

Die Impulskonservierung

Dr. Martin Pracher

Die CO₂-unterstützte Impulskonservierung ist ein zum Patent angemeldetes Verfahren zur beschleunigten Mischung bis Substitution von Flüssigkeiten in einem wassergesättigten porösen Körper. Die Patentrechte sind derzeit nicht anhängig.

Der Prozess wurde als schneller Weg zur Entsalzung und Nassholzkonservierung von archäologischen Massenfunden entwickelt.

Das Grundprinzip der Impulskonservierung besteht darin, CO₂ in einem wassergesättigten Objekt unter Druck zu lösen und das Wasser im Objekt durch die Volumenzunahme des CO₂ bei Rückübergang zur Gasphase vom Kern nach außen zu verdrängen. In einem Tränkbad mit Bindemittel können die im Objekt entstandenen Hohlräume zum Rückfluss des Festigungsmittels genutzt werden. Die langsamen Prozesse der Diffusion und Osmose, auf denen die gängigen Konservierungsverfahren beruhen, können umgangen bzw. aktiv unterstützt werden.

Technisches Equipment und Entwicklung

Die technische Ausstattung zur Impulskonservierung besteht aus einem beheizbaren vakuum- und druckfähigen Autoklaven. Im Autoklaven befindet sich eine Tränkwanne für Objekt und Festigungsmittel. Druck wird über das CO₂-Gas aufgebaut, Unterdruck über Vakuumpumpe.

Die Entwicklung befasste sich zunächst nur mit den Transport- und Substitutionsmechanismen im wassergesättigten Holz. Das Bindemittel war zweitrangig.

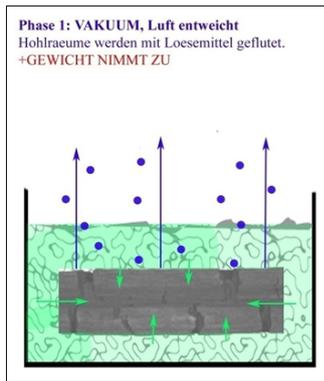
In einer ersten Testserie wurde demnach der Trocknungsprozess ohne eingebrachtes Bindemittel untersucht. Durch Substitution des Wassers mit Ketonen und Alkoholen konnte der Kollaps des Holzes, der aufgrund der Oberflächenspannung des Wassers stattfindet, merklich reduziert, jedoch nicht vollständig vermieden werden.

Es folgten Experimente mit traditionellen Bindemitteln wie Zucker, Lactitol/Trehalose, MMA/PMMA, Paraloid und PEG.

Die vorliegenden Proben des KUR-Projekts wurden aus Gründen der Verfügbarkeit mit Zucker konserviert.

Prozessablauf

Das wassergesättigte Holz wurde in die Tränkwanne mit einer wässrigen Zuckerlösung gelegt. Die Wanne wurde im leicht warmen Autoklaven evakuiert. In der **Phase 1** entwichen Gase wie Luft und Faulgase aus den Kavernen. Im Objekt entstand dort ein geringer Unterdruck der zu einem ersten Fluten der Hohlräume im oberflächennahen Bereich führte. Das Objekt nahm merklich an Gewicht zu.

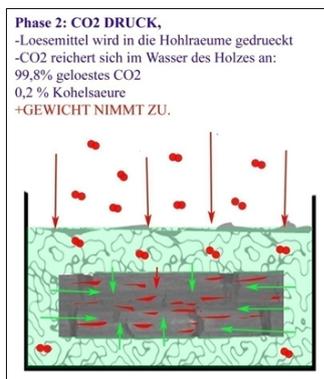


Phase 1, Vakuum entzog dem Objekt vorhandenes Gas und ließ einen ersten Rückfluss von Bindemittel zu (Gewichtszunahme).

In der **Phase 2** wurde das Vakuum mit CO_2 -Gas ausgeglichen und danach ein CO_2 -Druck von einigen Bar aufgebaut. Der im Autoklav aufgebaute Druck hatte den Effekt, dass das Bindemittel in vorhandene Hohlräume verstärkt eingebracht wurde und sich das CO_2 im Bindemittel und im Objekt löste.

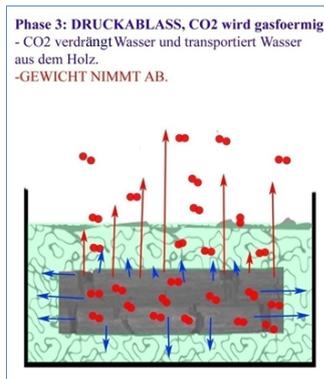
Die Löslichkeit des CO_2 war dabei abhängig vom Druck, der Temperatur, der Zeit sowie der Art des Bindemittels und des Objekts. Die Konzentration des CO_2 im Bindemittel konnte dabei durchaus niedriger als im wasserhaltigeren Objekt sein.

Der Druck wurde über einen gewissen Zeitraum aufrechterhalten und moderate Temperatur zugefügt. Das Objekt nahm wiederum merklich an Gewicht zu.



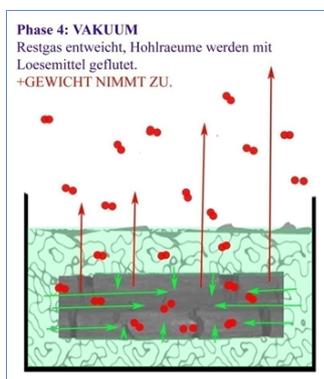
Phase 2, Lösung des CO_2 im Objekt und verstärkte Einbringung des Bindemittels in Hohlräume (Gewichtszunahme).

In der **Phase 3** wurde die Atmosphäre im Autoklav auf Normaldruck abgelassen. Das im Objekt gelöste CO_2 wurde unter Volumenzunahme wieder gasförmig. Dabei wurde das freie Wasser im Objekt aus dem Inneren nach außen in das Bindemittel verdrängt. Das Objekt verlor merklich an Gewicht.



Phase 3, CO₂ wurde wieder gasförmig und verdrängte das freie Wasser aus dem Objekt ins Bindemittel (Gewichtsverlust).

Die **Phase 4** entsprach wieder der Phase 1. Der Autoklav wurde evakuiert, restliches CO₂-Gas entwich, ließ einen Unterdruck entstehen und transportierte damit Bindemittel tiefer ins Objekt.



Phase 4, Vakuum entfernte restliches CO₂- Gas und ließ durch Unterdruck in den Kavernen einen Bindemittelintrag zu (Gewichtszunahme).

Der erneut aufgebaute CO₂-Druck transportierte das Bindemittel tiefer ins Objekt. Zwischen den Phasen wurde die Konzentration der Zuckerlösung erhöht.

Formstabilität und Schrumpfung

Die Sorge, dass eine Volumenausdehnung im Objekt zu Deformationen oder sogar zu einem Zerbersten führen könnte, erwies sich durchweg bei allen behandelten Stücken als unbegründet. Wassergesättigtes, degradiertes Holz ist ein weitgehend offenporiges System, sodass sich ein Berstdruck im Inneren nicht aufbauen kann.

In stark abgebauten Bereichen konnten direkt nach Substitution geringe Formvergrößerungen im Sinne von Aufschwemmungen festgestellt werden.

Schrumpfungen und Deformationen nach Trocknung entstanden lediglich in Bereichen, bei denen die Substitution mit dem Bindemittel nicht ausreichend stattgefunden hatte, d.h. der Prozess nicht lang genug umgesetzt wurde. Zu beobachten war dies z.B. im dichteren Inneren einiger Probenhölzer.

Trocknung und Aushärtung

Nach Versuchen mit Vakuumdesorption, langsamer Verdunstung und semipermeabler Algenbeschichtung zeigte sich, dass die schnelle Trocknung und Aushärtung beim Bindemittel Zucker

in einer Kammer mit moderater Wärme und Luftzirkulation am einfachsten umgesetzt werden konnte. Alle KUR-Proben wurden per Konvektion getrocknet.

Dauer des Verfahrens

Die Dauer des Prozesses von wassergesättigt bis trocken und stabil war, bei gleichen Parametern, abhängig von der Art des Holzes, dem Format und dem Abbaugrad.

Ein durchschnittliches wassergesättigtes Holzstück, Gruppe 2, mit dem Gewicht

nass	1.500g
max.	1.750g nach Impuls mit Zucker
trocken und stabil	1.200g nach Konvektionstrocknung

benötigte 16 Tage zur Substitution und 24 Tage zur Trocknung. Der Gesamtprozess von wassergesättigt zu trocken und stabil dauerte so für ein etwa 1.500g schweres Stück 40 Tage.

Anwendbarkeit

Die Impulskonservierung zielt auf eine Mischung bis Substitution von Flüssigkeiten in einem porösen Körper ab. Demnach sollten Bindemittel variabel eingesetzt werden können und sollten nicht auf Zucker limitiert sein. Mit Abstimmung des Prozesses auf die CO₂-Löslichkeit, das Misch-, Fließ-Temperatur- und Trocknungsverhalten könnte die Impulskonservierung auch bei den anderen traditionellen Konservierungsverfahren eingesetzt werden. Die Forschung hierfür steht jedoch noch aus.

Dr. Martin Pracher, Würzburg