

ZUR ANWENDUNG VON DICHTANGABEN BEI DER BESTIMMUNG DER PEG-TRÄNKKONZENTRATION MIT DEM PEGCON-COMPUTERPROGRAMM

1990 stellten Cook und Grattan ein Berechnungsmodell (PEGcon) zur Ermittlung der notwendigen Tränkbadkonzentration von Polyethylenglykol (PEG) bei der Stabilisierung von abgebautem archäologischem Nassholz vor (**Abb. 1**) (Cook / Grattan 1991). Die darin angewandten Berechnungsmodi beruhen auf der Tränkung in zunächst niedermolekularem PEG. Nach Erreichen der Endkonzentration des niedermolekularen PEG wird unter Aufrechterhaltung der Endkonzentration stufenweise höhermolekulares PEG bis zur gewünschten Endkonzentration zugesetzt¹. Abschließend entfernt man durch eine Gefriertrocknung die Restfeuchte aus dem Holz.

Die Verwendung dieses Berechnungsmodells scheint sich in den letzten Jahren im deutschsprachigen Raum zu verbreiten. Daher soll im Folgenden auf die Verwendung der Dichteangaben genauer eingegangen werden, da dies ein häufig übersehenes Detail ist und zu Abweichungen von ca. 10 % in der Konzentration führen kann (Brather 2007).

Dichteangaben von Holz

Die Dichtebestimmung an archäologischem Nassholz dient der objektiven Beurteilung des überkommenen, abgebauten Zustandes des Holzes. Vergleiche mit der Dichte rezenten Holzes derselben Art ermöglichen eine Aussage über den Substanzverlust. Und darauf aufbauend lassen sich Art und Umfang der Konservierung ermitteln.

In der Literatur werden jedoch unterschiedliche Dichtebezeichnungen für Holz verwendet. Die Verwendung der richtigen Holzdichteangaben ist bei der



Abb. 1. Das Computerprogramm mit den Berechnungsmodi: die 2004 vorgestellte Windows-Variante. Die Dos-Variante im Internet unter: <http://www.cci-icc.gc.ca/crc/tools-ouils/pegcon-eng.aspx> (Zugriff am 23.9.2009).

Berechnung der PEG-Konzentration zu beachten: Die Rohdichte Q_u ist der Quotient aus der Masse des Holzes einschließlich des in den Zellwänden und Poren enthaltenen Wassers sowie dem äußeren Volumen des Holzes einschließlich der Hohlräume bei einem definierten Feuchtigkeitsgehalt u :

$$(1) \quad Q_u = \frac{m_u}{V_u} \quad (\text{kg/m}^3)$$

Q_u Rohdichte

m_u Masse des Holzes beim Feuchtigkeitsgehalt u

V_u äußeres Volumen des Holzes beim Feuchtigkeitsgehalt u

Häufig wird die Rohdichte auf einen Feuchtigkeitsgehalt von 12 % bezogen.

Die Darrdichte ρ_0 ist der Quotient aus der Masse und dem Volumen des darrtrockenen Holzes:

$$(2) \rho_0 = \frac{m_0}{V_0} \quad (\text{kg/m}^3)$$

ρ_0 Darrdichte
 m_0 Masse des darrtrockenen Holzes
 V_0 Volumen des darrtrockenen Holzes

Die Dichtewerte für die unterschiedlichen Holzarten im darrtrockenen Zustand variieren von etwa $0,16 \text{ g/cm}^3$ bis über $1,04 \text{ g/cm}^3$. Innerhalb der einzelnen Holzart ist eine natürliche Schwankungsbreite von etwa 10 % (Simpson / TenWolde 1999, 3-11) gegeben durch:

- das Verhältnis von Früh- zu Spätholz,
- unterschiedliche Jahrringbreiten,
- Baumalter,
- Verkernung
- Unterschiede von Wurzel-, Ast- und Reaktionsholz.

Zur Umrechnung der Rohdichte ρ_u in die Darrdichte ρ_0 gilt unter Berücksichtigung des Quell- und Schwindverhaltens:

$$(3) \rho_0 = \rho_u \times \frac{100 + \alpha_{Vu}}{100 \times u} \quad (\text{kg/m}^3)$$

ρ_0 Darrdichte
 ρ_u Rohdichte
 α_{Vu} Volumenquellmaß in % bei $u\%$ Feuchtigkeitsgehalt
 u Feuchtigkeitsgehalt in %

Untersuchungen des US-Forest Products Research Laboratory (Niemz 1993, 77)² zufolge gilt näherungsweise für die Beziehung zwischen Darrdichte und maximalem Volumenquellmaß α_V :

$$(4) \alpha_V \approx 0,028 \times \rho_0 \quad (\%)$$

α_V max. Volumenquellmaß

Die Reindichte ρ_r ist der Quotient aus der Masse des darrtrockenen Holzes und dem Volumen der Zell-

wand ohne den Porenraum. Sie charakterisiert die Dichte der reinen Zellwandsubstanz:

$$(5) \rho_r = \frac{m_0}{V_{wall}} \quad (\text{kg/m}^3)$$

ρ_r Reindichte
 V_{wall} Volumen der Zellwand

Die Reindichte ist bei den meisten Holzarten nahezu gleich. Sie schwankt geringfügig durch unterschiedliche Cellulose- und Ligningehalte zwischen 1440 kg/m^3 und 1600 kg/m^3 , liegt im Mittel bei 1500 kg/m^3 (also $1,5 \text{ g/cm}^3$). D. h. ein Holz mit einer Darrdichte von 500 kg/m^3 besteht zu einem Drittel aus Holzsubstanz und zu zwei Dritteln aus Luft.

Der Porenanteil (Hohlraumanteil) C ist das Volumen sämtlicher Hohlräume des Holzes im darrtrockenen Zustand, bezogen auf das Volumen des Holzes. Er ergibt sich aus dem Verhältnis der Darrdichte zur Reindichte des Holzes:

$$(6) C = 100 - \frac{100 \times \rho_0}{\rho_r} \quad (\%)$$

C Porenanteil

Setzt man $\rho_r = 1500$ (s. o.), so ergibt sich näherungsweise:

$$(7) C = 100 - 0,067 \rho_0 \quad (\%)$$

Die Relative Dichte d eines Körpers ist das Verhältnis der Dichte ρ_{object} eines Stoffes zur Bezugsdichte $\rho_{reference}$ eines Bezugsstoffes. Die Relative Dichte ist einheitenlos.

$$(8) d = \frac{\rho_{object}}{\rho_{reference}}$$

d Relative Dichte
 ρ_{object} Dichte eines Stoffes
 $\rho_{reference}$ Bezugsdichte eines Stoffes

Wichtig ist hierbei die Angabe des Referenzmaterials. Wird keine Angabe gemacht, geht man normalerweise von Wasser bei $3,98^\circ\text{C}$ ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$) aus.

Bei der Angabe von Holzdichten hat sich auch die Angabe der sogenannten Raumdichtezahl R etabliert (im Englischen auch als basic density oder conventional density mit den Symbolen R_g oder G_f bezeichnet, z.B. Hoffmann / Jones 1990, 37; Schniewind 1990, 89). Bei der Raumdichtezahl R wird die Masse des darrtrockenen Holzes m_o auf das Volumen des vollständig gequollenen Holzes V_{max} mit einem Feuchtigkeitsgehalt größer als die Fasersättigungsfeuchte bezogen:

$$(9) R = \frac{m_o}{V_{max}} \quad (\text{kg/m}^3)$$

V_{max} Volumen bei maximaler Quellung

Die Raumdichtezahl R kann auch mit Hilfe des maximalen Feuchtigkeitsgehalts u_{max} berechnet werden:

$$(10) R = \frac{100}{u_{max} + 66,7} \quad (\text{kg/m}^3)$$

u_{max} maximaler Feuchtigkeitsgehalt

Zur Umrechnung der Raumdichtezahl in die Darrdichte gilt:

$$(11) \rho_o = R \times \frac{100 + \alpha_V}{100} \quad (\text{kg/m}^3)$$

oder

$$(12) \rho_o = R \times \frac{100}{100 - \beta_V} \quad (\text{kg/m}^3)$$

β_V max. Volumenschwindmaß

Diese Raumdichtezahl hat sich im nordamerikanischen Raum mit dem Bezug auf die Dichte von

Wasser ρ_{H_2O} unter der Bezeichnung »specific gravity« S_g , also der Angabe der Relativen Dichte, durchgesetzt:

$$(13) S_g = \frac{m_o}{V_{max}} : \rho_{H_2O}$$

S_g specific gravity

ρ_{H_2O} Dichte des Wassers

In der angelsächsischen Literatur wird jedoch bei der Angabe der »specific gravity« nicht eindeutig zwischen Masse und Gewicht unterschieden (vgl. z.B. Niemz 1993; Simpson 1993; Simpson / TenWolde 1999; Eckelman o. J.)

Sowohl die in Europa übliche Darrdichte wie die in Nordamerika übliche »specific gravity« beziehen sich mit den Bezugsgrößen darrtrockene Masse und darrtrockenes bzw. maximal gequollenes Volumen auf reproduzierbare Zustandsgrößen des Holzes (Unger et al. 2001, 32). Durch das geringere Bezugsvolumen sind die in Europa gebräuchlichen Dichtewerte bei der gleichen Holzart durchschnittlich jedoch um etwa 15 % höher als die im amerikanischen Raum gebräuchlichen Werteangaben (siehe **Tab. 1**).

Für den Berechnungsmodus des PEGcon-Programmes ist die Angabe der Dichte im Format der »specific gravity« notwendig. Die Werte der Raumdichtezahl für die amerikanischen Holzspezies können aus der angelsächsischen Literatur entnommen werden. Für die mitteleuropäischen Spezies ist die Angabe aber ungebräuchlich und in der Standardliteratur finden sich meist nur die Werte für die darrtrockene Dichte oder die lufttrockene Rohdichte ($u = 12 \%$) (z.B. Sell 1989; Wagenführ 2000).

	Reindichte	Darrdichte	Rohdichte	Rohdichte bei Fasersättigung	Raumdichtezahl
Feuchtigkeitsgehalt u (%)	0	0	12	~ 35*	~ 35*
Mittlere Dichte (kg/m ³)	1500	650	690	1000	560

Tab. 1 Unterschiedliche Dichteangaben für Eiche (*Quercus robur* L. / *Q. petraea* Liebl.). Werte nach Wagenführ 2000.

* Berechnet mit PEGcon.

Botanische Bezeichnung	Englischer Name	Französischer Name	Deutscher Name	Dichte (kg / m³)				Max. Quellmaß				Max. Schwindmaß				
				Raumdichtezahl (Mittelwert)	Darddichte (Mittelwert)	Darddichte (Schwankungsbreite)	Rohdichte (Schwankungsbreite)	Dichte bei Faserätzung (Schwankungsbreite)	Volumen	longitudinal	radial	tangential	Volumen	longitudinal	radial	tangential
Abies alba Mill.	Silver fir	Sapin blanc ou pectiné	Weiß-Tanne	380	430	320 - 410 - 710	350 - 450 - 750	800 - 900	12,1	0,1	3,4	8	10,8	0,1	3,3	7,4
Acer pseudoplatanus L.	Great Maple	Erable sycamore	Bergahorn	520	590	480 - 590 - 750	530 - 630 - 790	830 - 970 - 1040	13	0,5	3,1	8,7	11,5	0,5	3	8
Aesculus hippocastanum L.	Horse Chestnut	Mattonnier, Marronnier d'Inde	Gewöhnliche Rosskastanie	450	510	460 - 510 - 550	500 - 550 - 590	760 - 900 - 1040	12,4	0,9	3,4	7,3	11	0,9	3,3	6,8
Alnus glutinosa (L.) P. Gaertn.	Black Alder	Aune glutineux	Schwarz-Erle	440	510	450 - 510 - 600	490 - 550 - 640	800 - 850 - 930	15,5	0,5	4,8	9,2	13,4	0,5	4,6	8,4
Betula pendula Roth	Silver Birch	Bouleau verruqueux	Hänge-Birke, Warzen-Birke	520	610	460 - 610 - 800	510 - 650 - 830	800 - 850 - 900	16,3	0,6	5,6	8,5	14	0,6	5,3	7,8
Buxus sempervirens L.	Box Tree	Buis commun	Europäischer Buchsbaum	650	890	830 - 950	900 - 1030	1200	37	0	12,4	17,6	27		11	15
Carpinus betulus L.	Hornbeam	Charme commun	Gewöhnliche Hainbuche	640	790	500 - 790 - 820	540 - 830 - 860	660 - 970 - 1200	23,2	0,5	6,4	13	18,8	0,5	6	11,5
Castanea sativa Mill.	Chestnut	Châtaignier	Eßkastanie, Marrone	500	560	530 - 590	620 - 620 - 660	1060	12,7	0,6	4,1	7	11,3	0,6	3,9	6,5
Fagus sylvatica L.	Beech	Hêtre, Fayard	Rot-Buche	560	680	490 - 680 - 880	540 - 720 - 910	820 - 1070 - 1270	21,8	0,3	6,2	13,4	17,9	0,3	5,8	11,8
Fraxinus excelsior L.	English Ash	Frêne	Gewöhnliche Esche	560	650	410 - 650 - 820	450 - 690 - 860	600 - 800 - 1140	15,2	0,2	5	8,9	13,2	0,2	4,8	8,2
Juglans regia L.	Walnut	Noyer commun	Echte Walnuß	550	640	450 - 640 - 750	570 - 680 - 810	90 - 1000	15,9	0,5	5,7	8,1	13,7	0,5	5,4	7,5
Larix decidua Mill.	European Larch	Mélèze d'Europe	Europäische Lärche	480	550	400 - 550 - 820	440 - 590 - 850	750 - 900	15,2	0,3	4	10	13,2	0,3	3,8	9,1
Picea abies (L.) H. Karst.	Common Spruce, Norway Spruce	Epicéa, Sapin rouge	Gewöhnliche Fichte, Rottanne	380	430	300 - 430 - 640	330 - 470 - 680	700 - 800 - 850	13,4	0,3	3,7	8,6	11,8	0,3	3,6	7,9
Pinus silvestris L.	Scots Pine	Pin sylvestre	Wald-Kiefer, Föhre	420	480	300 - 490 - 860	330 - 510 - 890	750 - 820 - 850	13,4	0,3	4,1	8,8	11,8	0,3	3,9	8,1
Pinus strobus L.	Eastern white Pine, Northern white pine	Pin Weymouth	Weymouthskiefer	340	370	310 - 370 - 470	340 - 400 - 500	580 - 720	9,9	0,2	2,5	6,7	9	0,2	2,4	6,3
Platanus acerifolia Willd.			Europäische Platane	500	580	380 - 580 - 650	420 - 620 - 680	820 - 832 - 850	16,1	0,5	4,9	9,3	13,9	0,5	4,7	8,5
Populus nigra L.	Black Poplar	Peuplier noir	Schwarz-Pappel	360	410	370 - 410 - 520	410 - 450 - 560	600 - 730 - 800	14,3	0,3	4,3	9,2	12,5	0,3	4,1	8,4
Populus tremula L.	Aspen	Peuplier tremble	Zitter-Pappel, Espe, Aspe	400	450	360 - 450 - 560	400 - 490 - 600	610 - 810 - 990	13,5	0	3,6	8,2	11,9		3,5	7,6
Prunus avium L.	European cherry	Tribu du prunier	Vogel-Kirsche, Süß-Kirsche	470	550	490 - 550 - 670	600 - 630 - 690	800 - 900	16		4,5	8,2	13,8		4,3	7,6
Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco	Douglas Fir, Oregon Pine	Douglas, Sapin de Douglas	Gewöhnliche Douglasie	440	500	320 - 470 - 730	350 - 510 - 750	640 - 700	13,6	0,3	4,7	8	12	0,3	4,5	7,4
Pyrus communis L.	Pear-Tree	Poirier	Kultur-Birne	600	700	650 - 700 - 760	690 - 740 - 800	960 - 1070	16,4	0,4	4,8	10	14,1	0,4	4,6	9,1
Quercus alba	White oak		Amerikanische Weißbuche	620	740	680 - 740 - 785	710 - 775 - 820	1000	18,5	0,3	5,8	10,9	15,6	0,3	5,5	9,8
Quercus petraea Liebl.	Sessil Oak	Chêne rouvre	Trauben-Eiche, Winterreiche	560	650	390 - 650 - 930	430 - 690 - 960	650 - 1000 - 1160	16,4	0,4	4,5	9,8	14,1	0,4	4,3	8,9
Quercus robur L.	Pedunculate Oak	Chêne pedonculé	Stiel-Eiche, Sommerreiche	560	650	390 - 650 - 930	43 - 690 - 960	650 - 1000 - 1160	16,4	0,4	4,5	9,8	14,1	0,4	4,3	8,9
Quercus rubra L.	American red oak, Northern red oak	Chêne rouge	Rot-Eiche	570	660	480 - 660 - 870	550 - 700 - 980	1000 - 1100	15,1	0,7	4,3	10	13,1	0,7	4,1	9,1
Quercus spp.			Mooreiche, Schwarzreiche	500	630	580 - 630 - 730	615 - 665 - 760	1200	25,6	0,5	8,7	13,5	20,4	0,5	8	11,9
Robinia pseudacacia L.	Locust, False Acacia	Robinier, Faux acacia	Scheinakazie, Robinie	650	740	540 - 740 - 870	580 - 770 - 900	800 - 900 - 950	13,4	0,1	4,1	6,7	11,8	0,1	3,9	6,3
Salix alba L.	White Willow	Saule blanc	Silber-Weide	300	330	270 - 330 - 380	290 - 350 - 420	750 - 990	10,6	0,9	2,5	6,7	9,6	0,9	2,4	6,3
Sorbus aucuparia L.	European Mountain Ash	Sorbier des oiseleurs	Eberesche, Vogelbeere	600	730	660 - 730 - 780	690 - 750 - 810	850 - 1100	22	0,4	6,8	12,6	18	0,4	6,4	11,2
Sorbus torminalis Crantz	Wild service tree		Atlasbaum, Eisbeere	590	710	630 - 710 - 870	670 - 750 - 900	870 - 1130	20,8	0,2	7,1	11,6	17,2	0,2	6,6	10,4
Taxus baccata L.	Yew	If commun	Europäische Eibe	570	630	610 - 640 - 740	640 - 670 - 810	1160	9,6		3,8	5,6	8,8		3,7	5,3
Tilia cordata Mill.	Small-leaf Lime	Tilleul à petites feuilles	Winter-Linde	420	490	320 - 490 - 550	350 - 530 - 600	580 - 880	17,1	0,3	6,4	11	14,6	0,3	6	9,9
Tilia platyphyllos Scop.	Large-leaf Lime	Tilleul à grandes feuilles	Sommer-Linde	420	490	320 - 490 - 560	350 - 530 - 600	580 - 880	17,1	0,3	6,4	11	14,6	0,3	6	9,9
Ulmus glabra Huds.	Mountain Elm	Orme de montagne	Berg-Ulme, Weißrüster	500	640	440 - 640 - 820	480 - 680 - 850	750 - 850 - 1050	14,7	0,3	4,9	8,2	12,8	0,3	4,7	7,6
Ulmus minor Mill.	Common English Elm	Orme champêtre	Feld-Ulme, Rot-Rüster	500	640	440 - 640 - 820	480 - 680 - 850	750 - 850 - 1050	14,7	0,3	4,9	8,2	12,8	0,3	4,7	7,6

Tabelle 2 zeigt eine Literaturzusammenstellung der Dichteangaben mit maximalen Quell- und Schrumpfmaß, die nur relativ wenige Holzarten auführt.

Die mathematische Umrechnung der Darrdichte Q_{darr} über das maximale Volumenquellmaß in die Raumdichtezahl R ist möglich (Herleitung s. o.):

$$(14) \quad S_g = \frac{Q_0 \times 100}{100 + (0,028 \times Q_0)} : Q_{H_2O}$$

Die Dichtebestimmung an archäologischem Holz

Die Dichtebestimmung an archäologischem Nassholz erfolgt meist ohne Probenentnahme über die vergleichende Massebestimmung an Luft und unter Wasser. Voraussetzung dazu ist die vollständige Wassersättigung des Holzes, da im Holz enthaltene Gasblasen einen Auftrieb im Wasser verursachen. Nachteil dieser Methode der Dichtebestimmung ist die »Nivellierung« der Dichte über den gesamten Holzkörper, Dichteunterschiede werden nicht erfasst. Je nach Art und Fortschritt des von der Oberfläche beginnenden Holzabbaues während der Bodenlagerung kann bei archäologischem Holz die Dichte stark variieren. Bei der Festlegung der Konzentration der PEG-Tränklösung sind daher gegebenenfalls auftretende Dichteunterschiede zusätzlich

zu berücksichtigen (PEG-Koeffizient P_c im Berechnungsmodell).

Bei ausgetrockneten oder trocken erhaltenen archäologischen Holzobjekten kann das schwierig zu ermittelnde Volumen für die Dichtebestimmung über die vergleichende Messung der benötigten Zeit für den Aufbau eines Solldrucks bei definiertem Gaszufluss in einer abgeschlossenen Kammer mit und ohne darin befindlichem Holzobjekt bestimmt werden (Kavouras / Fotopoulou 2006).

In der Industrie ist auch die zerstörungsfreie Dichtebestimmung mittels elektromagnetischer Wellen, wie Röntgen-, Beta- oder Gammastrahlung (Niemz 1993, 84-89; Macedo et al. 2002) oder anderer Verfahren wie die Bohrwiderstandsmessung u. a. gebräuchlich (Niemz 1993).

Schlussbetrachtung

Bei der Anwendung des PEGcon-Berechnungsmodells sind die Werte der Dichte europäischer Holzarten ausgedrückt als Masse des darrgetrockneten Holzes bezogen auf das Volumen des vollständig gequollenen Holzes zu verwenden, also der Raumdichtezahl bzw. der einheitenlosen Relativen Dichte mit der Bezugsgröße Wasser (Gl. 13 und 14). Die Umrechnung der Raumdichtezahl aus der Darrdichte und dem maximalen Volumenquell- bzw. Volumenschwindmaß ist möglich (Gl. 11 und 12)



Tab. 2 Europäische Holzarten mit ihren unterschiedlichen Dichteangaben aus der Literatur sowie den maximalen Quell- und Schwindmaßen.

Glossar

Dichte ρ : Verhältnis der Masse m eines Körpers zu seinem Volumen V – Angabe in SI-Einheit: kg/m^3 ; häufig aber auch Angabe in g/cm^3 .

Darrdichte ρ_0 (DIN 52183): Dichte des absolut trockenen (Abk. atro) Holzes nach vollständiger Trocknung bei 103°C .

Rohdichte ρ_u : Quotient aus der Masse m und dem Volumen V des makroskopischen Holzes einschließlich des Porenraumes C bei einem bestimmten Feuchtigkeitsgehalt u .

Raumdichtezahl R : Dichteangabe mit Bezug der Masse m_0 des absolut trockenen Holzes auf das Volumen des vollständig gequollenen Holzes V_{max} .

Reindichte ρ_r : Dichte des Holzes ohne den Porenraum C .

Relative Dichte: Verhältnis der Dichte ρ eines Stoffes zur Dichte ρ_0 eines anderen Bezugsstoffes.

Wurzel-, Ast und Reaktionsholz: wird im Ast- und Wurzelbereich sowie infolge von Druck- und Zugspannungen gebildet – kann sich in seinem Aufbau und seinen Eigenschaften vom Stammholz unterscheiden.

Volumenquellmaß (DIN 52184): Maßänderung des Holzes infolge von Wasseraufnahme bezogen auf das Volumen – ist die Summe der linearen Quellmaße in den drei holzanatomischen Hauptrichtungen des Holzes

Volumenschindmaß (DIN 52184): Umkehr des Volumenquellmaßes.

Anmerkungen

1) Meist werden PEG 200 bzw. 400 und PEG 3350 bzw. 4000 eingesetzt.

2) Freundliche Mitteilung von Prof. Dr. Niemz vom 7.8.2006.

Abgekürzt zitierte Literatur

Brather 2007: St. Brather, Polyethylenglykol in der Nassholzkonservierung – Möglichkeiten zur Optimierung der Methode. [unpubl. Masterarbeit, Univ. Frankfurt/O. 2007].

Cook / Grattan 1991: C. Cook / D. W. Grattan, A Method of Calculating the Concentration of PEG for Freeze-drying Waterlogged Wood. In: P. Hoffmann (Hrsg.), Proceedings of the 4th ICOM Group on Wet Organic Archaeological Materials Conference, Bremerhaven 1990 (Bremerhaven 1991) 239-250.

Eckelman o. J.; C. A. Eckelman, Wood Moisture Calculations. Purdue University, Department of Forestry and Natural Resources, FNR 156, Lafayette o. Jahresangabe, <http://www.ces.purdue.edu/extmedia/FNR/FNR-156.html> [Zugriff am 7.7.2006].

Hoffmann / Jones 1990: P. Hofmann / M. A. Jones, Structure and Degradation Process for Waterlogged Archaeological Wood. In: R. M. Rowell / R. J. Barbour, Archaeological Wood: Properties, Chemistry and Preservation, Advances in Chemistry Series 225 (Washington D.C. 1990) 35-65.

Kavouras / Fotopoulou 2006: P. K. Kavouras / M. Fotopoulou, A Note on a Simple Device for Measuring Wooden Artefact Volume. Studies in Conservation 51, 2006, 4, 291-296.

Macedo et al. 2002: A. Macedo / C. M. P. Vaz / J. C. D. Pereira / J. M. Naime / P. E. Cruvinel / S. Crestana, Wood Density Determination by X- and Gamma-ray Tomography. Holzforschung 56, 2002, 535-540.

Niemz 1993: P. Niemz, Physik des Holzes und der Holzwerkstoffe, Leinfelden-Echterdingen 1993.

Schniewind 1990: A. P. Schniewind, Physical and Mechanical Properties of Archaeological Wood. In: R. M. Rowell / R. J. Barbour, Archaeological Wood: Properties, Chemistry and Preservation, Advances in Chemistry Series 225 (Washington/D.C. 1990) 87-109.

Sell 1989: J. Sell, Eigenschaften und Kenngrößen von Holzarten ³(Zürich 1989).

Simpson 1993: W. T. Simpson, Specific Gravity, Moisture Content, and Density Relationship for Wood. USDA General Technical Report FPL-GTR-76 (Madison 1993).

Simpson / TenWolde 1999: W. Simpson / A. TenWolde, Physical Properties and Moisture Relations of Wood. In: USDA Forest Service, Forest Products Laboratory (Hrsg.), Wood Handbook: Wood as an Engineering Material. General Technical Report FPL, GTR-113 (Madison/WI 1999) Kap. 3, 1-23.

Unger et al. 2001: A. Unger / A. P. Schniewind / W. Unger, Conservation of Wood Artifacts. A Handbook. (Berlin, Heidelberg, New York 2001).

Wagenführ 2000: R. Wagenführ, Holzatlas ⁵(Leipzig 2000).

Zur Anwendung von Dichteangaben bei der Bestimmung der PEG-Tränkkonzentration mit dem PEGcon-Computerprogramm

Das PEGcon-Berechnungsmodell wird in der Nassholzkonservierung für die Bestimmung der notwendigen Endkonzentration von gemischten nieder- und höhermolekularen PEG-Lösungen mit anschließender Gefriertrocknung angewandt. Die dazu notwendige Dichte kann unterschiedlich ausgedrückt werden. In Europa wird die Dichte normalerweise als Darrtrockenmasse bezogen auf das Darrtrockenvolumen ausgedrückt, in Nordamerika jedoch als Darrtrockenmasse bezogen auf das maximal gequollene Volumen. Die amerikanische Dichteangabe ist für das Berechnungsmodell notwendig. Eine Umrechnung von Werten der Darrtrockendichte europäischer Holzarten in die amerikanische Ausdrucksweise ist über das maximale Quell- oder Schrumpfmaß möglich.

The relevance of density measures in the determination of PEG impregnation concentrations by the PEGcon computer program

The PEGcon calculation model is used to estimate the required final concentration of lower and higher Polyethylenglykol (PEG) in mixed solutions for the conservation of waterlogged wood followed by vacuum freeze drying. It requires the density of the wood species.

Different subjects of reference are used in different countries to express density measures. In Europe, the density is usually given by the relation of oven dry weight to oven dry volume. In North America it is common to give the relation of oven dry weight to green volume or to the specific gravity referring to water. The computer based calculation model requires the American type of measures. The measures from European specimen can be transformed by the measures of the maximum swelling or shrinkage.

Sur l'utilisation des indications de densité pour la détermination de la concentration de solutions de PEG avec le programme informatique PEGcon

Le modèle de calcul PEGcon permet de déterminer la concentration finale de mélanges de solutions de PEG de faible et haut poids moléculaire dans la conservation des bois gorgés d'eau suivie d'une lyophilisation. La mesure de densité nécessaire pour cela peut être exprimée de différentes façons. En Europe, la densité est normalement décrite comme la densité du bois sec rapportée au volume maximal de gonflement. L'indication américaine de la densité est cependant nécessaire pour ce modèle de calcul. Une conversion des valeurs de densité des espèces de bois européennes est possible par le biais des valeurs maximales de gonflement et de rétraction.

Schlagworte

Konservierung / Nassholz / Dichte / Polyethylenglykol / PEGcon