

Leitfaden zur nachträglichen Ertüchtigung von Brücken mittels externer Vorspannung

1.1 Allgemeines

Die Regelungen sind bei der Auslegung, Bemessung und der Ausführung von Endverankerungskörpern bei nachträglich, mit externen Spanngliedern verstärkten Überbauten zu berücksichtigen. Sie sind für Ertüchtigungen anzuwenden, deren Nachweisführung auf Grundlage der Nachrechnungsrichtlinie für Straßenbrücken, Ausgabe 05/2011, nach DIN-Fachbericht 102 – 104 beruht. Zusätzlich ist das Schreiben des BMVBS StB 17/7197.10/10-1436721 vom 15.06.2011 zu beachten.

Die Regelungen im DIN-Fachbericht 102:2009 Kapitel III "Ergänzungen für Betonbrücken mit externen Spanngliedern" bleiben hiervon unberührt.

1.2 Einwirkungen

Die Bemessung der Verankerungskonstruktion muss für alle auftretenden Einwirkungen nach DIN-Fachbericht 101 erfolgen. Die Teilsicherheitsbeiwerte und Kombinationsbeiwerte sind gem. DIN-Fachbericht 101:2009 bzw. den jeweiligen Bemessungsnormen DIN-Fachbericht 102:2009, DIN Fb 103:2009 etc. anzusetzen. Besondere Regelungen für anzusetzende Teilsicherheitsbeiwerte werden nachfolgend angegeben.

Einwirkungen infolge Längsvorspannung:

Die Einwirkungen infolge Längsvorspannung stellen unabhängig von der Ausbildung der Endverankerungskonstruktion die maßgebliche Einwirkung dar. Diese sind gemäß DIN- Fachbericht 102 für den Grenzzustand der Tragfähigkeit mit $\gamma_p = 1,35$ anzusetzen.

Quervorspannung:

Für die Ausbildung der Endverankerung müssen die in der Schubfuge tatsächlich wirkenden Spannungen infolge Quervorspannung zu dem entsprechenden Zeitpunkt betrachtet werden. Spannkraftverluste infolge Kriechen, Schwinden, Relaxation, Keilschlupf und Reibung sind bei der Kraftübertragung in der Schubfuge zu berücksichtigen. Für die Ermittlung des Bemessungswertes der aufnehmbaren Schubkraft (Widerstand) ist die Quervorspannung als eigenständige, ständige Einwirkung zu betrachten.

Die Quervorspannung ist mit dem Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{p,int} = 0,95$ anzusetzen.



Einwirkungen infolge Temperatur:

Temperatureinwirkungen müssen bei Bauteilen, die Teil eines statisch unbestimmten Systems sind, wie z.B. Zug- und Druckstreben, deren Auswirkungen unbedingt untersucht werden. Dies bedarf einer räumlichen Berechnung, entsprechend der Anforderungen in 1.3.

Einwirkungen infolge Verkehr:

Einwirkungen infolge Verkehr müssen bei Bauteilen, die Teil eines statisch unbestimmten Systems sind, wie z.B. Zug- und Druckstreben, hinsichtlich deren Auswirkungen unbedingt untersucht werden. Dies bedarf einer räumlichen Berechnung, entsprechend der Anforderungen in 1.3.

Wind oder Schnee:

Einwirkungen aus Wind oder Schnee haben keine bzw. keine direkte Einwirkung auf die Verankerungskonstruktion und müssen daher in der Regel nicht explizit berücksichtigt werden.

1.3 Anforderungen an die Modellierung

Die Modellierung für die Bemessung des Überbaus muss das Tragverhalten bzw. die Steifigkeitsverhältnisse ausreichend genau erfassen, um die Wirkung der externen Längsvorspannung korrekt abzubilden. Daher ist für die Modellierung der Auswirkungen auf den Bestandsüberbau ein dreidimensionales FE-Modell (unter Verwendung von räumlichen Kontinuums-Elementen) zu verwenden. Abweichungen hiervon bedürfen der Zustimmung des Prüfindgenieurs und des Auftraggebers.

Das Modell muss den maßgebenden Ausschnitt des Brückenüberbaus abbilden. Die Anordnung der Knotenpunkte des Modells ist so zu wählen, dass alle relevanten Punkte, z.B. die Knotenpunkte des Lastangriffs, durch die Längs- bzw. Querspannglieder, in einem homogenen dreidimensionalen Knotengitter erfasst sind.

Bei der Modellierung der Kontaktfuge muss ein Materialmodell verwendet werden, welches das Tragverhalten der Kontaktfuge hinreichend genau abbildet. Die Übertragung von Zugkräften über die Kontaktfuge ist nicht zulässig.

1.4 Konstruktive Durchbildung des Endverankerungskörpers

1.4.1 Endverankerungskonzepte als Stahlbaulösung

Endverankerungen die als reine Stahlbaulösung ausgeführt werden, müssen gemäß den statischen Erfordernissen hinsichtlich Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit (z.B. vorgespannte Schraubverbindungen) nach DIN-Fachbericht 103:2009 ausgeführt und bemessen werden. Für die gewählte Konstruktion ist pro Bauteil ein Einzelaufmaß vom Einbauort zu fertigen, darüber hinaus ist die Montierbarkeit unter Berücksichtigung der zu verwendenden Einbauhilfen, ggf. vorhandener Einbauteile, geometrischer Zwänge u. ä. nachzuweisen.

1.4.2 Endverankerung als Stahl- bzw. Spannbetonkonstruktion

Für Endverankerungen die aus Stahl- bzw. Spannbeton ausgeführt werden ist neben der statisch erforderlichen Bewehrung, im Speziellen der Quervorspannung, zusätzlich konstruktive Bewehrung vorzusehen, die rechnerisch nicht erfasste Effekte kompensiert.

- Mindestbewehrung im Bereich der Lasteinleitung der Spannglieder gemäß bauaufsichtlicher Zulassung.
- Anschlussbewehrung zur Sicherung des Endverankerungsblocks am Bestandsbauwerk. Diese Bewehrung sollte unter Beachtung der Regelungen der bauaufsichtlichen Zulassung im Abstand von 50 cm am oberen und unteren Rand des Ankerblocks eingebaut werden.
- Oberflächenbewehrung zur Vermeidung von breiten Rissen. Außer im unmittelbaren Bereich des Ankerkörpers der Längsvorspannung sollte eine durchgängige Oberflächenbewehrung mit Durchmesser 14 mm im Abstand von 100 mm vorgesehen werden.

1.4.3 Spannverfahren in Querrichtung

Es wird empfohlen Spannverfahren zu verwenden die geringe Schlupfwerte aufweisen.

- Bis zu einer Spanngliedlänge von 2,0 - 2,5 m sollten auf Grund der geringeren Spannkraftverluste glatte Spannstäbe ohne Verbund zum Einsatz kommen
- Bei längeren Spannstäben wird der Einbau von Spannverfahren im nachträglichen Verbund empfohlen.

1.4.4 Anordnung der Querspannglieder

Für die Planung der Endverankerung muss die vorhandene Bewehrung und Spanngliedführung berücksichtigt werden. Im Auflagerbereich der Stege sind die Beanspruchungen aus Querkraft hoch und die aus Biegung niedrig. Dies bedeutet, dass dort in der Regel parabelförmige interne Längsspannglieder zum Schwerpunkt hin geführt und an den Überbauenden verankert werden. Wegen der erforderlichen Achsabstände im Verankerungsbereich sind die internen Längsspannglieder aufgefächert.

- Im geplanten Verankerungsbereich ist für den Überbau der Winkel der Druck- und Zugstreben bzw. der Spannungsfelder des Querkraftmodells rechnerisch zu bestimmen.
- Der Verlauf der vorhandenen Spannglieder und der Bewehrung ist zu erfassen.
- Die Anordnung der Kernbohrungen muss den Verlauf der Spannglieder und den berechneten Druckstreben berücksichtigen. Das Spannungsfeld der Druckkraft darf nicht soweit geschwächt werden, dass sich durch die Lage der Kernbohrungen im Verankerungsbereich keine Druckstreben ausbilden können.
- Bei der Herstellung der Kernbohrungen für die einzubringenden Querspannglieder darf die Bügelbewehrung nicht beschädigt werden.

Die Festlegung der Lage der Querspannglieder ist unter Beachtung der geometrischen Randbedingungen bzw. der durch die Bügel- und Spannstahlbewehrung vorgegebenen Zwangspunkte unter Berücksichtigung einer Fehlertoleranz durchzuführen. Innerhalb des Toleranzbereiches kann dann die Lage

der Bohrpunkte verschoben werden, ohne dass im Ausführungsfall jedesmal die Arbeiten ausgesetzt bzw. statische Nachweise geführt werden müssen. Im günstigsten Fall liegt bereits eine Sondierung mit Vermessung nach 2.2.1 vor, wobei auch hier planerisch eine Toleranz vorgesehen werden sollte.

1.4.5 Schwindeigenschaften des verwendeten Betons

Bei Verwendung von Normalbeton nach DIN-Fachbericht 100, können die Schwind- und Kriechdehnungen nach DIN-Fachbericht 102 bestimmt werden. Falls erforderlich, können bei der Ausschreibung des Betons nach Eigenschaften, weitere technische Festlegungen wie z.B. Festigkeitsentwicklung, besondere Arten oder Klassen von Zement getroffen werden, sofern dies projektspezifische Bedingungen erfordern.

1.4.6 Berücksichtigung der Kriech- bzw. Schwindeigenschaften der verwendeten Betone

Besonders bei kurzen Bauteilen bzw. bei kurzen Querspanngliedern gewinnen die zeitabhängigen Verformungen (Spannkraftverluste) wie z.B. das Kriechen und Schwinden an Bedeutung.

Bei den statischen Berechnungen zur Schubkraftübertragung in der Verbundfuge sind die Spannkraftverluste der Quervorspannung infolge Kriechen und Schwinden des Betons zu berücksichtigen.

- Das rechnerisch ermittelte Schwindmaß ist auf den Ausführungsplänen anzugeben.
- Zusätzlich muss ein oberer bzw. unterer Grenzwert für das Schwindmaß angegeben werden, welcher in den statischen Berechnungen zu Grunde gelegt wurde

2 Ausführung / Qualitätssicherung

2.1 Allgemeines

Hinsichtlich Überwachung der Arbeiten sind im DIN-Fachbericht 102:2009 Kapitel III "Ergänzungen für Betonbrücken mit externen Spanngliedern" Anwendungsregeln zur Überwachung enthalten. Für den Anwendungsbereich der externen Vorspannung bei Instandsetzungen sind zusätzliche Anforderungen bezüglich Herstellung / Prüfung und Überwachung zu erfüllen.

2.2 Vorbereitende Arbeiten für Kernbohrungen

2.2.1 Lagesondierung

- Im Ankerbereich ist die Lage der vorhandenen Bügel- und Spannbewehrung nach Möglichkeit zerstörungsfrei, z.B. durch Scannen mit Ferroskan® oder Profometer® festzustellen. Die Lage der Bewehrung ist auf beiden Seiten anzuzeichnen und zu dokumentieren (Lichtbilder / Zeichnungen)
Ist keine zerstörungsfreie Prüfung möglich bzw. führt diese zu keinem eindeutigen Ergebnis erfolgt die Lagesondierung durch Anbohren und Endoskopieren, bzw. ggfs. über Suchschlitze mit HDW.
- Die geplanten Kernbohrstellen sind am Längsträger auf beiden Seiten (Bohrlocheintritt und -Austritt) einzumessen und anzutragen.
- Kollisionen der geplanten Kernbohrstellen mit der vorhandenen Bügel- / Spannbewehrung sind zu dokumentieren. Die Lage des/der Kernbohr-

punkte ist dann zu verschieben, Auswirkungen auf die Ankerblockkonstruktion sind statisch- konstruktiv zu untersuchen.

2.2.2 Vorbohren

Für das Vorbohren ist grundsätzlich eine Bohrmaschine mit Abschaltautomatik zu verwenden.

- Es sind die jeweils ungünstigst, nahe einem Spannglied, liegenden Kernbohrlöcher vorzubohren. Die Lage der Vorbohrung sollte an dem Rand des Kernbohrloches platziert werden, welches der vorhandenen Spannbewehrung am nächsten liegt.
- Bei einem Bewehrungstreffer ist z.B. mit Endoskop festzustellen, ob es sich dabei um Bewehrungs- oder Spannstahl handelt. Wurde Bewehrungsstahl angebohrt ist zu prüfen, in wie weit die Beschädigung / Zerstörung der Bewehrung einen Einfluss auf die Tragfähigkeit des Bauwerks hat. Sollte Bügelbewehrung angebohrt worden sein, ist die Lage der Bohrung zu verschieben und die verbleibende Tragfähigkeit unter Beachtung der Regeln nach 1.4.4 rechnerisch nachzuweisen. Bei Hüllrohr- oder Spannstahltreffer ist grundsätzlich die Bohrung abzubereiten und zu dokumentieren. Die Lage der Kernbohrung ist dann in Abstimmung mit dem Planer / Prüferingenieur zu verschieben, erneut vorzubohren oder durch Nachbohren nachzuarbeiten.

2.3 Kernbohrung

- Wird bei der Vorbohrung kein Hüllrohr oder Spannstahl getroffen, kann die Kernbohrung nach Freigabe durch den Prüferingenieur durchgeführt werden.
- Bei Bewehrungstreffern, die beim Vorbohren nicht festgestellt wurden, ist die Bohrung zu unterbrechen und der Treffer zu überprüfen, es gilt 2.2.2. Bei Hüllrohr- oder Spannstahltreffer ist die Bohrung abzubereiten. Die Lage der Kernbohrung ist in Abstimmung mit dem Prüferingenieur vertikal/horizontal zu verschieben und erneut vorzubohren.

2.3.1 Vorgehen bei Änderungen der Lage der Kernbohrungen

- Bei Änderungen der Lage der Kernbohrungen ist eine Umplanung der Verankerungsbereiche unter Berücksichtigung der Abweichungen vom geplanten SOLL-Zustand erforderlich. Mit dem geänderten Lochbild der Bohrpunkt-IST-Lage und ggf. abgeänderten Ankerblockabmessungen ist eine erneute Fugenbemessung durchzuführen. Bei durchbohrtem Spannglied ist zwingend eine erneute Nachrechnung des Überbaus für den Ausfall des zerstörten Spannglieds erforderlich.

2.4 Verbundfuge

2.4.1 Ausbildung Kontaktfläche

Die Kontaktfläche zwischen Endverankerungskörper in Stahl- bzw. Spannbeton und Bestandsüberbau ist zur Sicherstellung des Lastabtrags über Reibung, als **verzahnte Fuge** gemäß DIN-Fachbericht 102:2009 auszubilden.

Dies erfordert

- die Freilegung der Gesteinskörnung von mindestens 6 mm

- **zusätzliche** Ausbildung von Schubriefen über die gesamten Kontaktbereichen des Endverankerungskörpers mit einer Tiefe von 15 mm und einem Winkel an den Ränder von ca. 30°. Siehe auch Entwurfshilfe 3.012.

2.4.2 Herstellen der Verbundfuge

Arbeitsschritte zur Sicherstellung einer ausreichenden Qualität der Kontaktfläche:

- Herstellen einer horizontale Referenzfläche, bei dem der Beton hinsichtlich Größtkorn und Zuschlagstyp (gebrochen bzw. rund) mit dem Bestandsbeton vergleichbar ist
- Durchführung der Aufrauung der Flächen mit Hochdruckwasserstrahlen. Der Druck während des Hochdruckwasserstrahlens ist so einzustellen, dass ein kontrolliertes Freilegen der Zuschläge erreicht wird.
- Nachträglich leichtes "Überstrahlen" mit festen Strahlmitteln, um lose, bzw. schlecht eingebettete Zuschläge zu entfernen
- Die Rauigkeit der Referenzfläche ist unter Verwendung eines Laserverfahrens festzustellen (siehe DAfStb Heft 525)
- Es ist eine visuelle Kontrolle der geprüften Referenzfläche mit der Kontaktfläche durchzuführen
- Überprüfung der Kontaktfuge auf schlecht eingebettete Zuschläge
- Kontrolle der Rautiefe der Betonoberfläche
- Kontrolle der Schubriefen hinsichtlich Breite, Tiefe und Winkel der Ränder
- Die Flächen der Kontaktfuge sind, beginnend ca. 24 h vor dem Betonieren, vorzunässen
- Haftbrücken dürfen nicht verwendet werden