

**Chemisch - physikalische  
Untersuchungen an Pflanzsubstraten  
auf Holzbasis**

als Dissertation der  
Studienfakultät für Forstwissenschaften und Ressourcenmanagement  
der Technischen Universität München  
Lehrstuhl für Holzkunde und Holztechnik

vorgelegt von  
**M i c h a e l M a k a s**  
Diplom - Forstwirt  
München, Februar 2001

Tag der mündlichen Prüfung:

12. April .2001

1. Gutachter:

Prof. Dr. G. Wegener

2. Gutachter:

Priv. Doz. Dr. Dr. habil. D. Matthies

3. Gutachter:

Prof. Dr. W.H. Schnitzler

Berichte aus der Holz- und Forstwirtschaft

**Michael Makas**

**Chemisch-physikalische Untersuchungen  
an Pflanzsubstraten auf Holzbasis**

Shaker Verlag  
Aachen 2001

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

*Makas, Michael:*

Chemisch-physikalische Untersuchungen an Pflanzsubstraten auf Holzbasis/  
Michael Makas. Aachen: Shaker, 2001

(Berichte aus der Holz- und Forstwirtschaft)

Zugl.: München, Techn. Univ., Diss., 2001

ISBN 3-8265-9036-8

Copyright Shaker Verlag 2001

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen  
oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungs-  
anlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8265-9036-8

ISSN 1615-1674

Shaker Verlag GmbH • Postfach 1290 • 52013 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • eMail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)



**Anzucht von Topfkräutern  
in einem Pflanzsubstrat auf Holzbasis**

(Foto: F. Kullmann)

## Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand im Zeitraum von 1998 bis 2001 am Lehrstuhl für Holzkunde und Holztechnik der Technischen Universität München, mit dem Schwerpunkt im Arbeitsbereich Chemie und Ultrastrukturforschung. Finanziert wurde die Arbeit dankenswerter Weise durch ein Verbund-Projekt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt mit den Lehrstühlen für Gemüsebau und Botanik. Bedanken möchte ich mich hier bei den Leitern der Lehrstühle Herrn Prof. Dr. Wilfried Schnitzler und Herrn Prof. Dr. Berthold Hock für die intensive fachübergreifende Zusammenarbeit. Den Mitarbeitern des Lehrstuhles für Gemüsebau Fr. Dr. Heidi Heuberger und vor allem Herrn Dipl.-Ing. Folko Kullmann gilt mein Dank für die Unterstützung bei pflanzenbaulichen Problemstellungen und die vielen anregenden Gespräche. Herrn Dr. Josef Böhm vom Lehrstuhl für Botanik sei gedankt für die sehr gute Zusammenarbeit und den regen Informationsaustausch. Ferner möchte ich mich an dieser Stelle bei den Firmen Intertoresa AG, Holzspäne Blieninger GmbH und BBG Donau-Wald mbH für die Bereitstellung des Probenmaterials und den regen Austausch hinsichtlich produktionstechnischer Belange bedanken. Die interdisziplinäre Arbeit zwischen verschiedenen universitären Institutionen und Partnern aus der Wirtschaft war stets sehr anregend und erbrachte viele Gedanken für die vorliegende Arbeit.

Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Dr. habil. Dr. h.c. Gerd Wegener für die Überlassung des Themas und für die mir gewährten Freiheiten, welche die Arbeit sehr erleichterten. Das in mich gesetzte Vertrauen und die in jeder Phase gewährte Unterstützung haben das ihre dazu beigetragen.

Die Kolleginnen und Kollegen im Arbeitsbereich haben mich freundschaftlich in ihren Kreis aufgenommen und mir zu jeder Zeit mit Anregungen und dem nötigen Humor zur Seite gestanden. Für die zahlreichen wissenschaftlichen und privaten Gespräche sowie die sehr gute Unterstützung bei der Alltagsarbeit sei allen von Herzen gedankt. Der Laborleiterin Fr. Dr. Elisabeth Windeisen danke ich über dies hinaus für die unermüdliche Unterstützung und das Korrekturlesen des Manuskriptes.

Die Themenstellung der vorliegenden Arbeit bedingte, dass auch ein anderer Arbeitsbereich im Haus einbezogen wurde. Für diesen Bereich der Holzwerkstoffe möchte ich Herrn Dipl.-Holzwirt Fritz Tröger und seinem Mitarbeiter Herrn Peter Hainzinger für die Unterstützung bei den physikalischen Arbeiten danken. Herrn Ralf Rosin danke ich zudem für die Durchführung der Fotoarbeiten. Ferner sei an dieser Stelle all denjenigen Mitarbeitern

der Holzforschung München gedankt, welche mir Unterstützung in dieser Zeit haben zukommen lassen.

Ein ganz persönlicher Dank gilt meinen Eltern und Freunden, welche während der sehr arbeitsreichen Zeit doch oft auf mich verzichten mussten und mir trotzdem zu jeder Zeit mit moralischer Unterstützung zu Seite gestanden haben.

---

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1 Einführung .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Problemstellung und Zielsetzung .....</b>	<b>7</b>
<b>3 Substitution von Torf in Pflanzsubstraten für den Gartenbau .....</b>	<b>10</b>
3.1 Chemische Zusammensetzung von Holz und Rinde .....	10
3.2 Torfersatzstoffe auf Holzbasis .....	17
3.2.1 Eigenschaften von Holz als Substratkomponente .....	17
3.2.2 Holzfaserstoffe .....	21
3.2.3 Spanfraktionen .....	24
3.3 Rinde .....	27
3.4 Kompost .....	30
3.5 Wirtschaftliche Bedeutung der Torfersatzstoffe .....	32
<b>4 Material und Methoden .....</b>	<b>34</b>
4.1 Untersuchte Materialien und Holzarten .....	34
4.1.1 Torfersatzstoffe auf Holzbasis .....	34
4.1.1.1 Produkte kommerzieller Anbieter .....	34
4.1.1.2 Extrudierte Holzfaserstoffe .....	37
4.1.1.3 Sägespanfraktionen .....	39
4.1.2 Rinde .....	42
4.1.3 Grüngutkompost .....	44
4.2 Gewinnung von Nährlösungen aus Pflanzversuchen .....	44
4.3 Methoden .....	47
4.3.1 Chemische Charakterisierung von Substraten und Substratkomponenten .....	48
4.3.1.1 Extraktionen .....	48
4.3.1.2 pH-Werte .....	49
4.3.1.3 Elementaranalysen .....	50

---

4.3.1.4	Totalhydrolyse mit Bestimmung der Polysaccharide.....	52
4.3.1.5	Festphasenextraktion.....	52
4.3.2	Trennung und Analyse von Extrakten und Nährlösungen.....	53
4.3.2.1	Dünnschichtchromatographie (DC).....	53
4.3.2.2	Hochleistungs-Flüssigkeits-Chromatographie (HPLC) .....	53
4.3.2.3	Gaschromatographie (GC).....	54
4.3.2.4	Gaschromatographie mit Massenspektrometer (GC/MS) .....	54
4.3.3	Physikalische Charakterisierung von Substraten und Substratkomponenten.....	55
4.3.3.1	Korngrößenverteilung .....	55
4.3.3.2	Volumengewicht.....	57
4.3.3.3	Gesamtporenvolumen .....	58
4.3.3.4	Wasserkapazität .....	58
4.3.3.5	Wasser-Luft-Verhältnisse .....	60
4.3.3.6	Statistische Auswertung.....	60
<b>5</b>	<b>Ergebnisse und Diskussion .....</b>	<b>62</b>
5.1	Chemische Charakterisierung von Substraten und Substratkomponenten.....	62
5.1.1	Produkte kommerzieller Anbieter .....	62
5.1.1.1	Extraktionen.....	62
5.1.1.2	pH-Werte .....	65
5.1.1.3	Elementanalysen .....	66
5.1.1.4	Totalhydrolyse mit Bestimmung der Polysaccharide.....	70
5.1.2	Extrudierte Holzfasernstoffe aus den Holzarten Fichte, Kiefer und Douglasie.....	76
5.1.2.1	Extraktionen.....	76
5.1.2.2	pH-Werte .....	79
5.1.2.3	Elementanalysen .....	81
5.1.2.4	Festphasenextraktion.....	84
5.1.3	Sägespanfraktionen aus den Holzarten Fichte, Kiefer und Douglasie.....	87
5.1.3.1	Extraktionen.....	87

---

5.1.3.2	pH-Werte .....	90
5.1.3.3	Elementanalysen .....	91
5.1.3.4	Festphasenextraktion .....	96
5.1.4	Rinde .....	99
5.1.4.1	Extraktionen .....	99
5.1.4.2	pH-Werte .....	104
5.1.4.3	Elementanalysen .....	105
5.1.4.4	Totalhydrolyse mit Bestimmung der Polysaccharide .....	108
5.1.5	Grüngutkomposte .....	115
5.1.5.1	Extraktionen und pH-Wert .....	115
5.1.5.2	Elementanalysen .....	116
5.2	Chromatographische Untersuchungen .....	121
5.2.1	Dünnschichtchromatographie (DC) .....	121
5.2.2	Hochleistungs-Flüssigkeits-Chromatographie (HPLC) .....	122
5.2.3	Gaschromatographie (GC) .....	124
5.2.4	Gaschromatographie mit Massenspektrometer (GC/MS) .....	128
5.3	Physikalische Untersuchungen .....	134
5.3.1	Korngrößenverteilung .....	134
5.3.2	Volumengewicht .....	140
5.3.3	Gesamtporenvolumen .....	142
5.3.4	Wasserkapazität .....	144
5.3.5	Wasser-Luft-Verhältnisse .....	151
5.3.6	Kritische Stellungnahme zu den physikalischen Methoden und Ergebnissen ....	155
<b>6</b>	<b>Schlussfolgerungen .....</b>	<b>160</b>
6.1	Chemische Eigenschaften der untersuchten Substratkomponenten .....	160
6.2	Physikalische Eigenschaften der untersuchten Substratkomponenten .....	162

---

<b>7</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>165</b>
<b>8</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>168</b>
<b>9</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>177</b>
9.1	Abkürzungsverzeichnis .....	177
9.2	Abbildungsverzeichnis .....	178
9.3	Tabellenverzeichnis .....	182

## Kurzfassung

Die Verwendung von Torf als Rohstoff in gärtnerisch genutzten Substraten stößt seit längerem auf Grund ökologischer und ökonomischer Belange auf steigende Kritik. Die hieraus resultierende Suche nach Torfersatzstoffen konzentriert sich im Bereich der organischen Substrate auf die Rohstoffe Holz, Rinde und Grüngutkompost, welche Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Arbeit sind. Vor allem Sägeresthölzer stellen ein großes nutzbares Potential dar, wobei hauptsächlich die Holzart Fichte genutzt wird. Zentrale Zielsetzung der Arbeit ist die Überprüfung der Eignung der Holzarten Kiefer und Douglasie zum Einsatz in Substraten für den Gartenbau. Auf Grund der im Vergleich zur Fichte hohen Gehalte an als wachstumshemmend einzustufenden Inhaltsstoffen liegt das Hauptaugenmerk auf der chemischen Analyse der Holzkomponenten, ferner wurden pflanzenbaulich relevante physikalische Parameter untersucht. Als Untersuchungsmaterialien standen extrudierte Holzfaserstoffe und Sägespanfraktionen mit und ohne Zuschlagstoffe zur Verfügung. Ferner wurden zwei verschiedene Rindenfraktionen und Grüngutkompostchargen untersucht. Die chemischen Analysen erbrachten, dass sowohl die Kiefer als auch die Douglasie als extrudierte Holzfaserstoffe und Sägespanfraktionen bei sachgerechter Aufarbeitung geeignet ist, neben der Holzart Fichte Torf in Pflanzsubstraten zu ersetzen. Die Zuschlagstoffe überlagern sehr stark die chemischen Eigenschaften der Holzarten, wobei in bezug auf die Holzinhaltstoffe keine Wachstumseinbußen zu erwarten sind. Zu beachten ist der Rindenanteil der Holzkomponenten, da schon sehr geringe Mengen frischer Rinde zu signifikanten Wachstumshemmungen führen. Ferner sind die untersuchten Grüngutkomposte hinsichtlich ihrer chemischen Eigenschaften als Torfersatzstoffe geeignet. Alle untersuchten Substratkomponenten können bezüglich ihrer physikalischen Eigenschaften als Torfersatzstoffe herangezogen werden. Zu erwähnen sind hohe Wasserkapazitäten feiner Holzfaserstoffe und Sägespanfraktionen bei geringen Wasserspannungen, ferner zu Torfkultursubstraten vergleichbare Volumengewichte und Gesamtporenvolumina. Die über Siebanalysen ermittelbare Korngrößenverteilung stellt die zentrale physikalische Größe dar. Um ausreichende Wasserkapazitäten bei gleichzeitig gutem Drainageverhalten zu erzielen, ist eine geeignete Grob-Feinverteilung bei den Substratkomponenten anzustreben. Das Übertragen von in der Bodenphysik gebräuchlichen Methoden auf den Substratbereich muss als schwierig angesehen werden, vor allem die gebräuchliche Berechnung des Gesamtporenvolumens und die pF-Methode sind hier zu nennen.

**Abstract**

Ecological and economic concerns have made the use of peat in substrates for gardening purposes increasingly susceptible to criticism. The search for organic substitute materials is currently concentrating on raw materials such as wood, bark and vegetable compost, and form the subject of this thesis. Wood waste from sawmills, above all, have great potential, with spruce being used as the main wood species. The chief aim of this thesis is to establish whether the wood species pine and Douglas fir are suitable as substitutes for peat in horticultural substrates. Compared to spruce these species contain extractives which are considered growth inhibiting and major attention was therefore paid to the chemical characterisation of the wood components. Moreover, physical parameters with relevance to plant growth were investigated. The research material comprises extruded wood fibres and fractions from sawdust with and without additives. Also, two different bark fractions and vegetable compost charges were analysed. The chemical analyses showed that pine as well as Douglas fir in the form of extruded wood fibres and sawdust fractions are suitable, next to spruce, as peat substitute materials, provided they are properly processed. The additives were found to have a strong superimposing effect on the chemical properties of the wood species, while concern as to growth inhibiting effects of the wood extractives proved groundless. The bark portion of the wood components needs to be controlled, as even low amounts of fresh bark may considerably inhibit plant growth. The chemical characteristics of the investigated compost charges also showed them to be suitable as peat substitute material. Thus, all the substrate analysed in this work may be used as peat substitutes as far as their physical properties are concerned. The high water capacity of finely ground wood fibres and sawdust fractions under low water tension conditions deserve special mention, as do weights by volume and total pore volumes which are comparable to those in cultures based on peat substrates. Grain size distribution determined by sieve analyses represent the central physical value. For adequate water capacities and, at the same time, good drainage characteristics efforts should be made to achieve a suitable distribution of fine and coarse particles in the substrate components. A direct transfer of conventional soil physics methods to organic substrates is considered difficult, in particular with regard to the calculation of the total pore volume and the pF-method.