

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 108 (1990)
Heft: 43

Artikel: Pfahlprüfung mit Ultraschall: Stellungnahme zum Beitrag von H. Hürzeler "Schweizer Ingenieur und Architekt" 108, Heft 19/90, Seiten 508-515
Autor: Scheller, Erwin
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-77542>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.03.2025

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

Pfahlprüfung mit Ultraschall

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

Der Artikel «Pfahlprüfung mit Ultraschall» enthält neben wertvollen Vorschlägen zur Verbesserung der mess-

VON ERWIN SCHELLER
ZOLLIKOFEN

technischen Voraussetzungen schwerwiegende Mängel und Fehler, die eine Richtigstellung verlangen.

Der Artikel basiert auf Messungen, die weder in der Durchführung noch in der Auswertung und Interpretation dem «state of the art» entsprechen, der heute in der Schweiz zur Verfügung steht. Zudem sind einzelne Diagramme offensichtlich mit Fehlern behaftet.

Bild 2 enthält die Messprofile von drei Pfählen. Bei Distanzen von 48 bis 61 cm zwischen den Messröhrchen und einer mittleren Geschwindigkeit der Signale im Beton von 4000 m/s ergäben sich Laufzeiten von 120–152.5 µs. Die dargestellten Zeiten von rund 1600 bis 2000 µs entsprechen aber Rohrabständen von 6,4–8 m!

Pfahl Nr. 33:

Die negative Zeitanomalie auf der Traverse 1–2 im Bereich des Pfahlkopfes ist physikalisch nicht sinnvoll und führt – zusammen mit den falsch interpretierten positiven Anomalien – zum Verdacht auf Störungen am Messgerät.

Pfahl Nr. 39:

Im Text wird erwähnt, dass ein Messrohr (offensichtlich Nr. 1) nicht vollständig durchgängig war. In diesem Fall müssten die Messprofile aber eine gemeinsame obere Begrenzung – den Pfahlkopf – haben: Die Traverse 2–3 ist offensichtlich falsch dargestellt!

Anhand der langen Erfahrung, die der Verfasser dieser Zuschrift auf dem Gebiet der Integritätsprüfung von Betonpfählen mit Ultraschall erwerben konnte, ist es schlichtweg nicht zu verstehen, dass die beim Ausgraben des Pfahles Nr. 39 sichtbar gewordene Fehlstelle mit der Messung nicht erfasst worden ist. Es zeigt sich einmal mehr, dass die Registrierung des Laufzeitprofils allein nicht aussagekräftig genug ist. Vielmehr ist es notwendig, den gesamten Wellenzug des Ultraschallsignales zu erfassen, zu speichern und fotografisch festzuhalten. Auf diese Weise wird es möglich, auch die Abnahme der Signalamplitude bei der Beurtei-

lung der Pfahlintegrität miteinzubeziehen, was sich bestens bewährt hat.

Wer sich mit der Ultraschall-Pfahlprüfung auseinandersetzt, muss gewisse grundlegende Überlegungen zur Methode in seine Betrachtungen miteinbeziehen, z.B.:

- Wie gross muss eine Anomalie sein, damit sie sich aus theoretischen Gründen überhaupt erfassen lässt?

- Woraus bestehen bei der Pfahlherstellung entstandene Anomalien, wie sind sie begrenzt?

Praktische Hinweise über Ultraschall-Pfahlprüfung finden sich in [1], während in [2] verschiedene Verfahren vergleichend dargestellt sind.

In der Optik gilt als Bedingung für eine Abbildung von Objekten die Voraussetzung, das Objekt dürfe nicht kleiner als die Wellenlänge des untersuchenden Lichtes sein. Grundsätzlich lässt sich diese Bedingung auch auf die Ultraschallprüfung übertragen.

Die im Text verwendeten Ultraschall-Wellenlängen sind aber nicht bekannt.

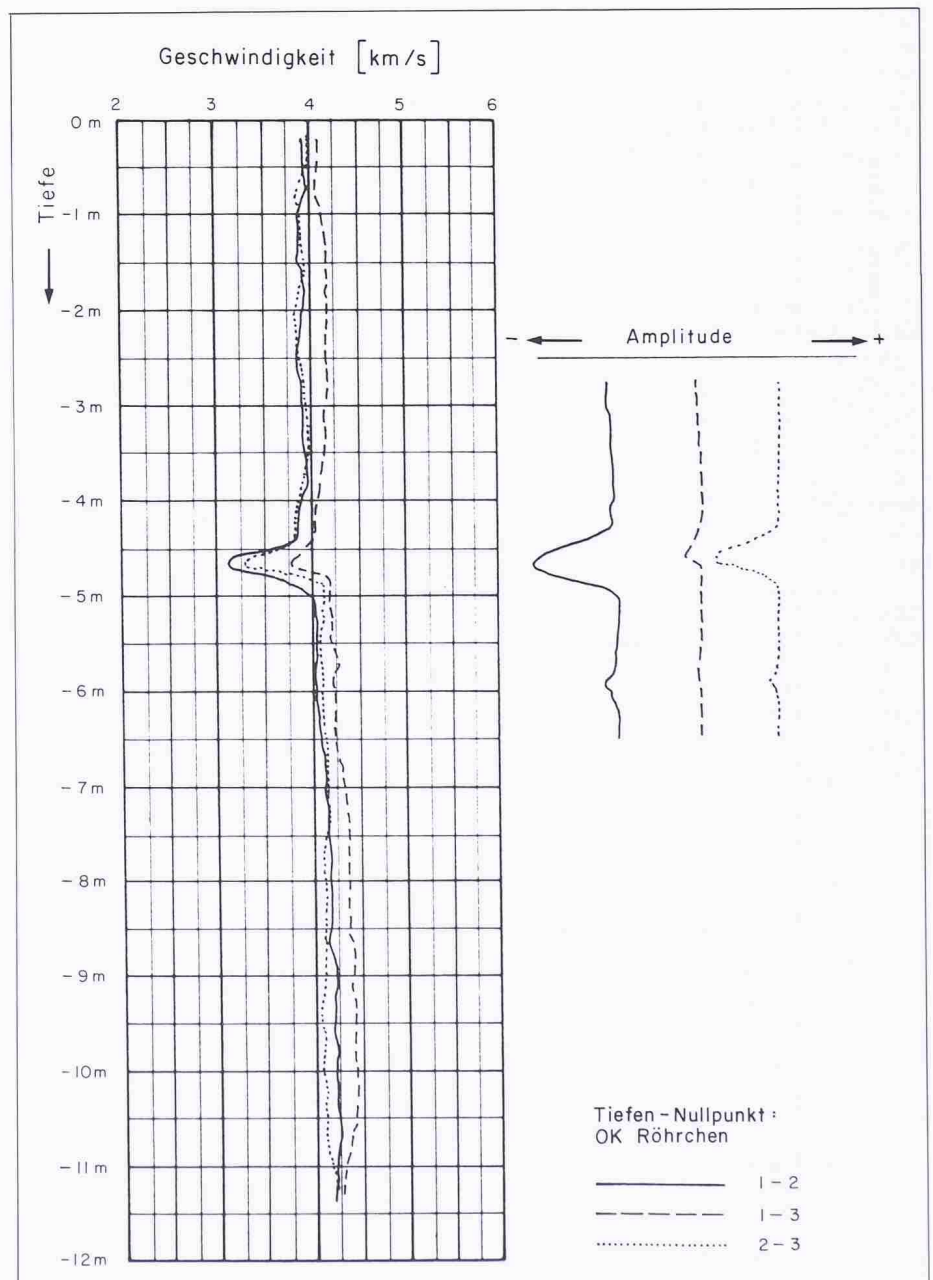


Bild 1a. Pfahl Nr. 52, Baustelle BW 677, Urdorf; Einschnürung 40% (Sollwert):
Links: Geschwindigkeits-Tiefen-Verlauf mit Anomalie zwischen 4,3 und 4,8 m.
Rechts: Qualitativer Verlauf der Amplitudenverhältnisse

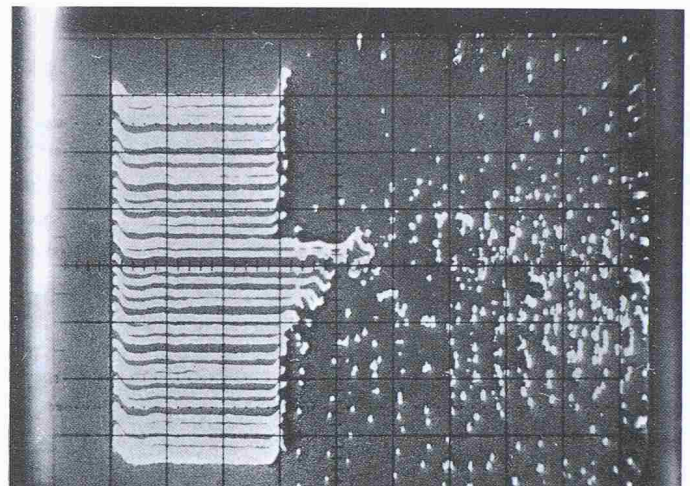
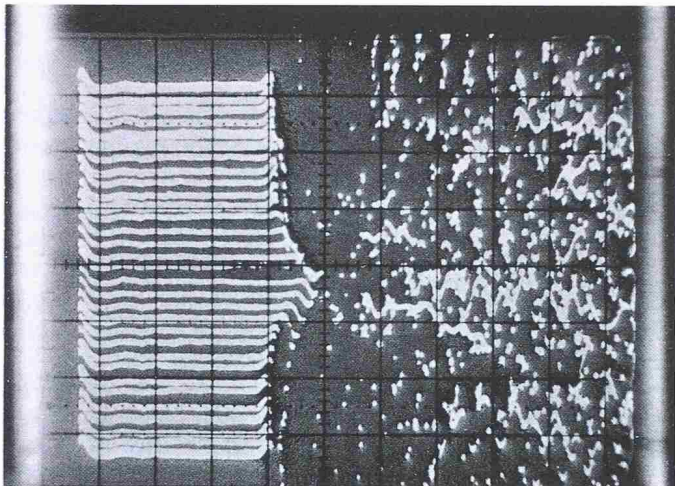


Bild 1b. Pfahl Nr. 52: Foto-Registrierung des gesamten Signalverlaufes im Bereich der Anomalie (Messstrecke 1-2 in 4,1 bis 5,3 m Tiefe ab OK-Röhrchen). Horizontale Achse: 50 μ s pro Feld. Vertikale Abfolge: ein Signal alle 4,5 cm

Bild 2b. Pfahl Nr. 67: Foto-Registrierung der Messstrecke 2-3 im Tiefenbereich von 3,3-4,5 m, Achsen und Einheiten wie in Figur 1b.

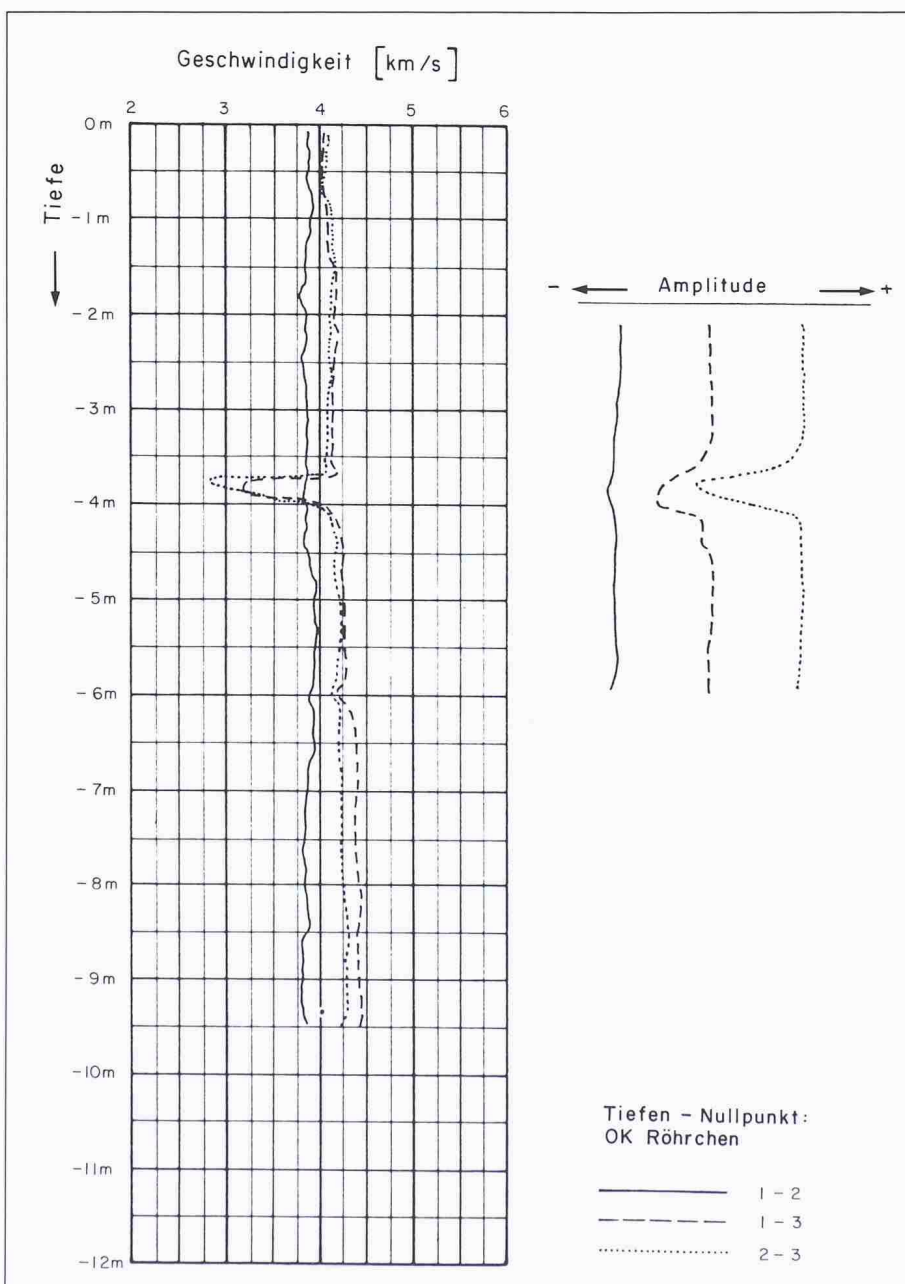


Bild 2a. Pfahl Nr. 67, gleiche Baustelle wie 1a; Plastikfolie: Die Störung umfasst vor allem den Bereich beim Röhrchen Nr. 3. Offenbar war die Folie beim Betonieren ungewollt verrutscht.

Sie könnten allerdings leicht abgeschätzt werden, wenn wenigstens die entsprechende Frequenz erwähnt wäre. Der Verfasser dieser Zuschrift benützt Frequenzen von 50 kHz, was bei einer mittleren Ausbreitungsgeschwindigkeit des Ultraschalles im Pfahlbeton von 4000 m/s eine Wellenlänge von 8 cm ergibt. Grundsätzlich gilt: Je höher die Frequenz, desto kürzer die Wellenlänge mit entsprechend besserer Auflösung von allfälligen Anomalien bei gleichzeitig abnehmender Reichweite.

Die im Artikel in Bild 8 dargestellte Versuchsanordnung ist deshalb sicher nicht in allen Teilen sinnvoll gewählt: Die Löcher A bis L mit Durchmessern von lediglich 40 mm sind zu klein, als dass sie zuverlässig zu lokalisieren wären. Bei einer Ausbreitungsgeschwindigkeit von rund 4000 m/s müsste die Frequenz der Signale 100 kHz betragen, was die Reichweite der Signale zu stark reduzieren würde.

Anomalien im Pfahlbeton sind nicht so scharf definiert wie bei den beiden Prüfblöcken im Text, wo sie durch Bohrungen erzeugt worden sind. Wirkliche Anomalien sind vielmehr durch fließende Übergänge mit Durch- oder Entmischungen bzw. Auswaschungen gekennzeichnet. Dies hat zur Folge, dass die messbare Anomalie in der Regel stets deutlich grösser ausfällt als die von Auge sichtbare.

Zusammenfassend behaupten wir, die am Pfahl Nr. 39 vorgefundene Fehlstelle wäre, ebenso wie die im Text dargestellten Musterfälle (Bilder 11-13), mit Ultraschallmessungen bei Verwendung geeigneter Apparaturen zuverlässig zu erfassen. Bedingung ist, dass die gesamte Wellenform des Messsignals erfasst und die Abnahme der Signalamplitude berücksichtigt wird. Die Behauptung im Text auf Seite 513, wonach ein Pfahl mit einer sog. «Mercedesstern»-Ano-

malie eine «Prüfung also untadelig bestehen» würde, erscheint im Lichte unserer Ausführungen absurd.

Auch die Schlussfolgerungen auf Seite 515 des Textes sind falsch. Richtig wäre:

- Anomalien, die ausschliesslich mit Wasser gefüllt sind (sehr gut schalleitend!), sind ohne weiteres zu bestimmen.
- Nur der Mantelbereich, der vollständig *ausserhalb* der Messröhrchen liegt, wird durch die Messung nicht erfasst, nicht aber ein Beispiel gemäss Fig. 5 des Textes.
- Eine querschnittbezogene Aussage ist - mindestens qualitativ - in den meisten Fällen gut möglich.

Die im Rahmen der vorliegenden Zuschrift geäusserten Behauptungen lassen sich leicht durch Versuche unter-

mauern, die im Jahre 1984 an der Nationalstrasse N 20 bei Urdorf vorgenommen worden waren.

Bei der Pfahlherstellung waren durch die Bauleitung im Einverständnis mit der Bauherrschaft (Tiefbauamt des Kantons Zürich, Abt. Brückenbau) Störungen eingebaut worden, von denen der Prüfende überhaupt nichts gewusst hatte. Diese Störungen umfassten:

- Pfähle Nr. 48 und 64: 20 cm starkes Sandbett auf einer Solltiefe von 4,0-5,0 m
- Pfähle Nr. 52 und 60: ca. 50% Beton-Einschnürung mit Sageblock auf einer Tiefe von ca. 5,0 bzw. 2,4 m
- Pfähle Nr. 56 und 67: Plastikfolie über den ganzen Pfahlquerschnitt in einer Tiefe von ca. 4,1-5,0 m.

Beim selben Prüfeinsatz lagen zusätzlich vier Pfähle ohne jegliche Anoma-

ableiten zu können. Eine eindeutige Interpretation ist ausgeschlossen.

Ein bedeutend grösserer Unterschied (ca. 10%) ist auf Bild 1a von Herrn Scheller ersichtlich, wenn die Aufzeichnung der Messtraverse 1-2 in den Tiefen 1 m bis 3 m und 9 m bis 11 m miteinander verglichen wird. Ob diese doch merkliche Abweichung klar interpretiert werden kann? Zwei Ursachen sind m.E. denkbar:

- Unterschiede in der Betonzusammensetzung (welcher Art auch immer, Probe-Entnahmen könnten Aufschluss geben).
- Pfahl-Anomalien analog oder ähnlich Pfahl Nr. 39 in Menziken (eindeutige Feststellung ist kaum möglich).

Für die Prüfung von Biegepfählen wird der Pfahl-Mantelbereich wahrscheinlich immer unzugänglich bleiben. Genau dieser Bereich aber ist für die Qualität massgebend, muss sie doch die Armierung schützen. Eine Pfahlkontrolle ohne Aussagekraft für den Beton ausserhalb der Bewehrung ist darum unbefriedigend. Grössere Fremdkörper oder Störungen innerhalb des Pfahlquerschnittes können selbstverständlich, wie die Bilder von Herrn Scheller dokumentieren, festgestellt und lokalisiert werden.

Es gibt verschiedene Instrumente zur Prüfung von Pfählen. Welche Aussagekraft die einzelnen Verfahren haben,

Literatur

- [1] Bruneau, C. und Amiguet, J.L. (1988): «Le contrôle de la qualité des pieux.» Chantiers 8/88, S. 685-692
- [2] Fierz, H. (1978): «Zerstörungsfreie Prüfung von Betonpfählen.» Mitteilungen der Schweizerischen Gesellschaft für Boden- und Felsmechanik No. 99

lien vor. Sämtliche Störungen waren bei der Ultraschallprüfung erkannt worden, auch die beschränkte Einschnürung und die Plastikfolie (siehe Fig. 1a bis 2b).

Adresse des Autors: Dr. Erwin Scheller, dipl. Natw. ETH, GEOTEST AG, Birkenstrasse 15, 3052 Zollikofen.

Replik des Verfassers

Herr Scheller stellt zu Recht fest, dass mir bei der Herstellung für Bild Nr. 2 ein Massstabfehler unterlaufen ist, die vermasste Strecke beträgt lediglich 0,1 ms (Millisekunde) nicht 1 ms. Mit dieser Richtigstellung kann für den geprüften Beton eine Schallgeschwindigkeit von ca. 3600 m/s ermittelt werden.

Selbstverständlich reicht die Messtraverse 2-3 weiter in die Tiefe und nicht höher als die beiden andern Messtraversen. Die gewählte Darstellung rührt daher, dass die Messung von unten nach oben erfolgt und der Plotter-Zeichenstift mit seiner Aufzeichnung immer in gleicher Höhe beginnt.

Die Versuchsmessungen an den beiden Platten in der ETH wurden mit 60 kHz durchgeführt, die Wellenlänge hat somit etwa dieselbe Grössenordnung, mit welcher Herr Scheller üblicherweise arbeitet, ca. 8 cm.

Die Schallgeschwindigkeit beträgt im Beton ca. 3000 bis 5000 m/s, im Wasser ca. 1500 m/s. Geringe Anteile des Signal-Laufweges durch Wasser statt durch Beton ergeben deshalb nur unwesentliche Durchschallungszeit-Abweichungen. Im Pfahl Nr. 39 hatte der ca. 1 cm messende Abstand zwischen Messrohr und Beton zur Folge, dass die Durchschallungszeit nur um ca. 2,2% grösser wurde. Dieser Unterschied ist viel zu klein, um daraus einen Fehler

resp. die «Reichweite», die sie erzielen, diese Diskussion muss ich den Fachleuten der Messtechnik überlassen. Ich wünsche mir, dass diese Diskussion stattfindet und daraus eine Verbesserung der Prüfmöglichkeit für Bohrpfähle resultiert oder dass zumindest die Verständigung zwischen Pfahlprüfer und Bauingenieur verbessert werden kann; die Frage, was geprüft werden soll und was dann effektiv gemessen wird, ist grundsätzlicher Natur und sollte auch für die beschriebene Problemstellung (endlich) klar sein.

Die Grundidee zur Publikation des Artikels «Pfahlprüfung mit Ultraschall» (SIA Nr. 19/90) war folgende: Aufzeigen der Problematik für Biegepfähle, verbunden mit einem Vorschlag für neue Querschnittsgestaltung; Anordnung der Biegebewehrung innerhalb des Pfahlquerschnittes, so dass eine Prüfung eindeutige Ergebnisse liefert.

Es bleibt zu hoffen, dass die festgestellten und beschriebenen Mängel abschreckend wirken, damit die Qualität von Biegepfählen mit grösserer Sorgfalt zu erreichen versucht wird. Die vorgeschlagene neue Armierungsanordnung, verbunden mit ca. 20% grösseren Pfahldurchmessern, ist eine Möglichkeit.

Hans Hürzeler
Aarau