

Verstärkung per Mausclick – Bemessungsprogramm für Spritzbeton

Peter Onken, Dirk Matzdorff; bow ingenieure
Christoph Hankers; Torkret GmbH, Essen

Problemstellung

Die seit mehreren Jahren anhaltende Stagnation im Neubaubereich führt in der Baubranche zu einer verstärkten Rückbesinnung auf die vorhandene Bausubstanz. Sowohl aus architektonischer als auch aus wirtschaftlicher Sicht ist in manchen Fällen die Umnutzung vorhandener Bauwerke attraktiver als die Planung eines Neubaus. Für viele Ingenieure bedeutet dies ein Umdenken. Statt wie bisher überwiegend neues zu planen, werden sich Ingenieurbüros zukünftig vermehrt mit der vorhandenen Baukonstruktion auseinandersetzen müssen. Dazu gehört neben der reinen Instandsetzung von Bauwerken und Bauteilen auch die Planung von Verstärkungsmaßnahmen [1].

Lastserhöhungen, veränderte statische Systeme oder erhöhte Brandschutzanforderungen erfordern dabei häufig den Einsatz von Spritzbeton (Bild 1). Obwohl die ersten Verfahren bereits in den 20er Jahren entwickelt wurden und die Anwendung seit vielen Jahren genormt ist [2], tun sich viele Ingenieure immer noch mehr mit der Planung von Verstärkungsmaßnahmen mit Spritzbeton. Inzwischen gibt es grundlegende und praxisnahe Veröffentlichungen zu diesem Thema (z.B. [3]), es fehlt jedoch bisher an praktischen Bemessungshilfen.



Bild 1: Anwendung von Spritzbeton zur Verstärkung

Nach den geltenden Vorschriften dürfen Bauteile, die mit Spritzbeton verstärkt werden, als monolithische Bauteile betrachtet werden. In der Regel werden Spritzbetonverstärkungen wie neue Stahlbetonquerschnitte in Form einer Handrechnung oder mit Hilfe eines einfachen Stahlbetonbemessungsprogramms nachgewiesen. Vordehnungszustände, unterschiedliche Stahlsorten und -lagen sowie Verbundnachweise werden wegen der aufwendigen Nachweisführung üblicherweise vernachlässigt. Die vereinfachten Annahmen führen häufig zu unwirtschaftlichen Ergebnissen, können aber unter Umständen auch auf der unsicheren Seite liegen.

Neues Bemessungsprogramm für Spritzbetonverstärkungen

Seit kurzem steht ein Programm für die Bemessung von Spritzbetonverstärkungen an Biegebauteilen zur Verfügung [4]. Das Programm basiert auf den Grundlagen der DIN 1045 (7/88) und 18 551 [2] und ist sowohl für die Vorbemessung von Spritzbetonverstärkungsmaßnahmen als auch für die Erstellung vollständiger prüffähiger Nachweise im Rahmen einer statischen Berechnung einsetzbar. Für die gängigen Querschnittstypen Platte, Rechteck- und Plattenbalken läßt sich mit Hilfe dieser Software die zur Aufnahme der erhöhten Beanspruchung erforderliche Zusatzbewehrung berechnen. Weiterhin hat der Anwender auch die Möglichkeit, Verankerungs- und Verbundnachweise zu führen, die Querkrafttragfähigkeit des Stahlbetonquerschnitts zu überprüfen (Bild 2) und gegebenenfalls auch die zusätzliche Schubbewehrung zu ermitteln. Der Nachweis der Gebrauchsfähigkeit des zu verstärkenden Systems ist derzeit noch nicht möglich. Durchbiegungen oder die Begrenzung der Rissbreiten müssen vom Anwender im Einzelfall gesondert überprüft werden.

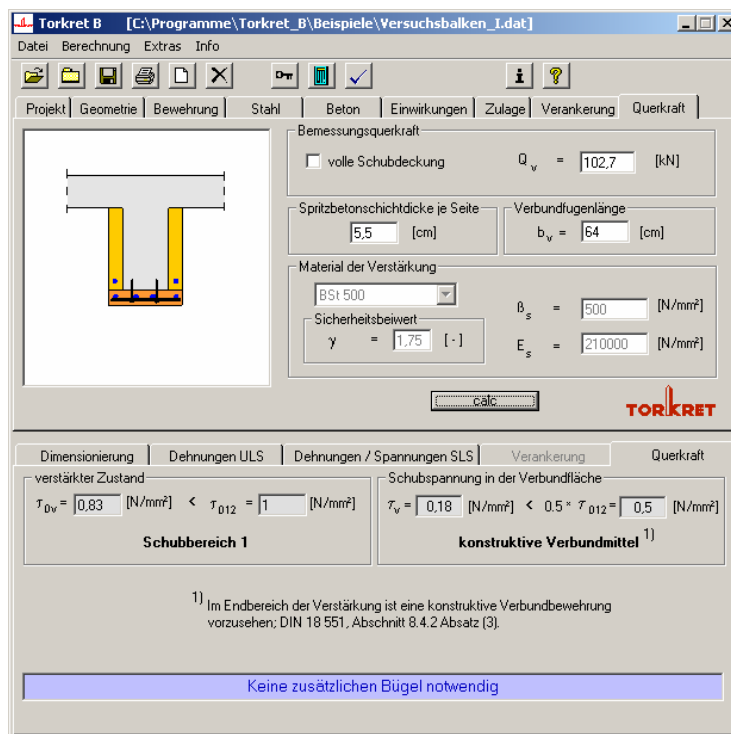


Bild 2: Bildschirmmaske zum Nachweis der Querkrafttragfähigkeit und Verbundsicherung

Die Biegemomentenbeanspruchung des zu verstärkenden Systems ist im Vorfeld der Bemessung durch eine Statische Berechnung zu ermitteln. Weiterhin werden für die Bemessung der Zusatzbewehrung die Querschnittsangaben, der vorhandene Bewehrungsgehalt sowie die verwendete Beton- und Betonstahlgüte des unverstärkten Stahlbetonquerschnitts benötigt. Am einfachsten erfolgt dies durch Einsichtnahme in vorhandene Bestandsunterlagen des Bauwerks, wie z.B. statische Berechnungen, Positionspläne etc. Sofern diese Möglichkeit nicht besteht, muß eine Zustandserfassung vor Ort durchgeführt werden. Unter Umständen ist auch eine Probenentnahme zur Überprüfung der Betondruckfestigkeit oder der eingebauten Betonstahlgüte erforderlich.

Eingabe- und Berechnungsroutinen

Die für eine Bemessung erforderlichen Querschnitts- und Baustoffdaten werden, wie bei vielen Windowsprogrammen üblich, über einzelne Registerkarten eingegeben. Die Bauteilgeometrie, Bewehrungsgehalt, Stahl- und Betongüten sowie die Beanspruchung können von jeder Stelle des Programms aus leicht überprüft und geändert werden. Erläuternde Grafiken unterstützen den Anwender bei der Dateneingabe.

Neben der Auswahl der üblichen Betonfestigkeitsklassen und Betonstahlgüten nach DIN 1045 lassen sich die Betondruckfestigkeit, die Stahlzugfestigkeit und die zugehörigen Grenzdehnungen auch frei definieren. Das Programm bietet weiterhin die Möglichkeit, bei der Bemessung der Zusatzbewehrung einen Vordehnungszustand zu berücksichtigen. In der Regel handelt es sich dabei um die Beanspruchung infolge Eigengewicht zum Zeitpunkt der Spritzbetonauftrags.

Das Programm ermittelt mit Hilfe der Querschnittsdaten zunächst das rechnerische Bruchmoment für den unverstärkten Querschnitt und anschließend unter 1,75-facher Belastung die erforderliche Zusatzbewehrung für den verstärkten Zustand. Die Berechnung erfolgt iterativ unter Ausnutzung der Gleichgewichtsbedingungen für die inneren Kräfte. Dabei wird ein ebener Dehnungszustand über die Querschnittshöhe vorausgesetzt. Für Beton und Betonstahl gelten die nichtlinearen Spannungsdehnungsbeziehungen nach DIN 1045, 17.2.1. Das iterative Lösungsverfahren und die Berücksichtigung der vorhandenen inneren Bewehrung mit den exakten Hebelarmen ermöglicht im Gegensatz zur manuellen Berechnung eine besonders wirtschaftliche und genaue Bemessung der erforderlichen Zulagebewehrung. Die Berechnungsergebnisse können bei Bedarf über die ermittelte Dehnungsverteilung kontrolliert werden.

Besonders hilfreich bei der Auswahl der Zusatzbewehrung sind die im Programm integrierten Auswahlstabellen für Stabstahl und Matten (Bild 3). Mattentyp sowie Anzahl und Durchmesser der Zulagestäbe können per Mausklick ausgewählt und nach Belieben kombiniert werden. Das Programm ermittelt jeweils den zugehörigen Bewehrungsquerschnitt und prüft, ob die vorgeschriebenen Stab- und Randabstände der Bewehrung eingehalten werden. Lässt sich die erforderliche Querschnittsfläche nicht in einer Lage unterbringen; offeriert das Programm die Möglichkeit, die Bewehrung in zwei Lagen anzuordnen. Bei Balken hat der Anwender außerdem die Option einer Stegverbreiterung zur Aufnahme einer seitlichen Zulagebewehrung.

Querschnitte von Lagermatten [cm ² /m]					
Mattenbezeichnung	Querschnitte		Mattenbezeichnung	Querschnitte	
	längs	quer		längs	quer
	cm ² /m			cm ² /m	
Q 131	1,31	1,31	R 188	1,88	0,78
Q 188	1,88	1,88	R 221	2,21	0,78
Q 221	2,21	2,21	R 295	2,95	0,78
Q 295	2,95	2,95	R 378	3,78	0,78
Q 378	3,78	3,78	R 443	4,43	0,95
Q 443	4,43	4,42	R 513	5,13	1,13
Q 513	5,13	5,03	R 589	5,89	1,33
Q 670	6,70	6,36	K 664	6,64	1,33
N 94	2,95	2,95	K 770	7,70	1,54
N 141	3,78	3,78	K 884	8,84	1,77

Auswahl	Bezeichnung	As [cm ² /m]
Lagermatte		
Flächenbewehrung		
Σ	-	

Bild 3: Auswahltable für Betonstahlmatten

Nachweisführung nach DIN 1045 und DIN 18551

Der Nachweis der Verankerung über dem Endauflager nach DIN 1045, 18.7.4 wird unter Berücksichtigung des im vorhandenen Betonquerschnitt liegenden Bewehrungsstahls geführt. Das Programm gibt an, ob die zugelegte Längsbewehrung nachträglich übers Auflager geführt werden muß. Gegebenenfalls wird die erforderliche Verankerungslänge berechnet oder ein Nachweis der Tragfähigkeit der Betondruckstrebe geführt (Bild 4).

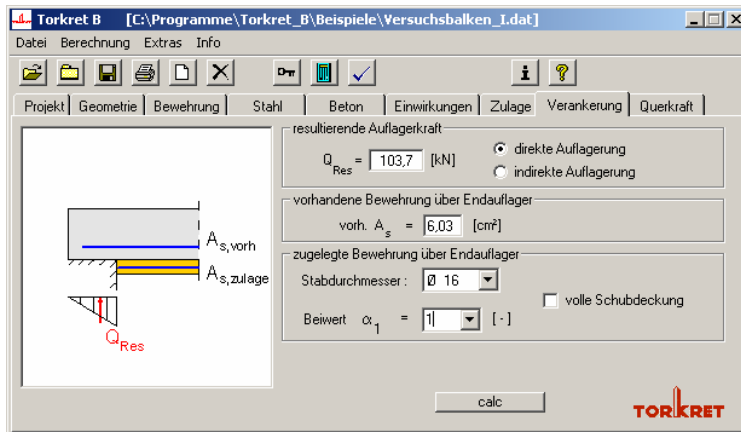


Bild 4: Bildschirmmaske zum Nachweis der Endverankerung

Die Schubtragfähigkeit des Bauteils wird nach DIN 1045 nachgewiesen. Dabei wird die vorhandene Bügelbewehrung des Altquerschnitts mit angerechnet. Je nach Schubbeanspruchung werden Schubbereich und erforderlicher Querschnitt der Zulagebügel ermittelt. Des weiteren berechnet das Programm die Schubspannung in der Verbundfläche und gibt eine Empfehlung zur Wahl der Verbundmittel.

Bemessungssoftware ab sofort erhältlich

Das Bemessungsprogramm für Spritzbeton einschließlich Handbuch kann gegen eine Schutzgebühr von €uro 69,- bei der Torkret GmbH in Essen angefordert werden. Weitere Programmversionen, wie die Berechnung nach DIN 1045-1 oder zur Bemessung von Stützenverstärkungen sind in Vorbereitung.

Literatur

- [1] Hankers, C.: Nachträgliche Tragfähigkeitserhöhung von Stahlbetonbauteilen - ein Beitrag zur Nachhaltigkeit, Vortrag: Deutscher Beton- und Bautechnik-Tag 2001, München, Mai 2001.
- [2] DIN 18 551 Ausg. März 1992, Spritzbeton, Herstellung und Güteüberwachung
- [3] Kraft, U., Ruffert, G., Schäfer, H. G., Bäätjer, G.; Verstärken von Stahlbaukonstruktionen, Stahlbetonbau aktuell: Jahrbuch 1999 für die Baupraxis, Abschnitt F.1 - F.3, Düsseldorf: Werner Verlag; Beuth Verlag.
- [4] Onken, P.; Matzdorff, D.: Einführung in das Bemessungsprogramm "Torkret_B – Biegezugverstärkung mit Spritzbeton". Fachtagung: Verstärken von Massivbauteilen, Würzburg, März 2001.