

Ultraschalluntersuchung an Marmorskulpturen

Stand der Technik und aktuelle Entwicklungen



Am 15. und 16. Mai 2018 hatten wir gemeinsam mit Herrn Prof. Dr. Siegesmund, Frau Menningen und weiteren Mitarbeitern vom GZG Göttingen die Gelegenheit, nach 3jähriger Einhausung die beiden Skulpturen der Generäle Scharnhorst und Bülow in Berlin, Unter den Linden, zu untersuchen. Das Besondere an dieser Situation war der vorangegangene mehrjährige Witterungsschutz und die damit verbundene geringere Materialfeuchte.

Die Untersuchung der beiden Skulpturen aus Carrara-Marmor beinhaltete dabei im Wesentlichen die Bestimmung der Ultraschallgeschwindigkeit. Die Messung der Schallgeschwindigkeit erfolgte an ausgewählten Messpunkten der Skulpturen sowie an den jeweiligen Plinthen und Postamenten.

Bisher mussten bei vergleichbaren Messaufgaben mehrere Ultraschall-Prüfköpfe mit unterschiedlichen Frequenzen eingesetzt werden. Die Auswahl war dabei abhängig von den Messstrecken mit der prinzipiellen Zuordnung: kurze Strecke = hohe Prüffrequenz (z. B. 250 kHz) und lange Strecke = niedrige Prüffrequenz (z. B. 46 kHz). Überwiegend wurden dazu Prüfköpfe mit flächiger Ankopplung unter Verwendung verschiedener Koppelmittel eingesetzt. Diese typische Mess-Situation mit verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten birgt natürlich auch die Gefahr einer Verschlechterung der Messgenauigkeit. Details dazu finden Sie unter folgendem Link: <https://www.geotron.de/messgenauigkeit-pruefsicherheit-naturstein-beton.html>.

Bei Ultraschalluntersuchungen, deren Ergebnisse für die Erstellung eines Tomogramms dienen oder Einfluss auf die Bewertung der Skulptur über eine Risikoziffer (DBU-Projekt AZ 33162) haben, sollten die Anforderungen an die Messgenauigkeit besonders hoch sein. Entsprechende Vergleichsmessungen mit verschiedenen Messteams am gleichen Objekt und identischen Messpunkten ergaben für In Situ-Messungen einen durchschnittlichen Genauigkeitsbereich von $\pm 2\%$ bis $\pm 5\%$ Toleranz [1] bezüglich der gemessenen Schallgeschwindigkeit.

Damit können aber beginnende Materialveränderungen gegenüber einem bestimmten Ausgangswert nicht mehr eindeutig als Schädigung definiert werden, da sie gegenüber Messfehlern nicht genau abgegrenzt werden können.

In einem ersten Schritt wurde deshalb von uns für die Anwendung an Skulpturen ein neues Prüfkopfpaar entwickelt. Mit dieser Kombination soll der bisherige Messvorgang bezüglich dem o. g. notwendigen Prüfkopfwechsel und damit zusammenhängend wechselnder Ankopplungsbedingungen und unterschiedlicher Korrekturzeiten vereinfacht und fehlerbereinigt werden.

Die neuen Prüfköpfe bestehen aus einem Ultraschall-Geber mit besonders hoher Sendeleistung und sehr kleiner Koppelfläche mit einem Durchmesser von nur 18 mm sowie einem Ultraschall-Empfänger mit Tastspitze. Die Breitbandigkeit der Prüfköpfe (60 ... 300 kHz) erübrigt einen Wechsel bei unterschiedlich langen Messstrecken im Bereich zwischen 2 cm bis ca. 100 cm.

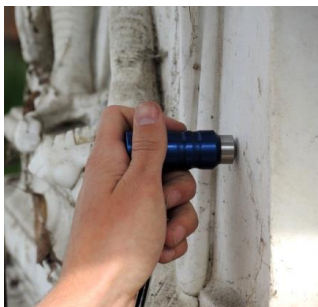


Bild oben: maximal erreichbare Messstrecke ca. 1 Meter

Bild links: Ultraschall-Empfänger mit Tastspitze



Bild rechts: Ultraschall-Geber mit Koppelmittel und Stretchfolie zum Objektschutz

Der Ersteinsatz der Prüfköpfe an beiden Marmorskulpturen bestätigte die angestrebte Zielsetzung, da für die gesamte Messaktion kein Wechsel der Prüfköpfe notwendig war. Auch durch den vergleichenden Einsatz der niederfrequenten Prüfköpfe UP 30 konnte an langen Messstrecken im Bereich des Postaments mit hoher Signaldämpfung keine wesentliche Verbesserung der Signalqualität und bessere Bestimmbarkeit der Schallgeschwindigkeit v_p erreicht werden.

Zusammenfassend kann anhand der beschriebenen umfangreichen Ultraschall-Untersuchungen festgehalten werden, dass durch eine gute Planung und Vorbereitung, den Einsatz eines aktuellen, überschaubaren Gerätesystems (CONSONIC C3-GS), einer dem Prüfobjekt angepassten Prüfkopfkombination und geeigneter Hilfsmittel eine sichere Bedienbarkeit, sehr hohe Ergebnisqualität und Aussagefähigkeit der Messungen sowie maximal mögliche Messgenauigkeit erzielt werden konnten. Die vorgenannten Rahmenbedingungen können problemlos auf nahezu jede gleichartige Messaufgabe übertragen werden und schaffen so beste Bedingungen für erfolgreiche und aussagekräftige Ultraschall-Untersuchungen gemäß dem neuesten Stand der Technik und den aktuellen Anforderungen an zeitgemäße Messverfahren und Untersuchungsmethoden in der Denkmalpflege.

Quellen

- [1] Arbeitshefte des Brandenburgischen Landesamtes für Denkmalpflege und Archäologischen Landesmuseums, Heft Nr. 32, erschienen 2014, Seite 37 - Artikel „Leitfaden für Ultraschallmessungen an Marmorskulpturen“, Verfasser: Wolfram Köhler