Gartenbauwissenschaft, **65** (5). S. 199–202, 2000, ISSN 0016–478X. © Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart

Die M-ISHS-Methode – eine praxisorientierte Untersuchungsmethode zur Ermittlung der Kennwerte des Luft- und Wasserhaushaltes von Kultursubstraten

The M-ISHS-method – a Method to Determine the Air- and Watercharacteristics of Substrates Considering the Bulk Density in Pots and Containers

Andreas Wrede und Heike Bohne, Bodenuntersuchungsinstitut Koldingen, 30938 Burgwedel, Ehlbeek 2

Zusammenfassung

Die hier beschriebene M-ISHS-Methode (= Modifizierte-ISHS-Methode) ist eine Weiterentwicklung bzw. Modifizierung der ISHS-Methode (GABRIELS and VERDONCK 1992; DIN11512-3). Im Gegensatz zur ISHS-Methode bietet die M-ISHS-Methode die Möglichkeit, die Lagerungsdichte (Topffestigkeit) im Topf und im Container bei der Ermittlung der Kennwerte des Luft- und Wasserhaushaltes von Kultursubstraten zu berücksichtigen. Der Einfluss der Lagerungsdichte auf Container- und Luftkapazität wird für drei Substrate gezeigt.

Die Beachtung der Lagerungsdichte bei der Ermittlung der physikalischen Eigenschaften von Substraten ist von großer Wichtigkeit, da sich mit steigender Lagerungsdichte das Porenvolumen und besonders die Luftkapazität verringern, während die Containerkapazität ansteigt. Dieses hat Auswirkungen für die Gütesicherung der Substrate sowie für eine substratangepasste Bewässerung.

Summary

The M-ISHS method (= Modified-ISHS method) described here is a modification of the ISHS method (GABRIELS and VERDONCK 1992; DIN 11512-3). In contrast to the ISHS method, the M-ISHS method makes it possible to consider the bulk density of the substrates as it is in the pots and containers. The influence of the bulk density on containercapacity and on aircapacity is shown for three substrates.

The consideration of the bulk density during the determination of physical properties of substrates is of great importance, because with increasing bulk density the total porosity and especially the aircapacity is decreasing while the watercapacity is increasing. This has implications for the quality control of the substrates and for a substrate specific irrigation as it will be demonstrated in a further paper.

Einleitung

Sowohl unter ökonomischen als auch unter ökologischen Aspekten muss die Bewässerung so gesteuert werden, dass ein gegebenes Produktionsziel (Pflanzenertrag, Pflanzenqualität) bei der Kultur im Topf oder Container unter Minimierung des Wasser- und Düngeraufwandes sowie unter Vermeidung von Auswaschung realisiert werden kann. Dazu muss sie an der Speicherfähigkeit des Substrates für Wasser und dessen Pflanzenverfügbarkeit orientiert sein. Bei der Substratauswahl für eine bestimmte Kultur sollte jedoch nicht nur an das Wasserspeichervermögen des Substrates gedacht werden, sondern, besonders bei gegenüber Luftmangel empfindlichen Kulturpflanzen, auch an ein jederzeit ausreichendes Luftangebot im Substrat. Ein Substrat sollte daher viel Wasser pflanzenverfügbar speichern können und gleichzeitig jederzeit einen ausreichenden Luftgehalt aufweisen (BAILLY 1989a; FONTENO 1993; BOHNE et al. 1998). Die Speichereigenschaften von Substraten für Luft und Wasser drücken sich in den Kennwerten des Luft- und Wasserhaushaltes aus, die in Tabelle 1 aufgeführt und kurz erklärt sind.

Daneben spielen die physikalischen Eigenschaften, insbesondere die Luft- und Containerkapazität, eine wichtige Rolle bei der Qualitäts- bzw. Gütesicherung von Kultursubstraten.

Sollen die Kennwerte des Luft- und Wasserhaushaltes dem Gärtner als Hilfsmittel zur Substratauswahl und Kultursteuerung dienen, so sollten die Kennwerte mit einer Untersuchungsmethode ermittelt worden sein, die die Bedingungen berücksichtigt, die im Topf bzw. Container zu finden sind (BOHNE et al. 1998).

In Deutschland gibt es derzeit mehrere Methoden, die es ermöglichen, die physikalischen Eigenschaften von Substraten zu ermitteln: Die ISHS-Methode (GABRIELS and VERDONCK 1992; DIN 11512-3), die DIN-Methode (DIN 11540) und die Schnellmethode in Anlehnung an SCHLICHTING (SCHLICHTING and BLUME 1966).

Um physikalische Untersuchungen an Kultursubstraten zu standardisieren wurde die ISHS Methode (GABRIELS and VERDONCK 1992; DIN 11512-3) eingeführt, die definierte Arbeitsanweisungen für die Be- und Entwässerung der untersuchten Substratproben vorgibt. Dadurch ist es möglich geworden, reproduzierbare Kennwerte zu erhalten. Nachteilig an der ISHS-Methode erscheint deren Dauer von 10 Tagen und die fehlende Möglichkeit, eine bestimmte Lagerungsdichte bei der Untersuchung zu berücksichtigen (BOHNE and GÜNTHER 1997).

Die Schnellmethode in Anlehnung an SCHLICHTING (SCHLICHTING and BLUME 1966), wie sie gegenwärtig in der Abteilung Baumschule durchgeführt wird, bietet zwar die Möglichkeit die Topffestigkeit oder eine belie-

Tab. 1. Kennwerte des Wasser- und Lufthaushaltes von Kultursubstraten (BAILLY 1989 a, b; BÜCKNER 1997; BOHNE et al. 1998; CARON and NKONGOLO 1999; WREDE 1999)
Air- and water-characteristics of substrates (BAILLY 1989 a, b; BÜCKNER 1997; BOHNE et al. 1998; CARON and NKONGOLO 1999; WREDE 1999)

Kennwert	Einheit	Erläuterung
Porenvolumen (PV)	Vol.%	Anteil des Substratvolumens [Vol.%], der nicht von der Festsubstanz eingenommen wird, also mit Wasser und/oder Luft gefüllt ist
Luftkapazität (LK)	Vol.%	Anteil des Porenvolumens, der bei einer Wasserspannung von 10 hPa mit Luft gefüllt ist
Containerkapazität (CK)	Vol.%	Anteil des Porenvolumens, der bei einer Wasserspannung von 10 hPa mit Wasser gefüllt ist
Verfügbares Wasser (vW)	Vol.%	Wasseranteil, den ein Substrat zwischen 10 und 100 hPa Wasserspannung speichern kann
Leichter verfügbares Wasser (lvW)	Vol.%	Wasseranteil, den ein Substrat zwischen 10 und 50 hPa Wasserspannung speichern kann
Schwerer verfügbares Wasser (svW)	Vol.%	Wasseranteil, den ein Substrat zwischen 50 und 100 hPa Wasserspannung speichern kann

bige andere Lagerungsdichte bei der Untersuchung zu berücksichtigen und dauert nur 24 Stunden, sie ermöglicht jedoch lediglich die Ermittlung der Wasserkapazität [Vol. %] (BOHNE et al. 1998). Die DIN-Methode (DIN 11540) ist nicht geeignet, da sie Unterschiede in der Wasserspeicherfähigkeit unterschiedlicher Substrate nicht erfasst (BOHNE and GÜNTHER 1997).

Gründe für die Weiterentwicklung der ISHS-Methode

Die Kenntnis der Kennwerte des Luft- und Wasserhaushaltes eines Substrates soll den Verwender in die Lage versetzen, das richtige Substrat für eine bestimmte Kulturpflanze und für die Situation, bei der er produziert, auszuwählen und die Kultursteuerung an den Kennwerten auszurichten. Die Kultursteuerung wird sich um so besser an dem Bedarf der Pflanze orientieren können, je genauer die Kennwerte die Bedingungen widerspiegeln, die die Pflanze im Topf/Container wirklich vorfindet. Diese Bedingungen werden während der Vegetationsperiode u.a. durch das Wurzelwachstum, durch den Abbau der organischen Substratbestandteile sowie durch Quellung und Schrumpfung des Substrates beeinflusst (BRÜCKNER 1997 u.a.). Die Veränderungen der physikalischen Kennwerte, die sich im Verlauf einer Vegetationsperiode durch die o.g. Einflussfaktoren ergeben, lassen sich jedoch nur schwer oder gar nicht durch eine Messmethodik erfassen, die lediglich eine Momentaufnahme der physikalischen Eigenschaften liefern kann. Die Kennwerte des Luft- und Wasserhaushaltes werden jedoch nicht nur durch die Veränderungen während der Vegetationsperiode beeinflusst, sondern auch der Gärtner übt einen erheblichen Einfluss auf die Bedingungen im Topf/Container aus. Da er beim Topfen der Pflanzen eine bestimmte Topffestigkeit erzeugt, beeinflusst er das Porenvolumen und die Aufteilung in Container- und Luftkapazität sowie die Verfügbarkeit des Wassers. Die Topffestigkeit unter Praxisbedingungen, d.h. die Festigkeit, mit der der Praktiker bzw. seine Topfmaschine topft, entspricht der Lagerungsdichte. Der wichtige Unterschied zwischen beiden Größen ist der, dass sich die Topffestigkeit [g/l] auf verarbeitungsfähiges, sackfeuchtes Substrat bezieht, die Lagerungsdichte [g/l] dagegen auf ein bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknetes Substrat. FONTENO (1993) u.a. konnte an Weisstorfsubstraten zeigen, dass die Lagerungsdichte einen Einfluss auf Containerkapazität und Luftkapazität ausübt. Mit steigender Lagerungsdichte konnte eine Zunahme der Containerkapazität und eine starke Abnahme der Luftkapazität beobachtet werden.

Tab. 2. Porenvolumen (PV), Containerkapazität (CK) und Luftkapazität (LK) in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte (d_B), ermittelt mit der M-ISHS-Methode (DWT grob = deutscher Weißtorf, grob; DWT fein = deutscher Weißtorf, fein; LWT grob = Litauischer Weißtorf, grob; LWT fein = Litauischer Weißtorf, fein; DST fein = Deutscher Weißtorf, fein)
Porevolume (PV), containercapacity (CK) and aircapacity (LK) for two different bulk densities, determined with the M-ISHS-method (DWT grob = German sphagnum peat, coarse; DWT fein = German sphagnum peat; fine; LWT grob = Lithuanian sphagnum peat coarse; LWT fein = Lithuanian sphagnum peat, fine; DST fein = German sphagnum peat fine)

Substrat	d_B [g/l]	CK [Vol.%]	LK [Vol.%]	PV [Vol.%]
DWT Grob	70 81	60 73	35 22	95 95
DWT Fein	83 89	84 90	11 4	95 94
LWT Grob	64 80	61 77	35 18	96 95
LWT Fein	80 83	81 84	14 11	95 95
DST Fein	148 178	84 87	6 1	90 88

Material und Methoden

Zu dem beschriebenen Fragenkomplex wurden in der Abteilung Baumschule in den vergangenen Jahren Untersuchungen mit verschiedenen Substraten durchgeführt. Dabei wurden die Substrate mit unterschiedlichen Lagerungsdichten, d. h. unterschiedlichen Topffestigkeiten mit der M-ISHS-Methode untersucht. Die geringere der beiden Lagerungsdichten entspricht einer „normalen" Topffestigkeit, bei der höheren Lagerungsdichte wurden die Substrate fester getopft. Die Substrate wurden dann mit den jeweiligen Lagerungsdichten in die Probengefäße für die M-ISHS-Methode eingefüllt. Die genaue Vorgehensweise ist ausführlich bei WREDE et al. (1999) beschrieben.

Bei den Substraten handelt es sich um wenig bis mäßig zersetzte Hochmoortorfe aus Deutschland und aus Litauen, im Folgenden nach GÜNTHER (1990) Weisstorf genannt, sowie um einen deutschen, stark zersetzten und durchfrorenen Hochmoortorf, im Folgenden nach GÜNTHER (1990) Schwarztorf genannt. Alle Torfe stammten direkt aus dem Abbaugebiet und wurden nur mit Sternsieben vorfraktioniert. Danach konnten die beiden Weisstorfe jeweils in „grob" und „fein" unterteilt werden, der Schwarztorf lag nur „fein" vor.

Ergebnisse

Tabelle 2 enthält die Ergebnisse. In Abhängigkeit vom Substrat stellen sich bei „normalem" und „festem" Topfen unterschiedliche Lagerungsdichten ein.

Mit zunehmender Lagerungsdichte nimmt die Luftkapazität ab und steigt die Containerkapazität an. Die Auswirkungen der Lagerungsdichte auf das Gesamtporenvolumen sind geringer.

Diskussion

Die mit der M-ISHS-Methode ermittelten Werte zeigen den Einfluss der Lagerungsdichte auf die Kennwerte des Wasser- und Lufthaushalts. Auch schon geringe Unterschiede in der Lagerungsdichte (Deutscher Weisstorf, fein) wirken sich stark auf die Luftkapazität aus. Die jeweils niedrigere Lagerungsdichte entspricht einer „normalen" Topffestigkeit. Die Ergebnisse machen deutlich, dass bei den Substraten mit der feineren Körnung schon bei „normaler" Topffestigkeit Engpässe bei der Luftversorgung der Kulturen zu erwarten sind. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass es auch gegenwärtig noch keinen allgemeingültigen kritischen Grenzwert für die Luftkapazität von Substraten gibt (ARNOLD BIK 1973 in BUNT 1983), Werte unter 10–15 Vol.% werden jedoch als unzureichend betrachtet (BUNT 1974 in BUNT 1983).

Die Abnahme der Containerkapazität mit abnehmender Lagerungsdichte bedeutet eine geringere Speicherfähigkeit des getopften Substrats für Wasser und – bei Unkenntnis dieses Wertes – eine erhöhte Auswaschungsgefahr.

Das Porenvolumen allein ist kein ausreichender Indikator für den Wasser- und Lufthaushalt eines Substrats, da es sich mit zunehmender Lagerungsdichte nur geringfügig verändert.

Da bei der Original-ISHS-Methode das Substrat zufallsbedingt locker in die Probengefäße gefüllt wird, bietet diese (GABRIELS and VERDONCK 1992) keine Möglichkeit, eine bestimmte Lagerungsdichte bei der Ermittlung der Kennwerte des Luft- und Wasserhaushaltes einzustellen. Darin liegt, wie die o.g. Ergebnisse von FONTENO (1993) sowie die eigenen Ergebnisse zeigen, der Schwachpunkt der Methode. Physikalische Kennwerte, die mit Hilfe der ISHS-Methode ermittelt wurden, geben dem Gärtner also keine Auskunft über die realen Bedingungen im Topf/Container, da die von ihm beim Topfen eingestellte Lagerungsdichte des Substrates nicht berücksichtigt wurde. Derartige Kennwerte eignen sich daher auch nicht zur Steuerung einer substratangepassten Bewässerung oder zur Substratauswahl für gegenüber Luftmangel empfindliche Kulturen.

Diese Kritikpunkte führten zur Entwicklung der M-ISHS-Methode, die die Möglichkeit liefert, die jeweilige Lagerungsdichte (Topffestigkeit), die der Gärtner in seinen Kulturen eingestellt hat, bei der Ermittlung der Kennwerte des Luft- und Wasserhaushaltes zu berücksichtigen. Daneben kann die M-ISHS-Methode auch die nach dem Topfen und Wässern der Pflanzen eintretende Sackung des Substrates im Topf/Container erfassen. Ausgehend von dem nach der Sackung vorhandenen Volumen werden mit der dann höheren Lagerungsdichte die Kennwerte des Luft- und Wasserhaushalts erneut ermittelt. Trotz dieser Vorteile dauert die M-ISHS Methode lediglich 7 Tage gegenüber 10 Tagen bei der ISHS-Methode.

Mit Hilfe von Vegetationsversuchen ist noch zu klären, ob die Berücksichtigung der Kennwerte des Luft- und Wasserhaushaltes, die mit der M-ISHS-Methode ermittelt wurden, im Vergleich zu Kennwerten nach der ISHS-Methode tatsächlich zu Vorteilen bei der Kulturführung und dem Kulturergebnis führen.

Eine Arbeitsvorschrift der M-ISHS-Methode ist bei den Verfassern und im Internet unter

www.gartenbau.uni.hannover.de/baum/substrat/methode.html

zu erhalten.

Literatur

ARNOLD BIK, R. (1973): Some thoughts on the physical properties of substrates with special reference to aeration. In: BUNT, A. C. (1983): Physical properties of mixtures of peats and minerals of different particle size and bulk density for potting substrates. Acta. Hort. 150, 143–154.

BAILLY, F. (1989a): Bodenphysikalische Untersuchungen an Substraten: I. Hohlräume und Luft. Gärtnerbörse + Gartenwelt 17, 808–812.

BAILLY, F. (1989b): Bodenphysikalische Untersuchungen an Substraten: II. Wasser und seine Pflanzenverfügbarkeit. Gärtnerbörse + Gartenwelt 18, 862–864.

BOHNE, Heike; P. KREMER und A. WREDE (1998): Physikalische Substrateigenschaften messen, interpretieren, umsetzen. TASPO Gartenbaumagazin 2, 33–35.

BOHNE, Heike and Ch. GÜNTHER (1997): Physical properties of peat determined with different methods. Acta Hort. 450, 271–276.

BÜCKNER, U. (1997): Physical properties of different potting media and substrate mixtures – especially air and water capacity. Acta Hort. 450, 263–270.

BUNT, A. C. (1974): Some physical and chemical characteristics of loamless potplant substrates and their relation to plant growth. In BUNT, A. C. (1983): Physical properties of mixtures of peats and minerals of different particle size and bulk density for potting substrates. Acta. Hort. 150, 143–154.

CARON, J. and V. K. N. NKONGLO (1999): Aeration in growing media: Recent developments. Acta Hort. 481., 1–9.

DIN 11540 (1989): Torfe und Torfprodukte, Technische Lieferbedingungen, Eigenschaften, Prüfverfahren. Deutsches Institut für Normung.

DIN 11512-3 (1999): Bodenverbesserungsmittel und Kultursubstrate, Teil 3: Bestimmung der physikalischen Eigenschaften Rohdichte (trocken), Luftkapazität, Wasserkapazität, Schrumpfungswert und Gesamtporenvolumen. Deutsches Institut für Normung.

FONTENO, W. C. (1993): Problems and considerations in determining physical properties of horticultural substrates. Acta Hort. 342; 197–204.

GABRIELS, R. and O.VERDONCK (1992): Reference method for the determination of physical properties of plant substrates. Acta Hort. 30; 169–179.

GÜNTHER, J. (1990): Torfe im Gartenbau. In: GÖTTLICH, K. (Hrsg.): Moor- und Torfkunde. 3. Auflage, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

SCHLICHTING, E. und H. P. BLUME (1966): Bodenkundliches Praktikum. Paul Parey Verlag, Berlin und Hamburg.

WREDE A. (1999): Physikalische Kennwerte von Substraten (Kennwerte des Luft- und Wasserhaushaltes). http://www.gartenbau.uni-hannover.de/baum/substrat/ physik.html.

WREDE, A., P. KREMER und H. BOHNE (1999): Die M-ISHS Methode (= Modifizierte ISHS-Methode). http://www.gartenbau.unihannover/baum/substrat/ methode.html.

Eingegangen: 3. 9. 1999 / 20. 12. 1999

Anschrift der Verfasser: Prof. Dr. Heike Bohne, Abteilung Baumschule, Herrenhäuser Straße 2, 30419 Hannover, Germany. A. Wrede, Bodenuntersuchungsinstitut Koldingen, 30938 Burgwedel, Ehlbeek 2.