



Informationsmaterial für Baumschulen und Forstbetriebe



Rohrförmige Wurzelhüllen mit biodegradierbarer wasserdämmenden Wand für die Vorkultur und Pflanzung von Forstbaumarten mit dem Torf-Ersatz-Substrat Sphagnum-Biomasse

Volumenanteil von Wasser und Luft in der Sphagnum-Biomasse

Zur Ermittlung der Konzentration der wasserfreien Trockenmasse im Ausgangsmaterial der von der Firma Moorkultur Ramsloh bezogenen gesiebten Sphagnum-Biomasse (SBM_{fein}) wurde das Material in einem graduierten Messzylinder (Füllhöhe etwa 20 cm) ohne Druck durch Klopfen mit dem Messbecher auf eine feste Unterlage verdichtet. Nach Ermittlung des Volumens und der Masse wurden die Proben bei 105°C im Trockenschrank 3 Tage lang entwässert. Die wasserfreie Trockenmasse wurde auf die Gesamtmasse und das Volumen bezogen.

Volumenkonzentration von Wasser und wasserfreier Trockenmasse in einer Abfüllung des SBM_{fein} (Ausgangsmaterial nach Verdichtung durch Klopfen des Messzylinders auf eine feste Unterlage)

Feuchtmasse M_f , Mittelwert [g L^{-1}]	201
Trockenmasse, Mittelwert [g L^{-1}]	79,3
Restfeuchte [Masseprozent]	61,4
Trockenmasse [Masseprozent]	39,6
Flüssigkeitsvolumen [ml L^{-1}]	121,3
Feststoffvolumen [ml L^{-1}]	< 55

Das so beschriebenen Ausgangsmaterial wurde durch portionsweises Einmischen von Wasser befeuchtet. Nach dem Einmischen jeder Wasserportion wurde das Volumen nach erneuter Verdichtung durch Klopfen des Gefäßes auf den Boden bestimmt. Es zeigte sich, dass bis zu 0,5 L Wasser zu einem Liter des Ausgangsmaterial ohne signifikante Volumenreduktion (Sackung) hinzugefügt werden konnten.

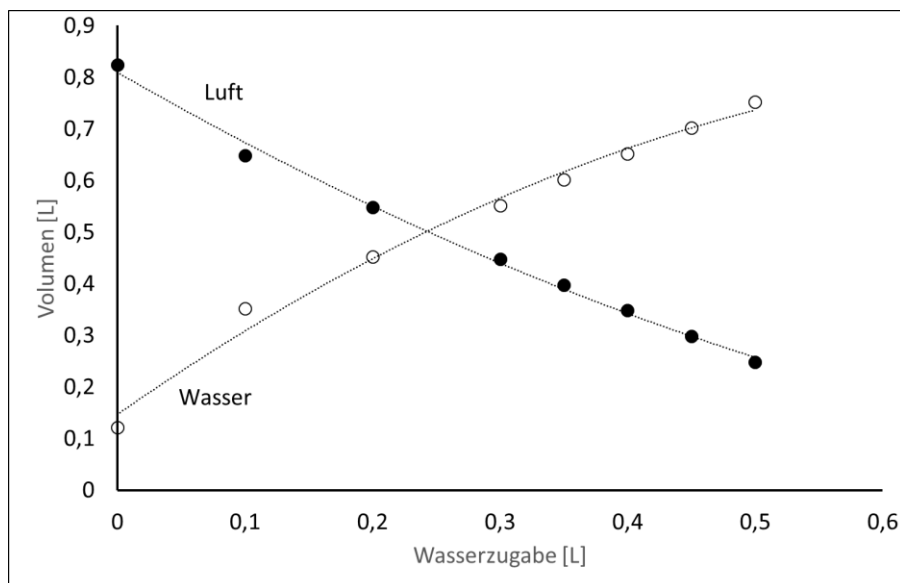


Abb. 1. Wasser- und Luftvolumen in 1 L der leicht verdichteten Sphagnum-Biomasse (SBM_{fein}) in Abhängigkeit von der Menge des eingemischten Wassers (anfänglicher Wassergehalt 121,3 ml L^{-1}).

Die aus den Werten der Tabelle 1 bei konstanten Gesamtvolumen berechneten Volumina von Wasser und Luft in einem Liter des Ausgangsmaterials sind in der Grafik in Abhängigkeit vom Volumen des

hinzugefügten Wassers dargestellt. Für die Ermittlung des Volumenanteils der Trockenmasse wurde deren Dichte mit 1,5 geschätzt. Wegen der geringen Trockenmassekonzentration wirken sich Fehler dieser Schätzung kaum auf die in der Graphik gezeigten Werte des Luft- und Wasservolumens aus. Die gelieferte Sphagnum-Biomasse (SBM_{fein}) zeigt Schwankungen in der Menge des Restwassergehaltes (bei den bisher untersuchten Proben zwischen 75 und 40 Gewichtsprozent). Diese Schwankungen haben beim Wassergehalt von etwa 60 Volumenprozent bei der empfohlenen Trockenmassekonzentration (80 bis 90 g/L) nur einen geringen Einfluss auf die in Abb. 1 dargestellte Verhältnis Luft/Wasser-Relation. Durch Zugabe von 6 L Wasser auf 20 L des lockeren Ausgangssubstrates wird ein Wassergehalt in den Rohren von 60 bis 65 Volumenprozent und eine Substrat Trockenmasseanteil von 60 bis 70g /Wurzelhülle erreicht, der bei dem Volumen des Substrates in einem Rohr [etwa 0, 57 L] für die erste Phase des Wachstums der Keimpflanzen einer Gesamt-Wassermenge von etwa 365g entspricht.

Wie die Grafik in Abb. 1 zeigt, wird wegen des extrem geringen Volumens der festen Bestandteile im SBM (unter 5,5 Volumenprozent) auch bei hohen Wassergehalten ein sehr hohes Luftvolumen erreicht. Der größte Teil des Wassers ist in der Zellstruktur der Torfmoosteilchen kapillar gebunden und daher pflanzenverfügbar. Die Wurzeln vorkultivierter 2 bis 5 Monate alter Eichen können das Substrat entwässern, bis der Wassergehalt unter 20 Volumenprozent fällt, ohne dass es zur Welke der Blätter und zum Schrumpfen des Substrates im Pflanzrohr kommt. Werden die Rohre mit dem unten beschriebenen Verfahren mit feuchtem Substrat gefüllt, deckt das im Substrat gespeicherte pflanzenverfügbare Wasser den anfänglichen Transpirationsverlust der wachsenden Sprosse bis zur vollen Entfaltung der ersten Blätter.

Empfehlung für die Präparation des Wurzelhüllensubstrates, das Füllen der Rohre und das Einsetzen der Keimlinge

Bisher bestehen nur Erfahrungen zum manuellen Einfüllen des zuvor auf den Endwert befeuchteten Sphagnum-Substrates, die im Folgenden dargestellt werden. Für die maschinelle Füllung der Pflanzrohre mit dem Sphagnum-Substrat und evtl. geplanter Zwischenlagerung ist es vermutlich günstiger, die Rohre mit stark entfeuchtetem Material zu füllen. Hierdurch könnte man die Biodegradation der Rohre vor der Kultur vermeiden. Die im Folgenden dargestellte erprobte Methode des Befüllens sollte kurz (höchstens ein Monat) vor dem Einsetzen der Keimlinge durchgeführt werden. Dabei kann auf Grund unserer Erfahrungen folgende Methode empfohlen werden.

1. Das Sphagnum-Substrat wird handfeucht in 1m³ bzw. 2m³ BigBags angeliefert.
2. Im Abfüllprozess wird ca. 1,8l Wasser / 10l lockeres Sphagnum hinzugegeben.
3. In eine PP-Mischwanne werden 40 L des lockeren Materials eingefüllt (Abmessung kann z.B. mit einem 10-L Eimer erfolgen).
4. Mit einem Spaten werden eventuelle vorhandene Klumpen beseitigt.
5. Das Sphagnum-Substrat wird mit 4g/L [\(Bild 2024-04-18-1\)](#) des Komplexdüngers Osmocote Exakt 5-6 M gedüngt [\(Bild 2024-04-18-2\)](#), sorgfältig vermischt [\(Video 2024-04-18-4\)](#) und durch Zugabe von Wasser [\(Video 2024-04-18-5\)](#) nach weiterem Mischen auf eine Schüttdichte von 0,55 bis 0,60 kg/L gebracht.
Zur Erfassung der Schüttdichte werden ein graduierter Eimer und eine Küchenwaage benutzt. Der Eimer wird mit dem lockeren gedüngten Material gefüllt und durch mehrmaliges kräftiges Klopfen auf einen harten Untergrund verdichtet. Aus der eingefüllten Menge und dem durch diese Verdichtung erreichten Volumen wird die Schüttdichte durch Wiegen bestimmt [\(Video 2024-04-18-9\)](#).
Wenn man die Schüttdichte einmal auf 0,55 bis 0,6 kg/L eingestellt hat, weiß man beim nächsten Befüllen aus der gleichen Sphagnumcharge, wieviel Wasser man zur Befeuchtung des Ausgangsmaterials benötigt. Im Versuch wurden 1,8l Wasser / 10l lockeres Sphagnum hinzugegeben.
6. Zur Ermittlung der relevanten Parameter für einen automatisierten Befüllvorgang wurde für 2024 ein manuelles Füllen der Rohre erprobt und optimiert. Wir füllen 30 Rohre in einem 33 L-Befüllbehälter, in den 30 Pflanzrohr aufrecht hineinpassen. [\(Video 2024-04-18-10\)](#) Als Behälter verwenden wir einen PP-Eimer, der z.B. über Amazon für 9 Euro erhältlich ist.

https://www.amazon.de/Trevendo%C2%AE-Liter-Hobbock-Deckel-lebensmittelecht/dp/B07CMDf895/ref=sr_1_2?_mk_de_DE=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=2174NV10BOWI0&dib=eyJ2ljojMSJ9.tja-s8xOQag4msh-Wm1_4OOWTrqKA5Z61yRzIfaDF9sWZTUHH1IGNiAAaWBriG6428jFay-dITt27oEW0qvCrr3d75YJxdZiMbCZEqB4qGawsUeAwAhfv17qSRGiVfPMGTjzratHplCFmEOaV1bkg2bhIKTNukYNgmDyib9zbrdFr_uPYJXWplswbTaMMU_-lnr9dLu5yysi1GW6DDSDOSVQ1nOKsIFESGNQObI0-bbWkOc3jFHgMQMqbl40THBbu-tPu-8MUN9EnIhGKhRRVik5z_oIQK1fgpgE-X1Ek.2DKVbS0SEE4pw3IGS_m_kiNu4jh1D-m_W2K2hUPByes&dib_tag=se&keywords=Trevendo+33+Liter+Hobbock+mit+Deckel%2C+lebensmittelecht&qid=1712906921&sprefix=trevendo+33+liter+hobbock+mit+deckel+lebensmitt_eleht%2Caps%2C197&sr=8-2.

Die Rohre im Befüllbehälter werden mit einer Schaufel mit dem lockeren, gedüngten und bewässerten Material bis zum Rand gefüllt (ohne dass etwas übersteht). Das zwischen die Rohre gefallene Substrat stört nicht. Nun wird durch kräftiges Klopfen des Behälters auf einen festen Untergrund das Material verdichtet, wonach die Rohre recht gleichmäßig nur bis etwa zur Hälfte gefüllt sind. Dieser Vorgang des Befüllens und Verdichtens wird zweimal wiederholt. Danach werden die Rohre bis zum Rand gefüllt und das Substrat wird mit einem Zylinder verdichtet. Dabei wird es etwa 4 cm tief in jedes Rohr gedrückt. Als Zylinder verwenden wir einen 30 cm langen PVC-Stab mit flacher Grundfläche und einem Durchmesser von 4,0 cm. Wir überführen danach die Rohre in einen rechteckigen 20 L-Eimer von z.B. Auer-Packaging, der auch ohne Deckel erhältlich ist, und in den sie genau hineinpassen. (Bild 2024-04-18-11)

https://www.amazon.de/rechteckig-lebensmittelecht-stapelbar-Kunststoffeimer-Catering/dp/B07VGC4H3Q/ref=sr_1_8?_mk_de_DE=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=3GO3H5MKL7CDM&dib=eyJ2ljojMSJ9.Rks6kWRUpPRBmiq00MTSMO-n-rq_VoUK7EofC2ochoS9EYyqjdFMQ8qSYzNn0SMDh-pdgajXUWc3RNsmZzzMgPvjPFth72GpMZyJrCjdkORwEbQ1Ji40P2sgKSfUfSZWTj5Y0EBdNDVJ3dJnXa5V2-sWQxCANbX9m-K9Dwl0MJTsvbnZ5X_CEb1ct_xFgmYeJasHj02k27nJkQ8lOfde6_VWJcAujjZ5Uj53Grfm_L6A_wJWINKpCWd9gKxN_2r8ECjVvRSmogTr9HrDmFtEbACft8RWu8ZnjFhfVavvwU.IP7O8FBKnfXxA-Gxshg86HHF2fztzUdJJRrRoBSjSA0&dib_tag=se&keywords=20L-Eimer%2C+Auer+packaging&qid=1712909126&sprefix=20L-eimer+auer+packaging%2Caps%2C94&sr=8-8

Nach der Rückführung des zwischen die Rohre gefallen Substrates erfolgt der nächste Befüllprozess.

7. Bis zum Einsetzen der Eichen werden die so entstandenen rohrförmigen Wurzelhüllen (RWH) gegen Evaporation durch einen aufgelegten und am Innenrand des Kulturbehälters eingeklemmten Müllsack geschützt.
8. Zum Einsetzen der Keimlinge mit einer Wurzellänge bis zu 6 cm wird mit der Hand eine schräge Oberfläche zur Ablage der Keimlinge erzeugt. Die Keimlinge werden mit etwas Substrat bedeckt. Die RWHs werden in den ersten zwei Wochen in den Kulturbehältern in dichter Packung aufgestellt und mit einer PE-Tüte abgedeckt, um Wasserverlust zu vermeiden. Nachdem die Sprossachsen aus der RWH herausgewachsen sind, wird das feuchte Sphagnum-Substrat mit z.B. Schaf- oder Holzwolle abgedeckt.
9. Die RWHs werden nach Beendigung des Keimvorgangs zur Vorkultur regengeschützt in Baumschulkisten mit 40-fach Gefache auf einen waagerechten Untergrund umgesetzt.

Bewässerung, Belichtung und Standort der Eichen bei der Vorkultur in rohrförmigen Wurzelhüllen

Baumschulkiste mit 40-fach Gefache für die Kultur von Pflanzgut in rohrförmigen Wurzelhüllen (RWH) Die Lüftungsraster in allen 4 Außenwänden sowie das obere und untere Gefache sorgen für die erforderliche Luftzirkulation, um eine vorzeitige Degradation der Außenhülle der RWH vorzubeugen. Der geschlossene Boden sorgt für das Wasserreservoir.



Bevor Bewässerung notwendig wird, haben die Pflanzen bereits mindestens eine bis zur Rohrbasis reichende gravitrope Wurzel mit zahlreichen Zweigwurzeln und Feinwurzeln entwickelt. Die RWHS werden durch innenliegende Gefache in aufrechter Position gehalten. Die Bewässerung erfolgt über die basale Rohröffnung nach dem Prinzip des kontrollierten Flutens. Die zur Auffüllung des Wasserspeichers in den RWH benötigte Wassermenge (bei intensiver Transpiration etwa 0,2 L pro Woche/Pflanze) wird bei Bedarf in die Baumschulkiste eingefüllt.



Bedarf besteht, wenn das Gewicht der Wurzelhülle unter 200 g gefallen ist. Das eingefüllte Wasser dringt durch die untere Öffnung des Pflanzrohres in das Substrat ein, wird kapillar nach oben gesaugt und den Wurzeln oder entleerten abgestorbenen Torfmoos-Zellen absorbiert. Nach etwa 2 Tagen ist der Behälterboden wasserfrei. Auch wenn die Basis der Wurzelhüllen geflutet ist, kommt es im wassergesättigten Substratbereich nicht zu Sauerstoffmangel, weil von außen ständig sauerstoffreiches Wasser nachströmt und Sauerstoff über die Gasphase von oben angeliefert wird. Zu hohes Flutniveau kann durch eine Abflussöffnung in 4 cm Höhe vermieden werden. Die gegen die Schwerkraft in einer RWH gehaltene Wassermenge beträgt etwa 0,35 L bei einer Gesamtmasse der Wurzelhülle von etwa 400 g. Bei 10 Pflanzen pro Kulturbehälter werden bei intensivem Gasaustausch der Sprosse (16 h tägliche Belichtung mit einer Quantenflussdichte von etwa $500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) etwa 2 L Wasser pro Woche benötigt, um den Wasserspeicher wieder aufzufüllen. Da der Kulturbehälter ein abflussfreies Lysimeter ohne nennenswerte Evaporation ist, entspricht die gravimetrisch erfasste Gewichtsabnahme im Zeitintervall zwischen zwei Wasserzugaben der Transpiration.

Das Verfahren wurde erfolgreich zur Vorkultur im Warmhaus und im Freiland in den Sommermonaten unter einem **Regendach eingesetzt**. Erfahrungen mit einer dem Regen ausgesetzten Gießebene gibt es noch nicht. Schon nach etwa 2 Monaten werden im Langtag von den im Starklicht (etwa $0,5 \text{ mmol Quanten m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) assimilierenden Pflanzen zusätzliche Sprosstriebe entwickelt. Um starkes Kunstlicht oder Tageslicht optimal für die Holzbildung nutzen zu können, sollte über jedem Spross eine belichtete Fläche von mindestens 120 cm^2 vorhanden sein. Die Kulturbehälter sollten daher mit einem gewissen Abstand aufgestellt werden (80 bis 85 Pflanzen/ m^2). Bei geringeren Lichtintensitäten kann man den Lichteintrag pro Pflanze durch Platzhalter zwischen den Rohren und eine Veränderung der Behältergeometrie erhöhen.

Einfüllen des Substrates in die Rohre durch maschinelles Einschütten:

Es kommt darauf an, dass die Konzentration der SBM_{fein} im Schüttgut einen Wert von 60 – 70 mg/L (wasserfreie Trockenmasse) erreicht. Bei einer geringeren Trockenmassekonzentration würde das Material sich bei der Entwässerung durch die Wurzeln von der Rohrwand ablösen. Außerdem würde sich volumenbezogene Haftwasserkapazität des SBM (60 Volumenprozent sind erreichbar) verringern.

Möglicherweise ist das nicht allein durch Einstellen des Wassergehaltes bis zum Sackungspunkt zu erreichen. Wird der Wassergehalt über den Sackungspunkt gesteigert, steigt die Trockenmassekonzentration, aber vermutlich wird dann die zur Dosierung erforderliche Rieselfähigkeit nicht erreicht.

Zur Erhaltung der Rieselfähigkeit bei hohem Wassergehalt sollten verschiedene Möglichkeiten erprobt werden:

1. Beimischen von Sand (optimale Körnung ?) oder Split (z.B. Ziegelsplitt, Blähton). Relativ grobkörnige anorganische Zusätze haben gegenüber Kompost, Grünschnitt oder anderen organischen Zusätzen den Vorteil, dass sie den Effekt des von uns erfolgreich eingesetzten Komplexdüngers Osmocote Exakt 5-6 M nicht beeinträchtigen und die Wurzelatmung auch im wassergesättigten Substrat nicht behindern.

Einfluss von Kalk auf die Biodegradation der Pflanzrohre

Die Biodegradation der Pflanzrohre wird durch Anheben des pH-Wertes mehr oder weniger stark beschleunigt. Der Einfluss von feindispersen Kalk (in der Form von Champagnerkreide). 5g/Liter des Substrates ist ausreichend für die Neutralisierung des sauren Substrates. Wir empfehlen daher die Zugabe von Kalk zur Beschleunigung des biologischen Abbaus des Pflanzrohres wenige Tage vor der Pflanzung.