

ÜBER DEN SCHUBSPANNUNGSNACHWEIS FÜR DIE VERBUNDZONE ZWISCHEN "ALTBETON" UND "AUFBETON" BEI KONSTRUKTIVER VERSTÄRKUNG UND INSTANDSETZUNG VON STAHLBETONBAUTEILEN

Ein Verfahren zum Nachweis des kraftschlüssigen Verbundes zwischen "Altbeton" und statisch mitwirkendem "Verstärkungsbeton", insbesondere der ausreichenden Schubspannungsübertragung in der Verbundzone.

Norbert GLANTSCHNIGG

1. Aufgabenstellung

Die Verstärkung bestehender Stahlbetonbauteile, z.B. Geschoßdecken, Bodenplatten und Brückentragwerke, mit einem statisch mitwirkendem Aufbeton kann aus folgenden Gründen erforderlich werden:

- Auftreten anderer Belastungszustände durch andere Nutzung.
- Kombination von Fertigteil-Deckenelementen mit statisch mitwirkendem Aufbeton.
- Instandsetzung nach Frost-Tausalz-Schäden.
- Nichterreichen der geforderten Betondruckfestigkeit.

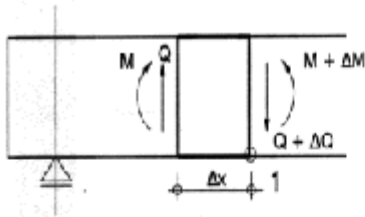
Für den Tragsicherheitsnachweis von Bauteilen mit statisch mitwirkendem Aufbeton ist die "Verbundfestigkeit" zwischen Verstärkungsbeton und Altbeton von entscheidender Bedeutung. Dazu ist der Nachweis einer Haftzugfestigkeit zwischen Verstärkungsbeton und Altbeton von $1,5 \text{ N/mm}^2$ alleine nicht ausreichend, da für den "Verbundquerschnitt" auch der Nachweis der Aufnahme der Schubspannungen aus statischer Belastung für die Verbundzone, gemäß ÖNORM B 4200, Teil 8 [6] zu erbringen ist.

Bei statisch nicht beanspruchten Bauteilergänzungen ist gemäß ÖNORM B 4200, Teil 6 [5] der Nachweis einer Haftzugfestigkeit zwischen Verstärkungsbeton und Aufbeton von $1,5 \text{ N/mm}^2$ ausreichend. Damit wird ein dauerhafter Verbund zwischen den verschiedenen Betonen in der Verbundzone aus unterschiedlichen Längenänderungen (z.B. aus Schwinden und Temperaturänderung) nachgewiesen.

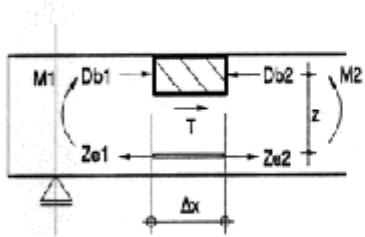
2. Schubsicherung

Aus den bekannten Gleichgewichtsbedingungen für einen Balkenabschnitt mit veränderlichem Biegemoment gemäß Abb. 1 ergibt sich die rechnerische Schubspannung, die zwischen der Null-Linie des gerissenen Querschnittes und der Zugbewehrung übertragen werden muß, mit

$$\sigma = Q/(b_0 \times z).$$



$$\begin{aligned} \Sigma M1 = \phi &= Q \cdot \Delta x - \Delta M = \phi \\ Q \cdot \Delta x &= \Delta M \\ \frac{\Delta M}{\Delta x} &= Q \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \Sigma H = \phi &= Db2 \cdot Db1 = T \quad [\text{kN}] \\ Db &= \frac{M}{z} \\ \frac{M2}{z} - \frac{M1}{z} &= \tau \cdot b \cdot \Delta x \quad [\text{kN}] \\ \frac{\Delta M}{\Delta x} \cdot \frac{1}{z} &= \tau \cdot b = T' \quad \left[\frac{\text{kN}}{\text{m}} \right] \\ T' = \tau \cdot b &= \frac{Q}{z} \end{aligned}$$

$$\tau_o = \frac{Q}{b_o \cdot z}$$

Abb. 1: Ableitung der rechnerischen Schubspannung zwischen Null-Linie des gerissenen Querschnittes und der Zugbewehrung

Dieser Kennwert für die Betonbeanspruchung wird mit der zulässigen Schubspannung $\hat{\sigma}_t$ nach ÖNORM B 4200, Teil 8 gemäß Abb. 3 (oder deren Vielfachem) für die jeweilige Betonfestigkeitsklasse verglichen.

Für den Nachweis der zulässigen Schubspannungsbeanspruchung von nachträglich mit statisch mitwirkendem Aufbeton verstärkten Stahlbetonbauteilen ist eine "fiktive Betonfestigkeitsklasse" für die Verbundzone zwischen Aufbeton und Altbeton zu ermitteln. Dazu sind vergleichende Prüfungen der Druckfestigkeit und der Punktlastfestigkeit des Aufbetons und der Verbundzone gemäß Abb. 2 durch-

zuführen.

Prüfbereich	Druckfestigkeit	Punktlastfestigkeit
Aufbeton	● ←	→ ●
Verbundzone	△ ←	→ ●

● geprüfte Festigkeit
△ abgeleitete Festigkeit

Abb. 2: Ermittlung der "Fiktiven Betondruckfestigkeit" in der Verbundzone zwischen Altbeton und Verstärkungsbeton

Der Nachweis der Schubsicherung erfolgt analog zum Nachweis für "homogene" Querschnitte, das heißt durch Vergleich des Kennwertes $\hat{\sigma}_t$ mit der zulässigen Schubspannung $\hat{\sigma}_t$ (oder deren Vielfachem) für die "fiktive" Betonfestigkeitsklasse der Verbundzone.



	Festigkeitsklasse					
	B 160	B 225	B 300	B 400	B 500	B 600
τ_1 in N/mm ²	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
(in kp/cm ²)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)

Abb. 3: Vergleichswerte der Schubspannung für den Nachweis der Schubsicherheit nach ÖNORM B 4200, Teil 8

3. Anwendungsbeispiele

Das Verfahren zum Nachweis der ausreichenden Schubspannungsübertragung in Verbundzonen zwischen Verstärkungsbeton und Altbeton kann, beispielsweise, bei folgenden konstruktiven Verstärkungen und Instandsetzungen von Stahlbetonbauteilen angewandt werden:

- Erhöhung der Tragfähigkeit von Geschoßdecken



Abb. 4: Aufstockung eines Verwaltungsgebäudes erfordert die Erhöhung der Tragfähigkeit der letzten Geschoßdecke

Die Erhöhung der Tragfähigkeit von Geschoßdecken aus Stahlbetonplatten ist meist erforderlich bei Aufstockung von Gebäuden, wenn die "letzte" Geschoßdecke nur für die Belastungen aus der Dachkonstruktion und den Schnee- und Windlasten bemessen war und künftig größere Nutzlasten aufzunehmen sind (Abb. 4) oder, wenn die geforderte Betondruckfestigkeit im Bauteil nicht erreicht wurde.

Für die Erhöhung der Tragfähigkeit wird an der Oberseite der Geschoßdecke ein Verstärkungsbeton aufgebracht und werden damit die Druckzone und die statische Nutzhöhe der Decke vergrößert (Abb. 5).



Abb. 5 Erhöhung der Tragfähigkeit von Geschoßdecken



Abb. 6: Vorbereitung der zu verstärkenden Geschoßdecke durch Kugelstrahlen

Zur Sicherstellung des Erreichens der erforderlichen "Verbundfestigkeit" zwischen statisch mitwirkendem Aufbeton und Altbeton ist die Oberfläche der Geschoß-decke mit einem geeigneten Verfahren, beispielsweise durch Kugelstrahlen, vorzubereiten (Abb. 6). Die so vorbereitete Altbetonoberfläche muß gemäß ÖNORM B 4200, Teil 6 [5] eine Abreißfestigkeit von $\geq 1,5 \text{ N/mm}^2$ aufweisen, was durch Prüfungen nachzuweisen ist.

- Herstellung der Betondruckzone von Geschoßdecken aus Fertigteil-Elementen

Auch bei Ausführung von Geschoßdecken mit Fertigteil-Elementen in Verbindung mit statisch mitwirkendem Aufbeton gemäß Abb. 7 ist die Verbundfestigkeit zwischen dem Aufbeton und den Deckenelementen von entscheidender Bedeutung und kann das Nachweisverfahren gemäß Punkt 4. angewandt werden.

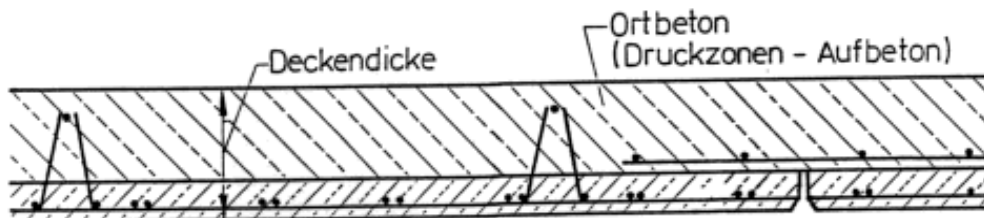


Abb. 7: Herstellung der Druckzone von Geschoßdecken aus Fertigteil-Deckenelementen

- Instandsetzung von Brückentragwerken mit Frost-Tausalz-Schäden unter undichter Isolierung

Bei der Instandsetzung von Brückentragwerken mit Frost-Tausalz-Schäden müssen die geschädigten "lockeren" Betonzonen entfernt und die verbleibende Altbetonoberfläche des Brückentragwerkes, z.B. durch Fräsen, vorbereitet werden (Abb. 8).

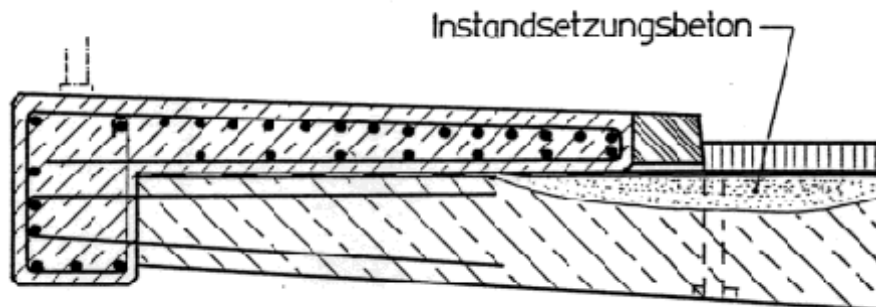


Abb. 8: Instandsetzung von Brückentragwerken mit Frost-Tausalzschäden unter undichter Isolierung

- S Der Einbau des Instandsetzungsbetons an der Tragwerksoberseite sollte in fließfähiger Konsistenz erfolgen. Zur Minimierung des Schwindens des Verstärkungsbetons werden W/Z-Wert und Zementgehalt minimiert und wird die Fließfähigkeit des Verstärkungsbetons durch die Beigabe eines Fließmittels hergestellt. (Abb. 9).



Abb. 9: Einbau des Instandsetzungsbetons an einem Brückentragwerk

4. Gütenachweis des kraftschlüssigen Verbundes

Der Nachweis des kraftschlüssigen Verbundes zwischen statisch mitwirkendem Verstärkungsbeton und Altbeton ist zunächst an einer Musterfläche auf der entsprechend vorbereiteten Altbetonoberfläche zu erbringen (Abb. 6). Dazu muß die den Anforderungen entsprechende Betonzusammensetzung in einer Eignungsprüfung entwickelt werden, in der auch das Schwinden des Verstärkungsbetons geprüft wird. (Abb. 10).

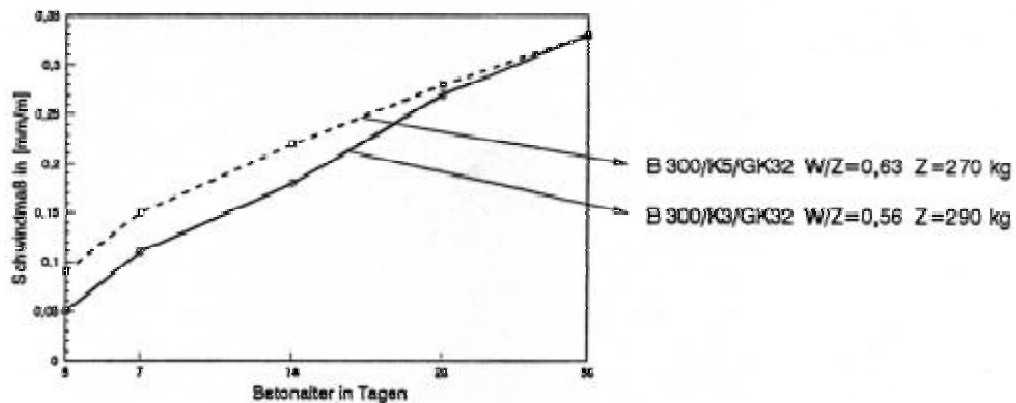


Abb. 10: Schwinden des Verstärkungsbetons
in der Eignungsprüfung

An Bohrkernen aus der Musterfläche wird die Druckfestigkeit des Aufbetons im Alter von 28 Tagen nach ÖNORM B 3303 [4] ermittelt. Zusätzlich werden "Punktlastfestigkeiten", als besondere Art von Spaltzugfestigkeiten, am ungestörten Aufbeton und in der Verbundzone zwischen Verstärkungsbeton und Aufbeton nach Abb. 11 geprüft.

Die Prüfung der Punktlastfestigkeit erfolgt in Anlehnung an die Empfehlung des Arbeitskreises "Versuchstechnik Fels" der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau [2]. Sie eignet sich auch für die Prüfung des Verbundes in gekrümmten Flächen, wie beispielsweise zum Gütenachweis der kraftschlüssigen Verpressung von Rissen.

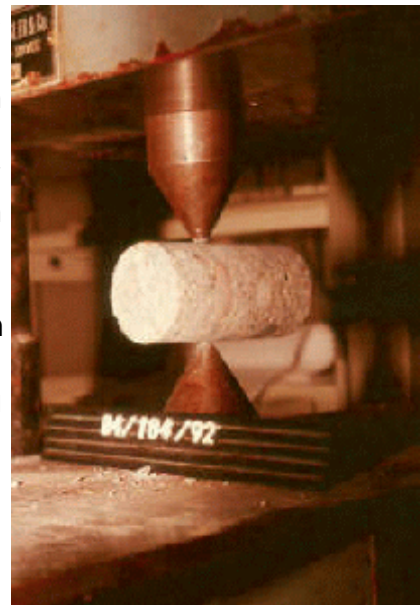


Abb. 11: Prüfung der Punktlastfestigkeit in der Verbundzone zwischen Alt- und Aufbeton

Die Art und Anordnung der Probekörper für die vergleichenden Güteprüfungen zeigt Abb. 12.

AUFBETON		VERBUNDZONE	
Druck - festigkeit	Punktlast - festigkeit	Druck - festigkeit	Punktlast - festigkeit
		" fiktiv "	
d = h = 7cm	a = 7cm		a = 7cm

Abb. 12: Vergleichende Güteprüfungen
an zylindrischen Probekörpern

Die Ergebnisse der Anwendung dieses Verfahrens zur Ermittlung einer "fiktiven Betonfestigkeitsklasse" der Verbundzone und der Vergleichs-Schubspannung $\hat{\sigma}$ für die Verbundzone für das Beispiel einer Geschoßdeckenverstärkung sind in Abb. 13 ausgewiesen.

Aufbeton	mittlere Betondruckfestigkeit in [N/mm ²] „D _{F-A} “	32,3
	mittlerer Festigkeitsindex I _{S(50)} in [N/mm ²] „I _{S(50)-A} “	2,98
Verbundzone	mittlerer Festigkeitsindex I _{S(50)} in [N/mm ²] „I _{S(50)-V} “	2,51
„D _{F-A} “ / „I _{S(50)-A} “		10,8
„fiktive Betondruckfestigkeit“ in der Verbundzone in [N/mm ²] („D _{F-A} “ / „I _{S(50)-A} “) · I _{S(50)-V}		27,1
„Fiktive Festigkeitsklasse“ nach ÖNORM B 4200, Teil10		B 225
$\hat{\sigma}$ in [N/mm ²] für die Festigkeitsklasse B 225 gemäß ÖNORM B 4200, Teil8		0,3

Abb13: Beispiel für Ergebnisse des Gütenachweises

Bei diesem Beispiel wurden die Betondruckfestigkeit und die Punktlastfestigkeit des ungestörten Aufbetons sowie die Punktlastfestigkeit der Verbundzone, in Abb. 13 ausgewertet als mittlerer Festigkeitsindex im Sinne der vorerwähnten Richtlinie [2], geprüft.

Das Verhältnis der beiden Festigkeitswerte des Aufbetons wurde für die Ermittlung der fiktiven Betondruckfestigkeit der Verbundzone herangezogen. Diese "fiktive Betondruckfestigkeit" errechnet sich nach Abb. 13 mit $10,8 \times 2,51 = 27,1$ N/mm² womit sich eine "fiktive Betonfestigkeitsklasse" von "B 225" sinngemäß zu ÖNORM B 4200, Teil 10 [7] für die Verbundzone ergibt.

Aus ÖNORM B 4200, Teil 8 nach Abb. 3 kann die Vergleichs-Schubspannung $\hat{\sigma}$ für die Verbundzone, für die "fiktive Betonfestigkeitsklasse" B 225, mit 0,3 N/mm² entnommen werden. Der Nachweis der Schubsicherung erfolgt gemäß den Bestimmungen der ÖNORM B 4200, Teil 8 [6] durch Vergleich der rechnerischen Schubspannung aus Belastung $\hat{\sigma}$ mit der zulässigen Schubspannung $\hat{\sigma}$ (oder deren Vielfachem) für die Verbundzone.

5. Zusammenfassung

Mit dem Verfahren nach Punkt 4. ist es möglich, die ausreichende Schubspannungsübertragung in der Verbundzone zwischen statisch mitwirkendem Verstärkungsbeton und Altbeton nach den Regelwerken des Stahlbetonbaues und damit den kraftschlüssigen Verbund zwischen Verstärkungsbeton und Altbeton nachzuweisen.

Der Nachweis ist vor Bauausführung an einer Musterfläche und nach Fertigstellung am "verstärkten" Bauteil durch vergleichende Festigkeitsprüfungen an Bohrkernen zu erbringen.

Literatur:

- [1] Zeugnisse der staatlich autorisierten Bautechnischen Versuchs- und Forschungsanstalt Salzburg.
- [2] Empfehlung Nr. 5 des Arbeitskreises 19 - Versuchstechnik Fels der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau e.V., Punktlastversuche an Gesteinsproben, veröffentlicht in "Die Bautechnik" 59 (1982).
- [3] H.Kaltenböck: Kraftschlüssiges Verpressen von Rissen, Zement + Beton, 28. Jahrgang, Heft 1 (1983).
- [4] ÖNORM B 3303 "Betonprüfung", März 1983.
- [5] ÖNORM B 4200, Teil 6 "Betonbau; Instandsetzung, Umbau und Verstärkung", August 1988.
- [6] ÖNORM B 4200, Teil 8 "Stahlbetontragwerke; Berechnung und Ausführung", August 1979.
- [7] ÖNORM B 4200, Teil 10 "Beton; Herstellung und Überwachung", Jänner 1983.

Dipl.-Ing. Norbert Glantschnigg
Zivilingenieur für Bauwesen
Allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger
Bautechnische Versuchs- und Forschungsanstalt Salzburg (bvfs)
Alpenstraße 157
A-5020 Salzburg
Tel.Nr.: +43 (0)662 621758-200
Fax : +43 (0)662 621758-199

e-mail : glantschnigg@bvfs.at
<http://www.bvfs.at>