

Zukunft Bau

KURZBERICHT

Titel

Nachrechnung von Stahlbeton-Tragwerken mit niedriger Festigkeit

Anlass/ Ausgangslage

Der Erhalt vorhandener Bausubstanz auch im Falle von Umnutzung ist von volkswirtschaftlichem Interesse. Er dient der Ressourcenschonung und Abfallvermeidung.

Werden Betondruckfestigkeiten $< C12/15$ angetroffen, besteht in der Praxis große Unsicherheit, wie in solchen Bauwerken regelkonform zu bemessen ist. In der Tendenz führt dies zu einer Unterbewertung der Tragfähigkeit und in der Folge zu Rückbau oder Verstärkungsmaßnahmen. Dies könnte in vielen Fällen vermieden werden, wenn klare Regeln zur Behandlung solcher Tragwerke vorlägen.

Gegenstand des Forschungsvorhabens

Die Standsicherheit von Bestandstragwerken muss bei Umbau oder Nutzungsänderung nach aktuellem Regelwerk nachgewiesen werden. Wird an Bestandstragwerken aus Stahlbeton die charakteristische Betondruckfestigkeit anhand von Bohrkernen ermittelt oder wird sie durch Umrechnung aus Bestandsunterlagen festgestellt, ergeben sich bei älteren Bauwerken sehr oft Festigkeiten unterhalb der Festigkeitsklasse C12/15.

Der Gültigkeitsbereich der zentralen Bemessungsnorm Eurocode 2 einschließlich ihres Nationalen Anhangs ist aber auf Betone C12/15 - C100/115 beschränkt. Dies bedeutet aber nicht, dass Betone mit geringerer Festigkeit nicht bemessbar sind. Die Untergrenze in Eurocode 2 wurde überwiegend unter Aspekten der Dauerhaftigkeit gewählt (Aspekte der Dauerhaftigkeit können für Bestandstragwerke im Einzelfall gutachterlich behandelt werden).

Aus diesem Grund wurden im Projekt alle relevanten Bemessungs- und Konstruktionsregeln hinsichtlich ihrer Gültigkeit für niederfesten Beton analysiert und für die Praxis kommentiert.

Im ersten Schritt wurden zunächst die Ursachen betrachtet aufgrund derer an Bestandstragwerken eine Festigkeit kleiner 12 N/mm^2 vorgefunden werden. Zum einen kann das Bauwerk planmäßig aus einem Beton, der eine charakteristische Betondruckfestigkeit kleiner 12 N/mm^2 hat, erbaut worden sein. Zum anderen kann das Bauwerk mit einer Festigkeitsklasse größer C12/15 geplant worden sein, aber aufgrund eines hohen Variationskoeffizienten der Betondruckfestigkeit (entstanden durch Ausführungsfehler, schlechte Betonqualität, u. a.) ergibt sich eine charakteristische Betondruckfestigkeit kleiner als 12 N/mm^2 .

Zusätzlich wurden DIN 1045:1925 bis DIN 1045:2001 auf Einschränkungen hinsichtlich der Anwendbarkeit von niederfesten Betonen un-

tersucht, um herauszufinden, in welchen Zeiträumen Stahlbetonbauwerke aus niederfesten Betonen ($< 12 \text{ N/mm}^2$) zulässig waren. Im Anschluss wurden die relevanten Bemessungs- und Konstruktionsregeln des Eurocode 2, Teil 1-1, hinsichtlich ihrer Gültigkeit für niederfeste Betone analysiert.

Hierbei war u. a. die Untersuchung der Anwendbarkeit des Parabel-Rechteck-Diagramms von Bedeutung, da das Parabel-Rechteck-Diagramm die Grundlage für viele Nachweiseformate des Eurocode 2 bildet.

Als relevante Bemessungsregeln gelten u. a. die Nachweise für Biegung und Querkraft im Grenzzustand der Tragfähigkeit, die auf ihre Anwendbarkeit für niederfeste Betone untersucht wurden. Die unterschiedlichen Oberflächenbeschaffenheiten der Bewehrung (glatt oder gerippt) und deren Einfluss auf die Tragfähigkeit der Bauteile musste ebenfalls berücksichtigt werden.

Entscheidend für das Zusammenwirken von Beton und Bewehrung innerhalb von Stahlbetonbauteilen sind die Verankerungslängen, die notwendigen sind, um eine Kraftübertragung zwischen der Bewehrung und dem Beton sicherzustellen. Grundlage für die Ermittlung der Verankerungslänge ist die Verbundfestigkeit, die in Abhängigkeit der Betonfestigkeit und der Oberfläche der Bewehrung bestimmt wird. Die Verbundfestigkeit und die daraus resultierende Verankerungslänge sind für die Nachrechnung von Bestandstragwerken von großer Bedeutung, weshalb der Verbund von niederfesten Betonen und einer gerippten Bewehrung an Pull-Out-Versuchen überprüft wurde.

Für die Nachrechnung von Bestandstragwerken aus niederfesten Beton nach Eurocode 2 müssen auch die Anforderungen, die an Tragwerke aus unbewehrtem oder gering bewehrtem Beton gestellt werden, betrachtet werden. Da beispielsweise in DIN 1045:1972 unbewehrte Bauteile noch in der Festigkeitsklasse Bn 50 ($f_{ck} = 4 \text{ N/mm}^2$) und Bn 100 ($f_{ck} = 8 \text{ N/mm}^2$) hergestellt werden durften, während für Stahlbetonbauteile eine Mindestfestigkeitsklasse von Bn 150 ($f_{ck} = 12 \text{ N/mm}^2$) gefordert wurde.

Fazit

Die charakteristische Betondruckfestigkeit ist für die Nachrechnung von Bestandstragwerken von maßgebender Bedeutung und kann durch Umrechnung aus in Bestandsunterlagen angegebenen Größen oder auf Grundlage von Bohrkernentnahmen ermittelt werden.

An Bestandsbauten werden regelmäßig Betone mit niedrigerer charakteristischer Betondruckfestigkeit angetroffen, sei es, weil frühere Bemessungsnormen diese Festigkeiten vorgesehen haben oder aufgrund großer Variationskoeffizienten, die bei der Auswertung der Bohrkernproben zu niedrigen 5%-Fraktilwerten führen.

Um zu vermeiden, dass Bauwerke in der Praxis nur deshalb zurückgebaut werden, weil sie sich nach aktuellem Regelwerk nicht bemessen lassen, wurden die einzelnen Nachweiseformate hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit auf niederfeste Betone bewertet. Hierzu wurden umfangreich Literatur und eigene experimentelle Untersuchungen herangezogen.

Im Ergebnis wurde eine kommentierte Fassung von Eurocode 2 vorgelegt, aus der einige Einschränkungen bei der Anwendung von Eurocode 2 auf niederfeste Betone hervorgehen. Hintergründe hierzu werden im Abschlussbericht ausführlich dargelegt.

Werden bei einer Beprobung Variationskoeffizienten der Betondruckfestigkeit $v_x \geq 0,30$ (z. B. Stampfbeton) ermittelt und liegt der Mittelwert deutlich oberhalb von 12 N/mm², kann es auch sinnvoll sein, das auf 5%-Fraktilwerten der Betondruckfestigkeit beruhende Bemessungskonzept des Eurocodes zu verlassen. Hierfür wurden im Rahmen des Projektes erste Versuche durchgeführt.

Eckdaten

Kurztitel: Stahlbetontragwerke mit niedriger Festigkeit

Forscher / Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Schnell (TU Kaiserslautern), Rabea Sefrin, M.Sc. (TU Kaiserslautern)

Gesamtkosten: EUR 251.055,84

Anteil Bundeszuschuss: EUR 120.603,86

Projektlaufzeit: 10.10.2016 - 12.12.2018 (Laufzeitverlängerung 2 Monate)

BILDER/ ABBILDUNGEN:

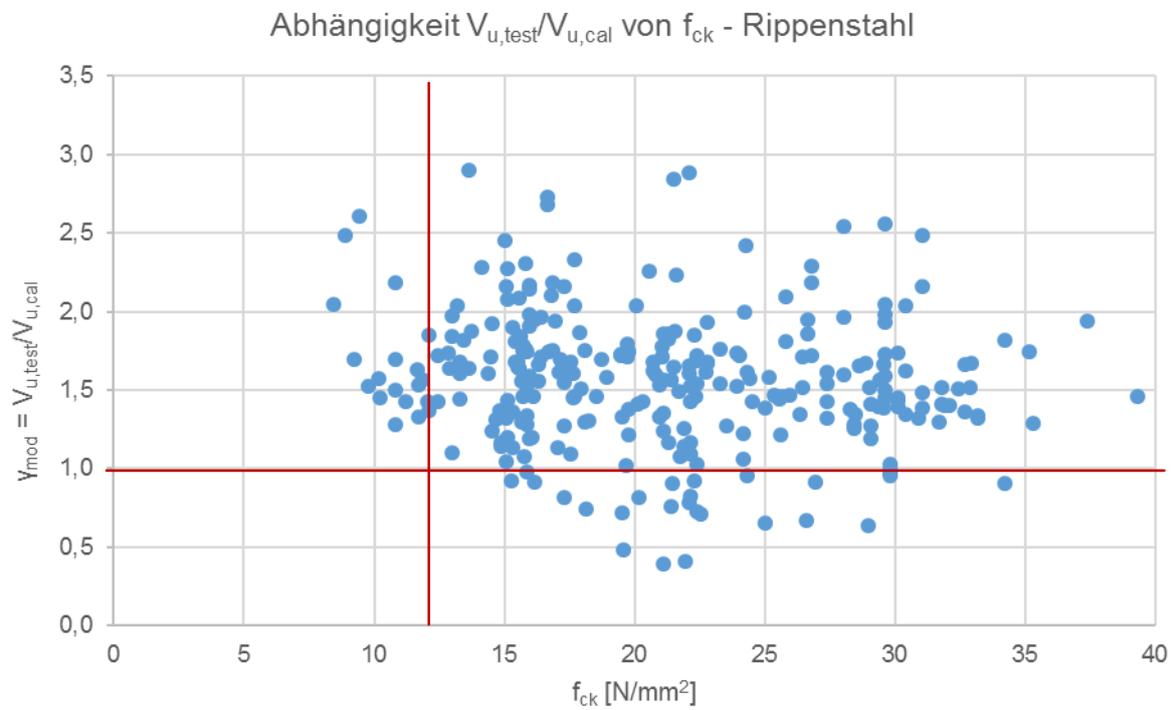


Bild 1: Bild 1.jpg

Modellsicherheitsbeiwert – Querkrafttragfähigkeit ohne Querkraftbewehrung –
Rippenstahl nach [DAfStb-Heft 597 – 2012]

Abhängigkeit $V_{u,test}/V_{u,cal}$ von f_{ck} - Glattstahl

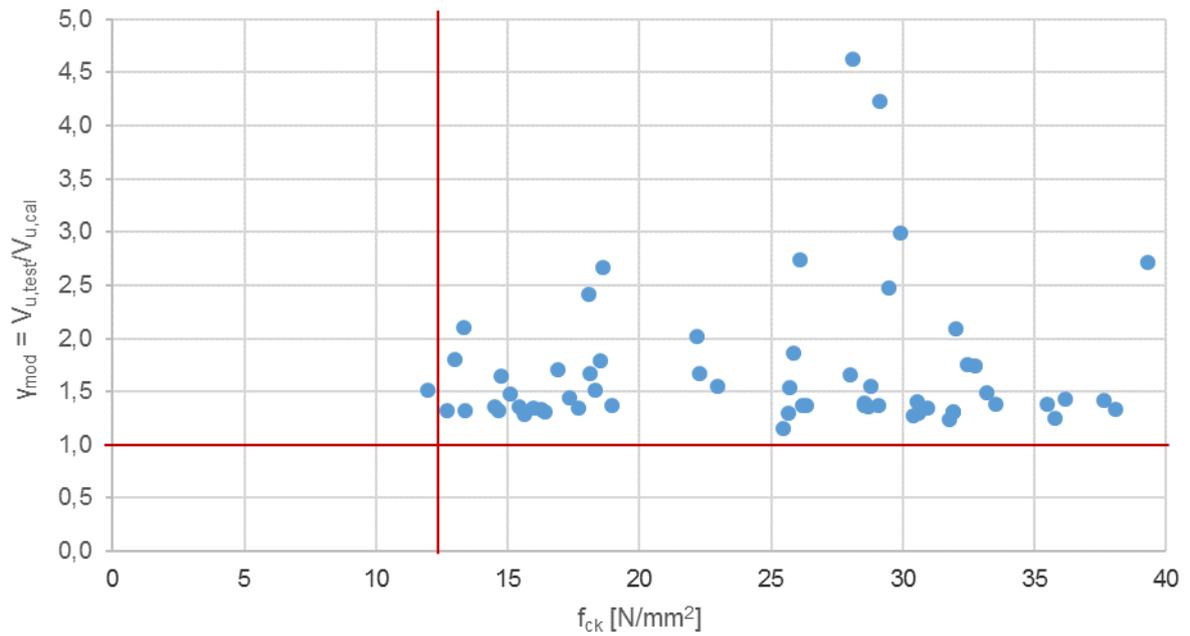


Bild 2: Bild 2.jpg

Modellsicherheitsbeiwert – Querkrafttragfähigkeit ohne Querkraftbewehrung –
Glattstahl [DAfStb-Heft 597 – 2012]

Vergleich des Querkraftwiderstands nach DIN 1045 und $V_{Rk,c}$ nach EC2 (Variation von p_l) - Platten

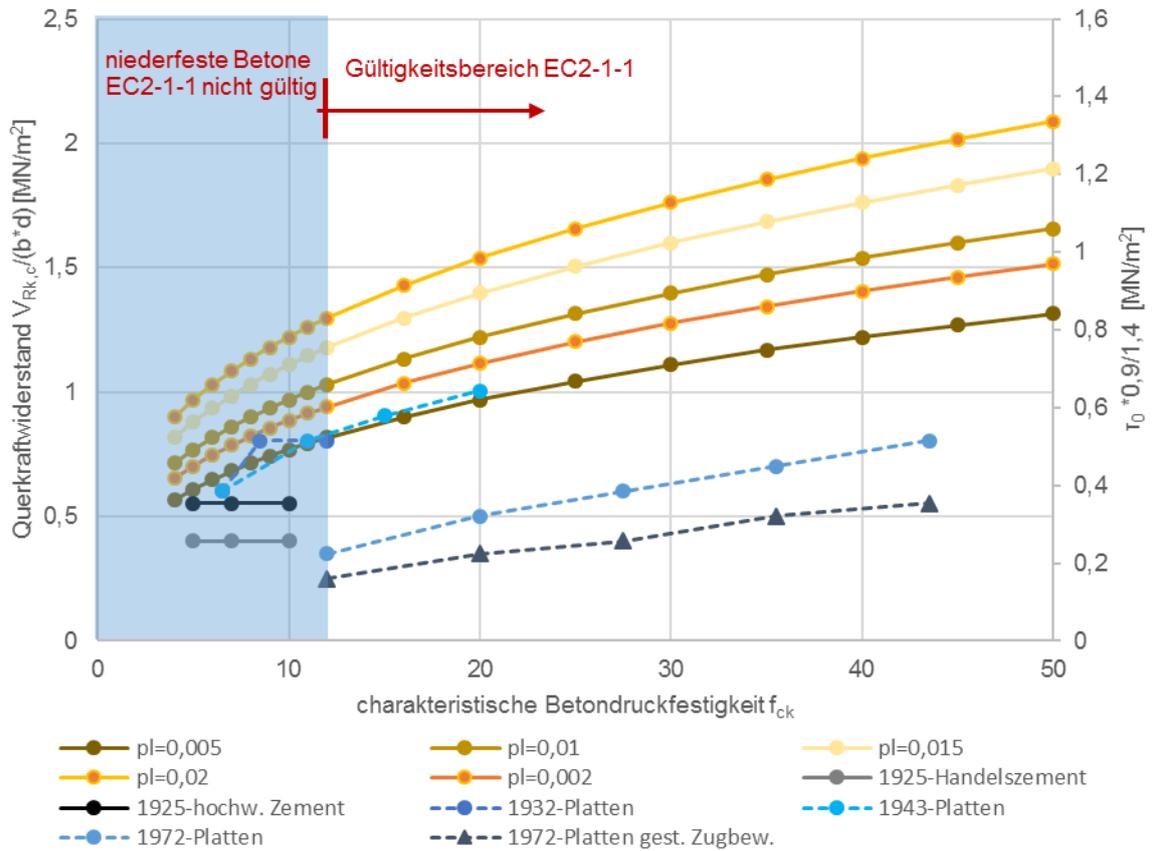


Bild 3: Bild 3.jpg

Vergleich des Querkraftwiderstands nach DIN 1045 und $V_{Rk,c}$ nach Eurocode 2 - Platten



Bild 4: Bild 4.jpg

Pull-Out-Probekörper der Verdichtungsart VA2 und VA3

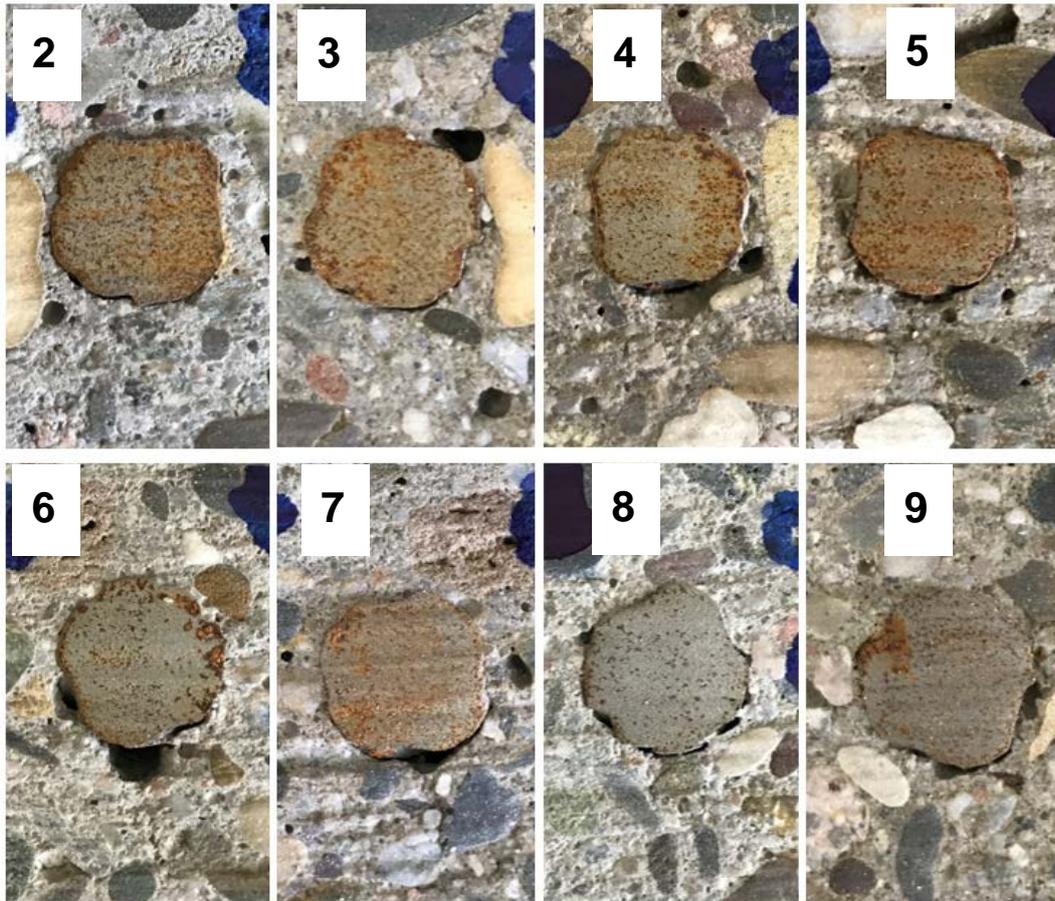


Bild 5: Bild 5.jpg

Beispielhafte Schnittflächen eines Probekörpers - Verdichtungsart VA2

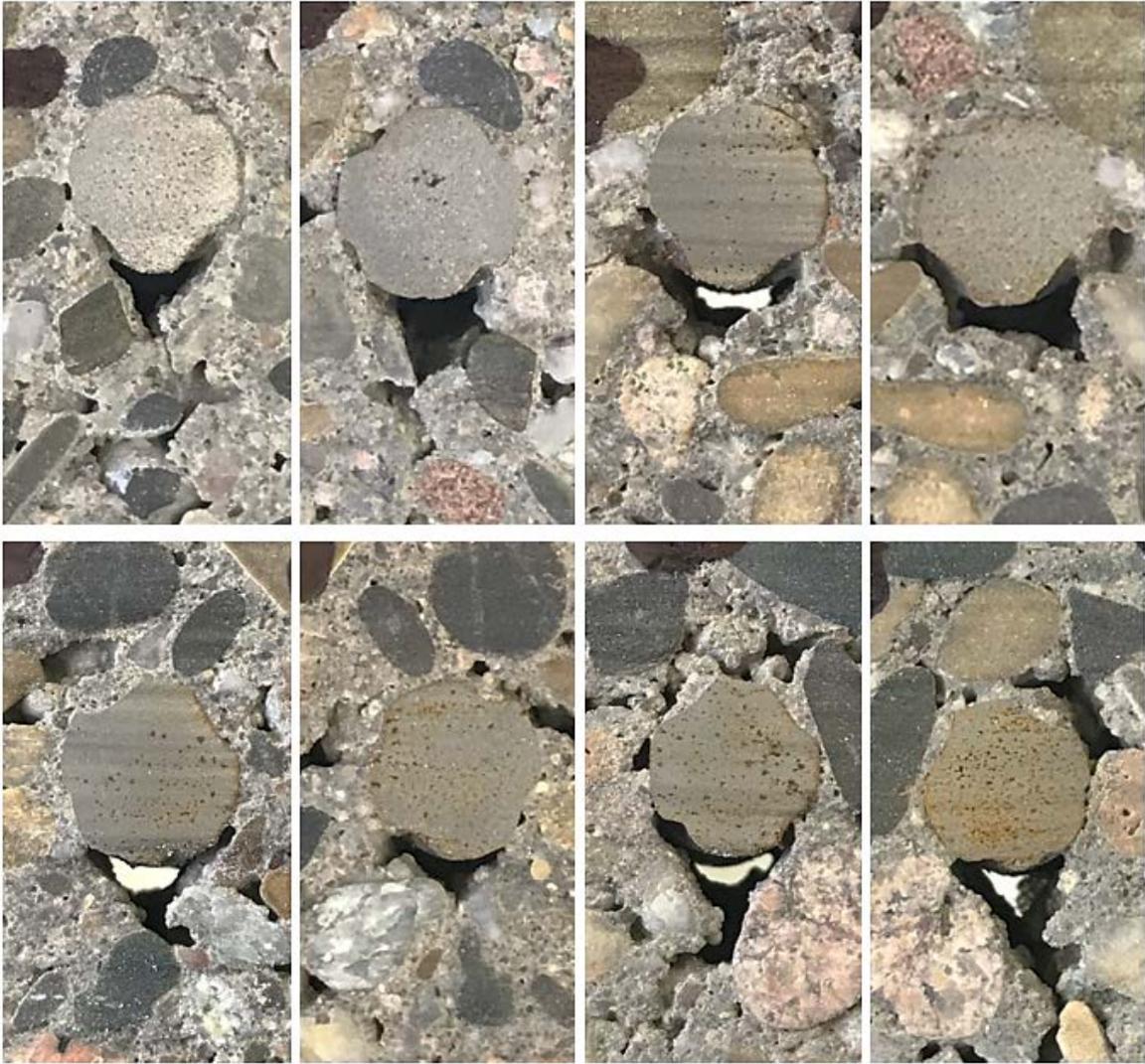


Bild 6: Bild 6.jpg

Beispielhafte Schnittflächen eines Probekörpers - Verdichtungsart VA3