

M E H R I N G P L A T Z   B E R L I N

*Untersuchung und Bewertung*

# ERFOLGSEVALUATION DER ACRYLHARZVOLLTRÄNKUNG DES KAPITELLS DER FRIEDENSSÄULE



Wanja Wedekind



# Inhaltsverzeichnis

Objektdaten	2
Einleitung	3
Acrylharzvolltränkung	3
Verfahrensschritte	3
Trocknung	3
Flankierende Maßnahmen	3
Tränkung	4
Weiterentwicklung	4
Erfolgsevaluation	5
Methodik	5
Ergebnisse: Kapitell	5
Ultraschall	5
Oberflächenhärte	6
Bewertung	6
Bildtafeln	7
Bildtafel 1: Vorzustand der Ultraschallgeschwindigkeiten	7
Bildtafel 2: Ultraschallgeschwindigkeiten nach der AVT	8
Bildtafel 3: Ultraschallgeschwindigkeiten nach der Restaurierung	9
Bildtafel 4: Oberflächenhärte im Vorzustand	10
Bildtafel 5: Oberflächenhärte nach der AVT	11

# Objektdaten

Objekte:	Kapitell und Plinthe der Friedenssäule
Verortung:	Mehringplatz Berlin/Kreuzberg
Entstehungszeit:	1843
Bildhauer/Werkstatt:	Daniel Rauch
Aufgabenstellung:	Untersuchung der Bauteile mittels Ultraschall- und Oberflächenhärtemessungen
Denkmaleigentümer:	Kommune der Stadt Berlin
Auftraggeber:	BA Friedrichshain-Kreuzberg Tiefbau und Landschaftsplanung TLG-IS 2 Yorckstraße 4-11 10216 Berlin
Projekt-Koordination:	Prof. Dipl.- Ing. Mara Pinarci Architektin BDA Pariser Strasse 63 10719 Berlin
Auftragnehmer	Wanja Wedekind - Diplom-Restaurator (FH) Skalitzer Straße 45 10997 Berlin
Ausführung	Wanja Wedekind Bernd Langer
Ausführungszeitraum:	April 2014

# Einleitung

Im Zusammenhang mit dem geplanten Wiederaufbau der Friedenssäule in Berlin Kreuzberg wurden die Plinthe und das Kapitell konservatorisch behandelt. Am Kapitell wurde eine Acrylharzvolltränkung durchgeführt. Mittels Ultraschall und Oberflächenhärtemessungen wurde eine Nachevaluation durchgeführt um die Maßnahme zu eruieren. Die Ergebnisse werden in dem vorliegenden Bericht vorgestellt.

## Acrylharzvolltränkung

### Verfahrensschritte

Seit mehr als 30 Jahren wird für abbaubare Objekte aus Naturstein das Verfahren der Acrylharz-Volltränkung (AVT) angewendet, das imstande ist auch einen niederporösen Gesteinskörper zu durchdringen in der Lage ist. Die problematische Schalenbildung, die auftreten kann, wenn Festigungsmittel nur oberflächennah eindringt, tritt bei einer AVT nicht auf. Eine AVT ist in unterschiedliche Arbeitsschritte aufgeteilt:

### Trocknung

Einer der wichtigsten Arbeitsschritte bei der Acrylharzvolltränkung ist die Trocknung des Objektes. Insbesondere bei Objekten mit einer geringen Porosität und einem hohen Anteil von Mikroporen hängt von der Materialtrocknung der Erfolg der Maßnahme ab.

### Flankierende Maßnahmen

Um ein Abdampfen der Tränkungsflüssigkeit während des Trocknungsvorganges einzuschränken wird das Objekt an den Sichtseiten mit Hasenleim eingestrichen. Der Hasenleim wird nach der Tränkung mit Heißdampf gelöst und abgewaschen.



**Abbildung 1:** Das Kapitell vor den Tränkungsautoklaven.

## **Tränkung**

In großen Autoklaven wird mit Unterstützung von Vakuum und Druck monomeres Methylmethacrylat (MMA) in das zuvor vollständig ausgetrocknete Porensystem eingebracht. Nach vollständiger Durchdringung wird das MMA durch Wärmezufuhr polymerisiert, so dass in dem Porensystem PMMA (Acrylglas, Plexiglas) entsteht. Durch einen Haftvermittler wird eine gute Verhaftung mit der Porenwandung erreicht, so dass eine hohe -über den gesamten Querschnitt des Gesteins- gleichmäßig verteilte Festigkeit erzielt wird.

Das Kapitell hatte bei Trocknungsbeginn in der Trockenkammer eine vergleichbar hohe Materialfeuchte von 95%. Um das Objekt nach einem möglichst kurzen Trockenphase für die Tränkung freizugeben, wurde eine beschleunigte Vakuumtrocknung in einer Autoklave durchgeführt. Die Trocknung verlief unter diesen Voraussetzungen erfolgreich und konnte nach einer kurzen, vertraglich bedingten Unterbrechung fortgesetzt und in der 15KW beendet werden. Das Kapitell wurde dann in der 16KW gemäß des AVT-Verfahrens getränkt.

## **Weiterentwicklung**

In einer Weiterentwicklung wird die Acrylharzvolltränkung mit einem variablem Anteil von polymerisierbarem Bindemittel durchgeführt was auch für das Kapitell zur Anwendung kam. Die alte Bezeichnung AVT (AcrylharzVollTränkung) wird heute durch den Zusatz "+X%" ergänzt. Eine AVT50 hat demnach einen 50%igen Anteil polymerisierbaren MMAs. Derzeit zum Einsatz kommen für Sandstein und Marmor AVT90 bis AVT20, vornehmlich aber AVT50. Der entscheidende Unterschied zur vorherigen Acrylharzvolltränkung ist, dass die Steinporen nicht mehr vollständig verfüllt und verschlossen, sondern lediglich mit einem dünnen PMMA Film ausgekleidet werden. Die an der Porenwand anhaftende Filmstärke variiert entsprechend des polymerisierbarem Anteils der eingesetzten Acrylharzlösung. Grundsätzlich wird das Porenvolumen bei einer Festigung, also auch einer AVT verkleinert und die Wasseraufnahme dementsprechend reduziert. Mit der Abnahme der Porosität steigt die Dichte des Material und damit auch die thermische Dilatation. Nach der Tränkung mit der AVT50 wird die thermische Dilatation zwar auch geringfügig erhöht, sie nähert sich jedoch den Werten der thermische Dehnung des ungefestigten Gesteins weiter an. Durch die erzeugte Restporosität ist eine Weiter- und Wiederbehandelbarkeit mit konventionellen restauratorischen Mitteln und Maßnahmen gegeben. Diese prozentuale Festigung spiegelt sich auch in den unterschiedlichen Meßergebnissen nach der Tränkung wieder.

# Erfolgsevaluation

## Methodik

Die einzelnen Zierelemente (Akantusblätter, Voluten und Adler), als auch der Abakus und der kalathos wurden per Ultraschall vermessen. Insgesamt konnte hierbei eine Erhöhung der Ultraschallgeschwindigkeiten um etwa 1/4 konstatiert werden.

Klasse	p - Wellengeschwindigkeit $v_p$ (ms <sup>-1</sup> )	Zustand	Porosität (%)
	> 5000	(bruch) frisch	< 0,5
	3000 - 5000	zunehmend Porös	0,5 - 1,3
	2000 - 3000	absandend	3,0 - 1,3
	1500 - 2000	brüchig	3,0 - 5,0
	< 1500	zerfallend	> 5,0

Klassifizierung und Einordnung nach Köhler et al. 1998

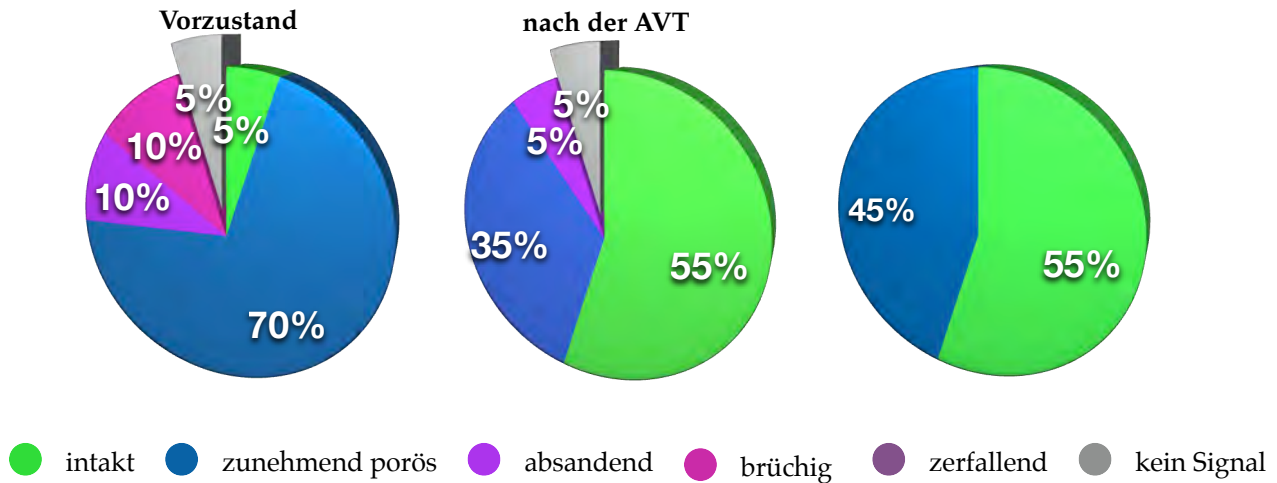
Zur Bewertung der Messergebnisse wird die Klassifizierung nach Köhler 1998 verwendet. Insgesamt haben sich die Festigkeitswerte ausgesprochen positiv verändert (vgl. Bildtafel 1 und 2, S. 7 und 8). In der Mehrzahl konnten nach der AVT Ultraschallgeschwindigkeiten gemessen werden, die als unkritisch bzw. intakt einzustufen sind. Demnach haben sich die Werte für die Akantusblätter am signifikantesten geändert. Von den insgesamt 20 Zierelementen waren vor der Tränkung 14 als zunehmend porös einzuschätzen, vier waren als absandend und brüchig einzuordnen, in einem Fall war eine Durchschallung nicht möglich und in nur einem einzigen Fall konnte der Zustand als intakt eingestuft werden.

## Ergebnisse: Kapitell

### Ultraschall

Nach der Tränkung können nun 11 Zierblätter als intakt eingestuft werden. 7 als zunehmend porös, nur noch eines als absandend. Das gleiche Akanthusblatt, das schon zuvor nicht durchschallt werden konnte, war auch nach der Festigung nicht vermessbar. Dies muss auf eine Rissbildung zurück geführt werden, die im Zuge der Restaurierung verfüllt worden ist.

Eine vergleichende Darstellung der prozentualen Veränderung der Gesteinszustände vor und nach der Tränkung verdeutlicht den Festigungserfolg am Beispiel der Akanthusblätter: Nach der Festigung konnte der Anteil der zunehmend porösen Zierelemente von 70 % auf die Hälfte gesenkt werden. Die 10 % als brüchig zu bewertenden Elemente wurden gänzlich und die als absandend klassifizierten um die Hälfte reduziert. Nach der konservatorisch-restauratorischen Bearbeitung konnten auch die letzten 10 %, die als kritisch einzustufen waren zugunsten eines zunehmend porösen Zustand stabilisiert werden.



**Abbildung 2:** Der Zustand der Akanthusblätter vor und nach den konservatorischen Maßnahmen

Die Restaurierungsmaßnahmen, die das Gesamtergebnis noch weiter verbessern konnte, werden in der End-Dokumentation beschrieben.

### Oberflächenhärte

Über die vergleichenden Oberflächenhärtemessungen konnte ebenfalls ein Festigungserfolg konstatiert werden. Dieser fiel jedoch weniger deutlich aus, als die vergleichenden Ultraschallmessungen. Insbesondere an glatten, kaum angewitterten Flächen konnte jedoch eine deutliche Erhöhung der Oberflächenhärte konstatiert werden. Dies betraf z.B. die Stängel der Akanthusblätter. Ein Grund für diesen vergleichbar geringen Effekt der messbaren Festigkeitszunahme muss zum einen in der Oberflächenstruktur der untersuchten Flächen als auch in einer gewissen „Abdampfzone“ des Festigungsmittel an der unmittelbaren Oberflächen angenommen werden. Zwar war die Oberfläche des Objektes im Zuge des AVT-Verfahrens ganzflächig mit einem Hasenleimüberzug versehen worden, dieser ist jedoch nicht dazu in der Lage den Migrationseffekt des Lösungsmittels der Festigungsflüssigkeit gänzlich zu verhindern weshalb der Anstieg der Festigkeit an der unmittelbaren Oberfläche etwas geringer ausfällt als in der Tiefe des Objekts.

Die Oberflächenhärtemessungen können in diesem Fall also nur als orientierende Zusatzmessungen aufgefasst werden. Eine klare und objektive Aussage zum Festigkeitsprofil und Zustand bieten hingegen die präsentierten Ultraschallwerte.

## Bewertung

Das Ergebniss der Tränkung sind als ausgeprochen erfolgreich zu bewerten. Durch die Tränkung und nachvollgende restauratorische Maßnahmen zeigen nun alle vermessenen Bereiche unkritische Werte mit einer Ultraschallgeschwindigkeit zwischen 3 und 7km/S (Bildtafel 2 und 3). Der Großteil der Werte liegt bei 5 km/S und dementsprechend im Festigkeitsbereich von bruchfrischem Marmor material.

# Bildtafeln

## Bildtafel 1: Vorzustand der Ultraschallgeschwindigkeiten



**Bildtafel 2: Ultraschallgeschwindigkeiten nach der AVT**

**Bildtafel 3: Ultraschallgeschwindigkeiten nach der Restaurierung**

**Bildtafel 4: Oberflächenhärte im Vorzustand**

**Bildtafel 5: Oberflächenhärte nach der AVT**