



Stütze mit Zwischenanschluss.

## Sichere und normkonforme Bemessung von Stahlbetonstützen

Für den Einsatz von vorgefertigten Stützen ist auf eine seriöse Deklaration und den korrekten Einbau zu achten. Die grundsätzliche Frage lautet: Wird eine sichere und normkonforme Bemessung von Stahlbetonstützen vorgenommen – oder handelt es sich um gesetzeswidrige Billigprodukte?

Text: **Werner Aebi** | Fotos: **Alphabeton**

In den meisten Fällen werden vorgefertigte Stahlbetonstützen durch den projektierenden Ingenieur mittels Einwirkungen und Geometrie definiert. Dieser geht davon aus, dass die Stützenbemessung und sich daraus ergebende konstruktive Vorgaben gesetzes- und normkonform durch den Stützenlieferanten erfolgen. Die Kontrolle der Werkpläne durch den Bauingenieur erfolgt in Bezug auf die von ihm definierten Argumente wie Geometrie (Stützenlänge, Querschnitt), Kopf- und Fussdetail, Einwirkungen, Feuerwiderstand usw. Dass aber die vom Stützenlieferanten vorgeschlagenen Werkstoffe Beton (= Beton

nach Eigenschaften) und Betonstahl mit vorwiegend falschen Bemessungswerten und unrealistisch tiefer Kriechzahl in die Berechnung einfließen, ist für den kontrollierenden Ingenieur auf den ersten Blick nicht erkennbar. Werden solche Stützen verbaut, kann ein Stützenausfall mit fatalen Folgen leider nicht ausgeschlossen werden.

### Gesetze und Normen

#### a) Gesetze

- Bundesgesetz über Bauprodukte BauPG (Bauproduktengesetz), SR 933.0
- Verordnung über Bauprodukte BauPV (Bauprodukteverordnung), SR 933.01
- Interkantonale Vereinbarung zum Abbau Technischer Handelshemmnisse (IVTH)

#### b) Normen

- SIA 260, 2013, Grundlagen der Projektierung von Tragwerken
- SIA 262:2013, Betonbauten
- SIA 262/1:2013 Betonbau – ergänzende Festlegungen
- SIA 262.001, SN EN 1992-1-1:2004, Eurocode 1: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- SIA 262.001/NA:2014, Nationaler Anhang zu SN EN 1992-1-1:2014, Eurocode 1
- SIA 262.002, SN EN 1992-1-2:2004, Eurocode 2: Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-2: Allgemeine Regeln, Tragwerksbemessung für den Brandfall
- SIA 262.002/NA:2014, Nationaler Anhang zu SN EN 1992-1-2:2014, Eurocode 2
- SIA 262.520:2013, SN EN 13369:2013, Allgemeine Regeln für Betonfertigteile
- SIA 262.519:2013, SN EN 13225:2013, Betonfertigteile – Stabförmige tragende Bauteile (= harmonisierte europäische Produktnorm hEN)

### Gemäss Bestimmungen des Anwenderlandes

Der Hersteller erstellt eine Leistungserklärung, in der er wesentliche Produkteigenschaften und Leistungen des Bauprodukts (stabförmiges, tragendes Bauteil bzw. vorgefertigte Stütze) entsprechend den harmonisierten Normen (SIA 262.519:2013, SN EN 13225:2013 Betonfertigteile – Stabförmige tragende Bauteile) deklariert. Damit übernimmt der Hersteller die Verantwortung für die Konformität des Bauproduktes mit dessen erklärter Leistung. Nicht die Produktnorm schreibt vor, welche Tragfähigkeit das Bauprodukt (vorgefertigte Stütze) hat, sondern die nationalen gesetzlichen Bestimmungen jenes Landes, in welchem dieses Bauteil zur Verwendung gelangt.

Die Teilsicherheitsbeiwerte werden durch den projektierenden Ingenieur in der Nutzungsvereinbarung gegenüber der Bauherrschaft definiert. Unterschiedliche Werte oder Werte, die dieser Vereinbarung nicht entsprechen, sind unerwünscht – sie generieren Ergebnisse auf der unsicheren Seite!

### Was sagen die Normen?

#### a) Teilsicherheitsbeiwerte

In der (für die Schweiz) anzuwendenden Norm SIA 262:2013 sind die Bemessungswerte der einzusetzenden Materialien definiert. Die sich daraus ergebenden Teilsicherheitsbeiwerte sind:

Beton,  $\gamma_c = 1,50$  (Ziffer 4.2.1.4)

Betonstahl,  $\gamma_s = 1,15$  (Ziffer 4.2.2.1)

Tragwerksanalyse und Bemessung gemäss SIA 262, Ziffer 2.3.2.6: Für den Nachweis der Tragsicherheit gilt  $\gamma_c = 1,5$  und  $\gamma_s = 1,15$ .

Zu beachten ist insbesondere, dass der in den Normen festgelegte Stand der Technik bzw. das dort umschriebene Sicherheitsniveau nicht unterschritten werden darf, ansonsten die gesetzlich verlangten grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen bzw. der Stand der

Technik als nicht erfüllt gelten. Wer also fälschlicherweise Material-Teilsicherheitsbeiwerte reduziert, bewegt sich auf gefährlichem Terrain.

Im europäischen Normenwerk wird eine mögliche Abminderung der Teilsicherheitsbeiwerte in den Anhängen beschrieben: SN EN 13369, Anhang C, informativ.

Im Kapitel 1, Anwendungsbereich, wird gefordert: Die Berechnung und Bemessung von Betonfertigteilen gehört nicht zum Anwendungsbereich dieser Norm.

Informative Anhänge dürfen aber nur angewendet werden, wenn dies im nationalen Vorwort so beschrieben wurde und die massgebenden Werte (NDP = National Determined Parameters) im nationalen Anhang definiert sind. Beides ist bei SN EN 13369 nicht der Fall.

Für SN EN 1992-1-1 werden im nationalen Anhang die (reduzierten) Teilsicherheitsbeiwerte definiert:

Beton:  $\gamma_{c,red1} = \gamma_{c,red2} = \gamma_{c,red3} = 1,50$

Betonstahl:  $\gamma_{s,red1} = \gamma_{s,red2} = 1,15$

Von einer Reduktion der Teilsicherheitsbeiwerte ist keine Rede. Vielmehr wird im Schweizer Kommentar gefordert: «... die Material-Teilsicherheitsbeiwerte bleiben unverändert ...» und «... es ist keine Reduktion der Material-Teilsicherheitsbeiwerte möglich ...»

Für die Anwendung in der Schweiz heisst dies nun, dass eine Reduktion der Teilsicherheitsbeiwerte nicht möglich ist. Werden trotzdem solche Bauteile in Verkehr gebracht, so verstossen diese gegen das einzuhaltende Bauproduktgesetz.

#### b) Kriechzahl

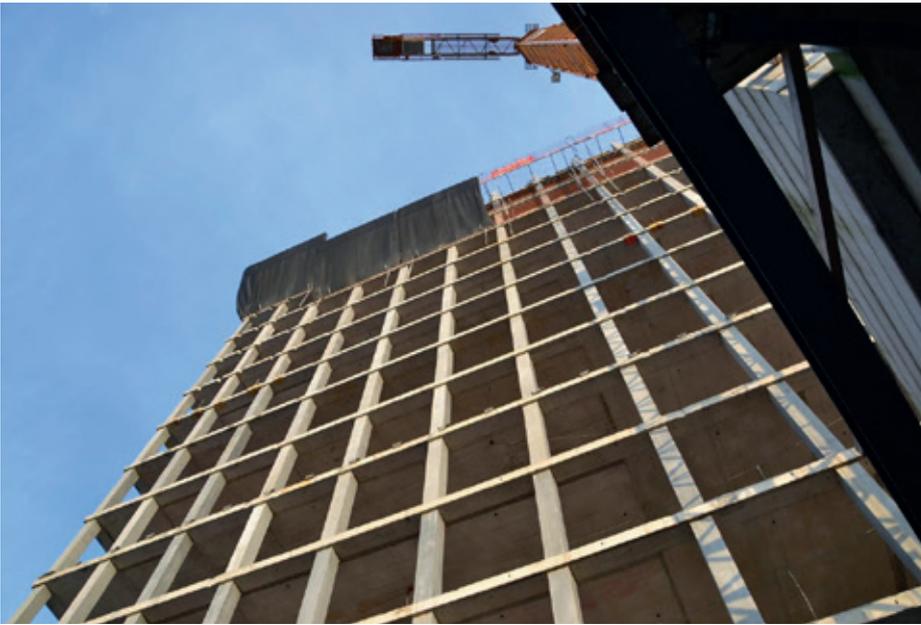
Das Kriechmass von Beton wird entsprechend SIA 262/1 Anhang F (normativ) geprüft und kann mittels Nachrechnung gemäss SIA 262 Art. 3.1.2.6 kontrolliert und abgeschätzt werden. Die Kriechzahl ist von verschiedenen Parametern (massgebender Umfang, Zementart, Betonfestigkeit, Belastungsbeginn, Belastungsdauer,

Belastungsintensität, klimatische Verhältnisse usw.) abhängig. Unrealistisch tiefe Kriechzahlen  $\phi < 1,00$  sind für hochfeste Betone falsch; diese führen zu äusserst günstigen, aber leider unsicheren Lösungen. Zu beachten ist zudem, dass sich dieser Faktor bei einem Hohlquerschnitt (im Vergleich zu einem Vollquerschnitt) zusätzlich um mindestens 25 Prozent vergrössert!

### Konsequenzen

Für alle Beteiligten ergeben sich infolge dieser nicht normkonformen Anwendung von reduzierten Material-Teilsicherheitsbeiwerten und einer zu tiefen Kriechzahl umfassende rechtliche und wirtschaftliche Konsequenzen: **Bauherrschaft:** Die Eigenschaften der Lieferung stimmen nicht mit dem Nutzungsplan überein. Der normgemässe Sicherheitsfaktor wird massiv unterschritten. In Einzelfällen kann ein frühzeitiges Versagen dieser unsicheren Stützen eintreten – mit katastrophalen Folgen. Der Nachweis des Feuerwiderstandes kann nicht erbracht werden. Die Stützen müssen kostenintensiv saniert werden. ▶





Fassadenstützen.

**Projektierender Bauingenieur:** Als Tragwerksplaner hauptverantwortlich für die Gesamtsicherheit des Bauwerks, aber auch für die Qualität von sicherheitsrelevanten Einbauteilen, wie zum Beispiel Stahlbetonstützen. Eine unzulässige Reduktion der Sicherheit ist für den Bauingenieur unerwünscht.

**Besteller (Bauunternehmer, GU usw.):** Der Einkäufer von statisch relevanten Einbauteilen trägt eine Mitverantwortung; mit Kostenfolge bei Sanierungsmassnahmen und/oder bei unlauterem Wettbewerb.

**Lieferant:** Haftpflichtansprüche bei Inverkehrsetzung nicht gesetzmässiger Produkte. Strafrechtliche Sanktionen infolge Gefährdung von Leib und Leben bei Verkauf von unsicheren Bauprodukten. Vorsätzliche und/oder fahrlässige Verletzung der Regeln der Baukunde. Kostenfolge bei Sanierungsmassnahmen und/oder infolge unlauteren Wettbewerbs.

**Mitbewerber:** Erfolgreiche Klagen infolge unlauteren Wettbewerbs gegen Beteiligte.

### Beispiele

Aufgrund von zwei willkürlich ausgewählten Stützen soll der Einfluss von reduzierten Teilsicherheitsbeiwerten und einer kleineren, unrealistischen Kriechzahl aufgezeigt werden.

Als erste Konsequenz kann der erforderliche Feuerwiderstand nicht nachgewiesen werden. Die erstellten Gutachten können nicht angewendet werden. Sowohl für den Nachweis des Nichtabplatzens des Überdeckungsbetons als auch für die rechnerische Bestimmung des Feuerwiderstandes gehen die unterschiedlichen Gutachten und die darin enthaltenen Vergleichsrechnungen immer von nicht reduzierten Teilsicherheitsbeiwerten aus. Gemäss Gutachter Prof. Dr.-Ing. Frank Dehn, MFPA Leipzig GmbH, sollte ein planender Ingenieur in der Lage sein, den

Bemessungswert nach SIA 262 normkonform zu bestimmen. Für fälschlicherweise reduzierte Teilsicherheitsbeiwerte sind die Gutachten nicht anwendbar.

Bemessungswerte für Beton, berechnet mit korrekten Teilsicherheitsbeiwerten:

Druckfestigkeitsklasse	Bemessungswert gemäss SIA 262
C50/60	$f_{cd} = 28,0 \text{ N/mm}^2$
C60/75	$f_{cd} = 32,0 \text{ N/mm}^2$
C70/85	$f_{cd} = 35,0 \text{ N/mm}^2$
C80/95	$f_{cd} = 38,5 \text{ N/mm}^2$

Die nachfolgenden Beispiele zeigen die massiven Auswirkungen bei der Verwendung von reduzierten Teilsicherheitsbeiwerten:

#### Beispiel 1

Querschnitt	oval	
Geometrie	500 x 200 mm	
Knicklänge	4000 mm	
Bemessungslast	2370 kN	
Beton $\gamma_c$	1,50	1,40
Betonstahl $\gamma_s$	1,15	1,10
Kriechzahl $\phi$	1,00	0,50
Längsbewehrung	6 Ø 34	6 Ø 22
	100 %	42 %
Preis	100 %	64 %
Qualifikation	richtig	falsch

#### Beispiel 2

Querschnitt	Quadrat	
Geometrie	350 x 350 mm	
Knicklänge	4000 mm	
Bemessungslast	4650 kN	
Beton $\gamma_c$	1,50	1,40
Betonstahl $\gamma_s$	1,15	1,10
Kriechzahl $\phi$	1,00	0,50
Längsbewehrung	4 Ø 30	4 Ø 22
	100 %	54 %
Preis	100 %	79 %
Qualifikation	richtig	falsch

Beide Beispiele zeigen eindrücklich, dass der vermeintliche Vorteil ausschliesslich beim fehlerhaft arbeitenden Produzenten liegt. Rechnet man mit der minimierten Längsbewehrung und normgemässen Teilsicherheitsbeiwerten die zulässige Traglast aus, zeigt sich leider ein Sicherheitsniveau, das kaum ein seriöser Fachplaner eingehen würde.

Ausserdem sind die Auswirkungen fatal, wenn bei der Bemessung von Stahlbetonstützen nicht normkonforme Teilsicherheitsbeiwerte und unrealistische Kriechzahlen verwendet werden. Die Verantwortung liegt hier in erster Linie beim fehlbaren Stützenhersteller. Der für die Gesamtsicherheit des Gebäudes zuständige Tragwerksplaner geht immer davon aus, dass ein Lieferant statisch relevante Bauteile gemäss den gültigen Normen produziert.

Schon bei der Lieferung nicht brandsicherer Stützen kann festgestellt werden, dass einzelne involvierte Produzenten mit allen (auch unredlichen) Mitteln versuchen, sich wirtschaftliche Vorteile zu erschleichen. So wurden im Jahr 2014 die VKF-Einträge (Nr. 23'260 und 23'267) eines Schweizer Schleuderbetonherstellers infolge Fehlverhalten widerrufen – ein einmaliger Vorgang. Bei einem Grossprojekt in Bern (Bauherr Bundesamt für Bauten und Logistik BBL) wurde durch einen von der Bauherrschaft eingesetzten Experten festgestellt, «dass der Einbau der Stützen in der beabsichtigten (offerierten) Form nicht dem Stand der Technik entspricht» und «dass nur einer Ausführung zugestimmt werden kann, die dem Stand der Technik entspricht».

**Der allgemein grosse Preisdruck in der Baubranche darf nicht zulasten der Sicherheit für Missbräuche dieser Art dienen und muss von allen seriös am Bau arbeitenden Beteiligten rigoros bekämpft werden.** ■