

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 109 (1991)
Heft: 6

Artikel: Nochmals zerstörungsfreie Pfahlprüfung: und die Norm SIA 192?:
Stellungnahme zum Beitrag von H. Hürzeler
Autor: Andres, Franz
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-85892>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 10.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Nochmals zerstörungsfreie Pfahlprüfung: Und die Norm SIA 192?

Stellungnahme zum Beitrag von H. Hürzeler, «Schweizer Ingenieur und Architekt» 108, Heft 19/90, Seiten 508–515

Die im «Schweizer Ingenieur u. Architekt» publizierte Veröffentlichung der Herren Hürzeler und Wullimann

VON FRANZ ANDRES,
ST. GALLEN

«Pfahlprüfung mit Ultraschall» [A] hat ein bemerkenswertes Echo ausgelöst, indem hiezu bereits zwei Stellungnahmen in derselben Zeitung erschienen sind, nämlich in Heft 38/90: A. Steiger [B] und Heft 43/90: E. Scheller [C].

Offensichtlich scheint der Gegenstand die Gemüter zu bewegen. Dabei wurde in einer Einsendung auch die Pfahlnorm angesprochen [B]. Die Kommission, welche demnächst mit der Revision der Norm SIA 192 beginnt, wird nicht darum herumkommen, dieses Thema in die Redaktion mit einzubeziehen, und es möge mir deshalb gestattet sein, einige bewertende und klärende Überlegungen der Diskussion beizufügen.

Vorerst ist allerdings eine Präzisierung zum Begriff «zerstörungsfreie Pfahlprüfung» angebracht. Die sicherste Methode, das Tragverhalten eines Einzelfahles abzuklären, besteht immer noch in dessen Probelastung, vorausgesetzt, es werde für dieses Unterfangen genügend Zeit eingeräumt. Da auch hier normalerweise keine Pfahlzerstörung erfolgt, wäre eigentlich die von den eingangs zitierten Autoren aufgeführte Kontrollmassnahme eher als »physikalische Methode« zu bezeichnen, obschon auch auf diese Weise die angesprochenen Verfahren nicht klar definiert sind.

Die Norm SIA 192 erwähnt – um den nun einmal verwendeten Ausdruck weiterhin zu verwenden – die «zerstörungsfreie» Pfahlprüfung nicht. Dies aus dem einleuchtenden Grunde, weil damals bei der Gestaltung des Normentextes anfangs der 70-er Jahre solche Prüfmethoden uns noch nicht genügend bekannt waren.

Trotz den z.T. vielen Vorschusslorbeeren, welche der horizontalen und vertikalen Durchschallung der Pfahlschäfte schon aus Begeisterung am Neuen, aber

auch aus handfesten geschäftlichen Interessen gezollt wurden, blieben Unstimmigkeiten und z.T. Misserfolge mit diesem Verfahren nicht aus. Der Beitrag [A] scheint einen solchen Flop zu beschreiben. Die Stellungnahme [C] hinterlässt den Eindruck, als wären lediglich ungenügende Apparaturen und falsches Vorgehen für das beschriebene Desaster in Menziken verantwortlich, wobei es mir aber scheint, dass so einfach die Dinge nun doch wieder nicht liegen dürften.

Ein Problem sei einmal offen ausgesprochen, nämlich das der Interpretation eingebrachter Messwerte, welche Messmethoden auch immer angewendet werden. Die Autoren von [A] stellen dies in ihrer Arbeit auch heraus. Der Betonvorgang sowohl bei gerammten wie gebohrten Ortsbetonpfählen ist nämlich alles andere als ideal und entspricht in vielen Belangen nicht den Vorstellungen der Betontechnologie, z.B.:

- Sauberes und kontrolliertes Ausräumen der Bohrsohle in der Kontaktzone am Rohrfuss ist kaum möglich,
- freies Einschütten des Betons ins (trockene) Rohr,
- die bei Bohrpfählen meist stark verschmutzte Schalung, lies Bohrröhrneres,
- etappenweises Ziehen des Vortreibrohres, bei welchem die Betonsäule mehrere Male die Haftreibung zu überwinden hat,
- Unmöglichkeit der Verdichtung von Unterwasserbeton.

Diese ungünstigen Nebenbedingungen führten dazu, in der noch geltenden Normenfassung Schaftspannungen gegenüber den üblichen Werten im Betonbau erheblich zu reduzieren und dies wird im neuen, revidierten Normenentwurf – auf das Bruchniveau angehoben – wohl kaum anders ausfallen.

Das Entstehen gewisser Qualitätsunterschiede im Schaftbeton ist daher unvermeidlich, aber – korrekte Ausführung vorausgesetzt – bei angemessener Spannungsbegrenzung durchaus verantwortbar. Damit kommen wir aber wieder zum

Interpretationsproblem der Prüfungsmessungen zurück: Heikel kann die Sache nämlich beim Auftreten von kleinen und mittleren Inkontinuitäten und Störungen im Messfeld werden, die sich besonders gerne im Pfahlfussbereich zeigen. Der Entscheid, ob ein Pfahl zu ersetzen sei oder nicht, kann enorme Konsequenzen finanzieller und zeitlicher Art nach sich ziehen und für den Fall, dass bei einem aberkannten Pfahl die nachträgliche Probelastung ein einwandfreies Resultat erbringt, dem Verantwortlichen erhebliches Ungemach bereiten, was die Praxis bereits bewiesen hat. In [B] wird als Kontrollmöglichkeit das Ansetzen einer Kernbohrung erwähnt. In einem Beitrag vom 8. Nov. 1973 in der «Schweizerischen Bauzeitung (SBZ)» habe ich an Beispielen nachzuweisen versucht, dass auch diese Methode unter gewissen Randbedingungen, insbesondere bei langen Pfählen, durchaus ihre Tücken besitzt und die allgemeine Verunsicherung noch auszuweiten vermag.

Ich bin versucht, den Ausspruch des Titelhelden im Faust 1. Teil zu zitieren: «Da steh ich nun, ich armer Tor! Und bin so klug als wie zuvor....». Immerhin bleibt aber doch festzustellen, dass der Ultraschall neben dem spezifischen Nachteil (Röhrchen) doch wohl als die zuverlässigste Methode aller Integritätsprüfungen anzusehen ist.

Auch das Thema Biegepfähle kommt in [A] und [B] zur Sprache und damit die Frage der Betonüberdeckung des Bewehrungskorbes. Eine Betonüberdeckung von 5–8 cm wird in [A] als «üblich» angesehen. Ich wundere mich, dass keiner der Autoren sich an der eher dürftigen Aussage der Norm zu diesem Punkt gestossen hat, welche lediglich eine Überdeckung mit Beton verlangt, eine Definition der minimalen Stärke aber offen lässt (Art. 6.62 und 6.72). Diese vage Formulierung hat ihren guten Grund, indem die Überdeckung beim Ortsbeton sich durch keine Massnahme garantieren lässt, sofern – dies dürfte den Normalfall darstellen – die Pfahlausführung mit einem Vortreibrohr und nicht mit Stützflüssigkeit erfolgt.

Es hat sich allgemein durchgesetzt, den zu erreichenden Schaftdurchmesser dem Aussendurchmesser des Vortreibrohres gleichzusetzen. Unter dieser Vorbedingung wäre gerade bei Bohrpfählen, welche doppelwandige Bohrröhre von mind. 4–5 cm Wandstärke einsetzen, die gewünschte Überdeckung immer garantiert, vor allem,

wenn noch das vermeintliche Wundermittel zur Anwendung gelangt, den Armierungskorb mit Abstandsklötzchen auszustatten. Gerade in diesem Bereich klappt oft Theorie und Praxis bedenklich auseinander, was meist nicht bedacht wird:

□ Schon bei gerammten Ortsbetonpfählen, bei denen immer ein massives Vortreibrohr verwendet wird, welches aus Gewichtsgründen eine Wandstärke von max. 1,5 cm besitzt, geht nach dem Vorhergesagten das Überdeckungsmass theoretisch bedeutend zurück.

□ Besonders feinkörnige und sensitive Böden füllen oft und gerne den Raum des zurückgezogenen Vortreibrohres aus, weil deren Fliessfähigkeit höher ist als die des (noch durch den Armierungskorb behinderten) Betons. Pfahlschaftdurchmesser und Innen-Rohrdurchmesser liegen dann, wenigstens streckenweise, in derselben Grössenordnung und führen dort zu Minimalüberdeckungen. Erkennbar ist dieser Ablauf, sofern er überhaupt beobachtet wird oder beobachtet werden kann, am Umstand, dass der Betonspiegel während des Rohrziehens nicht oder sehr wenig sinkt. Eine nicht immer wirksame Gegenmassnahme besteht darin, den Pfahlbeton flüssiger zu machen.

□ Eine weitere Crux kann sich beim Versetzen relativ langer, ungestossener

und wenig steifer Armierungskörbe einstellen, welche besonders bei den eher schlanken, gerammten Ortsbetonpfählen gegeben sind. Nicht drückende Böden erlauben ja dem Pfahlbeton, den Raum des zurückgezogenen Vortreibrohres einzunehmen. Damit ist ein stetes Sinken des Betonspiegels verbunden. Diese nach unten sich bewegendes Betonsäule will nun den Bewehrungskorb mitziehen, wobei die auftretenden Zugkräfte auf den Korb so gross werden, dass auch ein Aufhängen desselben am Turm nichts bringt: Es lösen sich entweder Schweissstellen oder das Aufhängeseil reisst. Ist keine zu grosse Betonüberfüllung vorhanden, so konnte schon mancher Bohr- und Rammeister mit blankem Erstaunen feststellen, dass nach Fertigbetonieren des Pfahles sein Armierungskorb um einige Dezimeter tiefer lag als ursprünglich versetzt. Steht dieser mit dem Fuss auf einer festen Bodenschicht, z.B. Moräne auf, ist ein Absinken des Kopfendes nur auf eine Weise möglich: Der Korb verbiegt sich wellenförmig und solche Bilder sind in der Praxis bei z.T. freigelegten Pfählen auch sichtbar geworden. Die erhoffte Betonüberdeckung ist dann längs des Schaftes in regelmässigen Intervallen überhaupt nicht mehr da. Diese Erscheinung lässt sich nur durch Stossen der Körbe oder durch verstärkte und versteifende Längsbewehrung verhindern.

Interessant und in gewisser Weise beruhigend mag immerhin die Feststellung sein, dass meines Wissens kein Fall aktenkundig ist, bei welchem abgerostete Pfahlarmierungen bis heute zu Schäden führten.

Auch zum Thema Biegepfähle wird daher realistischerweise die revidierte Norm über die Betonüberdeckung sich mit höflichen Globalformulierungen begnügen müssen, da aus wirtschaftlichen Überlegungen heraus eine erhebliche Durchmesserreduktion des Armierungskorbes gegenüber dem Nenn-durchmesser des Schaftes kaum diskutabel erscheint.

Die Redaktoren einer Pfahlnorm haben sich mit der peniblen Gegebenheit abzufinden, eine Baumassnahme zu kodifizieren, welche einer direkten und visuellen Prüfung grösstenteils entzogen bleibt. Ein Grund mehr, Normvorschriften mit Schwergewicht «Vorsicht» zu formulieren und darauf hinzuweisen, dass korrekte Ausführung oberstes Gebot darstellt. Auch das neue Normendenken ändert an diesen Grundwahrheiten wohl kaum etwas!

Adresse des Verfassers: F. Andres, dipl. Ing. ETH/SIA, Beratender Ingenieur, Kesselhal-denstrasse 63, 9000 St.Gallen.

Replik des Verfassers

Zum Beitrag von Herrn Andres habe ich keine Erwiderungen. Einige Gedanken, die durch seine Zuschrift geweckt wurden, seien mir jedoch erlaubt.

Probebelastung

Diese sehr aussagekräftige Prüfmethode (besonders für Druckpfähle) erfordert nicht nur genügend Zeit sondern auch viel Geld, ein Grund für die nicht allzu häufige Anwendung dieser Prüfung. Diese Methode als zerstörungsfrei zu bezeichnen ist für den Pfahl selber zutreffend. Dass der geprüfte Pfahl infolge Baugrund-Störung (Grundbruch) nur noch begrenzt gebraucht werden kann, ist allerdings ein Nachteil.

Pfahlfussanomalie

Dieser häufig auftretende Befund dürfte einerseits auf das nicht (machbare)

saubere Ausräumen der Bohrsohle zurückzuführen sein, oder auf Sedimentationserscheinungen bei Unterwasserpfehlen; andererseits auf Durchmischung von Baugrund mit Beton. Letzteres bringt mit Sicherheit eine Verbesserung der Druckfestigkeit gegenüber dem unmittelbar etwas tiefer anstehenden Baugrund. Der Spitzenwiderstand erfährt dadurch, im Vergleich zur statischen Berechnung, keine relevante Benachteiligung, es ist nur unbedeutend, ob die reine Betonsäule (Pfahl) einige Dezimeter weniger hoch ist.

Die Interpretation des Prüfungsbefundes ist deshalb heikel und das Aburteilen eines Pfahles «als nicht brauchbar» ist (ohne Probebelastung) kaum möglich.

Biegepfähle

Die Publikation «Pfahlprüfung mit Ultraschall» (SIA Heft 19/90) wurde grundsätzlich für die höheren Ansprüche bei Biegepfählen geschrieben. Mit höheren Ansprüchen sind hier keine

Betonspannungen gemeint, sondern die Notwendigkeit der Betondeckung als Korrosionsschutz für die Bewehrung und die schwierige Ausgangslage, den Pfahlmantel prüfen zu wollen.

Bild 1 zeigt die übliche Anordnung der Messrohre und die durchschallten Zonen (schraffierte Flächen). Der Pfahlmantel kann so nicht geprüft werden – der Aussagegrad einer auch untadelig bestandener Prüfung muss in Frage gestellt werden.

Bild 2 zeigt den vorgeschlagenen Pfahlquerschnitt mit aussenliegenden Messrohren. Die durchschallten Zonen umhüllen die Biegebewehrung, ein positives Messresultat lässt immerhin auf die Anwesenheit von Beton ausserhalb der Armierung schliessen.

Beton-Fließfähigkeit

Die Anordnung der Armierung mit aussenliegenden Messrohren führt zwangsläufig zu einer grossen Kreis-

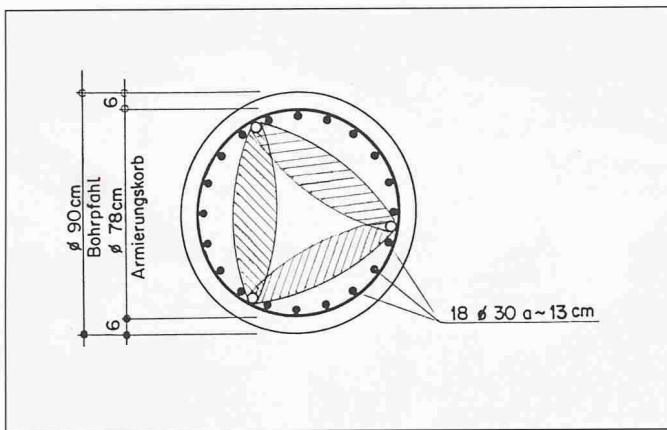


Bild 1. Querschnitt der 1984/85 in Menziken verwendeten und im Artikel «Pfahlprüfung mit Ultraschall» beschriebenen Pfähle, schraffiert die durchschallten Zonen

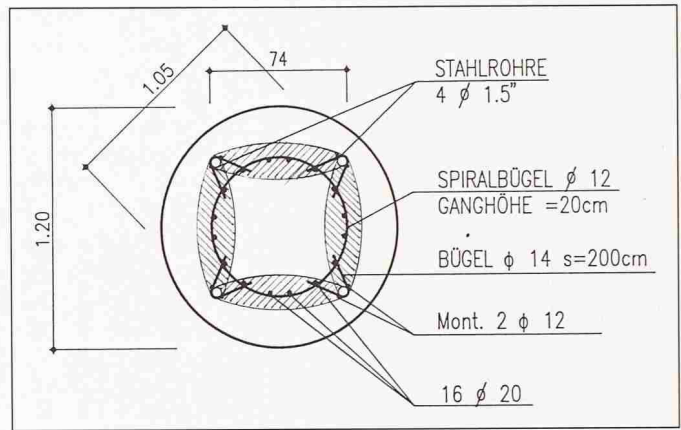


Bild 2. Querschnitt der Pfähle, die gegenwärtig in Bremgarten (AG) für die neue Reussbrücke «Struss» verwendet werden, schraffiert die durchschallten Zonen

ringfläche zwischen Bohrröhr und Bewehrungskorb. Als direkte Folge davon kann der Beton zum Ausfüllen des (durch den Bohrröhr-Rückzug) freiwerdenden Raumes in dieser Kreisringfläche vertikal nachfliessen. Das hat folgende Vorteile:

- Der Beton muss während dem Bohrröhr-Rückzug nicht aus der anfänglich mehrere Meter hohen Betonsäule, aus dem Innern des (im Stossbereich der Armierung engmaschigen) Bewehrungskorbes, horizontal nach aussen fliessen. Das vertikale Nachfliessen zwischen Bohrröhr und Bewehrungskorb (Abstand ca. 20 cm) erfolgt ungehindert und daher bestimmt rascher.
- Das Risiko wellenförmig verformter Längsbewehrung infolge Gewicht der

Betonsäule verkleinert sich auch. Beim grossen Abstand zwischen Bohrröhr und Armierung ist ein Verkleben von Beton-Grösstkorn zwischen Armierungsspirale/Bohrröhr nicht möglich. Die Betonsäule findet somit kaum noch Auflageflächen um ihr Gewicht auf die Bewehrung umlagern zu können, sofern mit weichem Beton (K3-Bereich) und mit Schüttrohr gearbeitet wird.

Aussenliegende Bewehrung

Ich möchte hier deutlich darauf hinweisen, meinen Vorschlag zur Anordnung der Messrohre an der Peripherie des Pfahles nicht zu verwechseln mit der

Aussenanordnung der Pfahl-Längsbewehrung. Derartige Versuche führten bereits früher (und andernorts) zu Fehlerfolgen. Was jeder Kandidat an der Eidg. Bohrmeisterprüfung wissen muss: «Die Längsbewehrung muss innerhalb der Spirale verschweisst werden», bleibt für die übliche Ausführung mit ca. 5 cm Betondeckung absolut gültig.

Die Spezialausführung gemäss Bild Nr. 2 weist demgegenüber 23 cm Betonüberdeckung auf, das hat selbstverständlich statische Konsequenzen (ca. 10...15% grössere Pfahldurchmesser) und preisliche Folgen. Auch hier kostet die prüfbare Qualität ihren Preis.

Hans Hürzeler, Aarau

Wettbewerbe

Überbauung «Im Winkel» Affoltern a.A. ZH

Der Eigentümer verschiedener Parzellen im Gebiet Winkel in Affoltern a.A., Kurt Schnebeli, veranstaltete unter sechs eingeladenen Architekten einen Projekt- und Ideenwettbewerb für eine Wohnüberbauung. Um eine ortsbaulich gute Lösung zu ermöglichen, haben die Eigentümer der benachbarten Parzellen ihre Zustimmung gegeben, auch ihre Grundstücke in eine generelle Planung einzubeziehen. Ergebnis:

1. Preis (10 000 Fr. mit Antrag zur Weiterbearbeitung): Bolli und Gerber, Zürich

2. Preis (9000 Fr.): Ch. Dill, Massagno

3. Preis (5000 Fr.): R. Haubensak, Zürich

Eine Entschädigung von je 3000 Fr. erhielten die übrigen drei Teilnehmer:

- K. Fleig, Zürich
- Ritschard Architekten, Rüschlikon

- Roos Architekten, Rifferswil

Fachpreisrichter waren W. Gautschi, Egg, M. Hirt, St. Gallen, J. Schilling, Zürich, H. Wandeler, Zürich.

Erweiterung der Schulanlage «Ebnet» in Frick AG

Die Gemeinde Frick veranstaltete einen Projektwettbewerb unter elf eingeladenen Architekten für die Erweiterung der Schulanlage «Ebnet». Drei Teilnehmer haben kein Projekt eingereicht. Ihre Abmeldung erfolgte so spät, dass der Veranstalter keine neuen Teilnehmer mehr einladen konnte. «Das Preisgericht empfindet dieses Verhalten als unfair und unkollegial.» Ergebnis:

1. Preis (9000 Fr.): Hertig + Partner, Aarau; Entwurf: Ueli Wagner, Andreas Noetzi

2. Preis (8000 Fr.): Eduard Wülser, Zeihen; Mitarbeiter: Urs Hossli

3. Preis (5000 Fr.): Peter Metzger, Rheinfelden; Mitarbeiter: Marcel Koller, Adrian Sieber

4. Preis (2000 Fr.): Architektengemeinschaft Otto + Partner AG, Anton Giess, Rheinfelden; Mitarbeiter: Christoph Stauffer

Das Preisgericht empfahl dem Veranstalter, das erstangierte Projekt für das Gesamtkonzept und die Erweiterung der Schulanlage «Oberstufe» weiterbearbeiten zu lassen. Der Verfasser des zweitangierten Projektes wurde zur Weiterbearbeitung seines HPS-Projektes empfohlen. Fachpreisrichter waren Franz Gerber, Baudepartement des Kantons Aargau, Arthur Rüegg, Zürich, Rudolf Vogel, Rheinfelden.

Sandoz-Wander, Monbijoustrasse, Bern

Die Sandoz-Wander veranstaltete unter neun Architekten einen Projektwettbewerb auf Einladung für einen neuen Gebäudekomplex als Sitz für zwei ihrer Konzerngesellschaften auf dem Wander-Areal an der Monbijoustrasse in Bern. Ein Projekt musste wegen Verletzung von Programmbestim-