänge wurden angefügt, um einige der detaillierten, in Sonderfällen benötigten Prinzipien bzw. Anwendungsregelungen aus dem Haupttext herauszunehmen und damit dessen Verständlichkeit zu verbessern.

- (4) Wie in Abschnitt 0.4 (2) dieses Vorworts festgestellt, sollte auf die Nationalen Anwendungsdokumente Bezug genommen werden, die Einzelheiten bezüglich mitgeltender Bezugsnormen regeln. Für diesen Teil von Eurocode 2 wird besonders auf die Vornorm ENV 206 (Beton; Eigenschaften, Herstellung, Verarbeitung und Gütenachweis) sowie auf die Anforderungen zur Dauerhaftigkeit in Abschnitt 4.1 dieser Vornorm hingewiesen.
- (5) Die Festlegungen dieser Vornorm basieren weitgehend auf der "CEB/FIP-Mustervorschrift für Tragwerke aus Stahlbeton und Spannbeton" von 1978 sowie auf neueren CEB- und FIP-Dokumenten.
- (6) Bei der Erarbeitung dieser Vornorm wurden Hintergrundberichte verfaßt, die Erläuterungen und Begründungen für einige Festlegungen dieser Vornorm enthalten.

Für die ENV 1992-1-5 gelten folgende zusätzlichen Unterabschnitte:

- (107) Dieser Teil 1-5 des Eurocode 2 ergänzt die ENV 1992-1-1 speziell im Hinblick auf Bauwerke mit Spanngliedern ohne Verbund und/oder externer Vorspannung.
- (108) Der Rahmen und Aufbau von Teil 1-5 des Eurocode 2 entspricht der ENV 1992-1-1. Teil 1-5 enthält jedoch nur Prinzipien und Anwendungsregelungen, die für Tragwerke mit Spanngliedern ohne Verbund und/oder extern angeordneten Spanngliedern spezifisch sind.
- (109) Wenn ein bestimmter Unterabschnitt der ENV 1992-1-1 in ENV 1992-1-5 nicht erwähnt ist, so gilt - soweit in jedem Falle sinnvoll - der Unterabschnitt der ENV 1992-1-1.

Einige Prinzipien und Anwendungsregelungen der ENV 1992-1-1 sind in diesem Teil abgeändert oder ersetzt. An ihre Stelle treten dann die Neufassungen.

Wird ein Prinzip oder eine Anwendungsregelung der ENV 1992-1-1 abgeändert oder ersetzt, so wird die neue Nummer durch Hinzunahme der Zahl hundert zur alten Nummer bestimmt. Wird ein Prinzip oder eine Anwendungsregelung ergänzend eingeführt, erhält sie die um hundert erhöhte Nummer, die der letzten Nummer der ENV 1992-1-1 folgt.

Nicht in der ENV 1992-1-1 behandelte Bereiche werden in diesem Teil als neue Unterabschnitte eingeführt. Der Unterabschnitt erhält dabei die Nummer, die der Nummer des am besten passenden Abschnitts in der ENV 1992-1-1 nachfolgt.

- (110) Die Numerierung der Gleichungen, Bilder und Tabellen in diesem Teil folgt denselben Regelungen wie die Abschnittsnumerierung vorher (109).

- (111) Vorspannung mit Spanngliedern ohne Verbund, Anwendungsbereich dieser ENV 1992 1-5, beinhaltet zwei unterschiedliche Techniken:
- Vorspannung mit kleineren Spanngliedern, sogenannten Monolitzen, die von einer Plastikhülle geringen Durchmessers umgeben und im Beton eingebettet sind;
  - Vorspannung mit größeren Spanngliedern, die außerhalb des Betons angeordnet sind, üblicherweise innerhalb eines Hohlkastens oder zwischen den Stegen mehrstegiger Plattenbalken.

- (112) Erstere werden gewöhnlich in Decken üblicher Hochbauten verwendet, während der spezifische Anwendungsbereich der zweiten Technik vor allem im Brückenbau liegt. Die Anwendung ist jedoch nicht auf die jeweiligen Fälle eingeschränkt. So werden sowohl Fahrbahnplatten von Brücken mit im Beton liegenden Spanngliedern ohne Verbund ausgeführt als auch Balken aus vorgefertigten Segmenten für Industriebauten mit externen Spanngliedern vorgespannt.

Unter diesem Gesichtspunkt schien es wünschenswert, die Prinzipien und Anwendungsregelungen zur Planung, Berechnung und Bemessung für beide Techniken trotz ihrer spezifischen Unterschiede gemeinsam zusammenzustellen.

- (113) Die Besonderheiten der externen Vorspannung sind zu beachten. Bestimmte Berechnungsverfahren, auf die in ENV 1992-1-1 verwiesen wird, mußten durch neue Verfahren ersetzt werden, deren Gültigkeit nachzuweisen war. Soweit notwendig, wurden entsprechende Hinweise im Teil 1-5 der ENV 1992 gegeben.



## 1. Einleitung

Dieser Abschnitt der ENV 1992-1-1 ist anzuwenden mit folgenden Ausnahmen:

### 1.1 Geltungsbereich

#### 1.1.2 Geltungsbereich des Teils 1-5 des Eurocode 2

Ergänzung nach Prinzip P(5):

P(106) Dieser Teil 1-5 des Eurocode 2 bildet die umfassende Grundlage zur Tragwerksbemessung bewehrter Betonbauteile mit Spanngliedern ohne Verbund innerhalb oder außerhalb des Betonquerschnitts. Teil 1-5 gibt zusätzlich Regeln für den allgemeinen Hochbau. Teil 1-5 gilt weder für Tragwerke mit maßgeblichen Ermüdungsbeanspruchungen unter Wechsellasten noch für Tragwerke mit Spanngliedern, die für eine Zeit im Bauzustand nicht mit Mörtel verpreßt sind [siehe ENV 1992-1-1, Absatz 1.4.2 P(2) und 2.5.4.1(4)].

Diese ENV 1992-1-5 gilt auch nicht für Bauteile, deren Spannkabel außerhalb der Umhüllenden des Betontragwerks angeordnet sind.

P(107) Dieser Teil 1-5 gilt für Ortbetonbauteile und vorgefertigte Elemente. Bei letzteren können die Fugen bewehrt, unbewehrt, mit und ohne Fugenverfüllung ausgeführt sein.

P(108) Alle Absätze der ENV 1992-1-1 sind auf die von diesem Teil 1-5 erfaßten Tragwerke grundsätzlich anwendbar, wenn die entsprechende bauliche Durchbildung eingehalten ist und die Wirkungen der Spannglieder als äußere Kräfte berücksichtigt werden.

P(109) Bei der Bemessung von Bauteilen mit unbewehrten Fugen sollen die Bemessungsmodelle die geometrischen und mechanischen Auswirkungen von Fugenöffnungen berücksichtigen.

## 1.4 Begriffe

### 1.4.2 Besondere Begriffe in Teil 1-5 des Eurocode 2

Ergänzung nach Prinzip P(2) in ENV 1992-1-1:

P(103) **Externes Spannglied:** Ein nachträglich vorgespanntes Spannglied liegt außerhalb des Betonquerschnitts aber innerhalb der Umhüllenden des Betontragwerks und ist mit letzterem nur durch Verankerungen und Umlenksättel verbunden.

P(104) **Umlenksattel:** Eine Vorrichtung (z.B. Betonblock, Stahlkonstruktion, Querbalken) mit Ausrundung, über die ein Spannglied umgelenkt wird und über die es seine Radialkraft an das Bauwerk abgibt.

P(105) **Internes Spannglied ohne Verbund:** Einbetonierte und nachträglich vorgespannte Litzen in einer Korrosionsschutzumhüllung, die nur an den Ankerstellen fest mit dem Tragwerk verbunden sind (z.B. Monolitzen).

P(106) **Monolitze:** Eine fettverpresste Vorspannlitze in einer Plastikumhüllung, innerhalb der sie sich in der Längsrichtung frei bewegen kann.

## 1.7 **Besondere Kurzzeichen in diesem Teil 1-5 des Eurocode 2**

### 1.7.3 **Kleine lateinische Buchstaben**

r Radius der Schwerlinie eines umgelenkten Spanngliedes ohne Verbund;  
t Wanddicke eines Stahl-Hüllrohres.

### 1.7.4 **Griechische Buchstaben und Kurzzeichen**

$\mu$  Reibungswert eines Spanngliedes ohne Verbund;  
 $\varphi_1$  ungewollte Umlenkung (pro Längeneinheit) in Abhängigkeit vom Querschnitt des Spannstahtes ohne Verbund;  
 $\varnothing$  Außendurchmesser des Hüllrohres.

## 2 **Grundlagen der Bemessung**

Dieser Abschnitt der ENV 1992-1-1 ist mit folgenden Ausnahmen anzuwenden:

### 2.3 **Anforderungen an die Bemessung**

#### 2.3.2 **Grenzzustände der Tragfähigkeit**

##### 2.3.2.2 **Kombinationen von Einwirkungen**

Ergänzung zu Prinzip P(1):

P(101) Die Kombinationsregeln der Einwirkungen nach Absatz 2.3.2.2 der ENV 1992-1-1 sind anzuwenden.

### 2.5 **Standsicherheitsnachweise**

#### 2.5.3 **Berechnungsverfahren**

##### 2.5.3.1 **Grundlagen**

Ergänzung nach Anwendungsregelung (5):

P(106) Die in Abschnitt 2.5.3 der ENV 1992-1-1 angegebenen Methoden der Berechnung dürfen unter Berücksichtigung folgender Einschränkungen angewendet werden:

- Zur Sicherung der Bauwerksduktilität dürfen Spannglieder ohne Verbund nicht auf die Bewehrung angerechnet werden. Deren Wirkungen sind wie äußere Kräfte anzusetzen.
  - Eine Umlagerung von Momenten und Kräften ist nicht zulässig bei Bauwerken, die aus vorgefertigten Segmenten mit unbewehrten Kontaktfugen bestehen.
- (107) Zweckmäßigerweise wird die Vorspannwirkung durch die Gesamtheit aller Kräfte bestimmt, mit der die Spannglieder auf den Beton einwirken:
- Konzentrierte Kräfte an den Verankerungsstellen;
  - Radialspannungen der Größe  $P_m/r$ , wobei  $r$  der Krümmungsradius entlang der Umlenkung und  $P_m$  der Mittelwert der Vorspannkraft ist [siehe ENV 1992-1-1, 2.5.4.2];
  - Tangentialspannungen der Größe  $dP_m/ds$ , wobei  $ds$  der Längenzuwachs entlang der Umlenkung und  $dP_m$  die Änderung des Mittelwertes der Kraft im Spannglied ist.
- (108) Für im Beton geführte Spannglieder kann bei Tragwerken des allgemeinen Hochbaus angenommen werden, daß
- die Kraft in einem Spannglied innerhalb einer Spannweite konstant ist;
  - bei einem horizontal ausgerichteten Bauteil die Radialspannungen von Spanngliedern, die in ihrem Verlauf von der vertikalen Schnittebene abweichen, vertikal gerichtet sind und
  - der Spanngliedverlauf aus geraden oder parabelförmigen Abschnitten besteht.
- (109) Auf der freien Länge zwischen Umlenksätteln dürfen externe Spannglieder als gerade angenommen werden.

### **3 Baustoffeigenschaften**

Dieser Abschnitt der ENV 1992-1-1 ist mit folgenden Ausnahmen anzuwenden:

#### **3.3 Spannstahl**

##### **3.3.6 Spannstahl für im Beton liegende Spannglieder ohne Verbund**

- P(101) Der Spannstahl von im Beton liegenden Spanngliedern ohne Verbund ist angemessen und dauerhaft vor Korrosion zu schützen.
- P(102) Dieser angemessene und dauerhafte Spannstahlschutz wird durch Erfüllen der in den entsprechenden Spannstahlzulassungen festgelegten Anforderungen erreicht.
- P(103) Falls gefordert, sind externe und im Beton ohne Verbund liegende Spannglieder dauerhaft vor Brandeinwirkungen zu schützen.

**3.4 Vorspannelemente**

**3.4.2 Hüllrohre für externe Spannglieder**

**3.4.2.1 Allgemeines**

Ersatz von Absatz 3.4.2.1 der ENV 1992-1-1 durch:

P(101) Externe Spannglieder sind durch ein zugelassenes Verfahren ausreichend vor Korrosion zu schützen.

(102) Der Schutz extern geführter Spannglieder gegen Korrosion wird normalerweise erreicht, wenn sie in einem Hüllrohr eingeschlossen sind, das mit Zement oder anderen schützenden Stoffen verfüllt ist.

(103) Die Hüllrohre sollten wasserdicht und geeignet sein, dem Injektionsdruck ohne bleibende Verformungen standzuhalten. Sie sollen aus geeigneten Materialien bestehen, wie sie in den Zulassungen oder betreffenden Normen festgelegt sind.

P(104) Herkömmliche Hüllen, aus gewellten Stahlstreifen geformt, oder PVC-Röhren sind nicht zulässig<sup>1</sup>).

(105) Bei Verfüllung mit Zementmörtel sollte das Hüllrohr imstande sein, einen Innendruck von [1.0] N/mm<sup>2</sup> aufzunehmen. Eine höhere Druckaufnahmefähigkeit kann erforderlich sein, wenn die Ausführung des Spanngliedes einen höheren Injektionsdruck vorsieht.

(106) Bei Verwendung von Zementmörtel sollte der innere Durchmesser des Hüllrohres mindestens gleich  $1.6 \cdot \sqrt{A_p}$  sein, wobei  $A_p$  der Nenndurchmesser des Spannstahles ist.

(107) Wird das Hüllrohr mit einem Schutzmittel wie Fett oder Wachs gefüllt, muß es die in der Zulassung genannten Innendrucke und Temperaturen aufnehmen können. Die Auswirkungen von Temperaturunterschieden zwischen Hüllrohr und Füllung dürfen den Korrosionsschutz des Spannstahls nicht beeinträchtigen.

(108) Fehlt ein Hinweis in den Zulassungen des Spannverfahrens, so sollte die Stärke der Wandung des Stahlhüllrohres dem größeren Wert der nachfolgenden Bedingungen entsprechen:

$$\begin{aligned} t &\geq \varnothing / 50 \\ t &\geq 1.5 \text{ mm} \end{aligned} \quad (3.106)$$

---

<sup>1</sup>Die Hüllen bestehen gewöhnlich aus hochdichten Polyethylen (HDPE) oder aus Stahlröhren

wobei  $\varnothing$  den äußeren Durchmesser bezeichnet.

Werden Stahlhüllrohre abschnittsweise durch Schweißen verbunden, so sollten sie mindestens [3] mm dick sein.

Das Stahlhüllrohr sollte bis zu einem Radius, der dem [20] fachen Durchmesser entspricht, ohne wesentliche Verformung des ursprünglichen Querschnittes kalt gebogen werden können.

- (109) Fehlt ein Hinweis in den Zulassungen des Spannverfahrens, so sollte die Wandstärke  $t$  von HDPE-Hüllrohren den folgenden Bedingungen genügen:

$$\begin{aligned} t &\geq \varnothing / 16 \\ t &\geq 5 \text{ mm} \end{aligned} \quad (3.107)$$

wobei  $\varnothing$  den äußeren Durchmesser bezeichnet.

- (110) Das HDPE-Material sollte UV-beständig sein mit einem Bestandteil an Antioxidationsmitteln von mindestens 1000 ppm.

Neuer Abschnitt:

### 3.4.3 Externe Spannglieder ohne Verbund

#### 3.4.3.1 Allgemeines

- P(101) Ein externes Spannglied ohne Verbund ist ein Spannglied, das außerhalb des eigentlichen Betonquerschnittes geführt wird und nur durch Verankerungen und Umlenksättel mit dem Bauwerk verbunden ist.
- P(102) Übliche Spannsysteme für nachträgliche Vorspannung benötigen eine besondere Zulassung durch die verantwortlichen Behörden, wenn sie als externe Spannglieder eingesetzt werden sollen.
- (103) Im Verankerungsbereich wird das Spannglied gewöhnlich in einem Betonbauteil oder einer Stahlkonstruktion befestigt.
- (104) Umlenksättel können aus Betonblöcken, Stahlbauteilen oder Querbalken bestehen. Am Umlenksattel wird das Spannglied umgelenkt und gibt dabei an diesen eine radiale Kraft ab.
- (105) Sofern nicht ausdrücklich anders bestimmt, sollten Verankerungen und Umlenksättel ein Auswechseln des Spanngliedes ohne Beschädigung von Tragwerksteilen erlauben.

### 3.4.3.2 Verankerungen

Bei fehlenden Angaben in den Systemzulassungen kann der minimale Krümmungsradius eines Spanngliedes in der Verankerungszone außerhalb der Trompete der Tabelle 3.105 entnommen werden.

**Tabelle 3.105: Mindestradien für Krümmungen in der Ankerzone**

Spannglied		minimaler Radius [m]
Litzen	Drähte	
19 Ø 13 mm oder 12 Ø 15 mm	54 Ø 7 mm	3.5
31 Ø 13 mm oder 19 Ø 15 mm	91 Ø 7 mm	4.0
55 Ø 13 mm oder 37 Ø 15 mm	140 Ø 7 mm	5.0

Eine lineare Interpolation zwischen den Werten der Tabelle 3.1 ist zulässig.

### 3.4.4 Im Beton liegende Spannglieder ohne Verbund

#### 3.4.4.1 Allgemeines

P(101) Ein im Beton liegendes Spannglied besteht aus einem oder mehreren Drähten, Litzen oder Stäben, umgeben von einer elastischen, wasserdichten Umhüllung, die im Beton eingebettet ist. In ihr kann sich der Spannstahl in Längsrichtung frei bewegen, da der Hohlraum zwischen Umhüllung und Spannstahl mit einem Gleitmittel verfüllt ist.

P(102) Der Spannstahl ist in seiner ganzen Länge einschließlich der Verankerungszonen ständig vor Korrosion zu schützen.

P(103) Für die Verwendung als im Beton liegende Spannglieder ohne Verbund benötigen übliche Spannsysteme für nachträgliche Vorspannung eine spezielle Zulassung der entsprechenden Behörden.

(104) Das Hüllrohr kann aus Polyethylen, Polypropylen oder einem anderen korrosionsbeständigem Material bestehen; das Gleitmittel kann ein korrosionshemmendes Fett sein.

### 3.4.5 Umlenksättel

#### 3.4.5.1 Allgemeines

P(101) Entsprechend den nachfolgenden Anforderungen muß ein Umlenksattel:

- Längs- und quengerichtete Kräfte aufnehmen, die das Spannglied an ihn abgibt, und diese Kräfte auf das Tragwerk weiterleiten und
  - die Verbindung zwischen zwei geraden Abschnitten eines Spanngliedes ohne unzulässige Knicke sichern.
- (102) In den Umlenkzonen dürfen die Hüllrohre aus Stahl oder HDPE bestehen, wenn im letzteren Fall gezeigt wurde, daß das Hüllrohr geeignet ist, den radialen Druck und eine eventuelle Längsverschiebung des Spannkabels ohne Schädigung und Beeinträchtigung seiner vorschriftsmäßigen Funktion aufzunehmen. Stahlhüllrohre sollten den vorgegebenen Radien entsprechend vorgebogen werden.
- (103) Bei fehlender Angabe in der Zulassung des Spannverfahrens sollte der minimale Krümmungsradius in der Umlenkzone für das Spannglied der Tabelle 3.106 entnommen werden.

**Tabelle 3.106: Mindestradien des Spanngliedes in der Umlenkzone**

Spannglied		minimaler Radius [m]
Litzen	Drähte	
19 Ø 13 mm oder 12 Ø 15 mm	54 Ø 7 mm	3.5
31 Ø 13 mm oder 19 Ø 15 mm	91 Ø 7 mm	4.0
55 Ø 13 mm oder 37 Ø 15 mm	140 Ø 7 mm	5.0

Eine lineare Interpolation zwischen den Werten der Tabelle 3.2 ist zulässig.

- (104) Planmäßige Umlenkungen eines Spannglieds bis zu einem Winkel von  $[0.02]$  rad sind ohne besondere Umlenksättel ausführbar, wenn dies in den Zulassungen festgelegt ist. Die durch die Umlenkung entstehenden Kräfte sollten bei den Entwurfsberechnungen berücksichtigt werden.

#### **4 Bemessung von Querschnitten und Bauteilen**

Dieser Abschnitt der ENV 1992-1-1 ist mit folgenden Ausnahmen anzuwenden:

- 4.2 Bemessungswerte**
- 4.2.3 Spannbeton**
- 4.2.3.5 Bemessung von Bauteilen aus vorgespanntem Beton**

#### 4.2.3.5.5 Vorspanverluste

Ergänzung nach Anwendungsregelung (11):

- (112) Bei extern geführten Spanngliedern, die aus parallelen Drähten oder Litzen bestehen, darf der Spannkraftverlust infolge ungewollter Umlenkwinkel vernachlässigt werden.
- (113) Bei extern geführten Spanngliedern kann der Reibungsbeiwert  $\mu$  der folgenden Tabelle 4.115 entnommen werden, wenn genauere Werte fehlen.

**Tabelle 4.115: Reibungsbeiwerte  $\mu$  für verschiedene Spanngliedarten ohne Verbund**

Reibungsbeiwert $\mu$	Stahl-Hüllrohr	HDPE-Hüllrohr
eingefettete Litzen	0.18	0.12
eingefettete Drähte	0.16	0.10
nicht eingefettete Litzen	0.25	0.14
nicht eingefettete Drähte	0.24	0.12

- (114) Bei intern geführten, mit Fett umhüllten "Monostrands" können Reibungsbeiwert  $\mu$  und ungewollter Umlenkwinkel  $\varphi_1$  mit nachfolgenden Werten angesetzt werden:

$$\begin{aligned}\mu &= 0.05 \\ \varphi_1 &= 0.06 \text{ rad/m}\end{aligned}$$

- (115) Für die Ermittlung des zeitabhängigen Spannkraftverlustes in einem Spannglied ohne Verbund kann Gleichung (4.10) nach Absatz 4.2.3.5.5 der ENV 1992-1-1 herangezogen werden, wenn für Schwinden und Kriechen (9) die Mittelwerte der Betondehnungen

- bei externen Spanngliedern im Bereich gerader Abschnitte zwischen den idealisierten Knickpunkten und
- bei einem im Beton geführten Spannglied entlang der Gesamtlänge des Spanngliedes

angesetzt werden.



### **4.3 Grenzzustände der Tragfähigkeit**

#### **4.3.1 Grenzzustände der Tragfähigkeit für Biegung mit Längskraft**

Neue Abschnitte nach 4.3.1.3

##### **4.3.1.4 Externe Spannglieder ohne Verbund**

P(101) Bei extern angeordneten Spanngliedern ist im Grenzzustand der Tragfähigkeit die Dehnung des Spannstahls zwischen zwei aufeinanderfolgenden Kontaktpunkten mit dem Bauwerk (Anker oder Umlenksättel) konstant.

P(102) Im Grenzzustand der Tragfähigkeit für Biegung mit Längskraft ist die Spannstahldehnung gleich der in Abschnitt 2.5.4.4.3 der ENV 1992-1-1 definierten Vordehnung, vergrößert um die mittlere Betondehnung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Befestigungsstellen [siehe ENV 1992-1-1, Absatz 4.3.1.2 (5)4].

(103) Wenn zur Vereinfachung statt eines Traglastnachweises eine Querschnittsbemessung nach einer Schnittkraftermittlung durchgeführt wird, kann der Spannungszuwachs im Spannstahl vernachlässigt werden.

(104) Beim Nachweis von Grenzzuständen der Tragfähigkeit sollte der Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_p$  aus Tabelle 2.2, Absatz 2.3.3.1 in ENV 1992-1-1 für die nach P(101), P(102) und (103) [s.o.] ermittelten Spannkkräfte angesetzt werden.

P(105) In einer ausreichenden Anzahl von Querschnitten sollten Maßnahmen zur Gewährleistung einer plangemäßen Lagerung der Spannglieder relativ zur Betonstruktur vorgesehen werden, um schädliche Einflüsse aus Theorie II. Ordnung zu vermeiden.

##### **4.3.1.5 Interne Spannglieder ohne Verbund**

(101) Bei Bauwerken des üblichen Hochbaus [siehe Abschnitt 1.1.2 (2) der ENV 1992-1-1] darf zum Nachweis für Biegung mit Längskraft im Bruchzustand der Spannungszuwachs in Spanngliedern, die sich nur über ein Feld erstrecken, mit 100 N/mm<sup>2</sup> angesetzt werden. Bei längeren Spanngliedern, die sich über mehrere Felder erstrecken, muß dieser Wert der Last und Geometrie entsprechend reduziert werden.

#### **4.3.2 Querkraft**

Neuer Abschnitt nach 4.3.2.5

#### 4.3.2.6 Segmentbauwerke

P(101) Für den Entwurf und die Bemessung von Segmentbauteilen mit unbewehrten Fugen gelten die entsprechenden Regelungen wie für Stahlbeton: die Spannungen in den Fugen sind durch äußere Kräfte zu ersetzen, die auf das Betonsegment einwirken.

P(102) Unbewehrte Fugen müssen die einschlägigen Bedingungen für die Kraftübertragung erfüllen. Für die Übertragung ist nur der überdrückte Bereich der Fuge heranzuziehen. Bei der Übertragung der Schubkraft über unbewehrte Fugen ist diese als eine äußere Kraft zu betrachten, die auf das Betonsegment einwirkt.

Der überproportionale Abfall der Druckzonenhöhe bei ansteigendem Biegemoment ist besonders zu beachten.

(103) Zur Vereinfachung darf bei Bauwerken des üblichen Hochbaus angenommen werden, daß die Längskraft in einer unbewehrten Fuge im Schwerpunkt des überdrückten Teils des Querschnittes angreift.

(104) Für die ungünstigste Lastfallkombination [nach Gleichung 2.8(a) oder 2.8(b) der ENV 1992-1-1] sollten bei fehlender Erfahrung unbewehrte Fugenquerschnitte mindestens zu  $\lfloor 2/3 \rfloor$  ihrer Gesamthöhe überdrückt werden, sofern keine genaueren Nachweise geführt werden. Bei Hohlquerschnitten sollte auch die Torsion berücksichtigt werden.

### 4.4 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

#### 4.4.0 Allgemeines

Neuer Abschnitt nach 4.4.0.2

#### 4.4.0.3 Lastfälle und Kombinationen

(101) Zusätzlich zu den Einwirkungskombinationen nach Abschnitt 2.3.4 der ENV 1992-1-1 sollte ein Temperaturunterschied von  $\lfloor \pm 10^\circ \rfloor$  K zwischen externen Spanngliedern und dem Betonbauwerk berücksichtigt werden. Wenn Spannglieder der direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind, können besondere Überlegungen erforderlich sein.

(102) Zur Vereinfachung des Nachweises der Gebrauchstauglichkeit darf die Berechnung unter der Annahme, daß der Beton ungerissen bleibt, durchgeführt werden.

(103) Zur Ermittlung der Kräfte in extern geführten Spanngliedern infolge veränderlicher Lasten dürfen die Umlenksättel als Festpunkte betrachtet werden (keine Relativverschiebung in Längsrichtung zwischen Spannglied und Betonbauwerk).

**4.4.1 Begrenzung der Spannungen unter Gebrauchsbedingungen**  
**4.4.1.1 Grundlagen**

Ersatz der Anwendungsregelung (4) durch:

- (104) Sind alle Spannglieder ohne Verbund, so sind die spezifischen Regelungen für vorgespannten Beton nach Abschnitt 4.4.1.1 (4) der ENV 1992-1-1 nicht anwendbar. Bezüglich Dauerhaftigkeit gelten die Regelungen für Stahlbeton.

**4.4.2 Grenzzustände der Rißbildung**  
**4.4.2.1 Allgemeines**

Ersatz des Abschnitts 4.4.2.1 der ENV 1992-1-1 durch:

- P(101) Sind alle Spannglieder ohne Verbund, so sind die spezifischen Regelungen für vorgespannten Beton nach Abschnitt 4.4.1.1 (4) der ENV 1992-1-1 nicht anwendbar. Bezüglich Dauerhaftigkeit gelten die Regelungen für Stahlbeton analog.
- (102) Bei extern vorgespannten Bauteilen mit unbewehrten Kontaktfugen sollte unter seltenen Lastkombinationen, wie in Abschnitt 2.3.4 P(2) der ENV 1992-1-1 definiert, eine Fugenöffnung, d.h. Betonspannungen  $\sigma_C > [0]$  (Überschreiten des Grenzzustandes der Dekompression) nicht zugelassen werden. Für diesen Nachweis darf die zu berücksichtigende Vorspannkraft mit dem Mittelwert  $P_m$  angesetzt werden.

**4.4.2.2 Mindestbewehrung**

Ergänzung nach Anwendungsregelung (8):

- (109) Für extern vorgespannte Bauteile aus Ortbeton oder mit bewehrten Fugen und für intern ohne Verbund vorgespannte Bauteile ist Abschnitt 4.4.2.2 der ENV 1992-1-1 maßgebend mit Ausnahme der Regelung (8): Spannglieder bleiben bei der Ermittlung der Mindestbewehrung unberücksichtigt.

**4.4.2.3 Beschränkung der Rißbildung ohne direkte Berechnung**

Ergänzung nach Anwendungsregelung (6):

- P(107) Sind alle Spannglieder ohne Verbund, so sind die spezifischen Regelungen für vorgespannten Beton in Abschnitt 4.4.2.3 der ENV 1992-1-1 nicht anwendbar.

#### **4.4.2.4 Berechnung der Rißbreite**

Ergänzung nach Prinzip (8):

P(109) Sind alle Spannglieder ohne Verbund, so sind die spezifischen Regelungen für vorgespannten Beton in Abschnitt 4.4.2.4 der ENV 1992-1-1 nicht anwendbar.

### **5 Bauliche Durchbildung**

Dieser Abschnitt der ENV 1992-1-1 ist mit folgender Ausnahme anzuwenden:

Bündelung ist erlaubt in Bereichen außerhalb der Verankerungszonen unter der Voraussetzung, daß Einbringen und Verdichten des Betons zufriedenstellend erfolgen kann und ein guter Verbund zwischen Beton und Spanngliedern erreicht wird. Für die Ausführung der Bündel gelten die Regelungen in Abschnitt 5.2.7 der ENV 1992-1-1 analog.

### **5.3 Spannglieder**

#### **5.3.1 Anordnung der Spannglieder**

Ergänzung nach Anwendungsregelung (3):

P(104) Falls vertraglich festgelegt, soll eine Austauschmöglichkeit der Spannglieder vorgesehen werden.

(105) Bei externer Vorspannung wird die Austauschbarkeit gewöhnlich mit der Zulassung des Spannverfahrens gefordert.

(106) Bei internen Spanngliedern ohne Verbund sollten die beim Austausch einzuhaltenden Bedingungen und die Anzahl der gleichzeitig auszutauschenden Spannglieder im Einzelfall festgelegt werden.

P(107) Kritische Querschwingungen extern geführter Spannglieder infolge Verkehr, Wind oder anderer Ursachen sind durch geeignete Maßnahmen zu unterbinden.

P(108) In aggressiver Umgebung, d.h. Umweltbedingungen der Klasse 3, 4 oder 5 nach der ENV 1992-1-1, Tabelle 4.1, ist der Kontakt zwischen vorgefertigten Segmenten für mehrfeldrige Systeme durch eine dünne Schicht Epoxydharz oder gleichwertiges Material zu sichern.

(109) Die Umlenksättel sind so auszubilden, daß an beiden Enden eine Winkelabweichung von mindestens  $[0.02]$  rad in jeder Richtung toleriert werden kann.

### **5.3.2 Betondeckung**

Prinzip P(1) wird ersetzt durch:

P(101) Die Regelungen für die Mindestbetondeckung nach Abschnitt 5.3.2 der ENV 1992-1-1 sind nicht auf interne Spannglieder ohne Verbund anzuwenden.

(102) Die Betondeckung für interne Spannglieder ohne Verbund sollte nicht kleiner als [20] mm sein.

## **5.5 Schadensbegrenzung bei außergewöhnlichen Einwirkungen**

### **5.5.2 Bemessung von Ringankern**

Ergänzung nach der Ausführungsregelung (4):

P(105) Tragwerke, die durch über mehrere Felder verlaufende Spannglieder ohne Verbund vorgespannt sind, können anfälliger für einen fortschreitenden Einsturz sein, da lokale Schäden auch entfernte Teile beeinflussen können.

P(106) Wenn Spannglieder ohne Verbund zur Sicherung eines mehrfach gegliederten Systems herangezogen werden, muß zusätzlich die Möglichkeit einer Kraftumlagerung infolge eines lokalen Spanngliedversagens, gegebenenfalls durch eine im Verbund liegende Bewehrung sichergestellt werden.

(107) Bei durchlaufenden Platten sollte nachgewiesen werden, daß ein beliebiges gleichzeitiges Versagen zweier, unmittelbar nebeneinander liegender Spannglieder ohne Verbund nicht zum Einsturz führt.

## **6 Bauausführung**

Dieser Abschnitt der ENV 1992-1-1 ist anzuwenden, soweit jeweils sinnvoll.

## **7 Güteüberwachung**

Dieser Abschnitt der ENV 1992-1-1 ist anzuwenden, soweit jeweils sinnvoll.

## **Anhang 1: Zusätzliche Hinweise zur Ermittlung der Auswirkungen zeitabhängiger Betonverformungen**

Dieser Abschnitt der ENV 1992-1-1 ist anzuwenden, soweit jeweils sinnvoll.

## **Anhang 2: Nichtlineare Verfahren der Schnittgrößenermittlung**

Dieser Abschnitt der ENV 1992-1-1 ist anzuwenden, soweit jeweils sinnvoll.

### Hinweise zu Anhang 2:

Bei Anwendung der Segmentbauweise und sich öffnenden Fugen im Grenzzustand der Tragfähigkeit muß die Schnittkraftumlagerung mit einer nichtlinearen Berechnung ermittelt werden.

Die Ermittlung des Spannungszuwachses im Spannstahl im Grenzzustand der Tragfähigkeit erfolgt zweckmäßigerweise mit einer nichtlinearen Berechnung unter Berücksichtigung der Ribbildung.

## **Anhang 3: Ergänzende Hinweise zu den durch Tragwerksverformungen hervorgerufenen Grenzzuständen der Tragfähigkeit**

Dieser Abschnitt der ENV 1992-1-1 ist anzuwenden, soweit jeweils sinnvoll.

## **Anhang 4: Rechnerische Ermittlung der Tragwerksverformungen**

Dieser Abschnitt der ENV 1992-1-1 ist anzuwenden, soweit jeweils sinnvoll.