



Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung



Bundesinformationszentrum
Landwirtschaft

Kultursubstrate im Gartenbau



Liebe Leserin, lieber Leser,

hochwertige Pflanzen lassen sich nur in Kultursubstraten produzieren, die optimale Wachstumsbedingungen bieten. Die richtige Versorgung mit Wasser, Luft und Nährstoffen ist besonders bei der Kultur in Töpfen oder Containern ein wichtiger Baustein für den Kulturerfolg. Vor allem dann, wenn es sich um Pflanzen mit speziellen Ansprüchen an den Nährstoffgehalt oder den pH-Wert handelt. Seit Jahrzehnten hat sich deshalb Torf als Grundlage gärtnerischer Kultursubstrate bewährt. Sowohl in physikalischer als auch in chemischer und biologischer Hinsicht besitzt er viele für das Pflanzenwachstum günstige Eigenschaften.

Doch die Verwendung von Torf schadet dem Klima. Wie bei Abbau und Verbrennung von Kohle wird auch bei Abbau und Zersetzung von Torf Kohlendioxid frei, das ansonsten langfristig im Boden gebunden bliebe. Moderne Kultursubstrate müssen deshalb mit weniger Torf auskommen. Was Torf ausmacht und welche anderen Materialien für Kultursubstrate verwendet werden, welche Eigenschaften sie mitbringen und inwieweit sie Torf ersetzen können, lesen Sie auf den folgenden Seiten. Zusätzlich erhalten Sie Informationen, welche Funktionen ein Kultursubstrat erfüllen muss, wie es hergestellt und aufbereitet wird und was bei der Pflanzenproduktion beachtet werden muss.

Damit halten Sie eine umfassende Übersicht über gärtnerische Kultursubstrate in Ihren Händen, die Ihnen in der betrieblichen Praxis als Hintergrundinformation und Entscheidungsgrundlage dienen kann.

Ihr Bundesinformationszentrum Landwirtschaft



Inhalt

1	Einleitung	4
2	Begriffe	5
3	Geschichtliche Entwicklung von Kultursubstraten	6
4	Eigenschaften guter Kultursubstrate	8
5	Substratausgangsstoffe	10
5.1	Organische Substratausgangsstoffe	11
5.1.1	Torf	11
5.1.2	Holz	19
5.1.3	Kokosmaterialien.....	23
5.1.4	Kompost.....	27
5.1.5	Rinde.....	31
5.1.6	Reisspelzen.....	35
5.1.7	Braunkohlefaserholz (Xylit).....	36
5.1.8	Sphagnum (Torfmoos).....	37
5.1.9	Weitere organische Stoffe.....	39
5.1.10	Begrenzende Faktoren für den Einsatz organischer Torfersatzstoffe	42
5.2	Mineralische Substratausgangsstoffe.....	43
5.2.1	Ton	44
5.2.2	Blähton und Blähschiefer	46
5.2.3	Steinwolle (Mineralwolle).....	50
5.2.4	Perlite	51
5.2.5	Weitere mineralische Stoffe.....	53
6	Herstellung von Kultursubstraten	58
6.1	Auswahl von Substratausgangsstoffen.....	59
6.2	Grunddüngung.....	60
6.3	Kalkung	62
6.4	Weitere Zusätze.....	64
7	Einsatz von Kultursubstraten	67
7.1	Produktionsgartenbau	68
7.1.1	Substrattypen im konventionellen Anbau.....	68
7.1.2	Substrattypen im ökologischen Anbau	70
7.2	Freizeitgartenbau	72
7.3	Weitere Einsatzbereiche.....	72
8	Qualitätssicherungssysteme und Nachhaltigkeitszertifikate	74
9	Lagerung von Kultursubstraten	79
10	Aktuelle Entwicklungen und Ausblick	81
11	Glossar	84
12	Literatur und Internetlinks	87
13	KTBL-Veröffentlichungen und weitere BZL-Medien	89
14	Was bietet das BZL?	94

1 Einleitung



Bild 1: Ein Radlader entnimmt Substratausgangsstoff aus dem Lager.

Kultursubstrate stellen wichtige Betriebsmittel für den professionellen Gartenbau dar, sind aber auch im Hobbygartenbau heute nicht mehr wegzudenken. Früher wurden Kultursubstrate fast ausschließlich für die Anzucht von Topfpflanzen verwendet. Heute setzt man sie in sehr vielen verschiedenen Sparten des Gartenbaus ein, so zum Beispiel bei

- » der Kultur von Schnittblumen in Containern oder auf dünnen Substratschichten,
- » der Jungpflanzenanzucht,
- » Containerpflanzen in Baumschulen,
- » der Kultur von Beerenobstpflanzen,
- » der Anzucht von Stauden oder
- » Kübelpflanzen.

Hobbygärtnerinnen und -gärtner verwenden Kultursubstrate für Topfpflanzen, Balkonkästen sowie als Grab- und Pflanzerden. Spezielle

Substrate gibt es auch für die Innenraum-, Fassaden- und Dachbegrünung sowie für Baumpflanzungen oder das öffentliche Grün – zum Beispiel Lärmschutzwände oder Verkehrsinseln.

Der Großteil der Kultursubstrate wird heute in Substratwerken industriell hergestellt. In Europa produzierten laut einer Untersuchung der International Peatland Society im Jahr 2013 etwa 500 kleine bis mittlere Betriebe und einige große Hersteller knapp 35 Millionen Kubikmeter Kultursubstrate, davon etwa 20 Millionen Kubikmeter für den Erwerbsgartenbau und 15 Millionen Kubikmeter für den Hobbybereich. Daran hatten deutsche Firmen mit etwa 24 Prozent den größten Anteil.

Die in Deutschland produzierte Substratmenge ist nach Erhebungen des Industrieverbands Garten und der Gütegemeinschaft Substrate für Pflanzen etwa konstant geblieben. Rund 90 Firmen stellten im Jahr 2022 gut acht Millionen Kubikmeter Kultursubstrate her. Davon wurden knapp sechs Millionen Kubikmeter in Deutschland verbraucht – zwei Millionen Kubikmeter im professionellen Gartenbau und fast vier Millionen im Hobbybereich. Gut zwei Millionen Kubikmeter wurden exportiert.

Begriffe 2

Im gärtnerischen und landwirtschaftlichen Freilandanbau werden natürlich entstandene „gewachsene“ Böden oder durch menschliche Eingriffe verbesserte Böden als Standort für pflanzliche Kulturen genutzt. Die Kultur in Gefäßen oder dünnen Schichten findet dagegen losgelöst vom Boden in gärtnerischen Kultursubstraten statt. Charakteristisch für diese Art der Kultur ist eine starke Einengung des Wurzelraumes. Man unterscheidet Kultursubstrate für den Erwerbs- und Hobbygartenbau. Letztere werden auch als Blumenerden oder Hobbysubstrate bezeichnet und in der Regel in kleineren Packungen angeboten.

Kultursubstrate unterliegen den Vorschriften des Düngegesetzes und der Düngemittelverordnung. Im Düngegesetz von 2009 (zuletzt geändert 2017) werden Kultursubstrate als Stoffe definiert, „[...] die dazu bestimmt sind, Nutzpflanzen als Wurzelraum zu dienen und die dazu in Böden eingebracht, auf Böden aufgebracht oder in bodenunabhängigen Anwendungen genutzt werden“. Diese Definition entspricht nur zum Teil dem Verständnis in der gärtnerischen Praxis. Denn dort wird der Begriff „Kultursubstrat“ seit Jahrzeh-

ten für bodenunabhängige Anwendungen verwendet.

Eine weitere Begriffsbestimmung gibt es von der Gütegemeinschaft Substrate für Pflanzen e. V. Nach deren RAL Güte- und Prüfbestimmungen sind Kultursubstrate „[...] im Allgemeinen Mischungen aus substratfähigen Ausgangsstoffen mit definierten pH-Werten und Nährstoffgehalten; sie dienen Pflanzen [...] als Wurzelraum“.

Während Boden in langen Zeiträumen durch Gesteinsverwitterung und Humusbildung entsteht, lassen sich Kultursubstrate kurzfristig durch Bearbeitung und gegebenenfalls Mischung geeigneter Ausgangsmaterialien herstellen. Bei den Ausgangsmaterialien handelt es sich um organische oder mineralische Stoffe. Sie werden entweder an ihrem natürlichen Entstehungsort abgebaut und anschließend aufbereitet, oder es sind wiederaufbereitete Abfall- beziehungsweise Reststoffe. Weiterhin werden organische Materialien verwendet, die aus dem gezielten Anbau nachwachsender Rohstoffe stammen.

3

Geschichtliche Entwicklung von Kultursubstraten

Ausgangspunkt für alle gärtnerischen Kultursubstrate sind die in den Gärtnereien früher selbst hergestellten **Praxiserden**. Sie wurden aus einer Vielzahl an verfügbaren Ausgangsstoffen – zum Beispiel Kompost-, Laub- und Rasenerde sowie Lehm und Sand – gemischt (Abbildung 1). Zwischen 1950 und 1960 begann man dann, die Herstellung vom gärtnerischen Betrieb in spezialisierte industrielle Substratwerke zu verlagern. Zeitgleich kam es zur Einführung von Torf-Ton-Substraten sowie reinen Torfsubstraten. Bei entsprechender Kalkung und Düngung eigneten sich diese **Standardsubstrate** für alle Topf- und Containerkulturen.

Ab den siebziger Jahren wurden in zunehmendem Maße Torfsubstrate mit weiteren Ausgangsstoffen entwickelt.

Man verfolgt damit das Ziel, **Spezialsubstrate** für vielfältige Anwendungsbereiche sowie Kultur- und Bewässerungsverfahren herzustellen. Auch ließen sich dadurch stärker zersetzte Torfe in ihrer Struktur verbessern.

Bereits in den achtziger Jahren gab es erste Bestrebungen, den Torf in Kultursubstraten zu ersetzen. Man war sich der Endlichkeit der Ressource Torf bewusst und auch der Erhalt von Mooren aus Umweltschutzgründen gewann zunehmend an Bedeutung. In diesem Zusammenhang wurden die großtechnische



Abbildung 1: Die Geschichte der Kultursubstrate begann mit den Praxiserden. Diese wurden später abgelöst von industriell hergestellten Standard- und Spezialsubstraten.

Herstellung und Verwendung altbekannter Stoffe wie Kompost intensiv untersucht. Zudem prüfte man die Verwertbarkeit weiterer Ausgangsstoffe wie Baumrinde, Holzreste,

Kokosmaterialien, Reisspelzen oder Altpapier. Diese Materialien fallen häufig in großen Mengen als Reststoffe an, zum Beispiel in industriellen Verarbeitungsprozessen.

4

Eigenschaften guter Kultursubstrate

Kultursubstrate sind im bodenunabhängigen Gartenbau die Basis für den Kulturerfolg. Je stärker die Betriebe spezialisiert und technisiert sind, umso intensiver wird die Fläche genutzt. Und je kürzer die Kulturzeiten, desto höher sind die Anforderungen an die Qualität und die Gleichmäßigkeit der Substrate.

Geeignete Kultursubstrate bieten der Pflanze besonders gute Wachstumsbedingungen und verringern damit das Kulturrisiko. Gleichbleibende Eigenschaften ermöglichen zudem eine Standardisierung des Kulturablaufs. Das ist besonders wichtig bei der Bewässerung und Düngung. Denn eine optimale Versorgung der Pflanzen mit Wasser, Luft und Nährstoffen ist umso schwieriger, je kleiner der zur Verfügung stehende Wurzelraum ist.

Bild 2: Torfsubstrat mit feiner Struktur



Bild 3: Torfsubstrat mit grober Struktur



Allgemein sind folgende Anforderungen an ein gärtnerisches Kultursubstrat zu stellen:

- » Hohes Porenvolumen bei günstiger Porengrößenverteilung
- » Hohes Wasserspeichervermögen
- » Ausreichende Luftversorgung, auch bei hohem Wassergehalt
- » Günstige Drainageeigenschaften
- » Hohe Kapillarität
- » Gute Wiederbenetzbarkeit nach Austrocknung
- » Strukturstabilität über längere Zeit
- » Günstige Gehalte an pflanzenverfügbaren Nährstoffen und sonstigen Salzen
- » Hohe Austauschkapazität
- » Überschaubare Nährstoffdynamik (geringe Festlegung und Freisetzung von Nährstoffen)
- » Günstiger pH-Wert
- » Pufferung gegen pH-Verschiebung
- » Freiheit von Schädlingen und Krankheitserregern
- » Freiheit von pflanzenschädigenden und wachstumshemmenden Stoffen
- » Freiheit von Unkrautsamen und austriebsfähigen Pflanzenteilen
- » Lagerfähigkeit
- » Maschinentauglichkeit
- » Stets gleichartige Beschaffenheit

Je nach Einsatzbereich, Kulturtechnik und -bedingungen verschieben sich innerhalb dieses Forderungskatalogs die Schwerpunkte.

5

Substrat- ausgangsstoffe

Als Substratausgangsstoffe oder Substratkomponenten werden Materialien bezeichnet, die zum Volumen des Kultursubstrats beitragen. Im Gegensatz zu Substratzusätzen wie Dünger oder Kalk, deren Zugabe nach Gewicht erfolgt, werden Substratausgangsstoffe in größeren Prozentanteilen volumenhmäßig beigemischt, oder auch in reiner Form verwendet. Substratausgangsstoffe sind häufig mit bloßem Auge, zumindest jedoch mikroskopisch im Kultursubstrat erkennbar.

5.1 Organische Substratausgangsstoffe

Organische Substratkomponenten stammen aus dem Abbau natürlicher Lagerstätten (zum Beispiel Torf und Xylit), fallen als Reststoffe bei der Verarbeitung organischen Materials an (zum Beispiel Holz, Baumrinde und Kokosmaterial) oder werden speziell für die Verwendung als Substratausgangsstoff angebaut wie beispielsweise *Sphagnum* und *Miscanthus*.

5.1.1 Torf

Nach DIN 11540 versteht man unter Torf ein „Moorsubstrat mit mehr als 30 % organischer Substanz in der Trockenmasse, das aus abgestorbenen Pflanzenteilen durch Vertorfung entstanden ist“. Alle in Deutschland erhaltenen Moore wurden nacheiszeitlich, mit Beginn vor etwa 12.000 Jahren, gebildet.

5.1.1.1 Entstehung und Herkunft

Torf bildet sich in Mooren der gemäßigten und kalten Klimazonen und stellt die erste Stufe der Inkohlung dar. Dabei werden Pflanzenreste infolge von Wasserüberschuss und Sauerstoffmangel nicht vollständig zersetzt.

Nach der Entstehung und den daraus resultierenden Eigenschaften unterscheidet man zwischen Niedermoortorf und Hochmoortorf sowie dem Übergangsmoortorf, der zwischen den beiden Haupttypen liegt. Niedermoore werden durch Oberflächen-, Grund- oder See- wasser gespeist. Sie haben dadurch zum Teil

hohe Nährstoff- und Kalkgehalte, was sich in mittleren bis hohen Nährstoffgehalten und mäßig sauren bis neutralen pH-Werten des Torfs niederschlägt. Niedermoore entstehen aus einer Vielzahl von Pflanzenarten wie Seggen, Schilf, Binsen oder Gehölzen.

Hochmoore haben dagegen keine Verbindung zum Grundwasser. Sie entstehen durch Überschuss von nährstoffarmem Niederschlags- wasser auf Niedermooren oder „wurzelecht“ auf wasserundurchlässigem Mineralboden, was zu nährstoffarmen, sauren Torfen führt. Die Vegetation besteht aus einer sehr be- grenzten Anzahl wenig nährstoffbedürftiger Arten. Die beiden wichtigsten Pflanzen im Hochmoor sind Torfmoose (*Sphagnum* spp.) und Wollgras (*Eriophorum vaginatum*). Aus dem Wollgras entstehen die Fasern im Torf. Das Alter des Torfs und damit der Zerset- zungsgrad der organischen Substanz nimmt in Hochmooren von oben nach unten zu. Daher liegt eine Schicht aus hellem, schwach zersetztem Weißtorf über einer Schicht aus dunklerem, stärker zersetztem Schwarztorf.



Bild 4: Sphagnumpolster – nach unten zunehmend vertorft

Bedeutung für Kultursubstrate hat wegen seiner vorteilhaften und homogenen Eigenschaften fast nur Hochmoortorf. Deshalb beziehen sich die folgenden Ausführungen ausschließlich darauf.

Während früher mehr Weißtorf als Schwarztorf eingesetzt wurde, ist das Verhältnis heute nahezu ausgeglichen. Dies liegt vor allem daran, dass infolge der stärkeren Mechanisierung (Topfmaschinen und Pflanzroboter) der Bedarf an feinen, rieselfähigen Kultursubstraten gestiegen ist. Außerdem ist Schwarztorf das Standardmaterial zur Herstellung von Presstopfsubstraten für Gemüsejungpflanzen.

Deutscher Hochmoortorf stammt überwiegend aus Niedersachsen. Er wird auf Flächen gewonnen, die bereits vor vielen Jahrzehnten entwässert und anschließend landwirtschaftlich genutzt wurden. Damals war es das Ziel, die als Ödland eingestufteten Moorflächen land- und forstwirtschaftlich zu nutzen, um das Auskommen der ansässigen Bevölkerung zu sichern.

Von den ursprünglich etwa 300.000 Hektar Hochmoorflächen in Deutschland sind heute nur noch weniger als zehn Prozent in naturnahem Zustand erhalten. Sie gelten als wertvolle Feuchtflächen mit einer hoch spezialisierten Tier- und Pflanzengesellschaft und sind damit besonders erhaltens- und schützenswert. Eingriffe sind auf diesen



Bild 5: Grober Weißtorf



Bild 6: Schwarztorf

Flächen seit vielen Jahren nicht mehr erlaubt. In jüngerer Vergangenheit wurden im Landesraumordnungsprogramm Niedersachsen sogar zahlreiche Vorranggebiete gestrichen, die zur Gewinnung des Rohstoffs Torf ausgewiesen waren. Damit sind die Möglichkeiten der Torfgewinnung in Deutschland relativ begrenzt. Zurzeit findet laut Umweltbundesamt in Deutschland auf etwa ein Prozent der gesamten ursprünglich vorhandenen Moorflächen Torfabbau statt. Ausschließlich auf die Hochmoorflächen bezogen entspricht dies etwa drei Prozent.

Seit den neunziger Jahren werden daher große Mengen an jungem, wenig zersetztem Hochmoortorf aus den baltischen Staaten importiert. Der Import aus weiteren Ländern wie zum Beispiel Finnland, Schweden und Polen spielt mengenmäßig nur eine untergeordnete Rolle. In den letzten Jahren belief sich die insgesamt importierte Menge an Torf auf jeweils rund fünf Millionen Kubikmeter.

5.1.1.2 Gewinnung

Hochmoortorf wird je nach gewünschter Eigenschaft in verschiedenen Verfahren gewonnen. Der Abbau von Weißtorf erfolgt als Soden- oder Frästorf, der von Schwarztorf im Baggerverfahren oder durch Tiefengrubbern der obersten Schicht des Torfkörpers. Der erste Schritt bei der Torfgewinnung ist die Vorentwässerung der Abbaufäche. Dies ist in der Regel wegen der landwirtschaftlichen Vornutzung bereits geschehen. Mit Beginn des Abbaus hat der Torf trotzdem noch einen Wassergehalt von etwa 90 Massenprozent.

Beim **Sodentorfverfahren** sticht die Weißtorf-Stechmaschine Soden von meist 15 x 15 x 40 Zentimetern aus dem Torfkörper und legt

sie in einer Reihe am Feld ab. Dort müssen sie durch Wind und Sonne mindestens ein Jahr lang trocknen, bis sie einen Wassergehalt von etwa 50 bis 60 Massenprozent haben. Durch maschinelles Rütteln oder Umschichten der Soden von Hand wird der Trocknungsprozess beschleunigt. Anschließend werden die Soden im Torfwerk zerkleinert und in die gewünschten Korngrößen fraktioniert. Mit dem Sodentorfverfahren bleibt die Struktur des Torfs erhalten und es lassen sich sowohl feine als auch grobe Torfqualitäten herstellen. Abgesiebte Fasern können Kultursubstraten als Strukturmaterial wieder zugesetzt werden.



mals gewendet. Der getrocknete Frästorf wird mechanisch oder mit einer Art Riesenstaubsauger aufgenommen, zu Sammelmieten aufgehäuft und bis zur Verarbeitung im Werk am Torffeld gelagert. Durch das Fräsverfahren kommt es zu einer weitgehenden Zerstörung der Torfstruktur, daher ist nur die Herstellung feiner Körnungen möglich.



Bild 9: Gewinnung von Weißtorf durch Fräsen



Bild 10: Frästorf Feld mit Entwässerungsgraben und Miete

Das **Baggerverfahren** wird bei Schwarztorf angewendet. Der Torf wird im Spätherbst entnommen und mit einer Pistenraupe in einer Höhe von 15 bis 20 Zentimetern auf dem Torffeld verteilt. Wird der Torf an der Kante des Entwässerungsgrabens über die gesamte

Bild 11: Aufnahmen von Frästorf mit Vakuumsauger



Höhe des Torfkörpers abgebaggert, lassen sich die im Torfkörper vorhandenen Schwankungen in den Eigenschaften ausgleichen. Über die Jahre hinweg können auf diese Weise homogene Qualitäten produziert werden. Dies ist für professionelle Anwendungen wichtig, zum Beispiel für die Herstellung von Presstopfsubstrat. Werden nicht ganz so hohe Ansprüche an die Gleichmäßigkeit einzelner Chargen gestellt, kann Schwarztorf vor dem Winter etwa 20 Zentimeter tief mit einem **Tiefengrubber** gelockert werden. Die entstehende grobschollige Oberfläche wird dann über den Winter dem Frost ausgesetzt. Eine zusätzliche Bearbeitung während des Winters führt zu einer größeren Oberfläche und lässt das Torfmaterial besser durchfrieren.

Unabhängig von der Art des Abbaus ist die Einwirkung von Frost für Schwarztorf notwendig. Voraussetzung ist ein hoher Wassergehalt, damit die kolloidale Torfmasse gesprengt und aufgelockert wird. Die Wasserkapazität erhöht sich dadurch, das heißt der Torf kann mehr Wasser aufnehmen und halten. Außerdem verbessert sich die Benetzungsfähigkeit und eine irreversible Schrumpfung und Verhärtung wird verhindert. Durchfrorener Schwarztorf muss vor der weiteren Verarbeitung noch auf einen Wassergehalt von etwa 65 Massenprozent trock-

nen. Dazu wird er auf dem Feld nochmals gegrubbert und gewendet und anschließend an der Seite des Torffeldes zu langen Mieten aufgehäuft. Von dort wird er zur weiteren Verarbeitung ins Torfwerk gebracht.



Bild 12: Bearbeitung von gelockertem Schwarztorf im Winter

Nach Beendigung des Abbaus wird auf den Torfgewinnungsflächen in Deutschland seit den achtziger Jahren eine Wiedervernässung angestrebt. Erste detaillierte Angaben für die praktische Durchführung finden sich im Niedersächsischen Moorschutzprogramm Teil I von 1981. Danach muss „auf Flächen, die für eine Wiedervernässung mit dem Ziel der Regeneration vorgesehen sind bzw. sich dafür eignen“ eine Torfschicht von 50 Zentimetern belassen werden. Mittelfristig werden Moorflächen dadurch renaturiert und langfristig regeneriert. Das heißt, es setzt wieder eine Neubildung von Torf ein. Hierdurch entstehen neue hochwertige Feuchtflächen, die zudem als Kohlendioxidlenke zum Klimaschutz beitragen. Bei einem durchschnittlichen Torfwachstum von einem Millimeter pro Jahr kann die abgebaute Torfmenge jedoch nur über Jahrzehnte und Jahrhunderte allmählich ersetzt werden.



Bild 13: Wiedervernässte Moorfläche

5.1.1.3 Eigenschaften

Hochmoortorf kann aufgrund seiner günstigen Eigenschaften auch ohne Mischungspartner eingesetzt werden. Er besitzt ein hohes Porenvolumen und im Allgemeinen eine für die Pflanzenkultur günstige Verteilung von Fein-, Mittel- und Grobporen. Das heißt, dass er nicht nur viel Wasser halten kann (hohe Wasserkapazität), sondern selbst bei hohem Wassergehalt noch eine ausreichende Durchlüftung gewährleistet (hohe Luftkapazität). Einer der wenigen Nachteile von Torf ist: Trocknet er einmal aus, lässt er sich nur schwer wieder benetzen.

Die physikalischen Eigenschaften von Torf (Tabelle 1, S. 17) werden von folgenden Faktoren bestimmt:

- » botanische Zusammensetzung
- » Gewinnungsverfahren
- » Trocknungsgrad
- » Grad der Frosteinwirkung
- » Grad der Zerkleinerung
- » Zersetzungsgrad (Humositätsgrad)

Nach DIN 11540 ist der Zersetzungsgrad ein „Maß für den Anteil eines Torfes an humi-

Humositätsgrad	Einteilung bei der Rohstoffprüfung nach DIN 11540 sowie nach RAL-GZ 250/5-2*				landläufige Bezeichnung	
H1	schwach zersetzt	schwach bis mäßig zersetzt	mäßig zersetzt	mäßig bis stark zersetzt	stark zersetzt	Weißtorf Schwarztorf (Humintorf, Tuintorf)
H2						
H3						
H4						
H5						
H6						
H7						
H8						
H9						
H10						

Abbildung 2: Einteilung von Hochmoortorf nach dem Humositäts- beziehungsweise Zersetzungsgrad, *DIN 11540:2019-03, RAL-GZ 250/5-2 (Mai 2018)

fizierten bzw. makroskopisch strukturlos erscheinenden Komponenten“. Bei Hochmoortorfen ist zu unterscheiden zwischen dem jüngeren, schwach bis mäßig zersetzten Weißtorf aus den oberen Schichten und dem darunterliegenden, älteren und stärker zersetzten Schwarztorf – auch „Humintorf“ oder niederländisch „Tuintorf“ genannt. Eine genauere Einteilung wird durch die Skala nach von Post gegeben. Sie gibt den Zersetzungs- beziehungsweise Humositätsgrad (H) von H1 „völlig unzersetzt“ bis H10 „völlig zersetzt“ an (Abbildung 2).

Wie aus Abbildung 3 hervorgeht, sinkt mit zunehmender Zersetzung der Porenanteil. Der Anteil an fester Substanz – erkenntlich an der Rohdichte – nimmt dagegen zu. Gleichzeitig steigt die Wasserkapazität an und die Luftka-

pazität wird geringer. Der stärker zersetzte Torf kann also mehr Wasser aufnehmen. Es besteht aber die Gefahr, dass mit fortschrei-

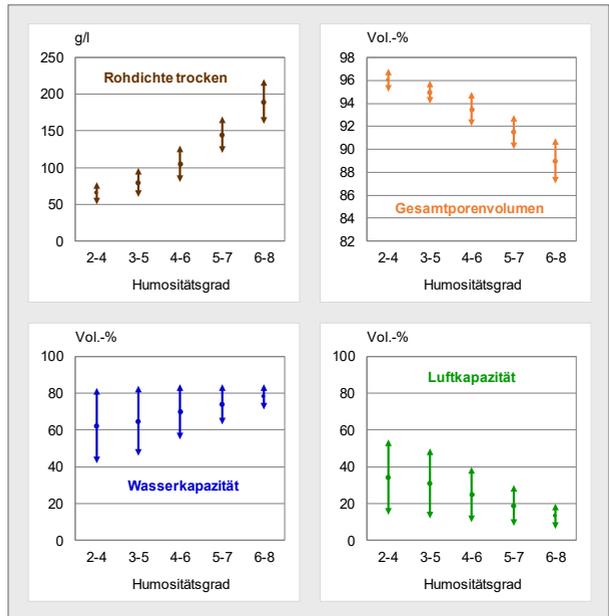


Abbildung 3: Abhängigkeit der physikalischen Eigenschaften von Hochmoortorfen vom Humositätsgrad (Wertebereiche nach DIN 11540:2019-03)

tender Kulturdauer die Luftversorgung der Wurzeln nicht mehr ausreichend gegeben ist.

Von den chemischen Eigenschaften werden nur die Nährstoff- und die pH-Pufferkapazität durch den Zersetzungsgrad beeinflusst. Die allgemein mittelmäßige Kationenaustauschkapazität von Torf steigt mit zunehmendem Zersetzungsgrad. Die Fähigkeit, pH-Wertverschiebungen abzufuffern, ist bei schwach zersetzten Torfen mittel, bei stärker zersetzten gut.

Der extrem bis stark saure pH-Wert von 2,5 bis 3,5 und die sehr niedrigen Gehalte an löslichen Nährstoffen (Tabelle 1) ermöglichen eine kulturspezifische Einstellung nach Standardrezepten auf das gewünschte Niveau ohne vorherige Analyse. Allein die Magnesiumgehalte können höhere Werte erreichen, was bei der Düngerzugabe berücksichtigt werden sollte. Wegen der geringen Gehalte an Mikronährstoffen ist auf eine ausreichende Grunddüngung mit Spurenelementen zu achten.

Trotz eines weiten C/N-Verhältnisses tritt bei Hochmoortorfen keine nennenswerte Stickstoffimmobilisierung auf. Das liegt daran, dass die Zersetzung der Torfmasse auch nach Aufkalkung und Düngung nur sehr langsam verläuft. Erkennbar ist das an der im Verhältnis zu anderen organischen Substratausgangsstoffen gerin-

geren Sackung beziehungsweise Volumenverminderung im Kulturverlauf. Junge, weniger humifizierte Torfe (zum Beispiel baltischer Weißtorf) verlieren unter Gewächshausbedingungen allerdings etwas rascher an Volumen und Masse als etwas stärker zersetzte und damit stärker humifizierte Torfe aus Norddeutschland (Abbildung 4, S. 18). Der Grund ist, dass jüngere Torfe mehr Hemizellulosen und Zellulosen enthalten als ältere.

Tabelle 1: Eigenschaften ungedüngter Hochmoortorfe

Parameter		Weißtorf	Schwarztorf
Rohdichte trocken	g/l	80-150	120-250
Wasserkapazität	Vol.-%	50-70	60-85
Luftkapazität	Vol.-%	20-50	10-30
Wiederbenetzbarkeit		schlecht	
pH-Wert		2,5-3,5	
Salz	g/l	< 0,2	
N	mg/l	10-45	
P ₂ O ₅	mg/l	1-5	
K ₂ O	mg/l	5-20	
Mg	mg/l	35-180	
Spurenelemente		niedrig	
Na	mg/l	< 10	
Cl	mg/l	< 10	
Kationenaustauschkapazität		mäßig	hoch
C/N-Verhältnis		50:1 bis 100:1	20:1 bis 70:1
mikrobielle Abbaubarkeit		gering	
N-Immobilisierung		gering	

 vorteilhafte Eigenschaften
 nachteilige Eigenschaften

Die Vorstellung, dass Torf von Mikroorganismen wenig besiedelt ist, hat sich als falsch erwiesen. Die Zahl der Mikroben im Torf eines naturbelassenen Moores ist höher als bisher angenommen und diese liegen nicht ausschließlich in Ruhestadien vor. Die Mikroflora von Mooren besteht allerdings

nur aus einer geringen Zahl von Gattungen und Arten. Wegen des niedrigen pH-Wertes sind Pilze vorherrschend. Durch Verarbeitung, Kalkung, Düngung und Bepflanzung von Torf wird die ruhende Mikroflora wieder aktiviert. In letzter Zeit treten auch häufiger spontane Besiedlungen mit saprophytischen Pilzen auf, vor allem *Peziza ostracoderma* (Torf-Becherling). Problematisch sind dabei weniger die relativ selten vorkommenden Fruchtkörper, sondern vielmehr der häufiger und plötzlich erscheinende Rasen aus gelblich-braunen Konidiosporen. Dieser stellt nicht nur eine optische Beeinträchtigung dar, sondern führt durch seine wasserabweisende Eigenschaft zu Benetzungsschwierigkeiten beim Gießen.

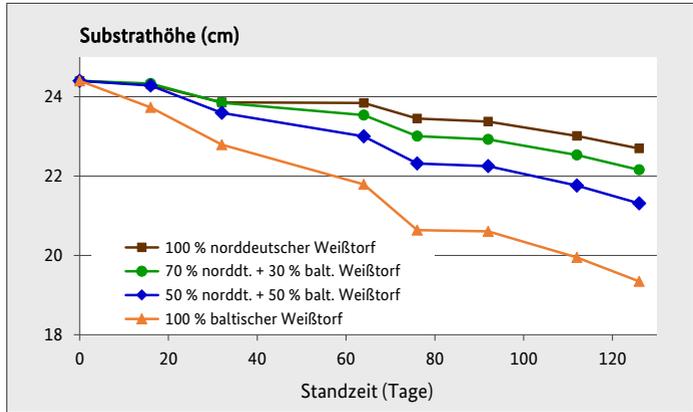


Abbildung 4: Substratsackung verschiedener Torfe und Torfmischungen in unbepflanzten Gefäßen

Andererseits sind auch weitergehende Probleme wie Nährstoffmangel durch Stickstoffimmobilisierung, Pflanzenschädigungen durch toxische Stoffwechselprodukte oder eine Störung des Gasaustausches nicht auszuschließen. Außerdem besteht die Gefahr allergischer Reaktionen beim Menschen durch Verbreitung der Sporen in der Luft.

Wird Torf in Großmieten gelagert, kann – ähnlich wie bei einem Heuhaufen oder anderem organischen Material – eine Selbsterhitzung auftreten. Dieser mikrobielle Vorgang findet vor allem dann günstige Bedingungen, wenn leicht abbaubares Pflanzenmaterial wie Wurzelreste, Gras oder Unkraut

Bild 14: Torf-Becherling (*Peziza ostracoderma*): grauweißliches Oberflächenmycel (links), reife Konidiosporen (Mitte), becherförmige Fruchtkörper (rechts)



in Grenzschichten zwischen feuchten und trockenen Torf gelangt. Langsam steigt dann über mehrere Wochen oder Monate die Temperatur in der Miete an und kann 60 bis 70 °C erreichen.

Eine Selbsterhitzung verändert die physikalischen, biologischen und chemischen Eigenschaften des Torfs. Unter anderem können derartige Torfe einen erhöhten Gehalt an phenolischen Verbindungen aufweisen, denen negative Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum zugeschrieben werden. Zudem neigen selbsterhitzte Torfe verstärkt zur Verpilzung. Keimpflanzen reagieren in Tests zum Teil mit der sogenannten Weißblättrigkeit. Teilweise bleiben die Pflanzen aber auch ohne jegliche Nährstoffmangel- oder sonstige Schadsymptome. Sie wachsen jedoch nach dem Auflaufen oder nach dem Pikieren nicht weiter. Die starken Wuchsdepressionen können weder durch eine Kalkung noch durch spezielle Düngungsmaßnahmen behoben werden.

Selbsterhitzten Torf kann man häufig an einem charakteristischen malzigen, an Maggi-Gewürz erinnernden Geruch erkennen, der jedoch nach einiger Zeit oftmals nicht mehr wahrnehmbar ist. Eine Möglichkeit zum Nachweis einer Selbsterhitzung könnte die Anwesenheit bestimmter Phospholipidfettsäuren sein, die charakteristisch für das Auftreten von Bakterien mit einem Wachstumsoptimum von 45 bis 55 °C sind. Sie konnten in selbsterhitztem Torf noch bis sechs Monate nach dem Vorgang nachgewiesen werden und traten in einwandfreiem Torf nicht auf. Bei sachgerechter Gewinnung und Lagerung kommt Selbsterhitzung von Torf kaum vor. Im Zuge der RAL Gütesicherung ist eine laufende Überwachung der Temperatur

in den Mieten vorgeschrieben, um selbsterhitzte Torfe von der Verwendung als Substratausgangsstoff auszuschließen.

5.1.2 Holz

Holz in Form von Holzfaserstoffen und Holzhäckseln kam in Deutschland etwa zu Beginn der neunziger Jahre als Substratausgangsstoff auf den Markt. Nach einer Zwischenphase mit abnehmender Verwendung zu Beginn des neuen Jahrtausends gewinnt das Material aktuell wieder an Bedeutung als Torfersatzstoff. Holzfaserstoffe, die in unterschiedlichen Strukturen angeboten werden, eignen sich für eine breite Palette von Kultursubstraten. Sie können in Standardsubstraten verwendet werden, besonders feine Fasern auch in Press- topfsubstraten, grobe in Orchideensubstraten. Mehrere Substrathersteller haben in den letzten Jahren in den Bau eigener Auffassungsanlagen investiert.



Bild 15: Hackschnitzel als Ausgangsmaterial für Holzfaserstoff

Holzfaserstoffe, die zur Verwendung in Kultursubstraten geeignet sind, lassen sich aus unbehandelten Sägeresthölzern wie zum Beispiel Hackschnitzeln, Schäl- oder Frässpänen herstellen. Das Holz sollte möglichst keine oder nur geringe Rindenanteile aufweisen. Meist werden Nadelhölzer wie Fichten und Kiefern aufgefasernt, seltener Laubhölzer wie Pappeln, Eschen, Weiden oder Buchen. Von den beiden in den Anfangsjahren angewendeten Herstellungsverfahren für Holzfaserstoffe ist das Steam-Explosion-Verfahren, bei dem eine Zerkleinerung der Holzteile in einem Reaktionsextruder durch einen plötzlichen Druckabfall erfolgt, nicht mehr in Gebrauch. Bei den heute gängigen Verfahren werden die Resthölzer nach dem Zerkleinern in einem Doppelschneckenextruder oder einem Scheibenrefiner thermisch-mechanisch aufgefasernt. Doppelschneckenextruder arbeiten mit zwei gegeneinander laufenden Schnecken. Dabei entstehen Reibungskräfte, die bereits ohne eine aktive Temperaturerhöhung kurzfristig eine Erwärmung des Materials auf mindestens 70°C bewirken, wodurch es zu einer Hygienisierung kommt. Durch die Maschineneinstellung ist es möglich, die entstehende Faserstruktur und damit die physikalischen Eigenschaften des Holzfaserstoffs zu beeinflussen. Beim Einsatz von Scheibenrefinern werden die zerkleinerten Resthölzer zwischen Mahlscheiben, auf denen sich Mahlkörper mit einem definierten Profil befinden, zerfasert. Dies erfolgt entweder bei Atmosphärendruck oder Überdruck. Dem Zerfaserungsprozess kann eine Behandlung der Resthölzer mit heißem Wasserdampf vorgeschaltet werden. Die Struktur des Endprodukts hängt im Wesentlichen von der Bauart des Refiners, dem Profil der Mahlkörper sowie den einstellbaren Prozessbedingungen ab.



Bild 16: Doppelschneckenextruder zur Auffaserung von Hackschnitzeln



Bild 17: Holzfaserstoff

Aufgrund der hohen Temperaturen während der Herstellung enthalten Holzfaserstoffe keine pflanzenschädigenden Harze und Gerbstoffe. Durch das weite C/N-Verhältnis und den großen Anteil an leicht abbaubaren Verbindungen unterliegt unbehandelte Holzfaserstoff jedoch stark einem mikrobiellen Abbau, der durch die große Oberfläche noch beschleunigt wird. In dessen Verlauf tritt eine Sackung des Materials ein (Abbildung 5) und Stickstoff wird festgelegt (Abbildung 6). Die Immobilisierung kann bis zu 400 Milligramm Stickstoff pro Liter Holzfaserstoff betragen, was ohne ausgleichende Maßnahmen

zu Stickstoffmangel an den Kulturpflanzen führen würde. Daher werden Holzfaserstoffe bei der Herstellung „imprägniert“. Das heißt, man gibt Stickstoff in langsam fließender Form zu, um einer Stickstoffimmobilisierung entgegenzuwirken. Zum Teil erfolgt diese Zugabe auch erst beim Mischen des Kultursubstrats, damit keine Veränderungen des Gehalts an unmittelbar verfügbarem Stickstoff während der Lagerung von Holzfaserstoffen auftreten können. Bei RAL gütegesicherten Produkten wird die Stickstoffdynamik überprüft und aus den Ergebnissen eine Empfehlung für die Höhe des Holzfaserstoffanteils, der in Kultursubstrate eingemischt werden kann, abgeleitet. Weitere Zusätze während des Herstellungsprozesses sind natürliche Pigmente, die eine dunkelbraune, torfähnliche Färbung bewirken.

Holzfasertstoffe haben bei ähnlich hohem Porenvolumen wie Torf eine deutlich höhere Luftkapazität. Dadurch ist das Substrat sehr locker und wasserdurchlässig, was sich förderlich auf die Wurzelentwicklung

auswirkt. Wegen ihrer niedrigen Gehalte an verfügbaren Nährstoffen und weiteren löslichen Salzen (Tabelle 2, S. 22) sowie wegen ihres geringen Gewichts bilden Holzfasertstoffe einen idealen Mischungspartner für nährstoffreiche und schwere Stoffe wie Kompost. Das geringe Risiko einer Absenkung des pH-Werts im Kulturverlauf kann bei sehr weichem Gießwasser und sauer wirkenden Düngemitteln von Vorteil sein (Abbildung 7, S. 22). Außerdem sind Holzfasertstoffe frei von Pathogenen und Unkrautsamen, sind regional verfügbar und für den ökologischen Landbau geeignet. Nachteilig wirkt sich die relativ leichte Zersetzbarkeit aus, die zu

Volumenverminderung sowie, insbesondere bei karbonatreichem Gießwasser, zu verstärktem pH-Anstieg führen kann.

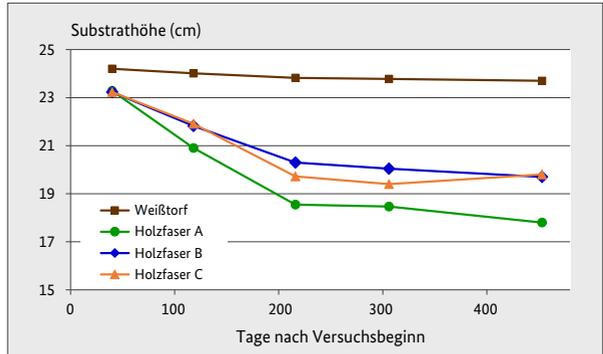


Abbildung 5: Sackung von Holzfaserstoffen im Vergleich zu Weißtorf während einer Kultur von *Argyranthemum frutescens* als Hochstämmchen

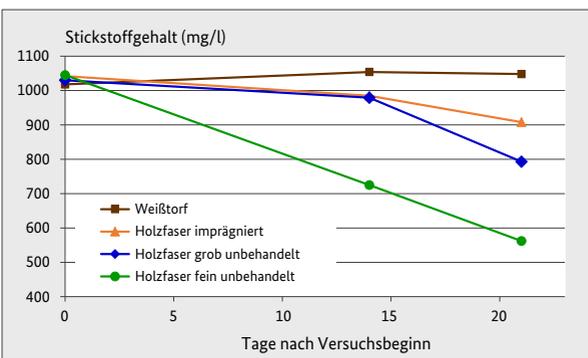


Abbildung 6: Stickstoffimmobilisierung un behandelter und imprägnierter Holzfasertstoffe unter definierten Klimabedingungen

Die Verwendung von RAL gütegesicherten Holzfaserstoffen erfordert in der Regel keine speziellen Maßnahmen während des Kulturverlaufs, wenn sie bis zu einem Anteil von 20 Volumenprozent mit Torf oder anderen Substratkomponenten gemischt werden. Bei höheren Anteilen sollten die Nährstoffgehalte im Kultursubstrat vor allem in den ersten Kulturwochen häufiger als gewöhnlich überprüft werden. Gegebenenfalls sind zusätzliche Stickstoffgaben erforderlich, vorzugsweise mit ammoniumbetonten Düngemitteln. Die Extragaben an Stickstoff sollten jedoch nicht standardmäßig erfolgen, sondern sich am Verlauf der Stickstoffgehalte im Kultursubstrat orientieren. In Einzelfällen kann es durch mikrobielle Prozesse auch zu einem unerwarteten Anstieg des Stickstoffgehalts im Substrat kommen. Anzuraten ist außerdem die Verwendung von weichem Gießwasser und – wegen der geringeren Wasserkapazität im Vergleich zu Torfsubstraten – eine häufigere Bewässerung mit kleineren Wassergaben.

Im Gegensatz zu Holzfaserstoffen wird bei der Herstellung von **Holzhäckseln** das Restholz – meist von Fichten – nur auf 2 bis 15 Millimeter zerkleinert. Da die energieaufwändige Auffaserung entfällt, stellen Holzhäcksel eine preisgünstige Alternative zu Holzfaserstoffen dar. Bezüglich ihrer chemischen Eigenschaften sind sie den Holzfaserstoffen sehr ähnlich. Sie weisen jedoch eine geringere Zersetzungsrate und damit eine geringere Sackung und Stickstoffimmobilisierung auf. Trotzdem sollte auch bei diesem Substratausgangsstoff auf eine ausreichende Versor-

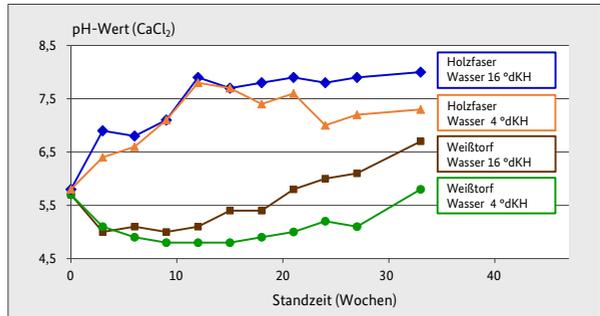


Abbildung 7: Verlauf des pH-Wertes in Holzfaser- und Weißtorfsubstrat bei unterschiedlicher Gießwasserhärte (Kultur: *Plumbago indica*)

Tabelle 2: Eigenschaften von Holzfaserstoffen

Rohdichte trocken	g/l	50-100
Wasserkapazität	Vol.-%	30-45
Luftkapazität	Vol.-%	45-65
Wiederbenetzbarkeit		gut
pH-Wert		4,0-6,0
Salz	g/l	0,05-0,2*
N	mg/l	0-50*
P ₂ O ₅	mg/l	5-25
K ₂ O	mg/l	30-80
Mg und Spurenelemente		gering
Na	mg/l	< 10
Cl	mg/l	< 10
Kationenaustauschkapazität		niedrig
C/N-Verhältnis		100:1 bis 300:1
mikrobielle Abbaubarkeit		hoch
N-Immobilisierung		z. T. hoch**

* bei imprägniertem Material höhere Wert möglich

** bei nicht ausreichender Imprägnierung

vorteilhafte Eigenschaften
 nachteilige Eigenschaften



Bild 18: Holzhäcksel

gung mit Stickstoff geachtet werden. Durch ihre größere Struktur besitzen Holzhäcksel eine besonders gute Dränagewirkung, was bei der Bewässerung berücksichtigt werden muss. Sie werden Torf oder anderen Substratkomponenten zur Auflockerung und Strukturstabilisierung beigemischt, was in Anteilen von bis zu 20 Volumenprozent erfolgen kann. Besonders geeignet sind Holzhäcksel für Kultursubstrate, die auf Ebbe/Flut-Tischen

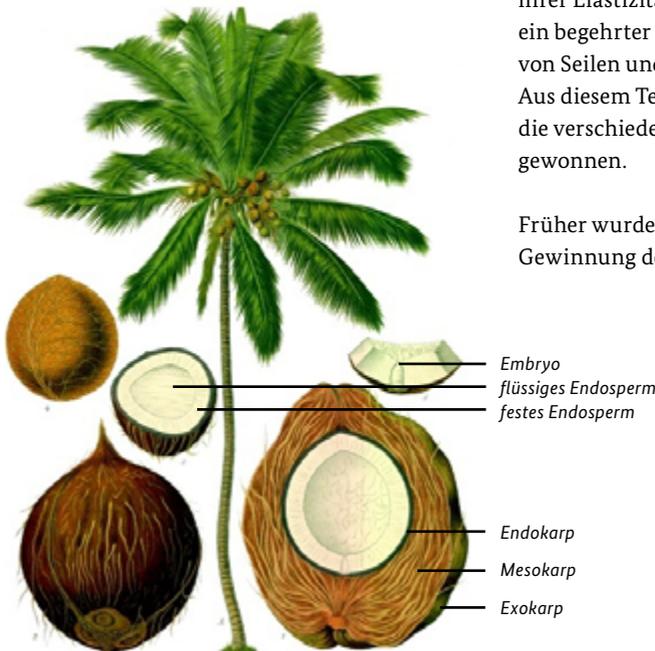


Abbildung 8: Aufbau einer Kokosnuss (nach Köhler's Medizinal-Pflanzen 1898)

oder in rezirkulierenden Systemen verwendet werden.

5.1.3 Kokosmaterialien

Die Materialien für kokoshaltige Substrate stammen von der Frucht der Kokospalme (*Cocos nucifera*) und werden vor allem aus Sri Lanka und Indien importiert. Die Schale der reifen Frucht besteht aus dem äußeren ledrigen und glatten Exokarp, dem darunterliegenden schwammig-faserigen Mesokarp und zuinnerst dem steinharten Endokarp, das die im Handel angebotene Kokosnuss mit Fruchtfleisch („Kopra“) und Kokosmilch umschließt. Das von den Früchten bereits im Herkunftsland entfernte Mesokarp enthält neben Feinanteilen ein dichtes Geflecht von Fasern („Coir“). Diese Fasern waren wegen ihrer Elastizität und Haltbarkeit schon immer ein begehrter Grundstoff für die Herstellung von Seilen und anderen Alltagsgegenständen. Aus diesem Teil der Fruchtschale werden auch die verschiedenen Substratausgangsstoffe gewonnen.

Früher wurden die Mesokarp-Hüllen zur Gewinnung der Fasern zu Flößen zusammengebunden und für mehrere Monate im Brackwasser von Meeresbuchten oder Flussmündungen versenkt. Nach diesem als „Rösten“ bezeichneten Vorgang, bei dem Pektin abbauende Mikroorganismen die Mittellamellen auflösen, lassen sich die Fasern durch Klopfen voneinander trennen. Mit neueren Verfahren ist es auch möglich, die

Fasern maschinell zu gewinnen. Das feine Material zwischen den Fasern, zum Teil mit geringen Anteilen kurzer Fasern, war früher als „Kokosmehl“, „Kokosstaub“ oder fälschlicherweise als „Cocopeat“ (also Kokostorf) im Handel. Heute hat sich die Bezeichnung „Kokosmark“ durchgesetzt. Wird das Mesokarp nur in Würfel geschnitten, erhält man „Kokoschips“. Vielfach kommt auch eine Mischung von Kokosmark mit kurzen Fasern und Mesokarp-Stückchen als „Kokoscrush“ zur Anwendung.

Das Einweichen in Brack- oder Salzwasser sowie die Aufnahme von Salzen durch die Kokospalme an den meeresnahen Standorten führt zu hohen Gehalten an löslichen Salzen, insbesondere Kalium, Natrium und Chlorid. Die beiden Letzteren wirken sich negativ auf die Pflanzenentwicklung aus. Es ist daher notwendig, die für Kultursubstrate verwendeten Materialien mit speziellen Verfahren vorzubehandeln.

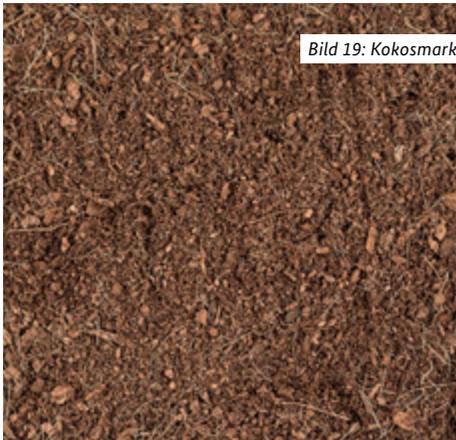


Bild 19: Kokosmark



Bild 20: Kokosfaser geschnitten



Bild 21: Kokoschips



Bild 22: Kokoscrush

Im Falle einer maschinellen Fasergewinnung wird das Restmaterial für etwa sechs Monate auf befestigten Flächen gelagert („Aging“). Während dieser Zeit werden eventuell enthaltene pflanzenschädigende Stoffe und leicht zersetzbare organische Bestandteile abgebaut. Außerdem verbessert sich die Wasseraufnahmefähigkeit, was die darauffolgenden Maßnahmen erleichtert. Zunächst wäscht man dann das Material mit salzarmem, sauberem Wasser, um lösliche Ionen auszuspülen und dadurch den Salzgehalt zu senken. Sollen zusätzlich die am Sorptionskomplex gebundenen Ionen entfernt werden, wird danach mit Calciumnitratlösung gespült – ein Vorgang, für den sich die nicht ganz korrekte Bezeichnung „puffern“ eingebürgert hat. Die am Kokosmaterial sorbierten Kalium- und Natriumionen werden hierbei durch Calciumionen ausgetauscht. Die gelösten Ionen sowie das Nitrat werden anschließend wieder mit Süßwasser weitgehend ausgewaschen.

Ob eine Pufferung durchgeführt wird, hängt von den Gegebenheiten vor Ort und vom jeweiligen Verwendungszweck ab. Kleinere Betriebe beschränken sich in der Regel auf das Waschen, wofür häufig der Monsunregen genutzt wird, der das auf Mieten lagernde Material durchspült. Die Pufferung wird in Indien von einigen größeren Betrieben durchgeführt, die das anfallende Abwasser anschließend zur Bewässerung landwirtschaftlicher Kulturen nutzen. Zum Teil findet das Puffern auch in Europa statt. Das abfließende Wasser wird dann in die Kanalisation geleitet. Das Waschen allein ist häufig ausreichend, wenn nur Anteile an Kokosmaterialien im Kultursubstrat eingesetzt werden. Bei einer Verwendung in reiner Form wird normalerweise auf gepuffertes Material zurückgegriffen.

Sind die entsprechenden Vorbehandlungen abgeschlossen, wird das Material durch Sonne und Wind getrocknet, gegebenenfalls die enthaltenen Fasern abgeseibt und das Kokosmark in Blöcke von unterschiedlicher Größe gepresst. Kokosfasern werden in Ballen gebunden.

Im Wesentlichen sind die physikalischen Eigenschaften (Tabelle 3, S. 26) für den positiven Einfluss von Kokosmaterialien auf das Wachstum und die Qualität der Pflanzen verantwortlich. Das hohe Porenvolumen von 90 bis 95 Volumenprozent entspricht dem von schwach bis mäßig zersetztem Hochmoortorf. Kokosbestandteile bewirken deshalb vielfach eine hohe Luftkapazität in Substratmischungen. Im Falle von Kokosmark sorgen sie gleichzeitig für eine günstige Wasserkapazität, wobei insbesondere der hohe Anteil an leicht verfügbarem Wasser von Vorteil ist. Beim Einsatz von Kokosfasern als Bestandteil von Kultursubstraten ist je nach Faserlänge die Wasserkapazität der limitierende Faktor. Alle Kokosprodukte sind gut wiederbenetzbar, was die Wasseraufnahmefähigkeit von Substratmischungen und die Wasserverteilung im Kultursubstrat verbessert. Die Materialien sind außerdem angenehm leicht.

Tabelle 3: Eigenschaften von Kokosmaterialien

Parameter		Kokosmark	Kokosfasern
Rohdichte trocken	g/l	80-100	50-80
Wasserkapazität	Vol.-%	50-65	10-30
Luftkapazität	Vol.-%	30-45	50-80
Wiederbenetzbarkeit		gut	gut
pH-Wert		4,0-6,0	4,5-6,5
Salz	g/l	0,2-1,0*	
N	mg/l	< 10	
P ₂ O ₅	mg/l	5-40	
K ₂ O	mg/l	50-850*	
Mg	mg/l	40-100	–
Na	mg/l	10-300*	10-150*
Cl	mg/l	10-400*	10-200
C/N-Verhältnis		ca. 100:1	–
mikrobielle Abbaubarkeit		i. d. R. gering	i. d. R. gering
N-Immobilisierung		i. d. R. gering	i. d. R. gering

* bei unzureichender Aufbereitung deutlich höhere Werte möglich

	vorteilhafte Eigenschaften
	nachteilige Eigenschaften

Bezüglich der chemischen Eigenschaften gibt es in Kokosmaterialien eine große Spannweite bei einzelnen Parametern (Tabelle 3). Insbesondere die Gehalte an Kalium, Natrium und Chlorid können in unbehandeltem Material erhebliche Größenordnungen erreichen. Daher ist es besonders wichtig, nur gütegesicherte Produkte zu verwenden, bei denen günstige Gehalte an löslichen Nährstoffen und sonstigen Salzen garantiert sind. Ein hoher Kaliumgehalt schließt eine

Verwendung als Substratbestandteil nicht aus, sollte aber je nach Kultur bei der Düngung berücksichtigt werden. Die pH-Werte liegen zwischen 4 und 6 und somit im günstigen Bereich. Über eine pH-Pufferung ist wenig bekannt.

Das C/N-Verhältnis von Kokosmaterialien ist mit etwa 100:1 zwar relativ weit, der hohe Ligninanteil bewirkt jedoch, dass die mikrobielle Abbaubarkeit und damit die Stickstoffimmobilisierung in der Regel gering ist. Man sollte die Stickstoffgehalte im Substrat jedoch durch regelmäßige Analysen überprüfen und gegebenenfalls regulierend eingreifen, da gelegentlich auch höhere Immobilisierungsraten auftreten können. Durch die geringe mikrobielle Zersetzung der Kokosfasern ergeben sich stabile Substrate für länger stehende Kulturen.

Kurze Kokosfasern werden als strukturgebendes Material in Anteilen von bis zu 20 Volumenprozent anderen organischen Substratbestandteilen beigemischt. Bei stärker zersetzten Torfen kann man auf diese Weise zum Beispiel die Luftversorgung verbessern. Wegen ihrer hohen Luftkapazität eignen sie sich besonders gut für Substrate in Ebbe/Flut-Systemen. Kokosfasern werden zusammen mit Kokosmark auch als Sackkulturen („Grow Bags“) anstelle von Stein-

wolle für Gemüse oder Schnittblumen in geschlossenen Kultursystemen angeboten. Das Kokosmark muss vor dem Mischen mit anderen Substratkomponenten wiederbefeuchtet werden. Ein Fünf-Kilogramm-Block quillt dabei auf etwa 60 Liter Substratausgangsstoff auf. Mit Kokosmark lassen sich in Mischung mit anderen Substratkomponenten torffreie Substrate herstellen. Es kann in guter Qualität aber auch für Kultursubstrate ohne weitere Mischungspartner Verwendung finden. Kokoschips können ebenfalls in reiner Form oder in Mischung mit anderen Substratkomponenten zum Einsatz kommen. Sie eignen sich besonders für Langzeitkulturen und für Kulturen mit hohen Ansprüchen an die Luftkapazität des Substrats, insbesondere für Orchideen.

Insgesamt gelten Kokosmaterialien bei Berücksichtigung ihrer spezifischen Eigenschaften als gute Substratkomponenten. In ökologischer Hinsicht ist die Verwertung von organischen Reststoffen, besonders des bislang nicht verwendeten Kokosmarks, positiv einzustufen. Wesentliche Nachteile sind der hohe Bedarf an Frischwasser für die Aufbereitung und der Aufwand für den Transport, der zwar durch die Trocknung und Komprimierung des Materials vermindert wird, aber über sehr weite Strecken erfolgt.

5.1.4 Kompost

.....

Unter Kompost versteht man ein Rotteprodukt aus organischen Abfällen, das durch mikrobiellen Ab-, Um- und Aufbau entsteht. Um organische Abfälle sinnvoll zu verwerten und damit Abfallmengen zu vermindern, hat deren Kompostierung in den letzten Jahrzehnten große Bedeutung erlangt.

5.1.4.1 Kompostarten

Nach Ausgangsmaterial und Herstellungsverfahren ist grundsätzlich zwischen betriebseigenen Komposten, Grüngut-, Bioabfall- und Gärrestkomposten zu unterscheiden.

Betriebseigene Komposte fallen im gartenbaulichen Betrieb aus organischen Reststoffen wie Pflanzenabfällen und Substratresten an und waren traditionell ein wichtiger Bestandteil betriebseigener Praxiserden. Ihre Bedeutung nahm mit der Entwicklung industriell hergestellter Kultursubstrate sowie durch die zunehmende Intensivierung und Spezialisierung der gartenbaulichen Produktion stark ab. In kleinerem Umfang werden jedoch auch heute noch betriebseigene Komposte hergestellt und tragen durch den Kreislaufgedanken zu einem positiven Image von Gartenbaubetrieben bei. Die bekannten Ausgangsmaterialien und eine meist lange Rottedauer können einerseits zu sehr guten Kompostqualitäten führen. Andererseits bewirken häufig wechselnde Ausgangsmaterialien starke Qualitätsschwankungen. Je nach Art und Anteil der Ausgangsmaterialien sowie Dauer von Rotte und Lagerung sind die Gehalte an löslichen Nährstoffen sehr unterschiedlich. Betriebseigene Komposte sind deshalb vor der Verwendung als Substratausgangsstoff in jedem Fall auf ihre Gehalte an Stickstoff (N), Phosphat (P_2O_5), Kalium (K_2O), Salz und freiem Calciumcarbonat ($CaCO_3$) sowie auf ihren pH-Wert zu untersuchen. Die Grunddüngung der Substratmischung ist darauf abzustellen. Durch die fortlaufende Ergänzung frischer Ausgangsmaterialien entsteht keine Heißrottephase in der Kompostmiete und damit keine Hygienisierung sowie Abtötung von Unkrautsamen und austriebsfähigen Pflanzenteilen. Betriebseigener

Kompost muss deshalb vor der Verwendung im Kultursubstrat durch Dämpfen entseucht werden.



Bild 23: Grünabfälle als Ausgangsmaterial für Kompost

Grüngutkomposte entstehen aus Ästen, Zweigen, Laub und Mähgut von Gärten und öffentlichen Grünanlagen. In großen Kompostierungsanlagen wird das holzige Material gehäckselt, mit den übrigen Grünrückständen vermischt und auf große Mieten gesetzt. Für den aeroben Rottevorgang in den Mieten sorgen Mikroorganismen. Sie benötigen eine angemessene Feuchtigkeit, Nährstoffe, Sauerstoff und ein schwach saures bis schwach alkalisches Milieu (pH um 7), um eine hohe Aktivität zu entwickeln. Durch die mikrobiellen Abbauprozesse steigt die Temperatur in den Mieten auf 60 bis 70 °C an, sodass das gesamte Rottegut hygienisiert wird und eventuell enthaltene Unkrautsamen nicht mehr keimen können. Ein mehrmaliges Umsetzen in dieser Heißrottephase sorgt für eine gute Durchmischung und Durchlüftung, wodurch ein zügiger Ablauf des Rotteprozesses gefördert wird. Nährstoff- und Salzgehalte von Grüngutkomposten können stark schwanken (Tabelle 4, S. 30). Durch die Auswahl und Kombination der Ausgangsmaterialien lassen sich jedoch Komposte guter Qualität erzielen,

die sich für die Beimischung zu Kultursubstraten eignen. Dabei sollte zum Beispiel holziges mit krautigem, nährstoffarmes mit nährstoffreichem und feuchtes mit trockenem Material gemischt werden. Verbessern kann man die Kompostqualität auch durch eine optimale Prozessführung, zum Beispiel durch Befeuchten oder Zugeben von Stickstoff. Weil Gehölzschnitt zunehmend thermisch verwertet wird, setzt sich das Rottegut heute vermehrt aus nicht verholztem, meist nährstoffreichem Material zusammen, was zu salz- und nährstoffreichen Grüngutkomposten führt.



Bild 24: Kompostmieten auf befestigter Fläche mit Sickerwassersammlung



Bild 25: Trommelbandumsetzer zum Mischen der Mieten

Bioabfallkompost entsteht unter aeroben Bedingungen in geschlossenen Rottehallen oder anderen Rotteeinrichtungen. Ausgangsstoffe sind Küchen- und Gartenabfälle der Biotonne. Auch Bioabfallkompost ist durch die Heißrotte zu Beginn der Kompostierung hygienisiert und unkrautfrei. Nährstoff- und Salzgehalte sind jedoch meist deutlich höher als bei den zuvor genannten Komposten (Tabelle 4, S. 30) und lassen daher einen Einsatz in Kultursubstraten in der Regel nicht zu.

Gärrestkompost wird durch Kompostierung der festen Rückstände aus Biogasanlagen hergestellt. Zur energetischen Nutzung werden entweder organische Abfälle aus der Biotonne oder nachwachsende Rohstoffe (NaWaRo), vor allem Silomais, zusammen mit Gülle oder Hähnchenmist in geschlossenen Fermentern vergoren. Dabei fallen neben Biogas und Wärme auch Prozesswasser und feste Rückstände (Gärreste) an. Die frischen Gärreste aus dieser anaeroben Behandlung enthalten teilweise phytotoxische Zwischenprodukte und können einen instabilen Stickstoffhaushalt aufweisen. Erst eine (aerobe) Nachkompostierung führt zu einem stickstoffstabilen Gärrestkompost, der frei von phytotoxischen Stoffen ist. Die Eignung von Gärrestkompost für Kultursubstrate hängt von den Ausgangsstoffen und vom Fermentationsverfahren ab. Ein hoher Anteil tierischer Inputstoffe schränkt die Verwendbarkeit der kompostierten Gärreste in Kultursubstraten vor allem durch zu hohe Phosphatgehalte ein. Bei der Nassfermentation (circa zehn Prozent Trockenmasse) wird ein hoher Anteil an löslichen Bestandteilen mit dem Prozesswasser abgeführt, während bei der Trockenfermentation (meist 30 bis 35 Prozent Trockenmasse) wenig Prozesswasser anfällt und damit weniger Salze ausgeschleust werden. Die trockene Vergä-

rung führt daher in der Regel zu nährstoff- und salzreicheren Gärrestkomposten (Tabelle 4, S. 30). Nur wenn die von der Bundesgütegemeinschaft Kompost festgelegten Grenzwerte für lösliche Nährstoff- und Salzgehalte nicht überschritten werden, sind Gärrestkomposte als Substratausgangsstoff geeignet.

5.1.4.2 Eigenschaften und Verwendung

Wie der Begriff „Kompost“ (von lateinisch „compositus“ = zusammengesetzt) schon andeutet, handelt es sich im Gegensatz zu anderen Substratausgangsstoffen nicht um ein einheitliches Produkt. Die Eigenschaften schwanken stark in Abhängigkeit von den verwendeten Ausgangsmaterialien. Die im Folgenden beschriebenen Anforderungen und charakteristischen Merkmale beziehen sich auf Komposte, die sich als Ausgangsstoffe für Kultursubstrate eignen.

Gegenüber den meisten anderen organischen Substratkomponenten erhöhen die relativ schweren Komposte in einer Substratmischung deren Gewicht und vermindern meist die Luftkapazität. Die dadurch bedingte geringere Vergießfestigkeit lässt sich durch Zumischung anderer organischer oder mineralischer Materialien mit hoher Luftkapazität verbessern.

Komposte stellen in der Regel nährstoff- und salzreiche Substratausgangsstoffe dar, insbesondere was die Gehalte an Phosphat und Kalium sowie an Natrium und Chlorid betrifft (Tabelle 4, S. 30). Die Anforderungen an RAL gütegesicherten Fertigkompost, die im Wesentlichen Qualitätskriterien bezüglich Hygiene, enthaltener Fremdstoffe, Pflanzenverträglichkeit, Rottegrad, Wassergehalt, Gehalt an organischer Substanz und an

Tabelle 4: Chemische Eigenschaften verschiedener Komposte und Grenzwerte für gütegesicherte Substratkomposte

Parameter	Extraktionsmittel		Spannweite Grüngut- kompost	Spannweite Gärrest- kompost	Spannweite Bioabfall- kompost	Grenzwerte für 40 Vol.-% Kompost	Grenzwerte für 20 Vol.-% Kompost
	Salz	g/l	H ₂ O	0,5-6,1	1,2-9,0	3,0-15,6	< 2,5
N	mg/l	CaCl ₂	10-250	10-1.030	30-1.110	< 300	< 600
P ₂ O ₅	mg/l	CAL	190-1.600	700-8.590	450-4.080	< 1.200	< 2.400
K ₂ O	mg/l	CAL	500-5.830	580-6.600	2.250-10.260	< 2.000	< 4.000
Na	mg/l	H ₂ O	90-1.000	100-1.640	160-1.450	< 250	< 500
Cl	mg/l	H ₂ O	90-3.750	80-3.200	560-3.600	< 500	< 1.000
CaCO ₃	Massen-%		1,6-34,0	0,6-42,5	2,8-16,7	< 10	< 10

Grenzwert für 40 Vol.-% Kompostanteil häufig überschritten

Grenzwert für 20 Vol.-% Kompostanteil häufig überschritten

Tabelle 5: Weitere Eigenschaften von Komposten

Rohdichte trocken	g/l	300-500
Wasserkapazität	Vol.-%	40-55
Luftkapazität	Vol.-%	25-35
Wiederbenetzbarkeit		gut
pH-Wert		6,6-8,3
Kationenaustauschkapazität		hoch
C/N-Verhältnis		15:1 bis 30:1
mikrobielle Abbaubarkeit		i. d. R. gering*
N-Immobilisierung		i. d.R. gering*

* bei nicht genügend ausgereiftem Kompost stärkerer Abbau und N-Immobilisierung möglich

 vorteilhafte Eigenschaften
 nachteilige Eigenschaften

Schadstoffen sowie Vorschriften für die Deklaration betreffen, reichen für einen risikofreien Einsatz von Kompost im Kultursubstrat nicht aus. Die Bundesgütegemeinschaft Kompost hat daher spezielle Güterichtlinien für Substratkomposte erarbeitet, die neben besonders geringen Stein- und Fremdstoffgehalten auch Grenzwerte für lösliche Nährstoffe und Salze sowie für Carbonate vorgeben. In Abhängigkeit vom Kompostanteil im Kultursubstrat dürfen die in der Tabelle 4 genannten Gehalte nicht überschritten werden. Für Kultursubstrate sollte nur Substratkompost mit dem RAL Gütezeichen der Bundesgütegemeinschaft Kompost (siehe Kapitel 8) mit einer Analyse der aufgeführten Parameter für die gelieferte Charge verwendet werden.

Je nach Herkunft des Ausgangsmaterials können in Komposten so hohe Mengen an freiem Calciumcarbonat (CaCO₃) vorliegen, dass sogar in Mischungen mit sauren Komponenten ein hoher pH-Wert um 7 möglich

ist. Substratkomposte sollten deshalb weniger als zehn Massenprozent CaCO_3 enthalten. Bei höheren Gehalten oder für säureliebende Pflanzen kann ein Teil des Carbonats durch Zugabe von elementarem Schwefel, aus dem im Substrat durch schwefeloxidierende Bakterien Schwefelsäure gebildet wird, neutralisiert werden. Die für die Einstellung des gewünschten pH-Werts notwendige Schwefelmenge sollte vorab in Pufferkurven ermittelt werden.

Die Gesamtgehalte an Schwermetallen in gütegesicherten Komposten stellen nach dem derzeitigen Stand der Kenntnis kein Problem dar. Allenfalls kann der Gehalt an löslichem Zink Schwierigkeiten bereiten. Durch den geforderten Nachweis der seuchenhygienischen Wirksamkeit des Rotteverfahrens kann davon ausgegangen werden, dass gütegesicherte Komposte aus phytohygienischer Sicht einwandfrei sind.



Bild 26: Grüngutkompost

Gütegesicherter Kompost kann je nach Qualität in Anteilen von 20 oder 40 Volumenprozent zu Hochmoortorf gemischt werden. Bei gleichzeitiger Verwendung weiterer Substratausgangsstoffe wie Rindenhumus, Holzfaserstoff oder Kokosmaterialien ist

meist ein Anteil von maximal 30 Volumenprozent Kompost zu empfehlen. Bei der Grunddüngung sind die im Kompost enthaltenen Nährstoffe zu berücksichtigen, das heißt, dass meist kein Phosphat und Kalium, jedoch Stickstoff hinzugefügt werden muss. Während der Kultur sollten häufiger Substratanalysen durchgeführt werden, um auf einen gelegentlich vorkommenden instabilen Stickstoffhaushalt sowie auf einen möglichen Anstieg des pH-Wertes rechtzeitig reagieren zu können. Besondere Aufmerksamkeit ist bei der Verwendung von Kultursubstraten mit Kompost bei säureliebenden Pflanzenarten geboten. Komposthaltige Kultursubstrate eignen sich nicht für salzempfindliche Pflanzenarten. Es lassen sich jedoch bei vielen anderen Kulturen wie zum Beispiel bei nährstoffbedürftigen Topfpflanzen, Balkonblumen, Stauden und Gehölzen gleich gute Pflanzenqualitäten erzeugen wie in einem Torfkultursubstrat.

5.1.5 Rinde

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurden Baumstämme zunehmend nicht mehr manuell im Wald, sondern maschinell in zentralen Anlagen entrindet. Die dabei anfallende Rinde begann man vor etwa 40 Jahren im Gartenbau zu verwerten. Damit bot sich eine Möglichkeit, ein Abfallproblem auf sinnvolle Weise zu lösen. Da gleichzeitig die Endlichkeit der deutschen Torfvorräte verstärkt ins Bewusstsein rückte, wurde ein Verfahren zur Aufbereitung von Rohrinde zu substrat-tauglichem Rindenhumus entwickelt. Neben Rindenhumus aus vorwiegend heimischer Nadelholzrinde, der sich als Torfersatzstoff bei vielen Kulturen bewährt hat, kommt Pinienrinde aus dem westlichen

Mittelmeerraum für Spezialsubstrate zum Einsatz. Dagegen ist Rindenmulch nicht als Ausgangsstoff für Substrate geeignet; er dient ausschließlich als Abdeckmaterial.



Bild 27: Rohrinde

Rindenumus ist fermentierte, das heißt kompostierte, zerkleinerte und fraktionierte Rinde, teilweise mit Nährstoffzusätzen. In Deutschland wird vor allem Rinde der Gewöhnlichen Fichte (*Picea abies*) und Rinde der Waldkiefer (*Pinus sylvestris*) verwendet. Die Rohrinde muss vor Einsatz als Substratkomponente einer aeroben Rotte (Kompostierung) unterzogen werden. Dabei werden durch mikrobiologisch-biochemische Prozesse sowohl wachstumshemmende Inhaltsstoffe wie Harze, Phenole und Gerbsäuren, die den lebenden Baum vor Schaderregern schützen, abgebaut, als auch die Stickstoffdynamik stabilisiert. Ohne diese Rotte würde es zu einer Immobilisierung des bei der Düngung ausgebrachten Stickstoffs durch Mikroorganismen und damit zu Stickstoffmangel an den Pflanzen kommen. Das Risiko der Stickstoffimmobilisierung besteht, da frische Rinde ein weites C/N-Verhältnis von 60:1 bis 100:1 hat und zum Teil mikrobiell leicht abbaubare organische Verbindungen wie Zellulose enthält. Um die Kompostierung zu beschleunigen,

müssen optimale Bedingungen für eine hohe mikrobielle Aktivität geschaffen werden. Hierfür wird die zerkleinerte Rohrinde mit etwa einem Kilogramm Stickstoff pro Kubikmeter versetzt (meistens in Form von Harnstoff), zu großen Mieten aufgeschichtet, ausreichend feucht gehalten und mehrmals gewendet. Während der Kompostierung sollten Temperaturen von 60 bis 70 °C erreicht werden, damit eine Hygienisierung der Rinde gewährleistet ist.



Bild 28: Rindenumus

Rindenumus hat eine etwa doppelt so hohe Rohdichte wie Weißtorf; Substrate mit Rindenumus sind folglich schwerer als Torfsubstrate. Der Anteil an Feinporen ist im Vergleich zu Weißtorf geringer, der von Mittel- und Grobporen dafür größer. Damit weisen vor allem gröbere Fraktionen eine reduzierte Wasserkapazität und eine erhöhte Luftkapazität auf (Tabelle 6, S. 34). Die Struktur und damit die Vergießfestigkeit stark zersetzter Materialien lässt sich daher durch Zumischen von Rindenumus verbessern. Außerdem besitzt Rindenumus eine hohe Austauschkapazität, denn während des Kompostierungsprozesses nimmt der Gehalt an Huminsäuren zu. Dadurch ergibt sich eine gute Nährstoff- und pH-Pufferung. Die

Verwendung von Rindenhumus in Substraten verringert deshalb die Gefahr von Salzschäden sowie von Nährstoffverlusten durch Auswaschung. Darüber hinaus wird der pH-Wert stabilisiert (Abbildung 9). Bezüglich der Hauptnährstoffe fallen vor allem hohe Gehalte an Kalium, teilweise auch an Phosphat und Stickstoff auf. Bei den Spurennährstoffen ist insbesondere dem Mangan Beachtung zu schenken. Bei hohen Rindenhumusanteilen im Substrat kann es durch erhöhte Manganaufnahme der Pflanzen zu induziertem Eisenmangel kommen.

Da Rindenhumus düngungsrelevante Mengen an Nährstoffen enthält, dienen meistens nährstoffarme Materialien wie Torf und Ton als Mischungspartner. Bei Containergehölzen und salzverträglichen Topfpflanzkulturen sind Rindenhumusanteile bis zu 50 Volumenprozent möglich. Meistens wird Rindenhumus in einer Körnung von null bis zehn oder null bis 20 Millimetern eingesetzt. Die Bewässerungsintervalle müssen dem relativ geringen Wasserspeichervermögen angepasst werden. Um einer möglicherweise noch geringfügig stattfindenden Stickstoff-

immobilisierung entgegenzuwirken, sollte die Nachdüngung stickstoffbetont erfolgen. pH-Werte unterhalb von 6 sind zu vermeiden, um die Verfügbarkeit von Mangan zu begrenzen und damit die Gefahr von induziertem Eisenmangel zu umgehen. Risikomindernd wirken zusätzliche Eisengaben in Form von Chelaten. Grundsätzlich empfiehlt sich nur die Verwendung von RAL gütegesicherten Rindenhumusprodukten, bei denen die pflanzenbauliche Eignung durch regelmäßige Qualitätsüberwachung sichergestellt ist.

Neben Rinde von heimischen Nadelgehölzen kommt auch **Pinienrinde**, die von der Strandkiefer (*Pinus pinaster*) stammt, als Substratausgangsstoff zum Einsatz. Sie wird hauptsächlich aus Südfrankreich und Portugal importiert. Die aus relativ harten Partikeln bestehende Pinienrinde unterliegt kaum einem mikrobiellen Abbau, sodass sie ohne vorherige Kompostierung verwendet wird. Es kommt allenfalls zu einer langsamen Stickstoffimmobilisierung, der leicht mit einer angepassten Stickstoffdüngung begegnet werden kann. Durch die stabile Struktur in Verbindung mit einer sehr hohen

Luftkapazität eignet sich Pinienrinde hervorragend als Orchideensubstrat und für andere langlebige Topfpflanzkulturen mit dickfleischigen Wurzeln. Gegebenenfalls können zur Verbesserung des Wasserspeichervermögens Grobtorf, Fasertorf, grober Holzfaserstoff oder Torfmoos bis zu 30 Volumenprozent beigemischt werden. Pinienrinde enthält mit Ausnahme moderater Kaliummengen keine weiteren Nährstoffe in

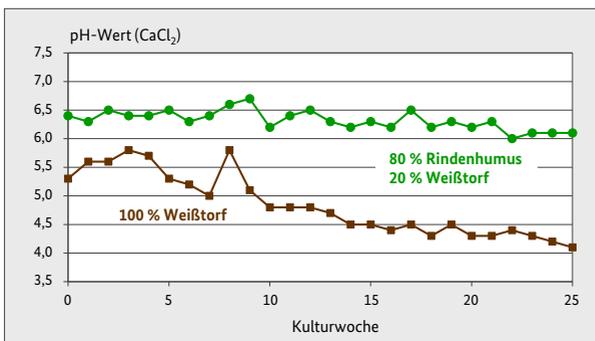


Abbildung 9: pH-Werte in einem Substrat mit Rindenhumus im Vergleich zu Weißtorf während einer Pelargonienkultur bei Verwendung von weichem Gießwasser (5 °dKH)

düngungsrelevanter Höhe, was salzempfindlichen Kulturen wie Orchideen entgegenkommt. Der pH-Wert um 4 macht je nach Pflanzenart eine Kalkzugabe erforderlich.



Bild 29: Feine Pinienrinde

Tabelle 6: Eigenschaften von Rohrinde, Rindenhumus und Pinienrinde

Parameter		Rohrinde	Rindenhumus	Pinienrinde
Rohdichte trocken	g/l	150-250	200-300	100-200
Wasserkapazität	Vol.-%	40-45	40-55	–
Luftkapazität	Vol.-%	–	35-55	–
Wiederbenetzbarkeit		–	gut	mittel
pH-Wert		3,5-5,5	4,0-7,0	3,5-4,5
Salz	g/l	–	< 1,5	< 0,25
N	mg/l	–	10-400	< 10
P ₂ O ₅	mg/l	–	50-500	< 10
K ₂ O	mg/l	–	200-1.000	50-150
Spurenelemente		Mn z. T. hoch		–
Na	mg/l	–	5-20	< 5
Cl	mg/l	–	20-70	< 10
Kationenaustauschkapazität		mäßig	hoch	–
C/N-Verhältnis		60:1 bis 100:1	< 45:1	–
mikrobielle Abbaubarkeit		hoch	i. d. R. gering	gering
N-Immobilisierung		hoch	gering - mäßig	gering
wachstumshemmende Stoffe		Harze, Gerbstoffe, u. a.	keine	keine

 vorteilhafte Eigenschaften
 nachteilige Eigenschaften

5.1.6 Reisspelzen

Mit über 90 Prozent wird der größte Teil der weltweiten Reisernte in Asien, insbesondere in China und Indien produziert. Es gibt jedoch auch Reisanbau in südeuropäischen Ländern. Die bedeutendste europäische Anbauregion liegt in der Poebene im nordöstlichen Piemont. Dorthier stammen im Wesentlichen die in Deutschland verwendeten Reisspelzen.



Bild 30: Reisspelzen

Reisspelzen sind die Hüllblätter des Reiskorns und fallen als Reststoff bei der Reisaufbereitung an. Für die Verwendung als Substratausgangsstoff eignen sich nur Spelzen aus dem „Parboiled“-Verfahren (von „partial boiling“), bei dem die Reiskörner zuerst eingeweicht, anschließend mit Wasserdampf behandelt und schließlich getrocknet und geschält werden. Die dabei stattfindende Hygienisierung sorgt dafür, dass eventuell enthaltene Unkrautsamen und Reiskörner nicht mehr keimfähig sind. Außerdem weisen Spelzen aus diesem Herstellungsverfahren im Gegensatz zu anderen eine gleichbleibende Qualität auf. In manchen Ländern sind auch kompostierte oder gemahlene Reisspelzen im Handel, deren physikalische Eigenschaften sich

jedoch von den hier beschriebenen deutlich unterscheiden.

Reisspelzen sind mit einer Rohdichte (trocken) von 90 bis 120 Gramm pro Liter sehr leicht (Tabelle 7). Das Gesamt-Porenvolumen ist mit rund 95 Volumenprozent vergleichbar mit dem von schwach zersetztem Hochmoortorf. Durch die vorwiegend groben Poren ist die Luftkapazität jedoch wesentlich höher (75 bis 85 Volumenprozent), die maximale Wasserkapazität dagegen entsprechend geringer (10 bis 15 Volumenprozent). Reisspelzen eignen sich daher zur Verbesserung der Durchlüftung und der Dränagefähigkeit von Kultursubstraten.

Tabelle 7: Eigenschaften von Reisspelzen

Rohdichte trocken	g/l	90-120
Wasserkapazität	Vol.-%	10-15
Luftkapazität	Vol.-%	75-85
pH-Wert		5,0-6,0
Salz	g/l	< 0,5
N	mg/l	< 20
P ₂ O ₅	mg/l	30-100
K ₂ O	mg/l	250-800
C/N-Verhältnis		ca. 100:1
mikrobielle Abbaubarkeit		gering
N-Immobilisierung		gering

 vorteilhafte Eigenschaften
 nachteilige Eigenschaften

Die Gehalte an löslichen Salzen und Nährstoffen sind mit Ausnahme von Kalium sehr gering. Die Kaliumgehalte können bis 800 Milligramm pro Liter (Tabelle 7, S. 35) erreichen, was bei der Düngung berücksichtigt werden muss. Der pH-Wert liegt im schwach sauren Bereich, ist aber nur schwach gepuffert. Das heißt, er beeinflusst den Wert der fertigen Mischungen nicht. Bedingt durch das enthaltene Cutin und Lignin sowie durch den hohen Gehalt an Siliciumdioxid werden Reisspelzen nur langsam zersetzt. Dadurch ist trotz des weiten C/N-Verhältnisses von etwa 100:1 nur mit einer geringen Stickstoffimmobilisierung zu rechnen. Zudem bleiben der positive Einfluss auf die Luftkapazität sowie die auflockernde Wirkung längerfristig erhalten.

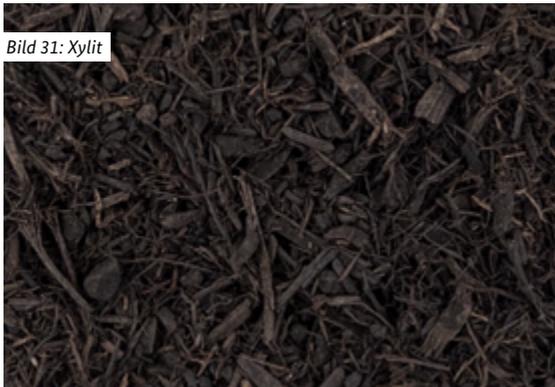
Reisspelzen werden seit den achtziger Jahren in geringem Umfang als Ausgangsstoff für Kultursubstrate verwendet, wobei der Anteil bis zu 15 Volumenprozent betragen kann. Bei Grow Bags für Kultursysteme mit Überschussbewässerung sind auch höhere Anteile bis zu 30 Volumenprozent möglich. Bei Gesneriaceen und Elatiorbegonien traten in der Vergangenheit Schäden an den Wurzeln und Blättern beim Einsatz von Reisspelzen auf, deren Ursache nicht endgültig geklärt werden konnte. Daher sind Reisspelzen für diese Kulturen nicht zu empfehlen.

5.1.7 Braunkohlefaserholz (Xylit)

Braunkohlefaserholz wird unter der Produktbezeichnung Xylit angeboten – nicht zu verwechseln mit dem Zuckeraustauschstoff Xylit. Es stellt eine Vorstufe der Braunkohle dar und besteht aus nicht vollständig inkohlten, über zehn Millionen Jahre alten Pflanzenteilen,

bei denen die Holzstruktur noch zu erkennen ist. Da das Material als Nebenprodukt des Braunkohleabbaus anfällt, ist die zukünftige Verfügbarkeit von Xylit aufgrund der geplanten Beendigung der Braunkohleförderung unsicher. Das Faserholz wird mechanisch zerkleinert, abgesiebt und weitgehend von Braunkohleanhaftungen gereinigt.

Bild 31: Xylit



Verglichen mit Torf ist die Wasserkapazität von Xylit geringer. Wie dieser ist es jedoch nach Austrocknung schlecht wiederbenetzbar. Dagegen besitzt Xylit eine hohe Luftkapazität und verbessert somit die Durchlüftung von Kultursubstraten. Geringe Gehalte an löslichen Hauptnährstoffen, ein niedriger Salzgehalt und ein günstiger pH-Wert machen Xylit in den chemischen Eigenschaften dem Torf sehr ähnlich (Tabelle 8). Dadurch ist ebenfalls eine kulturspezifische Kalkung und Düngung nach Standardrezepten möglich. Von Vorteil ist die hohe Austauschkapazität, die bei nicht bedarfsgerechtem Düngerangebot ausgleichend wirken kann. Im Gegensatz zu Holzfasern enthält Xylit keine leicht abbaubaren Kohlenstoffquellen. Daher ist die Stickstoffimmobilisierung sehr gering und die Strukturstabilität hoch.

Tabelle 8: Eigenschaften von Xylit

Rohdichte trocken	g/l	250-350
Wasserkapazität	Vol.-%	30-60
Luftkapazität	Vol.-%	20-40
Wiederbenetzbarkeit		schlecht
pH-Wert		4,5-5,8
Salz	g/l	0,2-0,8
N	mg/l	< 20
P ₂ O ₅	mg/l	< 15
K ₂ O	mg/l	< 50
Mg	mg/l	150-300
Na	mg/l	50-250
Cl	mg/l	0-100
Kationenaustauschkapazität		hoch
C/N-Verhältnis		100:1 bis 150:1
mikrobielle Abbaubarkeit		gering
N-Immobilisierung		gering

	vorteilhafte Eigenschaften
	nachteilige Eigenschaften

Xylit ist als Substratausgangsstoff gut geeignet und kommt überwiegend in einer Korngröße von fünf bis 15 Millimetern zum Einsatz. In torf reduzierten Kultursubstraten für den professionellen Gartenbau ist es in Anteilen von zehn bis 20 Volumenprozent enthalten. Zusammen mit anderen Substratausgangsstoffen wie Kompost, Rindenhumus oder Kokosmark sind auch torffreie Blumenerden mit bis zu 40 Volumenprozent Xylit möglich. Wegen der geringen Wasserkapazität ist darauf zu achten, dass häufiger mit kleineren Wassermengen gegossen werden muss.

5.1.8 *Sphagnum* (Torfmoos)

Von den 200 bis 300 *Sphagnum*-Arten, die als Torf- oder Bleichmoose bezeichnet werden, sind etwa 40 in Deutschland heimisch. Sie stellen neben Wollgras die bestimmende Pflanzengattung in den Hochmooren dar. Die wurzellosen Stämmchen, die an der Spitze laufend weiterwachsen, sterben an der Basis nach und nach ab und bilden langfristig die Torfschicht der Moore.

Bereits vor Jahrzehnten wurde *Sphagnum*-Moos, das in überschaubaren Mengen an heimischen Standorten gesammelt wurde, als Bestandteil von Orchideensubstraten verwendet. Heute ist die Sammlung von *Sphagnum* in Deutschland aus Gründen des Naturschutzes verboten. Im Gegensatz zu früher findet die Produktion von *Phalaenopsis* heute in industriellem Maßstab statt, wofür große Mengen an Substrat benötigt werden. Vorwiegend in asiatischen Ländern kultiviert man Orchideen in *Sphagnum*-Moos, das häufig aus Chile, manchmal auch aus Australien oder Neuseeland importiert wird. Zu den aktuellen Bestrebungen, neue Torfersatzstoffe zu etablieren, gehört die Verwendung von Torfmoos aus gezieltem Anbau (*Sphagnum*-Farming) als Bestandteil von Kultursubstraten.



Bild 32: Fläche mit *Sphagnum*-Anbau

Neuere Untersuchungen zeigen, dass es sich als Substratausgangsstoff für verschiedene Kulturen gut eignet. Neben dem Ziel, Torf zu ersetzen, soll durch den gezielten Anbau des nachwachsenden Rohstoffs *Sphagnum* eine standortangepasste, nasse Bewirtschaftung von früher entwässerten Hochmoorböden ermöglicht werden. Dies kann zu einer Verminderung von Treibhausgasemissionen beitragen sowie Ersatzlebensräume für selten gewordene, hochmoortypische Tier- und Pflanzenarten bieten. Neue Torfmoosflächen wurden in den vergangenen 20 Jahren vor allem in Kanada, Finnland und Deutschland angelegt. In Deutschland gibt es inzwischen zwei Flächen von jeweils etwa zehn Hektar Größe auf ehemaligem Hochmoorgrünland beziehungsweise auf einer abgetorften Hochmoorfläche in den Landkreisen Ammerland und Emsland. Wenngleich die großflächige Etablierung von Torfmoosen gelungen ist und man nach wenigen Jahren mit der Ernte beginnen kann, befindet sich die Produktion von Torfmoos-Biomasse noch im Experimentierstadium. Eine ganze Reihe von Fragen sind noch nicht ausreichend geklärt, zum Beispiel zu der Regulierung des Wasserstands, der Beschaffung von Ausgangsmaterial, der Mechanisierung der Pflege und Ernte sowie der Aufbereitung und Lagerung der Moose. Darüber hinaus müssen Anpassungen im Naturschutzrecht erfolgen, damit die ange-

siedelten Moose zu wirtschaftlichen Zwecken wieder entnommen werden dürfen.

Die gärtnerisch maßgeblichen Eigenschaften von *Sphagnum*-Biomasse sind denen von Weißtorf sehr ähnlich. Es handelt sich um ein sehr leichtes Material, das trotz sehr hoher Wasserhaltefähigkeit noch über eine ausreichende Luftkapazität verfügt. Diese positiven physikalischen Eigenschaften resultieren aus dem Aufbau der *Sphagnum*-Blättchen, die aus zwei verschiedenen Zelltypen bestehen. Große Hyalinzellen (Hyalocysten, Wasserzellen) sind in ein Netz aus länglichen chloroplastenhaltigen Zellen (Chlorophyllzellen, Chlorocysten) eingebettet. Durch die Hyalinzellen sind Torfmoose in der Lage, das 15- bis 30-fache ihrer Trockenmasse an Wasser aufzunehmen. Sie sind mit einer Art von „Spangen“ versteift, die bei Trockenheit ein Zusammenbrechen verhindern, wodurch die Struktur insgesamt erhalten bleibt. Nach vollständiger Austrocknung ist Torfmoos zunächst ähnlich schlecht wiederbenetzbar wie Hochmoortorf, nimmt jedoch bei einem zweiten Bewässerungsvorgang wieder genügend Wasser auf.

Vorteilhaft bei den chemischen Eigenschaften sind die extrem niedrigen Nährstoff- und Salzgehalte, die mit Ausnahme von Kalium meist noch unter denen von Hochmoortorf liegen (Tabelle 9). Der pH-Wert liegt im stark sauren Bereich und ist mit dem von Hochmoortorf vergleichbar. Auch der stabile Stickstoffhaushalt macht Torfmoos prinzipiell zu einem sehr gut geeigneten Substratausgangsstoff. Trotzdem führten bestimmte *Sphagnum*-Arten in Versuchen zu nicht optimalen Ergebnissen und es können gelegentlich Chargen vorkommen, bei denen Pflanzenschäden in Form von Minderwuchs, Welke oder Weißblättrigkeit auftreten. Als



Bild 33: Gebrauchsfertiges *Sphagnum magellanicum*

Auslöser dafür werden allelopathische Effekte zwischen den Moosen und den Kulturpflanzen vermutet. Bisher konnten jedoch die Ursachen für die Pflanzenschäden noch nicht befriedigend geklärt werden. Wie bei anderen Substratausgangsstoffen ist es daher notwendig, die Eignung einzelner *Sphagnum*-Chargen mit Keimpflanzentests zu überprüfen. Von Nachteil können auch enthaltene Kräuter- oder Gräser Samen sein, insbesondere Binsen. *Sphagnum* wird daher vor der Verwendung häufig mit Gammastrahlen behandelt, um eventuell enthaltene keimfähige Samen abzutöten.

Tabelle 9: Eigenschaften von Sphagnum

Rohdichte trocken	g/l	15-30
Wasserkapazität	Vol.-%	40-50
Luftkapazität	Vol.-%	45-60
Wiederbenetzbarkeit	i. d. R. gut	
pH-Wert	3,2-3,6	
Salz	g/l	< 0,1
N	mg/l	< 20
P ₂ O ₅	mg/l	< 10
K ₂ O	mg/l	30-80
Mg	mg/l	20-35
Spurenelemente	niedrig	
Na	mg/l	< 15
Cl	mg/l	< 25
mikrobielle Abbaubarkeit	gering	
N-Immobilisierung	gering	
wachstumshemmende Stoffe	i. d. R. keine	

vorteilhafte Eigenschaften

nachteilige Eigenschaften

Sphagnum-Biomasse ist in der Regel getrocknet und gepresst im Handel und muss vor der Verwendung wiederbefeuchtet werden. Aus einem Kilogramm trockenem, langfaserigem Material lassen sich etwa 30 Liter gebrauchsfertiges *Sphagnum* herstellen. In Versuchen mit Orchideensubstraten aus langfaserigem *Sphagnum*, allein oder in Mischung mit Pinienrinde, ließen sich sehr gute Ergebnisse erzielen, insbesondere bei der Qualität der Wurzeln. Auch in einer Beimischung von 40 bis 50 Volumenprozent zu Torf-Ton-Substrat oder zu anderen Substratausgangsstoffen schnitt *Sphagnum* bei verschiedenen Pflanzenarten gut ab. Für einen ausreichenden Halt der Pflanzen darf in reines *Sphagnum*-Substrat nicht zu locker getopft werden.

5.1.9 Weitere organische Stoffe

Seit mehreren Jahrzehnten wird mit einer Vielzahl weiterer organischer Stoffe als Mischkomponente für Kultursubstrate experimentiert. Zum Teil werden diese speziell für die Verwendung als Substratausgangsstoff angebaut wie zum Beispiel *Miscanthus*. Häufig fallen sie auch als Rest- oder Recyclingstoffe an, zum Beispiel Fasern und Schäben aus der Flachs- und Hanfverarbeitung, Getreidestroh, Schafwolle, textile Abfälle wie Wolle und Baumwolle oder Papier und Pappe. Außerdem testet man Pflanzenkohlen als Substratausgangsstoffe, die teils aus unbehandeltem Holz, teils auch aus organischen Abfällen hergestellt werden.

Das **Riesen-Chinaschilf**, *Miscanthus x giganteus*, ist eine schnellwüchsige Chinaschilf-Hybride aus *M. sinensis* und *M. sacchariflorus*. Das Stroh wird üblicherweise in der Bau-, Automobil- und Zellstoffindustrie verwendet,

als Tiereinstreu genutzt oder in Form von Häckseln, Briketts beziehungsweise Pellets thermisch verwertet. Es kann auch geschreddert oder mit einem Extruder, wie er für die Holzfaserherstellung genutzt wird, aufbereitet und dann als Ausgangsstoff für Kultursubstrate verwendet werden. Das Material zeichnet sich durch ein geringes Gewicht und eine hohe Luftkapazität aus. Die Wasserkapazität ist relativ gering, was bei höheren Anteilen häufigere Wassergaben mit geringeren Mengen erforderlich macht. Kulturen mit hohen Luftansprüchen im Wurzelraum kommt dies jedoch entgegen. Außer einem hohen Siliciumgehalt, dem ein positiver phytosanitärer Effekt nachgesagt wird, sind die Salz- und Nährstoffgehalte gering, ebenso die pH- und Nährstoffpufferung. Durch das weite C/N-Verhältnis und die leicht abbaubare

organische Substanz unterliegen Kultursubstrate mit *Miscanthus* in erheblichem Maße einer Stickstoffimmobilisierung, insbesondere bei Verwendung von aufgefaserter Material, das eine große Oberfläche besitzt. Eine Kompostierung mit Stickstoffzugabe in Form von Ammoniumsulfat oder Harnstoff wird empfohlen.

Flachsschäben stammen aus dem holzigen Stängelteil der Flachs- oder Leinpflanze (*Linum usitatissimum*). In Deutschland verwendete Schäben kommen meist aus Schleswig-Holstein, Belgien oder Nordfrankreich. Sie fallen bei der Gewinnung der Fasern an, die in Spanplatten, Formpressteilen und Dämmstoffen oder als Einstreu sowie als Brennstoff (Briketts) eingesetzt werden. Die Gewinnung erfolgt durch das sogenannte „Rösten“, das



Bild 34: Gehäckseltes *Miscanthus*-Stroh



Bild 35: Flachsschäben



Bild 36: Hanfschäben



Bild 37: Hanffasern

heißt durch eine Tauröste auf den Feldern oder eine Lagerung für mehrere Wochen in kaltem Wasser. Die Bastfaserbündel lösen sich dabei vom Holzzylinder, der anschließend gebrochen wird. Die dabei entstehenden Schäben werden gedämpft, um eventuell enthaltene Unkraut- und Leinsamen abzutöten. Durch ihr sehr geringes Gewicht, ihr hohes Gesamtporenvolumen und die sehr hohe Luftkapazität eignen sie sich für eine Beimischung zu schweren Komponenten mit geringer Luftkapazität. Der hohe Wachsanteil bildet zwar einen gewissen Schutz gegenüber mikrobiellem Abbau, kommt dieser jedoch in Gang, ist trotzdem eine ausgeprägte Stickstoffimmobilisierung möglich.

Beim **Industriehanf** (*Cannabis sativa*), dessen Gehalt an psychoaktivem Tetrahydrocannabinol (THC) vernachlässigbar ist, erfolgt die Trennung des ligninhaltigen Holzigen Innenteils vom umgebenden Faserbündel mechanisch in einer Faseraufschlussanlage durch Walzen und Brechen. Die langen **Fasern** finden Verwendung als Bau- und Dämmstoff oder werden zu Naturfaserverbundstoffen verarbeitet. Der Siebrückstand aus kurzen Fasern ist ein Rohstoff für die Papierindustrie und kann auch als Substratausgangsstoff verwendet werden. Die **Schäben**, also der Holzteil, der hauptsächlich als Tiereinstreu eingesetzt wird, wurde ebenfalls als Substratausgangsstoff getestet. Die bisher widersprüchlichen Versuchsergebnisse bezüglich der Eignung von Hanffasern oder -schäben für Kultursubstrate dürften im Wesentlichen auf die erhebliche Stickstoffimmobilisierung zurückzuführen sein, die unmittelbar nach einer Düngerzugabe über einen kurzen Zeitraum von wenigen Wochen

abläuft. Die Voraussetzung für eine erfolgreiche Verwendung des Materials ist daher ein Stickstoffausgleich in den ersten Kulturwochen, entweder in fester Form als Harnstoffkondensat oder über eine zusätzliche flüssige Stickstoffnachdüngung.

In den letzten Jahren wurden große Hoffnungen in die Verwendung von **Pflanzenkohle** gesetzt, die manchmal auch als Biokohle bezeichnet wird. Mit dem Einsatz von Pflanzenkohle soll der fruchtbare Boden in den Siedlungsgebieten Amazoniens, die sogenannte „Terra Preta“ (portugiesisch „Schwarze Erde“), nachgeahmt werden. Als Ausgangsstoff für die Herstellung von Pflanzenkohle ist in Deutschland nach Düngemittelverordnung nur chemisch unbehandeltes Holz erlaubt. Je nach Herstellungsverfahren wurden mit Pflanzenkohlen sehr unterschiedliche Erfolge erzielt. Pyrolysekohle, die in einem der Holzkohleherstellung ähnlichem Verfahren aus relativ trockenem Material entsteht, führte meist zu befriedigenden Ergebnissen. Die durch hydrothermale Carbonisierung unter hohem Druck in wässrigem Milieu hergestellte HTC-Kohle wirkte sich dagegen wegen des Vorhandenseins pflanzenschädigender Stoffe in der Regel negativ auf das Pflanzenwachstum aus. Durch die große Oberfläche und die poröse Struktur wird den Pflanzenkohlen eine hohe Wasser- und Nährstoffspeicherkapazität, insbesondere für Phosphor und Stickstoff nachgesagt. Die sehr unterschiedlichen Ausgangsmaterialien und Herstellungsverfahren führen zu einer großen Variabilität in den Eigenschaften und lassen unterschiedliche Auswirkungen auf das Pflanzenwachstum erwarten.

Bild 38: Pyrolysekohle aus Kompost



Außer den beschriebenen Stoffen gibt es noch eine Vielzahl **anderer Materialien**, die bislang mehr oder weniger erfolgreich auf ihre Eignung als Substratausgangsstoff getestet wurden. Dazu gehören zum Beispiel Halme des Riesenschilfs (*Arundo donax*), kompostiertes Pflanzenmaterial von Agave oder Staudenknöterich (*Reynoutria sachalinensis*), Weizen- oder Roggenstroh, Schafwolle, textile Abfälle aus Wolle und Baumwolle oder auch Pappe und Papier. Neuerdings wird auch Paludikultur-Biomasse von wiedervernässten Niedermooren geprüft, zum Beispiel Rohrkolben (*Typha*).

5.1.10 Begrenzende Faktoren für den Einsatz organischer Torfersatzstoffe

Gründe, die den Einsatz von alternativen organischen Substratausgangsstoffen begrenzen, liegen unter anderem in ihren Eigenschaften (Tabelle 10). Teils sind es hohe Salz- und Nährstoffgehalte, teils hohe pH-Werte, die nur geringe Anteile des entsprechenden Stoffes in Substratmischungen erlauben. Häufig bereitet ein unausgeglichener Stickstoffhaushalt Probleme: Je nach C/N-Verhältnis und dem Vorhandensein leicht abbaubarer organischer Substanz kann es zu unterschiedlich starker Stickstoffimmobilisierung kommen, die zu Minderwuchs der Kulturpflanzen und starker Substratsackung führt. Weiterhin können eine hohe Rohdichte, eine niedrige Wasserkapazität sowie pflanzenschädigende Stoffe den Einsatz organischer Torfersatzstoffe in Kultursubstraten begrenzen. Falls möglich, müssen entsprechende Maßnahmen zur Abhilfe ergriffen werden oder es sind nur geringe Prozentsätze des entsprechenden Stoffes einsetzbar.

Tabelle 10: Wesentliche Problembereiche organischer Substratausgangsstoffe

hohe Rohdichte trocken	Kompost
niedrige Wasserkapazität	Holzfaserstoff, Kokosfaser, Reisspelzen, <i>Miscanthus</i>
hoher pH-Wert	Kompost
hohe Nährstoffgehalte	Kokosmaterialien (Kalium), Grüngutkompost (vor allem Phosphor und Kalium), Gärrest- und Bioabfallkompost (i. d. R. alle Hauptnährstoffe)
hohe Ballastsalzgehalte	Kokosmaterialien, Gärrestkompost, Bioabfallkompost
hohe N-Immobilisierung	Holzfaserstoff, <i>Miscanthus</i> , Flachsschäben, Hanf, HTC-Kohle
wachstumshemmende Stoffe	HTC-Kohle

Neben den Eigenschaften der Materialien haben auch äußere Rahmenbedingungen einen Einfluss auf den bisher geringen Ersatz von Torf in Kultursubstraten. Hierzu zählt vor allem die kontinuierliche Verfügbar-

keit ausreichender Mengen eines Stoffes in gleichbleibender Qualität, was zurzeit nicht sicher gegeben ist. Für eine zukünftig stärkere Verbreitung wird auch der Preis von Torfer-satzstoffen eine entscheidende Rolle spielen.

5.2 Mineralische Substratausgangsstoffe

Mineralische Substratkomponenten stammen meistens aus natürlichen Vorkommen und werden häufig in zerkleinerter Form oder als Granulat verwendet, wie zum Beispiel Schaumlava, Bims oder Untergrundton. Zum Teil schließt sich an den Abbau des Materials noch ein spezielles Aufbereitungsverfahren an. Beispiele hierfür sind Blähton, Perlite oder Vermiculite. Andere Materialien sind Reststoffe von industriellen Prozessen, zum Beispiel Kesselsand, oder Recyclingmaterialien wie Ziegelbruch. Mineralische Substratausgangsstoffe werden in reiner Form als Kultursubstrate für erdelose Systeme verwendet, für die Herstellung von gärtnerischen Kultursubstraten mit organischen Ausgangsstoffen gemischt oder als Hauptbestandteil von Kultursubstraten im Garten- und Landschaftsbau eingesetzt.

Für die Verwendung in reiner Form kommen in der Regel inerte, das heißt chemisch inaktive Materialien wie Steinwolle, Perlite oder Blähton zum Einsatz. Ein wichtiger Anwendungsbereich sind Kultursysteme mit rezirkulierender Nährlösung, in denen sich die Nährstoffversorgung durch die Verwendung

inertier Stoffe exakt steuern lässt. Blähton wird außerdem in Gefäßen unterschiedlicher Größe mit stehender Nährlösung verwendet. Dieses System der Innenraumbegrünung wird im deutschsprachigen Raum als „Hydrokultur“ bezeichnet.

Durch die Auswahl geeigneter mineralischer Ausgangsstoffe als Mischungskomponenten für Kultursubstrate lassen sich deren Eigenschaften gezielt beeinflussen. Im Falle von Ton spielt neben der Steigerung der Wasserspeicherfähigkeit und der Verbesserung der Wiederbenetzbarkeit vor allem die Erhöhung der Nährstoffpufferung eine Rolle. Bei den übrigen Materialien sind es im Wesentlichen die Luftkapazität und die Strukturstabilität, die optimiert werden sollen. Eine dauerhafte Verbesserung der Strukturstabilität lässt sich jedoch nur bei Anteilen von mindestens 30 bis 40 Volumenprozent erreichen, da in diesem Fall die aufeinanderliegenden mineralischen Bestandteile ein stabiles Stützskelett bilden. Bei geringeren Anteilen kann sich sogar ein nachteiliger Effekt einstellen, da durch die relativ schweren Stoffe eine zusätzliche Verdichtung des Substrats erfolgt (Abbildung 10).

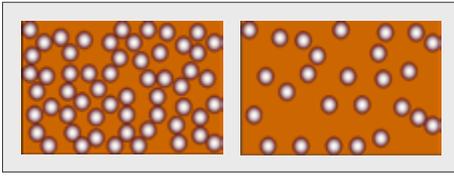


Abbildung 10: Schematische Darstellung eines Substrats mit ausreichendem (links) und zu geringem (rechts) mineralischem Anteil

5.2.1 Ton

Ton wurde bereits früher in selbst gemischten Praxiserden verwendet und war ein Hauptbestandteil des ersten Universalsubstrats: der Einheitserde nach Fruhstorfer. Tone sind Lockergesteine, die fast überall in Deutschland vorkommen. Für Kultursubstrate geeignete Qualitäten finden sich jedoch nur in bestimmten Gegenden. Die bodenkundliche Definition von Ton umfasst Teilchen mit einer Größe kleiner als 0,002 Millimeter. Tone bestehen im Wesentlichen aus Tonmineralen, die durch chemische Verwitterung von primären Mineralen, zum Beispiel Glimmern und Feldspäten, entstanden sind.

Chemisch betrachtet stellen Tonminerale Schichtsilikate mit einer blättchenförmigen Struktur dar, wobei jedes Blättchen aus bis zu 20 Elementarschichten besteht. Durch negative Ladungen an den äußeren und teilweise inneren Oberflächen können Kationen wie K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} und NH_4^+ oder auch Wassermoleküle locker gebunden (sorbiert) und wieder abgegeben werden. Dabei ist von Bedeutung, ob es sich um Zwei-, Drei- oder Vierschicht-Tonminerale handelt, die man nach dem Aufbau der Elementarschichten unterscheidet. Lediglich ein Teil der Dreischicht-Tonminerale wie Vermiculit und Smectite (zum Beispiel Montmo-

rillonit) können nicht nur an ihrer äußeren Oberfläche, sondern auch in ihren aufweitbaren Zwischenräumen zwischen den Elementarschichten Kationen und Wasser sorbieren. Sie verfügen daher über eine besonders hohe Austauschkapazität sowie Quellfähigkeit, was sie zu geschätzten Substratausgangsstoffen macht. Von geringerer Qualität im Hinblick auf die pflanzenbauliche Eignung sind kaum aufweitbare Dreischicht-Tonminerale wie Illit, die zwischen den Elementarschichten fixierte K^+ - und NH_4^+ -Kationen aufweisen. Gleiches gilt für Zweischicht-Tonminerale wie Kaolinit, die relativ kleine und nicht variable Abstände zwischen den Elementarschichten besitzen, sowie für Vierschicht-Tonminerale wie Chlorit, die zwischen den Schichten relativ fest gebundene Eisen-, Magnesium- oder Aluminiumhydroxide enthalten. Bei diesen Tonmineralen mit geringerer Qualität ist im Wesentlichen nur eine Sorption an der äußeren Oberfläche möglich, wodurch Austauschkapazität und Quellfähigkeit deutlich geringer sind (Tabelle 11).

Für Kultursubstrate wird Untergrundton, das heißt Ton aus Bodenschichten von 50 bis 60 Zentimetern Tiefe oder aus Tongruben gewonnen. Wegen der Herkunft aus tiefen Schichten enthält er keine Unkrautsamen. Ton soll außerdem möglichst frei von Kalk sein, um den pH-Wert des Kultursubstrates nicht zu beeinflussen. Häufig handelt es sich nicht um reinen Ton im bodenkundlichen Sinn, sondern um ein Gemisch aus Ton, Schluff und etwas Sand. Die Korngrößenverteilung sowie die Tonmineralzusammensetzung der Tonfraktion kann sehr unterschiedlich sein (Tabelle 12, S. 46).

Qualitativ hochwertiger Ton wirkt durch seine Quellfähigkeit regulierend auf den Wasser-



Bild 39: Untergrundton



Bild 40: Tongranulat

Topfpflanzen in Torf-Ton-Substraten wachsen in der Regel kompakter als in reinem Torfsubstrat und sind häufig haltbarer. Dieser Effekt dürfte teilweise auf das (je nach Tonherkunft) erhebliche Phosphatbindungsvermögen zurückzuführen sein, das zu einer reduzierten Phosphatversorgung der Pflanzen und zu einem dadurch bedingten geringeren Wachstum führt.

Kultursubstrate enthalten heute deutlich geringere Anteile an Ton als früher. Bei Verwendung von Feuchttton werden bis zu 20 Volumenprozent beigemischt. Bei Tonschlamm oder getrocknetem und fein vermahlenem Ton (Tonmehl) sowie getrocknetem und grob granuliertem Ton sind drei bis zehn Volumenprozent üblich. Hinsichtlich der Tonmengen in Kultursubstraten sind die verschiedenen Größeneinheiten zu beachten, die zu sehr unterschiedlichen Zahlenwerten führen (Tabelle 13, S. 46).

Tabelle 11: Austauschkapazität von Tonmineralen (nach Blum et al. 2018)

Tonmineralgruppe	Austauschkapazität [mmol _c /100 g]
Kaolinit	5-15
Chlorit	10-40
Illit	20-50
Montmorillonit (Smectit)	80-120
Vermiculit	100-150

haushalt im Substrat und verringert den Benetzungswiderstand. Torf-Ton-Substrate trocknen weniger rasch aus als reine Torfsubstrate und lassen sich nach Austrocknung leichter wieder befeuchten. Wegen seiner hohen Rohdichte sorgt Ton einerseits für eine gute Standfestigkeit von Töpfen, andererseits erhöhen sich dadurch aber auch die Transportkosten. Je nach Auswahl der Tonminerale lässt sich durch Ton die Klebfähigkeit von Presstopfsubstraten verbessern. Durch die hohe Austauschkapazität wirkt Ton ausgleichend bei nicht bedarfsgerechter Nährstoffversorgung und vermindert die Gefahr von Salzschäden. Die Pufferung des pH-Wertes im Kultursubstrat ist dagegen relativ gering.

Tabelle 12: Korngrößen- und Tonmineralzusammensetzung von „Tonen“ aus elf handelsüblichen Torf-Ton-Substraten (nach W. Häusler 1997)

Korngröße	Massenprozent im mineralischen Anteil	Tonmineralgruppe	Massenprozent der Tonfraktion
Tonfraktion < 0,002 mm	19-61	Smectit	18-84
		Vermiculit und Chlorit	4-11
Fein- und Mittelschluff 0,002-0,020 mm	10-42	Wechselschichtminerale	0-13
Grobschluff und Sand 0,020-2 mm	7-57	Illit	7-70
		Kaolinit	4-15

Tabelle 13: Vergleich verschiedener Einheiten bei der Angabe von Tonmengen in Substraten

eingemischte Tonmenge	umgerechnet in kg/m ³	umgerechnet in Gew.-%	umgerechnet in Vol.-%
30 kg/m ³	30	8-12	2-4
30 Gew.-%	75-115	30	5-15
30 Vol.-%	225-450	60-90	30

5.2.2 Blähton und Blähschiefer

Blähton wird aus salzarmem Naturton, aus dem gegebenenfalls vorhandene grobe Bestandteile wie Steine entfernt wurden, durch Brennen in einem Drehrohrofen hergestellt. Vor dem eigentlichen Brennprozess wird bei nierenförmigen Produkten das Rohmaterial zunächst durch langsames Erhitzen auf 800 °C getrocknet sowie durch ständige Rotation des Ofens homogenisiert und granuliert. Dabei entsteht ein Körnungsgemisch, das sich nach dem Brennvorgang bei etwa 1.150 °C durch Siebung in gängige Korngrößen (2 bis 4,

4 bis 8 und 8 bis 16 Millimeter) fraktionieren lässt. Bei rundem Blähton wird demgegenüber der Rohton auf einem Drehteller zu Kugeln definierter Größe geformt und anschließend gebrannt.



Bild 41: Drehrohrofen für die Blähtonherstellung

Während des Brennens schmilzt die Oberfläche der Körner und bildet eine sehr feinporige Sinterschicht, die nahezu gasundurchlässig ist. Gleichzeitig verbrennen im Inneren der Körner natürlich vorhandene organische Bestandteile beziehungsweise zugesetzte Blähhilfen. Da das Entweichen des entstehenden Kohlendioxids durch die Außenschicht stark eingeschränkt ist, kommt es unter Bildung von Hohlräumen zu einer Volumenvergrößerung auf ein Mehrfaches der ursprünglichen Teilchengröße.



Bild 42: Aufgeschnittene Blähtonkörner

Blähton besitzt aufgrund seiner porösen Struktur im Inneren der Körner im Vergleich zu anderen mineralischen Substratausgangsstoffen ein geringes Gewicht von 300 bis 500 Gramm pro Liter (Tabelle 14, S. 48). Die Wasseraufnahmefähigkeit ist mit maximal 25 Volumenprozent selbst bei kleiner Körnung niedrig und damit im Gegenzug die Luftkapazität hoch. Im Vergleich zu Rohton weist Blähton so gut wie keine Kationenaustauschkapazität auf, da durch den Brennpro-

zess die Tonstruktur stark verändert wird und dadurch vor allem das Quellungsvermögen verloren geht. Dennoch beobachtet man durch die poröse Innenstruktur ein gewisses Speichervermögen für Nährstoffe und Ballastsalze, die aufgrund der nahezu geschlossenen Sinterhülle nur langsam wieder abgegeben werden, wodurch eine quasi puffernde Wirkung zustande kommt.

Bei den chemischen Eigenschaften sticht zunächst der hohe pH-Wert von meist über 7 ins Auge (Tabelle 14, S. 48). Dieser ist aber unbedenklich, weil er nicht gepuffert ist. Blähton enthält grundsätzlich keinen Stickstoff; gegebenenfalls im Rohton enthaltene Mengen entweichen beim Brennen in gasförmiger Form. Der durch andere Nährstoffe und die Ballastionen Natrium und Chlorid bedingte Salzgehalt ist in Abhängigkeit vom Ausgangsmaterial relativ variabel. Während in der Bauindustrie zur Herstellung von Leichtbeton und Dämmmaterial diese Parameter nicht von Bedeutung sind, sollten bei pflanzenbaulicher Verwendung die in der RAL Gütesicherung festgelegten Höchstwerte nicht überschritten werden. Besonderes Augenmerk ist auf den geogen bedingten Fluoridgehalt von Blähton zu richten. Bei hohen Werten kann es vor allem bei einigen Grünpflanzen wie *Dracaena* zu erheblichen Blattschäden in Form von Chlorosen und Nekrosen kommen.

Tabelle 14: Eigenschaften bedeutsamer mineralischer Substratausgangsstoffe

Parameter	Ton	Blähton	Steinwolle	Perlite
Rohdichte trocken (g/l)	700-1.500	300-500	50-150	50-100
Wasserkapazität (Vol.-%)	keine Angabe	ungebrochen: ca. 10 gebrochen: bis 25	40-80	25-50
Luftkapazität (Vol.-%)	keine Angabe	ungebrochen: 70-75 gebrochen: ca. 60	20-60	45-70
pH-Wert	5,0-10,0	i. d. R. > 7 nicht gepuffert	7,0-8,5 nicht gepuffert	7,0-8,0 nicht gepuffert
Salz (g/l)	unterschiedlich z. T. hoch	i. d. R. < 1,25	vernachlässigbar	vernachlässigbar
Nährstoffe (mg/l)	keine Angabe	kein N übrige Nährstoffe unterschiedlich hoch	vernachlässigbar	vernachlässigbar
Kationenaustausch- kapazität (mmol _c /l)	200-450	nahezu keine	keine	keine
Sonstiges	z. T. hohes P-Bindungsvermögen	Na-, Cl- und F-Gehalt z. T. hoch	keine Angabe	keine Angabe

Im Gartenbau findet Blähton in verschiedenen Bereichen Verwendung. Unter anderem wird er Substraten für Pflanzen mit langen Standzeiten wie Kübelpflanzen, Innenraumbegrünungen oder Gehölzen in Anteilen von 30 bis 40 Volumenprozent beigemischt, um die Strukturstabilität zu verbessern. Auf

diese Weise kann die Dränfähigkeit des Substrats über Jahre erhalten werden. Bevorzugt kommt dabei gebrochener Blähton zum Einsatz, der wegen seiner Offenporigkeit mehr Wasser speichert als ganzkörniges Material gleicher Korngröße.



Bild 43: Ungebrochener Blähton



Bild 44: Gebrochener Blähton

Auf der anderen Seite lässt sich Blähton auch in reiner Form ohne weitere Beimischungen als Substrat einsetzen. Am weitesten verbreitet ist hier die Verwendung als Kultursubstrat bei der Innenraumbegrünung sowie bei der Anzucht von Fruchtgemüse und Schnittblumen in erdelosen Kulturverfahren. Bei den manchmal auftretenden weißen Ausblühungen auf der obersten Blähtonschicht handelt es sich um auskristallisiertes Calciumsulfat oder -chlorid, das in der Regel keine Pflanzenschäden hervorruft. Zur Reduzierung dieses optischen Problems sollte ein kapillarer Wasseraufstieg bis zur Substratoberfläche vermieden werden.

Außer im Gartenbau ist Blähton auch im Garten- und Landschaftsbau verbreitet. Ein möglicher Einsatzbereich ist zum Beispiel die Dachbegrünung, wo Blähton als Bestandteil der Vegetationstragschicht und als Dränschicht verwendet wird.

Im Unterschied zu Blähton wird **Blähschiefer** durch Brennen von Schieferthon hergestellt. Im Gegensatz zu Blähton sind die Körner durch eine unregelmäßige Quaderform gekennzeichnet. Blähschiefer ist etwas schwerer als Blähton und beim Brechen entstehen etwas schärfere Kanten. Blähschiefer ist wie Blähton als nicht gebrochenes oder gebrochenes Material im Handel und für die gleichen Anwendungsbereiche wie Blähton geeignet. Für die Hydrokultur hat sich der Einsatz von ganzen Körnern wegen des gegenüber Blähton höheren Gewichts nicht durchgesetzt, das gebrochene Material findet jedoch im Garten- und Landschaftsbau Verwendung.

Blähton und Blähschiefer dürfen nicht mit **gebranntem Tongranulat**, das zum Beispiel unter dem Handelsnamen „Seramis“ angebo-

Bild 45: Ungebrochener Blähschiefer



Bild 46: Gebrochener Blähschiefer



ten wird, verwechselt werden. Im Gegensatz zu Blähton wird die poröse Struktur des Materials in einem speziellen Verfahren vor dem Brennvorgang erzeugt und während des Brennens bei knapp 1.000 °C fixiert. Durch den Herstellungsprozess entsteht ein offenporiges Material ohne Sinterhülle, das in seinen Eigenschaften nicht mit Blähton vergleichbar ist. Das Tongranulat, das im professionellen Gartenbau keine Bedeutung erlangt hat, wird im Hobbybereich für Topfpflanzen und in der Innenraumbegrünung verwendet.

Bild 47: Gebranntes Tongranulat



5.2.3 Steinwolle (Mineralwolle)

Erste Versuche, die aus der Bauindustrie als Isolierstoff bekannte Steinwolle als Kultursubstrat zu nutzen, fanden in der zweiten Hälfte der sechziger Jahre an Universitäten in Dänemark und in den Niederlanden statt. Man war auf der Suche nach einem Kultursystem, das ohne die damals noch mit Methylbromid durchgeführte Bodendesinfektion auskam. Schnell stellte man fest, dass ein erdeloses Kulturverfahren mit Steinwolle sehr viel genauer zu steuern ist und man durch die optimierte Wasser- und Nährstoffversorgung höhere Erträge erzielen kann. Zugleich erbrachte die Einsparung von Wasser und Dünger wirtschaftliche Vorteile und schonte die Umwelt. In den siebziger Jahren führten die ersten gartenbaulichen Betriebe dieses Kultursystem für den Anbau von Schnittrosen ein.

Zur Herstellung von Steinwolle wird Diabas, ein vulkanisches Gestein, unter Zusatz von Kalk und Koks in einem Kupolofen bei 1.200 bis 1.600 °C geschmolzen, auf rotierenden Spindeln zu dünnen Fasern geformt und unter Zugabe von Bindemitteln (zum Beispiel Phenolharz) zu Matten gepresst. Für die gartenbauliche Verwendung gibt man zur Verbesserung der Wasseraufnahmefähigkeit noch Netzmittel hinzu. Je nach späterem Einsatzbereich lässt sich durch Variation der Dichte und der Faserrichtung bei der Herstellung die Wasserverteilung beeinflussen. Die Matten werden in Platten oder Würfel geschnitten.

Steinwolle ist mit einer Rohdichte von 50 bis 150 Gramm pro Liter (Tabelle 14, S. 48) relativ leicht und besitzt ein sehr hohes Gesamt-

porenvolumen von etwa 98 Prozent. Die Wasserkapazität kann je nach Struktur des Materials 40 bis 80 Volumenprozent betragen. Der anfänglich hohe pH-Wert von 7 bis 8,5 ist nicht gepuffert und stellt daher aus pflanzenbaulicher Sicht kein Problem dar. In Steinwolle sind keine pflanzenverfügbaren Nährstoffe enthalten. Sie ist ein inertes (chemisch inaktives) Material, das weder eine Nährstoffsorptionskapazität noch eine pH-Pufferung aufweist und sich daher gut für erdelose Kulturverfahren mit kontinuierlicher Nährflöszufuhr eignet. Steinwolle erlaubt eine exakte Steuerung der Nährstoffversorgung, bietet andererseits jedoch keinen Spielraum bei Kulturfehlern. Sie ist struktur stabil, frei von Krankheitserregern und nach Dämpfung wiederverwendbar. Es gibt die Möglichkeit einer Gütesicherung nach dem niederländischen RHP-System.

Steinwolle findet im Gartenbau in reiner Form Verwendung. Fruchtgemüse wie Tomaten, Gurken, Paprika und Auberginen sowie Schnittblumen wie Rosen und Gerbera werden in folienummantelten Platten, sogenannten „Grow Bags“ oder „Slabs“, in erdelosen rezirkulierenden Systemen kultiviert. Die Jungpflanzenanzucht dafür findet in großen Würfeln (Blöcken) oder kleineren runden Plugs aus Steinwolle statt. Kleine Würfel, sogenannte „Growcubes“, werden in Container gefüllt und für die Kultur von Schnittblumen oder Mutterpflanzen verwendet. Auch als Kultursubstrat für „Grüne Wände“ kommt Steinwolle zum Einsatz. Früher gab es auch gelegentlich Steinwollflocken als Mischkomponente in Kultursubstraten. Dies ist nach der geltenden Düngemittelverordnung nicht mehr zulässig, da Steinwolle nur in Systemen erlaubt ist, die eine getrennte Entsorgung ermöglichen.

Bild 48: Grow Bag aus Steinwolle, teils mit Folie ummantelt



Bild 49: Steinwollwürfel für die Jungpflanzenanzucht



Vor der Bepflanzung ist es ratsam, Steinwolle mit Nährlösung zu fluten, um eine ausreichende Befeuchtung und damit eine gute Wasserverteilung sicherzustellen. Man sollte Steinwolle nicht austrocknen lassen, da sie schwierig wiederzubenetzen ist. Die Wasserversorgung bei Steinwollplatten erfolgt in der Regel durch Tropfbewässerung von oben, bei Mutterpflanzenkulturen in Blöcken sind auch Fließrinnen möglich. Um eine Anreicherung von Salzen im Wurzelraum zu vermeiden, sollte mit einem Nährlösungsüberschuss, auch „Overdrain“ genannt, von 20 bis 30 Prozent gearbeitet werden. Zur Kontrolle der Nährlösung sind eine tägliche Messung von

pH- und EC-Wert sowie regelmäßige Nährstoffanalysen erforderlich.

Steinwolle wird meist in Komplettsystemen angeboten, die aus Substrat, technischer Ausstattung, Laboranalysen, Beratung und Entsorgung des gebrauchten Materials bestehen. Solche Komplettsysteme haben dafür gesorgt, dass Steinwolle heute zum meistgenutzten Substrat bei erdelosen Kulturverfahren geworden ist. Galt Steinwolle früher als Sondermüll, wird sie heute nach entsprechendem Recycling teilweise wiederverwendet. Nach Entfernen der umhüllenden Folie wird das Material geschreddert und kommt anschließend für die Herstellung neuer Steinwolle oder als Beimischung in industriellen Prozessen, zum Beispiel bei der Ziegelproduktion, zum Einsatz.

In gesundheitlicher Hinsicht wird der Faserstaub älterer Mineralwolle als „möglicherweise krebserregend“ eingestuft. Seit 1996 hergestellte Mineralwolle gilt wegen der geringeren Biopersistenz und Lungengängigkeit der Fasern jedoch als unbedenklich. Steinwolle wurde 2002 von der IARC (International Agency for Research on Cancer, Krebsforschungsagentur der WHO) als nicht karzinogen für den Menschen eingestuft. Bei direktem Kontakt, zum Beispiel beim Auspacken aus der Folienumhüllung oder beim Einfüllen des lockeren Materials in Container, können Hautirritationen wie Rötungen oder Juckreiz auftreten.

5.2.4 Perlite

Das Ausgangsgestein von Perlite ist Perlit, ein blau-graues Lockergestein aus Aluminium-Silikaten, das durch natürliche Verwitterung

aus vulkanischem Glas (Obsidian) entstanden ist und im Tagebau gewonnen wird. Große Vorkommen befinden sich in der Türkei, in den USA und auf der griechischen Insel Milos. Perlit, das eine Schüttdichte von etwa 1.000 Gramm pro Liter und einen Kristallwassergehalt von zwei bis fünf Volumenprozent besitzt, wird auf etwa 1.000 °C erhitzt und bläht sich dabei durch Verdampfen des Kristallwassers auf das zeh- bis 20-fache seines Ausgangsvolumens auf. Endprodukt dieses Blähprozesses ist ein grauweißes, poröses Granulat mit einer Schüttdichte von nur noch 50 bis 100 Gramm pro Liter (Tabelle 14, S. 48), das in Korngrößen von 0 bis 3, 0 bis 6 und 2 bis 6 Millimeter in den Handel kommt.



Bild 50: Perlite

Das leichte, nun „Perlite“ (genauer „Blähperlite“) genannte Granulat hat ein sehr hohes Porenvolumen von etwa 95 Prozent. Während die Kernporen im Innern des Granulats geschlossen sind, können die offenen Randporen Wasser oder Luft aufnehmen und wieder abgeben. Die Wasser- und Luftkapazität sind abhängig von der Korngröße. Grobkörniges Material besitzt eine niedrigere Wasserkapazität, jedoch eine höhere Luftkapazität als feinkörniges. Perlite ist gut wiederbenetzbar, strukturstabil und frostbeständig. Es handelt

sich um ein inertes (chemisch inaktives) Material ohne Austauschkapazität sowie ohne pflanzenverfügbare Nährstoffe und weitere lösliche Salze. Der hohe pH-Wert von 7 bis 8 ist kaum gepuffert und stellt daher pflanzenbaulich kein Problem dar (Tabelle 14, S. 48). Perlite ist aufgrund seiner Herkunft frei von Unkrautsamen und Krankheitserregern.

Perlite hat sich mit einem Anteil von etwa 20 Volumenprozent in Kultursubstraten zur Verbesserung der Luftkapazität und Strukturstabilität bewährt, insbesondere bei Verwendung in Ebbe-Flut-Systemen. Es kann auch als rein mineralisches Kultursubstrat für die Stecklingsbewurzelung oder die Anzucht von Sprossen zum Einsatz kommen. Ein weiterer Anwendungsbereich sind erdelose Kultursysteme, zum Beispiel zum Anbau von Fruchtgemüse oder Schnittblumen, in denen Perlite als inertes Material eine exakte Steuerung der Nährstoffversorgung erlaubt. Man befüllt zu diesem Zweck Container oder Folienschläuche („Grow Bags“), zum Teil in Kombination mit Kokosmaterialien oder Holzfasern. Wegen der Staubbildung beim Abfüllen von frischem Perlite sollte man es anfeuchten und einen Atemschutz verwenden. Perlite ist temperaturbeständig bis 800 °C und lässt sich daher dämpfen und erneut einsetzen (nach Herstellerangaben bis zu fünfmal).

Wie andere mineralische Stoffe wird Perlite häufig in der Bauindustrie als Dämmmaterial verwendet und dafür in der Regel mit Paraffinharzen oder Bitumen ummantelt. Außerdem spielen die Salzgehalte für diesen Verwendungszweck keine Rolle. Um Schäden an Kulturen vorzubeugen, sollte kein Perlite für Bauzwecke, sondern nur hochwertiges, für die Verwendung im Gartenbau vorgesehenes Perlite, das die Qualitätsanforderungen nach



Bild 51: Mit Perlite gefüllte Container für die Tomatenkultur

RAL oder RHP (siehe Kapitel 8) erfüllt, zum Einsatz kommen. Perlite ist in der Betriebsmittelliste des Forschungsinstituts für den biologischen Landbau (FiBL) gelistet.

5.2.5 Weitere mineralische Stoffe

Weitere mineralische Substratausgangsstoffe spielen im Bereich der „klassischen“ Kultursubstrate eine untergeordnete Rolle. Einige dieser Stoffe lassen sich gut als strukturstabilisierende Komponenten Containersubstraten für Stauden und Gehölze beimischen. Ihr Haupteinsatzgebiet ist allerdings der Garten- und Landschaftsbau, außerdem werden sie zum Teil auch in der Innenraumbegrünung verwendet. Weiterhin gibt es noch spezielle Anwendungsbereiche wie die Jungpflanzenanzucht oder die Überwinterung von Zwiebeln und Knollen. Mit Ausnahme von Sand

handelt es sich bei diesen Stoffen um offene-porige Materialien.

Als **Sand** bezeichnet man in der Bodenkunde Teilchen mit einer Korngröße von 0,063 bis 2,0 Millimetern, die als Sedimente durch Gesteinsverwitterung entstanden sind und zum größten Teil aus Quarz (Siliciumdioxid) bestehen. Für Kultursubstrate verwendet man gewaschene, möglichst kalkfreie Silikate. Sand besitzt ein geringes Wasserspeichervermögen und eine gute Dränwirkung, weswegen früher oft Anteile von bis zu 30 Volumenprozent zu Torf gemischt wurden. Wegen seiner hohen Rohdichte von 1.400 bis 1.700 Gramm pro Liter (Tabelle 15, S. 57) drückt Sand jedoch leichte Substratkomponenten zusammen, wodurch der Feinporenanteil und damit die Wasserkapazität des Kultursubstrats erhöht wird und man eher das Gegenteil der gewünschten Wirkung erzielt. Außerdem verbessert Sand zwar die Standfestigkeit von Töpfen, ist jedoch auch für eine Erhöhung der Transportkosten verantwortlich. Traditionell wurde Sand mit Anteilen von etwa fünf Volumenprozent in Vermehrungs- und Presstopfsubstraten verwendet, wodurch die Steckarbeit sowie die Reinigung von Presswerkzeugen erleichtert wird. Dies führt jedoch auch zu hohem Verschleiß an den Werkzeugen, weswegen man heute häufig auf den Einsatz von Sand verzichtet. Die chemischen Eigenschaften von Sand, wie pH-Wert, Salzgehalt und Gehalt an löslichen Nährstoffen hängen vom Ausgangsmaterial ab. Sand kann als inertes Material betrachtet werden.

Als **Vermiculite** (genauer „Blähvermiculite“) wird eine spezielle Art von Ton eingesetzt, dessen Ausgangsmaterial Vermiculit, ein Dreischicht-Tonmineral aus Magnesium-

Aluminium-Eisen-Silikaten, im Tagebau gewonnen wird. Die Hauptvorkommen für Vermiculit liegen in Südafrika, den USA und in Brasilien. Das plättchenförmige Mineral enthält Kristallwasser zwischen den Schichten, das beim Erhitzen verdampft und die Schichten auf das 15- bis 35-fache ihres ursprünglichen Volumens auseinandertreibt. Die dabei entstehenden langen, wurmförmigen Gebilde führten zu dem Namen Vermiculite (lat. *vermiculus* = Würmchen). Der „Exfoliation“ genannte Prozess erfolgt bei Temperaturen über 850 °C. Vermiculite ist leicht und besitzt mit 90 bis 95 Volumenprozent ein hohes Porenvolumen (Tabelle 15, S. 57). Luft- und Wasserkapazität variieren stark je nach Herkunft und Körnung. Zu beachten sind die sehr hohen Magnesiumgehalte von bis zu 500 Milligramm pro Liter und die hohen Kaliumgehalte bis über 200 Milligramm K_2O pro Liter. Vermiculite besitzt eine große innere Oberfläche und verfügt über eine hohe Kationenaustauschkapazität. Als Beimischung in Kultursubstraten sind bis zu 20 Volumenprozent möglich. Vermiculite ist jedoch mechanisch wenig stabil und zerfällt sehr rasch in einzelne glitzernde Plättchen. Da sich das Material auch bei Wassersättigung noch trocken anfühlt, muss die Bewässerung entsprechend angepasst werden. Vermiculite wird weiterhin zum Abstreuen von Aussaaten sowie zum Überwintern von Knollen, Zwiebeln oder Wurzelstöcken verwendet, da es über einen längeren Zeitraum viel Wasser speichern kann, ohne zu verschlämmen. Dadurch ergibt sich eine gleichmäßige Feuchtigkeit bei ausreichender Durchlüftung. Frühere Berichte über eine Asbestkontamination von Vermiculite und eine mögliche Gesundheitsgefährdung bei der Anwendung beruhen auf Material aus einer Vermiculit-Mine in Libby (Montana), das mit

einem Asbestmineral als Nebenbestandteil kontaminiert war. Die Mine ist seit 1990 geschlossen.



Bild 52: Vermiculite



Bild 53: Nahaufnahme von Vermiculite-Teilchen

Bims und **Schaumlava** sind im Zuge von Vulkanausbrüchen entstanden, bei denen 800 bis 1.200 °C heißes Magma herausgeschleudert wird. Die aus dem Erdinneren kommende, unter hohem Druck stehende Gesteinschmelze wird dabei dekomprimiert, was zu einer starken Ausdehnung der eingeschlossenen magmatischen Gase (hauptsächlich Wasserdampf, Kohlendioxid und Schwefelwasserstoff) führt. Die dadurch gebildeten Bläschen bleiben bei rascher Abkühlung und Verfestigung erhalten und verleihen dem

erstarrten Material einen bestimmten Poroierungsgrad. Bei sehr hoher Porosität spricht man von Bims, bei geringerer Porosität und überwiegend groben Poren von Schaumlava. Europäische Vorkommen liegen in der Eifel, in der Türkei sowie auf Gjali (Griechenland), Teneriffa, Island und Lipari (Italien). Die Zusammensetzung der Mineralien variiert stark je nach Herkunft. Je mehr feine Poren vorhanden sind, umso heller erscheint das Material. Bims zeigt eine gelb-weiße oder grau-weiße Färbung, Schaumlava ist rot-braun bis grauschwarz. Je nach Herkunft und Verwendungszweck wird das Rohmaterial gewaschen, gebrochen und fraktioniert. Durch das hohe Gesamtporenvolumen ist reiner Bims im mineralischen Bereich das leichteste poröse Material natürlichen Ursprungs für gartenbauliche Kultursubstrate. In der Luftkapazität unterscheiden sich Bims und Schaumlava nicht wesentlich, Bims besitzt jedoch eine höhere Wasserkapazität als Schaumlava (Tabelle 15, S. 57). Der pH-Wert von Bims und Schaumlava liegt im schwach sauren bis schwach alkalischen Bereich, ist aber nur schwach gepuffert und erweist sich daher als wenig stabil. Die Gehalte an wasserlöslichen Salzen sowie an Stickstoff und Phosphat sind sehr gering, Kalium liegt in einer günstigen Menge vor (100 bis 400 Milligramm K_2O pro Liter). Trotz der großen inneren Oberfläche von Bims und Schaumlava weisen sie nur eine geringe Kationenaustauschkapazität auf. Die beiden Materialien werden hauptsächlich im Garten- und Landschaftsbau, weiterhin in der Innenraumbegrünung sowie in kleinerer Menge für Containersubstrate eingesetzt. Sie werden sowohl in reiner Form als auch in Mischungen mit anderen mineralischen oder organischen Komponenten verwendet.

Bild 54: Bims



Bild 55: Schaumlava



Weiterhin gehört **Ziegelbruch** zu den überwiegend im Garten- und Landschaftsbau eingesetzten Stoffen. Er fällt zum einen als Restmaterial aus Ziegeleien, beispielsweise in Form von zerbrochenen Ziegeln oder Fehlproduktionen an, andererseits als Recyclingmaterial aus Dach- und Mauerwerksziegeln, das von Gebäudeabbrüchen stammt. Recyclingmaterial muss auf mögliche Kontaminationen wie Schwermetalle oder organische Verunreinigungen geprüft sowie von eventuell enthaltenen Fremdstoffen befreit werden. Außerdem ist ein möglichst vollständiges Absieben von Feinmörtel nötig, damit ein Anstieg des pH-Werts in fertigen Substratmischungen durch den Kalkgehalt des Mörtels (Tabelle 15, S. 57) vermieden wird. In der Praxis wird meist Recycling-Ziegelbruch verwendet, dessen Ökobilanz durch den geringen Energieaufwand bei der

Herstellung und kurze Transportwege positiv ausfällt. In Mischung mit organischen und anderen mineralischen Komponenten lassen sich mit Ziegelbruch auch torfrezuzierte oder torffreie Kultursubstrate zum Beispiel für Kübelpflanzen oder Baumschulware in Containern herstellen.



Bild 56: Ziegelbruch

Ein weiterer Reststoff ist **Kesselsand**, der als Kraftwerksnebenprodukt bei der Verbrennung von Steinkohle übrigbleibt, da Steinkohle neben Kohlenstoff fünf bis 20 Prozent mineralisches Begleitgestein enthält. Der stark poröse Kesselsand wurde erfolgreich als Substratkomponente bei Kübel- und Balkonpflanzen, Stauden und Baumschulgehölzen geprüft.

Auch **Porlith (Ölschieferschlacke)** eignet sich gut im Garten- und Landschaftsbau sowie für die Herstellung von Kultursubstraten im Baumschulbereich. Es handelt sich hierbei um eine Art von gebranntem porösem Ton, dessen Ausgangsmaterial bergmännisch als „Ölschiefer“ bezeichnet wird. Dieses Sediment aus Ablagerungen von Tonpartikeln und Resten von Lebewesen, vor allem Algen und Bakterien, das sich als dicke Schicht über 1,5 Millionen Jahre am Grund eines Vulkan-

kratersees angesammelt und dabei verfestigt hat, wurde früher zur Herstellung von synthetischem Rohöl verschwelt. Die aufgehaldeten Überreste verbrannten, wobei die entstehenden Gase das Tongestein aufblähten und zu einer porösen Struktur des ziegelroten Schmelzprodukts führten. Die heute als „Porlith“ vertriebene Ölschieferschlacke stammt aus Haldenmaterial der Grube Messel. Die Grube selbst steht aufgrund der dort gefundenen, einzigartig gut erhaltenen Fossilien als Weltnaturerbe unter dem Schutz der UNESCO.

Natürliche **Zeolithe** sind wasserhaltige, kristalline Aluminiumsilikate, die sekundär in Hohlräumen vulkanischer Ablagerungen entstehen. Man kennt etwa 60 natürliche Zeolithe mit unterschiedlichen Gerüststrukturen, davon neun in abbaubwürdigen Lagerstätten. Die verschiedenen Klimabedingungen der jeweiligen Standorte und die unterschiedliche Beschaffenheit der vulkanischen Ablagerungen bedingen charakteristische Eigenschaften jedes natürlichen Vorkommens. Durch seine regelmäßigen Hohlraumstrukturen besitzt das Mineral eine große innere Oberfläche und eine hohe Kationenaustauschkapazität. In der Praxis wird meist Tuffgestein mit unterschiedlich hohen Zeolithanteilen verwendet, um hochwertige, dauerhaft strukturstable Kultursubstrate auf rein mineralischer Basis oder mit geringen Anteilen an organischen Substratausgangsstoffen herzustellen. Zum Einsatz kommen Zeolithe wegen des hohen Preises derzeit nur in der Innenraumbegrünung.

Tabelle 15: Eigenschaften weiterer mineralischer Substratausgangsstoffe

Parameter	Sand	Vermiculite	Bims	Schaumlava	Ziegelbruch
Rohdichte trocken (g/l)	1.400-1.700	130-170	500-600	900-1.200	950-1.400
Wasserkapazität (Vol.-%)	keine Angabe	45-85	25-45	15-25	20-30
Luftkapazität (Vol.-%)	keine Angabe	5-50	35-55	30-45	25-40
pH-Wert	abhängig vom Kalkgehalt	7,5-8,2	6,5-8,2	6,5-8,2	8,0-9,0
Salz (g/l)	keine Angabe	< 0,1	0,1-0,25	0,1-0,25	0,5-2,5
Nährstoffe (mg/l)	keine Angabe	K ₂ O: 70-280 Mg: 260-510	K ₂ O: 100-400	K ₂ O: 200-400	K ₂ O: 50-200 Ca: 580-840
Kationenaustauschkapazität (mmol _c /l)	keine	40-90	20-50	ca. 20	unterschiedlich i. d. R. < 50
Sonstiges	CaCO ₃ -Gehalt z. T. hoch	keine Angabe	keine Angabe	keine Angabe	Na-, Cl- und CaCO ₃ - Gehalt z. T. hoch

6

Herstellung von Kultursubstraten

Die Herstellung von Kultursubstraten im gärtnerischen Betrieb, wie sie bis in die sechziger Jahre üblich war, findet heute nur noch in geringem Umfang in kleineren Betrieben statt. Die Produktion hat sich parallel zur Entwicklung standardisierter Substrate in Substratwerke verlagert. Neben Universalsubstraten werden in den letzten Jahren verstärkt auch spezielle Mischungen angeboten, die genau auf die Anforderungen der Kundschaft zugeschnitten sind.

Um ein für Pflanzen geeignetes Kultursubstrat zu erhalten, kommt es neben der Wahl der Substratausgangsstoffe auch auf den Zusatz weiterer Stoffe an, die zum Teil die physikalischen, vor allem aber die chemischen Eigenschaften in der gewünschten Weise beeinflussen. Diese Substratzusätze wie zum Beispiel Dünger oder Kalk werden gewichtsmäßig beigemischt.

6.1 Auswahl von Substratausgangsstoffen

Von den verfügbaren organischen Substratausgangsstoffen lassen sich aufgrund ihrer überwiegend positiven Eigenschaften nur Torf und Kokosmark in reiner Form zu Substraten verarbeiten. Bei den anorganischen Ausgangsstoffen können Steinwolle, Perlite oder Blähton ohne Beimischung anderer Stoffe verwendet werden, kommen dann jedoch nur in speziellen Kultursystemen zum Einsatz. Bei den meisten weiteren Ausgangsstoffen führen einzelne unzureichende Eigenschaften dazu, dass sie nur in begrenzten Anteilen für Kultursubstrate eingesetzt werden können. Andererseits lassen sich weniger gut geeignete Ausgangsstoffe so kombinieren, dass im fertigen Kultursubstrat die ungünstigen Eigenschaften kompensiert werden.

Kultursubstrate müssen homogene Mischungen der Substratausgangsstoffe und der Substratzusätze sein und möglichst dauerhaft in der gleichen Qualität hergestellt werden können. Wichtige Kriterien für die Kombination und die Anteile der Substratausgangsstoffe sind die physikalischen und chemischen Eigenschaften, die sich in der fertigen Mischung ergeben. Sie müssen auf die entsprechende Kultur und die kulturtechnischen Anforderungen abgestimmt werden.

Zu den geforderten physikalischen Eigenschaften gehören im Wesentlichen ein ausgewogener Luft- und Wasserhaushalt, eine gute Kapillarität und Wiederbenetzbarkeit sowie eine ausreichende Strukturstabilität. Besonders wichtig sind günstige physika-

lische Eigenschaften bei modernen Bewässerungsverfahren. Durch die Erhöhung des Porenvolumens und speziell der Luftkapazität wird eine verbesserte Vergießfestigkeit geschaffen. Zum Beispiel sorgen Holzfaserstoffe, Kokosfasern oder Reisspelzen mit ihrer geringen Wasserhaltefähigkeit für eine bessere Durchlüftung in Mischungen mit Kompost, bei dem das Porenvolumen zu einem großen Teil mit Wasser gefüllt ist. Umgekehrt wird in diesen Mischungen die Wasserhaltefähigkeit gegenüber den reinen Faserstoffen oder den Reisspelzen deutlich erhöht. Mit offenporigen mineralischen Stoffen wie Schaumlava, gebrochenem Blähton und Ziegelbruch lässt sich die Struktur organischer Kultursubstrate langfristig stabilisieren. Vor allem bei Kulturen mit langer Standzeit wie Kübelpflanzen, Innenraumbegrünungen oder bei Gehölzen in Großgefäßen werden Kultursubstrate mit mineralischen Bestandteilen verwendet. Für Kulturen mit speziellen Bedürfnissen wählt man Komponenten mit angepasster Struktur, zum Beispiel grobe Pinienrinde für Orchideen oder besonders feine Materialien für Aussaaten.

Chemisch von Bedeutung sind vor allem der Gehalt an löslichen Nährstoffen und weiteren Salzen sowie der pH-Wert und die Austauschkapazität. Zum Beispiel können die hohen Nährstoffgehalte, die in Komposten sowie zum Teil auch in Rindenumus auftreten, durch Beimischung nährstoffarmer Komponenten wie Holzfaserstoffe oder Weißtorf gemindert werden. Auch

der pH-Wert in Kultursubstraten lässt sich durch eine geschickte Kombination der Ausgangsstoffe in der gewünschten Richtung beeinflussen. Der resultierende pH-Wert der Mischung hängt jedoch in hohem Maße von der Pufferkapazität der eingesetzten Stoffe ab. Durch Beimischung von Substratausgangsstoffen, die eine hohe Austauschkapazität aufweisen wie zum Beispiel Rindenhumus, wird die Nährstoff- und pH-Pufferung der Substratmischung erhöht. Andererseits haben einige Substratkomponenten wie Holzfasern nur eine sehr geringe oder gar keine Austauschkapazität und vermindern damit das Nährstoffhaltevermögen sowie die pH-Pufferung des Kultursubstrates.

Als wichtige chemisch-biologische Eigenschaft ist bei diversen organischen Sub-

stratausgangsstoffen eine hohe mikrobielle Abbaubarkeit zu beachten. Diese kann zu Stickstoffimmobilisierung und Volumenschwund führen. Bei diesen Stoffen lässt sich die Kultursicherheit durch die Verwendung gütegesicherter Materialien sowie durch die Einhaltung der maximal empfohlenen Anteile deutlich verbessern.

Nicht zuletzt bestimmen ökologische Überlegungen und ökonomische Gegebenheiten die Wahl der Substratausgangsstoffe. Die Materialien müssen in ausreichender Menge und in homogener, gleichbleibender Qualität zu einem angemessenen Preis dauerhaft zur Verfügung stehen.

6.2 Grunddüngung

Außer den sogenannten „Nullsubstraten“, denen im Substratwerk nur Kalk und meist Spurenelemente, jedoch keine Hauptnährstoffe zugegeben werden, da sie für die Zumischung von Düngern im Gartenbaubetrieb vorgesehen sind, werden alle anderen Kultursubstrate mit einer Grunddüngung ausgestattet. Darunter versteht man eine Bevorratung des Kultursubstrats mit Nährstoffen zu Kulturbeginn. Sie umfasst in der Regel zwischen 30 und 70 Prozent des gesamten Nährstoffbedarfs der Pflanzen und richtet sich in der Höhe nach dem Nährstoffanspruch der Kultur, dem Entwicklungsstadium der Pflanzen sowie der Bewässerungs- und Düngungstechnik.

Meist werden die Nährstoffe als feste, schnell pflanzenverfügbare Mehrnährstoffdünger zugegeben. Bei hohem Nährstoffbedarf oder längerer Kulturzeit sind auch Depotdünger oder, in gewissem Umfang, organische Dünger möglich. Ist der Substratausgangsstoff nährstoffarm wie zum Beispiel Weißtorf, kann die Nährstoffzugabe standardmäßig erfolgen. Bei nährstoffreichen Substratausgangsstoffen muss die bereits enthaltene Menge an löslichen Nährstoffen analysiert und bei der Grunddüngung berücksichtigt werden. Wichtig ist eine homogene Einmischung der Düngemittel, da ansonsten mit ungleichmäßigem Wachstum der Pflanzen zu rechnen ist.

Die Standardsubstrate unterscheidet man nach den Gehalten an Hauptnährstoffen (Tabelle 16 und 17). Bei Substratmischungen aus nährstoffarmen Komponenten hat sich in der Praxis die Zugabe folgender Mengen an Mehrnährstoffdüngern bewährt:

- » Vermehrungssubstrate:
 - 0,5 Gramm pro Liter
 - für Aussaaten und Stecklinge
- » Pikiersubstrate (P-Substrate):
 - 1,5 Gramm pro Liter
 - zur Jungpflanzenanzucht, zum Topfen von Pflanzen mit geringer Nährstoffbedürftigkeit beziehungsweise Salzverträglichkeit und bei Bewässerungsdüngung
- » Topfsubstrate (T-Substrate):
 - 3,0 Gramm pro Liter
 - für nährstoffbedürftige beziehungsweise salzverträgliche Pflanzen und bei periodischer Nachdüngung

Daneben gibt es eine Vielzahl von Spezialsubstraten, die entweder nach den Wünschen



Bild 57: Ungleiches Wachstum durch inhomogene Nährstoffverteilung im Kultursubstrat

der Kundschaft gemischt werden oder deren Nährstoffgehalte den Bedürfnissen bestimmter Kulturen angepasst sind. Moorbeetsubstrate weisen zum Beispiel neben niedrigen pH-Werten auch relativ geringe Gehalte an Hauptnährstoffen auf. In Primelsubstraten liegen die Eisengehalte höher als in den Standardmischungen. Bei Kultursubstraten für blaue Hortensien wird außer einer Zugabe von Aluminium auch ein niedriger pH-Wert eingestellt.

Tabelle 16: Richtwerte für Gehalte an Hauptnährstoffen (CaCl₂/CAL-Methode) und wasserlöslichen Salzen in Standardsubstraten zu Kulturbeginn (nach VDLUFA, 1997)

Parameter	Extraktionsmittel	Null-Substrat	Pikiersubstrat	Topfsubstrat	
N	mg/l	CaCl ₂	< 50	140-280	280-420
P ₂ O ₅	mg/l	CAL	< 30	130-300	200-600
K ₂ O ¹⁾	mg/l	CAL	< 40	200-400 (600)	250-600 (800)
Salz	g/l	H ₂ O	< 1,0	1,0-2,0	2,0-3,0

¹⁾ Die Werte in Klammern gelten für Kultursubstrate mit Rindenhumus oder Substratkompost.

Tabelle 17: Richtwerte für Gehalte an Hauptnährstoffen (CAT-Methode) und wasserlöslichen Salzen in Standardsubstraten zu Kulturbeginn (nach VDLUFA, 2004)

Parameter		Extraktionsmittel	niedrige Düngungsstufe	hohe Düngungsstufe
N	mg/l	CAT	50-200	150-400
P ₂ O ₅ ¹⁾	mg/l	CAT	30-150	50-300
K ₂ O ²⁾	mg/l	CAT	70-300 (500)	250-500 (700)
Salz	g/l	H ₂ O	< 2,0	< 3,0

¹⁾ Überschreitung des oberen Richtwertes führt unter sonst günstigen Kulturbedingungen erfahrungsgemäß nicht zu Schäden an den Kulturpflanzen, unter ungünstigen Verhältnissen (z. B. niedriger pH-Wert, hohes NH₄-Angebot) sind Pflanzenschäden nicht auszuschließen.

²⁾ Die Werte in Klammern gelten für Kultursubstrate mit Rindenhumus oder Substratkompost.

6.3 Kalkung

Die unterschiedlichen Substratausgangsstoffe weisen charakteristische pH-Werte auf, die nur manchmal dem für die Kulturpflanzen idealen Bereich entsprechen. Liegt der pH-Wert der Mischung über dem angestrebten Wert, kann er durch Zugabe von elementarem Schwefel abgesenkt werden. Dies kann zum Beispiel bei komposthaltigen Kultursubstraten notwendig sein. In der Regel muss der pH-Wert jedoch mit Kalk auf das gewünschte Niveau angehoben werden. In Standardsubstraten wird ein pH-Wert von 5 bis 6,5 eingestellt, in Spezialsubstraten für säure- oder kalkliebende Pflanzen ein der Kultur angepasster Wert, zum Beispiel 3,5 bis 4,5 für Moorbeetpflanzen.

Die notwendige Kalkmenge kann nicht wie in

Freilandböden durch eine einfache Bestimmung im Labor ermittelt werden. Selbst bei Torfsubstraten lässt sich der Kalkbedarf pro pH-Stufe weder mit Faustzahlen noch über die Trockenrohddichte abschätzen oder berechnen. Das liegt unter anderem daran, dass die pH-Wert-Anhebung durch steigende Kalkmengen nicht linear verläuft. Wegen einer zum Teil ausgeprägten pH-Pufferkapazität der Stoffe reicht es häufig auch nicht, Stoffe mit niedrigem und hohem pH-Wert nach rechnerisch bestimmten Anteilen zu mischen.

Wichtige Faktoren, die die erforderliche Kalkmenge bestimmen, sind

- » die Qualität des Kalks, vor allem dessen Korngrößenverteilung (Mahlfineinheit),

- » die Menge (Tabelle 18) und der Ammoniumanteil des zugesetzten Düngers sowie
- » die pH-Pufferung des Kultursubstrates (bei Torf steigt zum Beispiel die pH-Pufferung mit zunehmendem Zersetzungsgrad).

Aus diesen Gründen kann die notwendige Kalkmenge nur durch Probekalkung ermittelt werden. Dazu nimmt man von dem gedüngten, kulturfeuchten Substrat meh-

rere genau abgemessene Proben von einem Liter und mischt steigende Mengen an fein vermahlenem kohlensaurem Kalk zu. Nach einigen Tagen wird der pH-Wert der Proben gemessen und die für den gewünschten pH-Wert erforderliche Kalkmenge ermittelt.

Für Substrate wird ausschließlich kohlensaurer Kalk (gemahlener Kalkstein) verwendet, der besonders fein vermahlen sein muss.

Tabelle 18: Einfluss der Menge an zugegebenem Mehrnährstoffdünger auf den pH-Wert von Torfkultursubstraten (nach J. Günther 1986)

Kalkmenge (kohlensaurer Kalk, mehlfein)	pH-Wert bei Zugabe steigender Mengen von Mehrnährstoffdünger 14+16+18 mit Spurenelementen			
	g/l	0,5 g/l	1,0 g/l	1,5 g/l
5	4,9	4,9	4,8	4,4
10	6,5	6,1	6,0	5,5
20	7,0	6,6	6,4	6,0

Dadurch wird eine große Oberfläche geschaffen, die dafür verantwortlich ist, dass sich der Kalk schnell umsetzt und sich die gewünschte Erhöhung des pH-Werts bereits nach wenigen Tagen einstellt. Die Reaktionsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Korngröße ist in Abbildung 11 (S. 64) dargestellt. Während Kalkteilchen > 0,5 Millimeter im Laufe von vier Monaten keine wesentliche Erhöhung des pH-Werts bewirken, reagieren 0,2 bis 0,5 Millimeter große Partikel allmählich über den gesamten Zeitraum. Nur Teilchen < 0,1 Millimeter heben den pH-Wert von Hochmoortorf innerhalb weniger Tage stark an. Der verwendete Kalk sollte deshalb mindes-

tens 80 bis 90 Prozent Teilchen der Korngröße < 0,1 Millimeter enthalten und arm an Magnesium sein, denn die Umsetzung von Magnesiumcarbonat erfolgt langsamer als die von Calciumcarbonat. Zudem weisen sowohl Torf als auch andere Substratausgangsstoffe häufig nennenswerte Mengen an Magnesium auf, die nicht durch Kalkung erhöht werden sollten. Die nach dem deutschen Düngemittelrecht vorgeschriebene Mahlfineinheit von mindestens 97 Prozent < 3,15 Millimeter und mindestens 70 Prozent < 1,0 Millimeter für kohlensaurer Kalk reicht für die in Substraten erforderliche Umsetzungsgeschwindigkeit nicht aus.

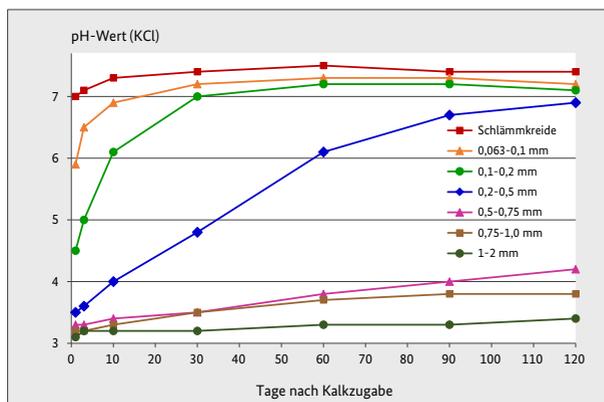


Abbildung 11: pH-Einstellung eines schwach zersetzten Hochmoortorfs nach Kalkung mit Schlammkreide beziehungsweise mit unterschiedlich fein vermahlenem Kalkstein aus Oker (Ausgangs-pH 3,2; Kalkgabe sechs Gramm pro Liter Torf; nach F. Günther et al. 1972)

strebt den Bereich orientieren, um den Anstieg während der Kultur in Grenzen zu halten. Bei sehr weichem Gießwasser kann eine Zugabe von grobem Kalk, der erst im Verlauf von mehreren Wochen bis Monaten reagiert, empfehlenswert sein, um ein zu starkes Absinken des pH-Werts zu verhindern. Die hierfür erforderliche Qualität des Kalks sowie die notwendige Menge hängen stark von den Gegebenheiten im jeweiligen Betrieb ab und erfordern Erfahrung bei der Anwendung.

Während der Kultur kann sich der pH-Wert, vor allem bedingt durch Art und Höhe der Düngung und durch die Säurekapazität (Karbonathärte) des Gießwassers, mehr oder weniger stark verändern. Bei Gießwasser mit hohem Gehalt an Hydrogencarbonat sollte sich der pH-Wert des Kultursubstrats zu Beginn der Kulturzeit am unteren Ende des ange-

Bei längerer Lagerung von Substraten kann sich der pH-Wert um einige Zehntel verändern. Dabei wirkt die Umsetzung eventuell enthaltener größerer Kalkteilchen pH-Wert-erhöhend, die Nitrifikation von Ammonium aus der Grunddüngung senkt dagegen den pH-Wert.

6.4 Weitere Zusätze

Neben Dünger und Kalk werden Kultursubstraten zum Teil weitere Zusätze beigefügt, um die Eigenschaften der Mischungen in der gewünschten Richtung zu beeinflussen. Neben Tensiden und Hydrogelen können Bindemittel, Pflanzenstärkungsmittel, Pflanzenschutzmittel, biologische Präparate und Färbemittel zum Einsatz kommen.

Die physikalischen Eigenschaften von Kultursubstraten werden zwar vor allem durch

die Substratausgangsstoffe bestimmt. Um die Wiederbenetzbarkeit positiv zu beeinflussen, werden jedoch häufig **Tenside** zugesetzt. Ihre Wirkungsweise beruht darauf, dass sie ein hydrophobes (wasserabweisendes) und ein hydrophiles (wasserliebendes) Molekülende besitzen und dadurch in der Lage sind, die Grenzflächenspannung zwischen einer festen Oberfläche (Substratbestandteile) und einer Flüssigkeit (Wasser oder Nährlösung) herabzusetzen. Für Substrate werden meist

nicht-ionische Tenside verwendet, die besser pflanzenverträglich sind als anionische oder kationische Tenside. Die Aufwandmenge des Mittels muss hoch genug sein, um die gewünschte Wirkung zu erzielen, andererseits jedoch niedrig genug, um Schäden an den Pflanzen auszuschließen. Tenside werden im Laufe der Zeit im Substrat durch Mikroorganismen und durch Lichteinwirkung abgebaut, daher nimmt die wiederbenetzende Wirkung sowie auch die Gefahr von Pflanzenschädigungen mit der Zeit ab.

Bei **Hydrogelen** handelt es sich um vernetzte Makromoleküle mit hydrophilen Polymerkomponenten, die in Wasser auf ein Vielfaches ihres Volumens aufquellen. Sie sind als Superabsorber im Hygienebereich und in der Medizin bekannt. Das in diesen Molekülen gespeicherte Wasser ist pflanzenverfügbar, weswegen man anfangs damit Hoffnungen auf eine maßgebliche Verlängerung der Gießintervalle verband. Bei organischen Substraten mit hoher Wasserkapazität, wie sie normalerweise im Gartenbau verwendet werden, lässt sich das Wasserspeichervermögen jedoch durch Hydrogele kaum noch weiter steigern, weswegen sie im Profibereich in der Regel nicht verwendet werden. Zudem gibt es Berichte über mögliche Pflanzenschäden wie Blattrandaufhellungen oder ein vermindertes Wurzelwachstum bei zu hohen Aufwandmengen. Hydrogele werden als Wasserspeicher-Granulat im Hobbybereich angeboten und können eventuell als Bodenverbesserungsmittel in ariden Gebieten sinnvoll sein.

Als wichtige Gruppe von Zusätzen werden **Bindemittel** für die Stabilisierung der Topfballen in der Jungpflanzenanzucht eingesetzt. Sie dürfen nicht phytotoxisch wirken, die Luftkapazität in den Ballen nicht vermindern,

die Nährstoffgehalte des Kultursubstrats nicht verändern und dürfen nicht mit der Topfwand verkleben. Verwendet werden Bindemittel auf Basis von Zellulose, Stärkerverbindungen, Polyacryl oder besonders fein vermahlenem Ton.

Darüber hinaus können einem Kultursubstrat **Pflanzenstärkungsmittel** beigemischt werden, die für die Gesunderhaltung der Pflanzen bestimmt sind oder um Pflanzen vor nichtparasitären Beeinträchtigungen zu schützen. Zu den anorganischen Pflanzenstärkungsmitteln zählt man Gesteinsmehle, Tone, Kieselerde, Kreide, Aluminiumoxid (Tonerde) oder Natriumhydrogencarbonat (Backpulver). Als organische Mittel kommen Kompost-, Algen- oder Pflanzenextrakte sowie Pflanzenaufbereitungen, Pflanzenöle und Huminsäuren in Betracht. Mittel auf Basis von Bakterien und Pilzen, wie zum Beispiel Mykorrhiza-Produkte, fördern die Mikrobiologie der Kultursubstrate und sollen auf diese Weise die Nährstoffversorgung, die Stressoleranz und die pflanzlichen Abwehrkräfte steigern. Pflanzenstärkungsmittel kommen im Profibereich nur auf Wunsch der Kundinnen und Kunden zum Einsatz.

Zur Bekämpfung bodenbürtiger Krankheitserreger ist die Verwendung von zugelassenen **Pflanzenschutzmitteln** und **biologischen Präparaten** in Kultursubstraten möglich. Als Organismen mit antagonistischer Wirkung gegen Krankheitserreger lassen sich zum Beispiel *Streptomyces griseoviridis*, *Trichoderma harzianum* oder *Gliocladium virens* beimeschen. Zusätze dieser Art sind in Deutschland nicht standardmäßig in Kultursubstraten enthalten.

Schließlich sind noch **Färbemittel** zu nennen, die für bestimmte Substratausgangsstoffe oder für Substrate mit speziellem Verwendungszweck eingesetzt werden. Für die Dunkelfärbung von Kultursubstraten mit Holzfasern, die häufig von Verbraucherinnen und Verbrauchern wegen ihrer hellen Farbe

als unnatürlich abgelehnt werden, verwendet man zum Beispiel Schwarztorf, Braunkohleabrieb oder andere Stoffe. In bestimmten Gegenden ist sehr dunkel gefärbte Graberde üblich, die durch Eisensulfat ihre schwarze Farbe erhält.

Einsatz von Kultursubstraten

7

Mit der industriellen Substratherstellung begann man, Substrate auf wenige Standardtypen zu vereinheitlichen. Diese waren ausreichend für den damals vorrangigen Einsatz in der Topfpflanzenkultur. Die zunehmende Spezialisierung und Technisierung hat jedoch dazu geführt, dass Kultursubstrate heute in sehr viel mehr Bereichen des Gartenbaus eingesetzt werden. Entsprechend werden die Substrate den unterschiedlichen Anforderungen angepasst. So gibt es zum Beispiel Substrate für die Kultur von Schnittblumen in Containern oder auf dünnen Substratschichten, für die Jungpflanzenanzucht, für Containerpflanzen in der Baumschule, für die Kultur von Beerenobst oder für die Anzucht von Stauden und für Kübelpflanzen. Spezielle Kultursubstrate gibt es auch für die Innenraum-, Fassaden- und Dachbegrünung sowie für Baumpflanzungen oder das öffentliche Grün – zum Beispiel für Lärmschutzwände oder Verkehrsinseln. Substrate für den professionellen Gartenbau machen in Europa etwa 60 Prozent aus. Die anderen 40 Prozent werden für den Freizeitgartenbau produziert.

7.1 Produktionsgartenbau

Im professionellen Gartenbau haben Kultursubstrate eine sehr große Bedeutung. Sie bestimmen nicht nur die Qualität der Pflanzen, sondern sorgen auch dafür, dass die heute stark automatisierten Betriebsabläufe reibungslos funktionieren. Kultursubstrate entscheiden maßgeblich über den Kulturerfolg und damit über das wirtschaftliche Ergebnis des Betriebs. Vor diesem Hintergrund empfiehlt sich der Einsatz von gütegesicherten Produkten.

Kultursubstrate für den Profibereich werden entweder lose oder als Sackware geliefert. Neben den häufig verwendeten 70-Liter-Säcken werden auch Big Bags mit etwa einem Kubikmeter Inhalt angeboten. Zunehmend gefragt sind auch Big Bales, die 2,5 bis sechs Kubikmeter Substrat fassen.



Bild 58: Substratpackungen werden vollautomatisch palettiert.

7.1.1 Substrattypen im konventionellen Anbau

Aus den beschriebenen Substratausgangsstoffen lässt sich eine Vielzahl von Mischungen herstellen. Alle sind für gartenbauliche Kulturen geeignet, soweit sie die Anforderungen der Pflanzen und des Kultursystems sowie die ökonomischen Voraussetzungen erfüllen. Informationen darüber, wie einzelne Ausgangsstoffe die Eigenschaften eines Kultursubstrats beeinflussen, können den Beschreibungen der Substratausgangsstoffe (Kapitel 5.1 und 5.2) sowie dem Abschnitt zur Auswahl von Substratausgangsstoffen (Kapitel 6.1) entnommen werden. In diesen Kapiteln finden sich auch Hinweise darauf, für welche Pflanzenarten beziehungsweise Kultursysteme einzelne Stoffe geeignet sind. Im Folgenden sollen einige wichtige Standard-Substrattypen sowie eine Auswahl weiterer möglicher Mischungen vorgestellt werden.

Bereits 1945 entwickelte Professor Fruhstorfer das erste industriell hergestellte Standardsubstrat in Deutschland. Diese „Fruhstorfer Einheitserde“ bestand zu gleichen Teilen aus Ton beziehungsweise tonhaltigem Lehm aus tieferen Bodenschichten, sowie Weiß- oder Schwarztorf. Außerdem wurde entsprechend den Ansprüchen der Pflanzen Mineraldünger zugesetzt. Seit den sechziger Jahren haben **Torf-Ton-Substrate** in vielen Bereichen des Produktionsgartenbaus zunehmend an Bedeutung gewonnen. Sie werden auch heute von den meisten namhaften Substratherstellern angeboten. Der Tonanteil darin ist jedoch

deutlich niedriger als früher. Heute sind bis zu 20 Volumenprozent Feuchttorf oder drei bis zehn Volumenprozent Tongranulat, Tonmehl oder Tonschlamm beigemischt. Die Beschaffenheit des Tones ist ausschlaggebend für die Qualität dieser Kultursubstrate.

In den fünfziger Jahren wurde von Professor Penningsfeld am Institut für Bodenkunde und Pflanzenernährung in Weißenstephan und der Torfforschung GmbH, Bad Zwischenahn, ein „Torfkultursubstrat“ ausschließlich auf Basis von schwach zersetztem Hochmoortorf (Weißtorf) mit Kalk und Mineraldünger entwickelt. Reine **Torfsubstrate** gehören auch heute noch zu den wichtigen Substrattypen und werden wegen der vielen positiven Eigenschaften insbesondere bei Jungpflanzen und empfindlichen Topfkulturen verwendet. Nach 1970 kamen verstärkt Torfsubstrate mit einer Mischung von schwach und stärker zersetztem Hochmoortorf (Schwarztorf-Weißtorf-Substrate) auf den Markt. Dabei ergänzen sich die Vorteile beider Torfgruppen. Schwarztorf-Weißtorf-Substrate und reine Schwarztorfsubstrate eignen sich besonders zur Herstellung von Presstöpfen für die Anzucht von Gemüsejungpflanzen.

Bei der Verwendung weiterer Ausgangsstoffe in Kultursubstraten (Beispiele siehe Tabelle 19, S. 70) steht einerseits der Gedanke, Torf zu ersetzen, im Vordergrund, andererseits soll die Struktur der Mischung verbessert werden. In zahlreichen Versuchen erwiesen sich **torf reduzierte und torffreie Kultursubstrate** als prinzipiell für gartenbauliche Kulturen geeignet. Durch die vielen verschiedenartigen Ausgangsstoffe ist das Kulturrisiko jedoch erhöht, weswegen diese Stoffe bisher im professionellen Gartenbau nur zögerlich eingesetzt werden. Anwenderinnen und Anwender von torf reduzierten oder torffreien Kultursubstraten müssen ihre Düngungs- und Bewässerungsstrategie jeweils auf die entsprechende Mischung einstellen, da sich die Eigenschaften der Substrate gegenüber Torfprodukten vor allem bei einem hohen Anteil alternativer Ausgangsstoffe erheblich verändern können. Erschwerend kommt hinzu, dass die Qualität von Torfersatzstoffen im Vergleich zu Torf stärkeren Schwankungen unterworfen ist. Eine fachkundige Beratung kann jedoch eine erfolgreiche Kultur in torf reduzierten oder torffreien Kultursubstraten ermöglichen und ihre weitere Verbreitung fördern.

Tabelle 19: Beispiele für torfreduzierte und torffreie Kultursubstrate

Torfreduzierte Kultursubstrate		Torffreie Kultursubstrate	
Substratausgangsstoffe	Anteil (Vol.-%)	Substratausgangsstoffe	Anteil (Vol.-%)
Mischungen mit 2 Komponenten: Torfersatzstoff in maximal empfohlenem Anteil, Rest Weißtorf		Grüngutkompost	40
		Rindenhumus	30
		Holzfaserstoff	30
Weißtorf	50	Kokosmark	40-50
Grüngutkompost	20-30	Grüngutkompost	30-40
Holzfaserstoff	20-30	Holzfaserstoff	20-30
Weißtorf	50	Kokosmark	40-50
Rindenhumus	20-30	Rindenhumus	30-40
Holzfaserstoff	20-30	Holzfaserstoff	20-30
Weißtorf	50	Kokosmark	50
Grüngutkompost	30	Grüngutkompost	30
Kokosfaser	20	Kokosfaser	20
Weißtorf	50	Kokosmark	50
Rindenhumus	30	Rindenhumus	30
Kokosfaser	20	Kokosfaser	20

Ein spezieller Anwendungsbereich für Kultursubstrate sind **Containersubstrate für Baumschulen**. Aufgrund längerer Standzeiten und der Kultur im Freiland unter Regeneinfluss werden hohe Anforderungen an die Strukturstabilität und die Dräufähigkeit gestellt. Die gewünschten physikalischen Eigenschaften werden durch den Einsatz von grobem Torf, groben Absiebungen von Substratkomposten, Holzfaserstoffen und Rindenhumus erreicht. Aber auch der Zusatz von offenporigen mineralischen Stoffen, wie gebrochenem Blähton, Ziegelsplitt, Bims, Lava und Perlite sorgt für ein hohes Porenvolumen

und bei Volumenanteilen über 30 Prozent für dauerhafte Strukturstabilität. Holzhäcksel und Ton werden ebenfalls als Bestandteile von Containersubstraten verwendet.

7.1.2 Substrattypen im ökologischen Anbau

Für ökologische Produkte gilt in Deutschland das Öko-Landbaugesetz mit einer Reihe zugehöriger Verordnungen, die die Umsetzung der EU-Rechtsvorschriften für den ökologischen Landbau gewährleisten. Dies ist seit 1. Januar

2022 die neue Verordnung (EU) 2018/848 – die sogenannte EU-Öko-Basisverordnung – mit den entsprechenden Durchführungsverordnungen. Bio-Produkte unterliegen nach EU-rechtlichen Vorgaben von der Rohstoff-erzeugung über die Verarbeitung bis zur Vermarktung einem umfassenden Kontrollsystem. In Deutschland erfolgt die Kontrolle durch private Zertifizierungsunternehmen, die ihrerseits staatlich überwacht werden.

Gemäß den Zielen und Prinzipien der ökologischen Landwirtschaft, dem Wirtschaften im Einklang mit der Natur, ergeben sich Beschränkungen in der Verwendung externer Produktionsmittel. Nach EU-Recht sind daher nur „Düngemittel, Bodenverbesserer und Nährstoffe“ zugelassen, die in einer Positivliste enthalten sind. Es dürfen nur natürliche oder „naturgemäß gewonnene“ Stoffe verwendet werden, was zum Beispiel synthetisch hergestellte Düngemittel ausschließt. Nur schwer lösliche mineralische Düngemittel sind erlaubt, mineralische Stickstoffdünger sind verboten.

Zu den rechtlichen Vorschriften für die ökologische Produktion kommen Vorgaben der verschiedenen Anbauverbände, die in einigen Punkten strenger sind als die EU-Richtlinien. Bei Kultursubstraten betrifft das vor allem den Torfanteil, der je nach Einsatzbereich eingeschränkt wird. Bei Anzuchtsubstraten werden meist 20 bis 30 Volumenprozent Torfersatzstoffe gefordert, bei Topfsubstraten häufig 50 Volumenprozent. Genaue Regelungen existieren auch für die zugesetzten Dün-

gemittel, die im Wesentlichen organischer Natur sein müssen.

Orientierung über die zugelassenen Stoffe schafft die Betriebsmittelliste für den ökologischen Landbau, die vom Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) jährlich erstellt wird. Neben sechs nationalen Listen für verschiedene Länder gibt es seit 2018 auch eine europäische Liste, die „European Input List“. Grundlage für die Beurteilung der Zulässigkeit von gelisteten Produkten sind die EU-Öko-Basisverordnung und die zugehörigen Durchführungsverordnungen. Zusätzlich werden von erfahrenen Expertinnen und Experten des FiBL noch weitere Kriterien festgelegt, die die Einhaltung der Grundsätze und Ziele der ökologischen/biologischen Produktion gewährleisten. Gegenüber der EU-Gesetzgebung umfasst die European Input List eine breitere Produktpalette, in der auch Kultursubstrate enthalten sind. In der Online-Liste für Deutschland kann man darüber hinaus nach Konformität von Produkten mit den Vorschriften einzelner Anbauverbände suchen.

Auswirkungen der Vorschriften für den ökologischen Anbau ergeben sich bezüglich der Herstellung von Kultursubstraten zum Beispiel bei der Imprägnierung von Holzfasersubstraten, für die organische Düngemittel verwendet werden müssen. Die „Pufferung“ von Kokosmaterialien ist mit Magnesiumsulfat anstelle von Calciumnitrat möglich. Die Verwendung von synthetischen Netzmitteln ist nicht erlaubt.

7.2 Freizeitgartenbau

Um Kultursubstrate für den Freizeitgartenbau von den Profisubstraten zu unterscheiden, haben sich hierfür die Bezeichnungen „Blumenerden“ oder manchmal auch „Hobbysubstrate“ eingebürgert. Standardmäßig sind Verpackungsgrößen von fünf bis 70 Litern auf dem Markt, bei Spezialsubstraten gibt es Größen ab zwei Liter.

Prinzipiell werden an Blumenerden die gleichen Anforderungen gestellt wie an Profisubstrate. Bei einer Blumenerde ist die Eignung für eine maschinelle Verarbeitung und automatische Bewässerung in der Regel jedoch unbedeutend. Die Verwendung erfolgt in kleineren Einheiten, bei denen die Anwender und Anwenderinnen ihre Kulturmaßnahmen jeweils auf die speziellen Gegebenheiten einstellen können. Insgesamt sind dadurch die Ansprüche in Bezug auf die gleichmäßige

Beschaffenheit der Produkte über einen längeren Zeitraum geringer. Die Forderung nach Torfersatz lässt sich bei diesen Produkten etwas leichter erfüllen als bei Profisubstraten, was sich im Allgemeinen in höheren Anteilen an Torfersatzstoffen niederschlägt. Auch eine Reihe torffreier Mischungen wird angeboten. Dafür werden vor allem Grüngutkompost, Holzfaserstoff, Kokosmark und Rindenhumus verwendet.

Für Blumenerden kann eine RAL Gütesicherung durchgeführt werden, die sich an der Gütesicherung für Profisubstrate orientiert. In Bezug auf Struktur, pH-Wert und Salzgehalt nimmt sie jedoch keine Differenzierung in verschiedene Typen vor. Für die löslichen Hauptnährstoffe werden Mindestgehalte gefordert.

7.3 Weitere Einsatzbereiche

Kultursubstrate für die Dachbegrünung erfordern eine Anpassung an das jeweilige Begrünungssystem. Der Aufbau der Vegetationsflächen besteht in der Regel aus mehreren Funktionsschichten, die in ihrer Wirkungsweise aufeinander abgestimmt sein müssen. Die Vegetationstragschicht, also das eigentliche Kultursubstrat, das die Grundlage für das Pflanzenwachstum bildet, muss strukturstabil sein, einsickerndes Wasser pflanzenverfügbar speichern und Überschusswasser an die Dränschicht abgeben. Sie muss auch bei

maximaler Wasserkapazität ein für die Vegetation ausreichendes Luftvolumen besitzen. Bei einfachen einschichtigen Dachbegrünungen übernimmt diese eine Schicht zusätzlich die Funktion der Dränschicht und muss entsprechende Eigenschaften aufweisen. Wegen der hohen Anforderung an die Strukturstabilität wird der Gehalt an organischer Substanz besonders bei dünnen Vegetationstragschichten niedrig gehalten. Die erforderlichen Anteile werden meist durch Torf, Rindenhumus oder Kompost abgedeckt. An mineralischen

Schüttstoffen werden natürliche Stoffe wie Lava und Bims, industriell hergestellte Stoffe wie Blähton und Blähschiefer in gebrochener und ungebrochener Form sowie Recyclingstoffe wie Ziegelbruch und geeignete Schlacken verwendet. Die Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. hat einen Anforderungskatalog für Dachsubstrate erarbeitet, der auch für die RAL Gütesicherung von Dachsubstraten übernommen wurde.

Spezielle Anforderungen müssen auch **Kultursubstrate für die Innenraumbegrünung** erfüllen. Im Gegensatz zu Pflanzen in kleinen Gefäßen auf Tischen oder Fenstersimsen versteht man darunter eine dauerhafte, flächige und teils raumgestaltende Begrünung mit mehreren Pflanzen. Verwendet werden hierfür ausschließlich oder überwiegend strukturstabile, offenporige, mineralische

Komponenten wie gebrochener Blähton oder Blähschiefer, Bims und Schaumlava. Die Zumischung von organischen Materialien soll die Wasserspeicherung, die Nährstoffsorption und die pH-Pufferung in den Substraten erhöhen. Sinnvoll sind hierfür nur mikrobiell schwer zersetzbare Stoffe wie zum Beispiel Xylit oder gröberes Kokosmaterial in geringen Volumenanteilen. Ausführliche Informationen über geeignete Kultursubstrate sind in den „Richtlinien für die Planung, Ausführung und Pflege von Innenraumbegrünungen“ der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. zu finden.

Weitere Kultursubstrate für spezielle Einsatzbereiche wie Fassadenbegrünungen, Baumpflanzungen oder das öffentliche Grün – zum Beispiel Lärmschutzwände und Verkehrsinseln – gewinnen zunehmend an Bedeutung.

8

Qualitätssicherungssysteme und Nachhaltigkeitszertifikate

Eine Gütesicherung von Kultursubstraten garantiert dem Anwender oder der Anwenderin die Einhaltung fachlich erarbeiteter Qualitätsstandards und erhöht damit die Produktsicherheit dieser bedeutenden Betriebsmittel. Die beiden wichtigsten Qualitätssicherungssysteme für Kultursubstrate und Substratausgangsstoffe sind die deutsche RAL Gütesicherung und das niederländische RHP-System.

RAL – Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e. V.
– ist Träger des Systems der staatlich anerkannten Gütezeichen in Deutschland. Vom RAL sind die Gütegemeinschaft Substrate für Pflanzen e. V. (GGs) und die Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V. (BGK) als neutrale und unabhängige Organisationen für die Durchführung der Gütesicherung anerkannt. Die GGs überprüft Substratausgangsstoffe und Kultursubstrate für den Produktions- und Freizeitgartenbau sowie Dach- und Baumsubstrate (RAL-GZ 250). Die BGK prüft Produkte der Kreislaufwirtschaft wie Komposte (RAL-GZ 251).



Bild 59: RAL Gütezeichen für Kompost



Bild 60: RAL Gütezeichen für Substrate und Substratausgangsstoffe

Die RAL Gütesicherung setzt sich aus einem Anerkennungs- und einem Überwachungsverfahren zusammen. Ein Gütezeichen wird verliehen, wenn die Produkte in einem mehrere Monate dauernden Anerkennungsverfahren den jeweiligen Güte- und Prüfstimmungen entsprechen. Im anschließenden Überwachungsverfahren wird die Einhaltung der vorgegebenen Anforderungen regelmäßig durch Fremd- und Eigenüberwachungen kontrolliert. Die Bewertung der Ergebnisse erfolgt durch neutrale, mit Fachleuten besetzte Güteausschüsse, welche bei Säumnissen und Mängeln auch die Aberkennung des Gütezeichens beschließen können. Zusätzlich zum Verfahren der Gütesicherung werden regelmäßig Betriebsbesuche vorgenommen, um dauerhaft ein hohes Qualitätsniveau zu gewährleisten und bei auftretenden Problemen beratend tätig zu werden.

Nach RAL-GZ 250/2 sind für Kultursubstrate „substratfähige“ Ausgangsstoffe zugelassen. Falls es für diese Stoffe eine RAL Gütesicherung gibt, sind RAL gütegesicherte oder gleichwertige Produkte einzusetzen, wobei der Güteausschuss die Gleichwertigkeit beurteilt. Zu den RAL gütegesicherten Ausgangsstoffen gehören zurzeit Hochmoortorf, Rindenhumus, Holzfaserstoffe, Kokosprodukte und Perlite. Auch für andere Substratausgangsstoffe sowie Dünger und Kalk sind stoffspezifische Untersuchungen und ihre Dokumentation vorgeschrieben. Außerdem sind die Entnahme von Rückstellproben und die Durchführung von Kontrollen während der Lagerung der Stoffe geregelt. Die wichtigsten Gütekriterien für fertige Kultursubstrate im Produktionsgartenbau sind in Tabelle 20 (S. 76) angegeben. Die jeweiligen Sollwerte müssen mit einer maximal zulässigen Toleranz eingehalten werden (Tabelle 21, S. 77).

Tabelle 20: Wichtige Gütekriterien für Kultursubstrate im Produktionsgartenbau nach RAL-GZ 250/2 (2018)

Gütemerkmale	Wertebereiche		
Physikalische Eigenschaften			
Struktur	fein	mittel	grob
Anteil Überkorn	max. 5 Vol.-% > 10 mm inkl. Fasern	max. 5 Vol.-% > 20 mm ohne Fasern	max. 10 Vol.-% > 40 mm ohne Fasern
Chemische Eigenschaften			
pH-Wert (CaCl ₂)	Standard Moorbeet	5,0-6,5 3,4-4,6	
Salz (H ₂ O, berechnet als KCl)	Standard Moorbeet	< 3,0 g/l < 1,0 g/l	
lösliche Gehalte an NH ₄ -N, NO ₃ -N, P ₂ O ₅ , K ₂ O	deklarierte Sollwerte, Einhaltung wird überwacht		
Na (H ₂ O)	Standard Moorbeet	< 100 mg/l < 35 mg/l	
Cl (H ₂ O)	Standard Moorbeet	< 200 mg/l < 100 mg/l	
Biologische Eigenschaften			
Pflanzenverträglichkeit	nach Keimpflanzentest frei von pflanzenschädigenden Stoffen		
Stickstoffdynamik	stabil		

Tabelle 21: Zulässige Abweichungen von den Sollwerten nach RAL-GZ 250/2 (2018)

Parameter	maximal zulässige Abweichungen vom Sollwert	
pH-Wert	≥ 5,0	± 0,4
	< 5,0	± 0,3
Salzgehalt	≤ 1,5 g/l	+ 40 %
	> 1,5 g/l	+ 25 %
lösliche Nährstoffe (NH ₄ -N + NO ₃ -N, P ₂ O ₅ , K ₂ O)	≤ 150 mg/l	± 40 %
	> 150 mg/l	± 25 % *

* Kultursubstrate mit einem Anteil ≥ 25 Vol.-% an organischen Ausgangsstoffen außer Torf: ± 40 %

Die Gütesicherung der niederländischen Stiftung RHP (Regeling Handels Potgronden) besteht neben einer Produktzertifizierung zusätzlich aus einer Prozesszertifizierung. Außer den Kultursubstraten, Substratausgangsstoffen und -zusätzen wird auch die gesamte Produktionskette, zum Beispiel Torffelder, Kokosstandorte und Substratwerke sowie die Lagerung und der Transport der Produkte kontrolliert. Die Produkte und auch die Produktionsprozesse müssen die Vorgaben des RHP-Gütezeichens bezüglich physikalischer, chemischer, phytosanitärer und sonstiger Standards einhalten. Die Zertifizierung für das Gütezeichen erfolgt durch eine unabhängige Stelle. Das RHP-Produktzertifizierungsschema ist vom „Rat für Akkreditierung“ anerkannt.

Für Kompost und Gärprodukte hat das Europäische Kompostnetzwerk (European Compost Network, ECN) eine Qualitätssicherung mit dem Ziel europaweiter einheitlicher Qualitätsstandards entwickelt (European Quality Assurance Scheme for Compost and Digestate, ECN-QAS). Unter anderem werden die jeweiligen Qualitätssicherungssysteme



Bild 61: Gütezeichen der RHP

wie RAL oder RHP auf Konformität mit den einheitlichen Anforderungen überprüft.

Andere Zertifizierungen wie das LUFA-Gütesiegel für Blumenerden des Verbands der Deutschen Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalten oder das DLG-Qualitätssiegel der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft haben bei weitem

nicht die Bedeutung erlangt wie die Gütesicherungen nach RAL oder RHP. Beispiele für weitere Zertifizierungen mit anderen Schwerpunkten, zum Beispiel nachhaltigen Produktionsstandards oder Torffreiheit, sind das niederländische MPS-Zertifizierungsschema oder das EU-Umweltzeichen für Substrate, Bodenverbesserer und Mulch. Für

einen verantwortungsvollen Torfabbau setzt sich die Stiftung Responsibly Produced Peat (RPP) ein. Außerdem können sich Hersteller von Kultursubstraten nach internationalen Standards wie dem Qualitätsmanagementsystem DIN EN ISO 9001, dem Umweltmanagementsystem DIN EN ISO 14001 und dem Sozialstandard SA 8000 zertifizieren lassen.

Lagerung von Kultursubstraten

9

Kultursubstrate werden vom Hersteller für den unmittelbaren Einsatz produziert und sollten möglichst bald verbraucht werden. Andernfalls müssen sowohl lose gelieferte als auch abgepackte Kultursubstrate sachgemäß gelagert werden, um schädliche Einflüsse fernzuhalten und eine Veränderung der Eigenschaften möglichst auszuschließen. Die Gefahr von Veränderungen ist bei reinen Torfsubstraten weniger groß, steigt jedoch mit dem Anteil an organischen Torfersatzstoffen. Kultursubstrate mit organischen Düngemitteln unterliegen eher größeren Veränderungen als solche mit mineralischen. Ist kompakter oder umhüllter Langzeitdünger enthalten, sollte wegen der Gefahr einer frühzeitigen Freisetzung der Nährstoffe das Kultursubstrat möglichst nicht gelagert werden, insbesondere nicht bei hoher Temperatur.

Ideal ist die Lagerung in überdachten, windgeschützten Räumen mit betoniertem oder asphaltiertem Boden. Dadurch wird eine Kontamination vor allem lose angelieferten Kultursubstrates mit Insekten, Nematoden,

Krankheitserregern oder Unkrautsamen verhindert und einer Auswaschung oder Ungleichverteilung von Nährstoffen und anderen Salzen vorgebeugt.

Muss im Freien gelagert werden, darf loses Kultursubstrat nicht mit dem Erdboden in Berührung kommen und muss sorgfältig bis zum Mietenfuß abgedeckt sein. Andernfalls besteht durch Windeinfluss die Gefahr der Entmischung oder der Austrocknung, unter Umständen mit der Folge, dass das Substrat schlechter wiederbenetzbar ist. Niederschläge können außerdem zur Auswaschung von Nährstoffen führen. Bei unsachgemäßer Lagerung von abgepackten Kultursubstraten im Freien ist auch eine Zerstörung von Verpackungsfolien durch UV-Strahlung möglich. Durch eine einseitige Erwärmung bei Sonneneinstrahlung kann es außerdem zu Nährstoff- und Salzwanderungen kommen, sodass sich gelöste Inhaltsstoffe ungleichmäßig in den Packungen verteilen.

In Bezug auf die chemischen Eigenschaften kann sich vor allem bei kulturfleucht

gelagerten Kultursubstraten der pH-Wert ändern. Bei tonhaltigen Kultursubstraten ist in Abhängigkeit von den Toneigenschaften eine mehr oder weniger starke Abnahme des Gehalts an verfügbarem Phosphat möglich. Durch mikrobielle Prozesse, begünstigt durch ausreichende Feuchtigkeit und hohe Lagertemperatur, kann sich außerdem der Gehalt an löslichem Stickstoff verändern. Bei nicht vollkommen stickstoffstabilisierten organischen Komponenten in einem Kultursubstrat ist innerhalb kurzer Zeit ein starker

Rückgang des Gehalts an löslichem Stickstoff durch Immobilisierung möglich. Außerdem können gasförmige Stickstoffverluste durch Denitrifikation auftreten. Dies ist vor allem bei pH-Werten über 5, Wassergehalten über 75 Gewichtsprozent und Temperaturen über 20 °C der Fall. Andererseits kann sich der Gehalt an löslichem Stickstoff durch Mineralisation aber auch erhöhen. Ein längere Zeit gelagertes Kultursubstrat sollte daher vor der Verwendung auf die wichtigsten chemischen Eigenschaften untersucht werden.

Aktuelle Entwicklungen und Ausblick

10

Die Verwendung von Torf in Kultursubstraten steht in den letzten Jahren zunehmend in der Kritik. Grund hierfür ist neben der Bedeutung von Mooren für die Biodiversität insbesondere die Klimawirkung des Torfabbaus. Die Gewinnung von Torf erfolgt auf Flächen, die bereits zuvor für eine überwiegend landwirtschaftliche Nutzung entwässert wurden. Durch die Entwässerung ist Sauerstoff in den Boden gelangt, wodurch die im Torf gespeicherten riesigen Mengen an Kohlenstoff allmählich zu Kohlendioxid (CO₂) oxidieren, das als klimaschädliches Gas in die Atmosphäre entweicht. Rechnet man zu dieser jährlichen on-site-Emission der Torfabbauflächen noch die CO₂-Menge hinzu, die bei der gärtnerischen Nutzung des Torfes entsteht (off-site-Emission), machen die durch den Torfabbau bedingten Treibhausgasemissionen in Deutschland nach Angaben der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe etwa vier Prozent der insgesamt aus organischen Böden pro Jahr emittierten klimarelevanten Gase aus. Dies entspricht rund 1,5 Prozent der landwirtschaftlichen Emission beziehungsweise 0,3 Prozent der Gesamtemission an

Treibhausgasen in Deutschland. Diese Zahlen sind nach Erhebungen der Substratindustrie zu hoch angesetzt, da ihnen offensichtlich die gesamte in Deutschland verarbeitete Torfmenge zugrunde liegt. Von dieser Menge wird jedoch wegen stark zurückgegangener Torfabbauflächen in Deutschland ein erheblicher Anteil importiert. Die off-site-Emissionen der Torfimporte müssten nach internationalem Standard den Treibhausgasemissionen des Exportlands zugerechnet werden.

Um zukünftig verantwortungsbewusst mit der Ressource Torf als Substratausgangsstoff und vor allem mit den Torfabbauflächen umzugehen, wurden verschiedene Initiativen ins Leben gerufen. Dazu gehören insbesondere das NABU-IVG-Moorkonzept und die Zertifizierungen der Stiftung RPP (Responsibly Produced Peat). Des Weiteren hat sich die Substratindustrie in einer Selbstverpflichtungserklärung vorgenommen, bei den auf dem deutschen Markt angebotenen Blumenerden den Torfanteil bis 2025 auf maximal 50 Prozent und bis 2030 weiter auf 30 Prozent zu reduzieren. Bei Profisubstraten wurden

diesbezüglich maximal 80 Prozent (2025) beziehungsweise 70 Prozent (2030) festgelegt. Das erste Etappenziel ist in beiden Bereichen bereits vorzeitig erreicht (Abbildung 12). Der Torfanteil betrug in einer vom Industrieverband Garten und der Gütegemeinschaft Substrate für Pflanzen im Jahr 2022 durchgeführten Erhebung nur noch 43 Prozent im Hobbybereich und 77 Prozent im Profibereich. Bei den eingesetzten Torfersatzstoffen

spielt in Blumenerden Grüngutkompost die größte Rolle, gefolgt von Holzfaserstoffen und Rindenhumus. In Kultursubstraten für den professionellen Anbau hat Grüngutkompost dagegen eine deutlich geringere Bedeutung. Am häufigsten werden hier Holzfaserstoffe verwendet. Alle anderen Substratausgangsstoffe erreichen nur sehr geringe Anteile mit jeweils maximal vier Prozent.

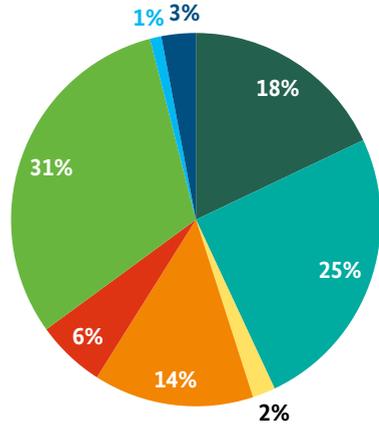
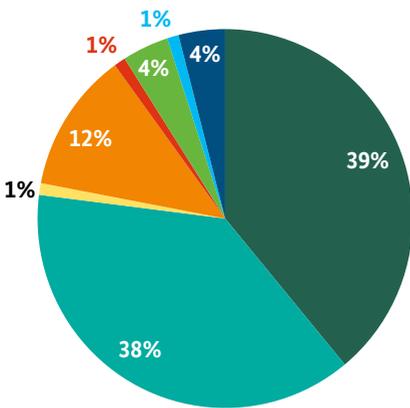


Abbildung 12: Einsatz von Substratausgangsstoffen bei Profisubstraten (links) und Hobbyerden (rechts) für den deutschen Markt im Jahr 2022 (Grafik: Industrieverband Garten e. V.)



Der weitere Verlauf der Torfminderung in Kultursubstraten lässt sich aufgrund der zurzeit angespannten Situation bei den Energie- und Logistikkosten sowie der Rohstoffverfügbarkeit nur schwer prognostizieren. Das Erreichen der im Klimaschutzprogramm 2030 aufgeführten Ziele – nahezu vollständiger Verzicht von Torf im Freizeitgartenbau

bis 2026 und ein weitgehender Ersatz im Erwerbsgartenbau bis 2030 – gestaltet sich dadurch schwieriger. Das Ziel muss auch zukünftig immer die Lieferung qualitativ hochwertiger Kultursubstrate bleiben, da nur solche Produkte den Anwenderinnen und

Anwendern eine ausreichende Kultursicherheit bieten.

Um den aus Klimaschutzgründen angestrebten Torfersatz zu forcieren, wird derzeit im Rahmen der Torfminderungsstrategie des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft der Einsatz torfreduzierter und torffreier Kultursubstrate umfangreich gefördert. Das Ziel mehrerer Modell- und Demonstrationsvorhaben ist, das seit Jahren erarbeitete Wissen zu Torfersatzstoffen in den verschiedenen Sparten des Erwerbsgartenbaus und beim Endverbraucher zu etablieren. Im Profibereich begleitet die Wissenschaft hierzu ausgewählte Gartenbaubetriebe bei der Substratumstellung. Dadurch sollen der gesamten Branche Lösungskonzepte hinsichtlich der notwendigen Anpassung der Kulturführung vermittelt werden, um zu zeigen, wie sich in torfreduzierten und torffreien Kultursubstraten qualitativ hochwertige Pflanzen produzieren lassen. Nach Abschluss des ersten Modell- und Demonstrationsvorhabens im Zierpflanzenbau wurden mehrere Fachinformationsstellen, die das gesamte Bundesgebiet abdecken, geschaffen. Sie sollen die Erkenntnisse zur Verwendung von Torfersatzstoffen in der Breite des professionellen Gartenbaus verankern. Darüber hinaus stehen sie allen Gartenbaubetrieben bei Fragen und Problemen im Zusammenhang mit der Substrat-

umstellung als Anlaufstelle zur Verfügung. Bei dem im Freizeitgartenbau angesiedelten Modell- und Demonstrationsvorhaben steht die Information der breiten Öffentlichkeit über Alternativen zu torfhaltigen Blumenerden im Mittelpunkt. Des Weiteren werden Maßnahmen erarbeitet, um Hobbygärtnerinnen und Hobbygärtner von der Nutzung torffreier Produkte zu überzeugen.

Außer Modell- und Demonstrationsvorhaben bearbeiten diverse Institutionen – häufig gemeinsam in größeren Verbänden – Forschungs- und Entwicklungsprojekte. Sie beinhalten vielfältige Aspekte zur Optimierung des Einsatzes bereits verwendeter Torfersatzstoffe sowie die Suche nach weiteren Alternativen. Hoffnungen ruhen zum Beispiel auf der nassen Bewirtschaftung von Moorböden, die langjährig als Grünland oder Acker genutzt wurden. Bei diesen sogenannten Paludikulturen werden nassliebende Pflanzen wie Rohrkolben, Schilf oder *Sphagnum* als nachwachsende Rohstoffe für Kultursubstrate angebaut. Auf diese Weise ließe sich der Ersatz von Torf in Kultursubstraten mit der Verringerung von Treibhausgasemissionen ideal kombinieren. Um eine längerfristige Kontinuität der Forschung im Bereich Torfminderung zu gewährleisten, wurden zwei Nachwuchsgruppen mit jeweils mehreren jungen Forschenden etabliert.

11

Glossar

Austauschkapazität: Fähigkeit eines Kultursubstrats, elektrisch positiv (Kationen) oder negativ (Anionen) geladene Teilchen reversibel anzulagern (zu adsorbieren) und wieder abzugeben. Dadurch bleiben Nährstoffe pflanzenverfügbar und sind weitgehend vor Auswaschung geschützt. Die Höhe der Austauschkapazität wird insbesondere durch Tonminerale und Huminstoffe bestimmt. Von Bedeutung bei Kultursubstraten ist vor allem die Kationenaustauschkapazität.

Benetzungsfähigkeit: Eigenschaft eines Stoffes, nach vollständiger Austrocknung wieder Flüssigkeit aufzunehmen.

CaCl₂ (Calciumchlorid): Extraktionsmittel für Kultursubstrate und Substratausgangsstoffe zur Bestimmung von pH-Wert, löslichem Stickstoff und Magnesium. Bei Stickstoff sind die Werte in CaCl₂ und in CAT vergleichbar.

CAL (Lösung aus Calciumacetat, Calciumlactat und Essigsäure): Herkömmliches Extraktionsmittel für Phosphat und Kalium bei Freilandböden; früher und teilweise noch

heute auch für Kultursubstrate verwendet. Im sauren Milieu gepuffert, gibt daher die pflanzenverfügbaren Gehalte an Nährstoffen weniger gut wieder als die Extraktion mit CAT. Bei Phosphat liegen die in CAL analysierten Gehalte in der Regel deutlich höher als in CAT-Extrakten, das heißt, die Gehalte werden überschätzt. Es besteht kein Zusammenhang zwischen den Phosphatgehalten in den beiden Extraktionsmitteln, daher ist keine Berechnung des einen in den anderen Wert möglich. Bei Kalium liegen die in CAL analysierten Gehalte um etwa 25 Prozent höher als in CAT-Extrakten.

CAT (Lösung aus Calciumchlorid und Diethylenetriaminpentaacetat = DTPA): Seit den neunziger Jahren häufig verwendetes Extraktionsmittel für Kultursubstrate und Substratausgangsstoffe zur Bestimmung von Haupt- und Spurenelementen, universell einsetzbar (VDLUFA-Verbandsmethode). Ungepufferte Lösung, daher erfolgt die Extraktion etwa beim pH-Wert des Untersuchungsmaterials, was die pflanzenverfügbaren Gehalte an Nährstoffen am besten wiedergibt. Dies

gilt insbesondere für die Bestimmung von Phosphaten in Stoffen mit hohem pH-Wert wie zum Beispiel Kompost.

Chelat: Metallorganischer Komplex, der Schwermetallionen klammerartig binden kann und so wichtige Spurennährstoffe wie Eisen oder Kupfer vor Festlegung schützt, wodurch sie pflanzenverfügbar bleiben. Die Stabilität der Chelate ist vom pH-Wert abhängig und differiert stark.

C/N-Verhältnis: Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff in organischer Substanz. Bestimmt zusammen mit der Zersetzbarkeit des organischen Materials und dem Vorhandensein von leicht verfügbarem mineralischem Stickstoff die Stickstoffdynamik in einem Kultursubstrat. Ist leicht zersetzbares Material enthalten, wird bei einem engen C/N-Verhältnis pflanzenverfügbarer Stickstoff freigesetzt (Mineralisation). Bei leicht zersetzbarem Material und einem weiten C/N-Verhältnis wird mineralischer Stickstoff mikrobiell gebunden (Immobilisierung) und ist damit mehr oder weniger lang für Pflanzen nicht mehr verfügbar.

Dränverhalten: Fähigkeit eines Kultursubstrats, überschüssiges Wasser abfließen zu lassen. Bei gutem Dränverhalten stehen rasch wieder ausreichend luftgefüllte Poren für die Wurzelatmung zur Verfügung.

EC-Wert: Wert der elektrischen Leitfähigkeit wässriger Lösungen (Abkürzung von „electrical conductivity“). Dimensionslose Größe, entspricht mS/cm beziehungsweise dS/m. Bietet eine grobe Orientierung über die Gesamtkonzentration an (Nähr-)Salzen, jedoch keine Information über die Art der Salze in der Lösung. Die Messung beruht darauf, dass

Salze als Elektrolyte den elektrischen Strom in wässrigen Lösungen leiten.

Extraktionsmittel: Bestimmte Lösung, mit der lösliche, also weitgehend pflanzenverfügbare Nährstoffe aus Kultursubstraten oder Substratausgangsstoffen extrahiert werden. Die Extraktion erfolgt durch Schütteln des kulturfeuchten Substrats mit dem Extraktionsmittel, zum Beispiel CaCl_2 , CAL, CAT oder Wasser in einem definierten Verhältnis über eine festgelegte Dauer. Nach Filtration werden die gelösten Nährstoffe im Filtrat gemessen. Je nach Extraktionsmittel werden mehr oder weniger voneinander abweichende Nährstoffgehalte ermittelt, weshalb in der Regel mit den Ergebnissen auch das verwendete Extraktionsmittel genannt wird. Zum Beispiel gibt „N (CaCl_2)“ die in Calciumchlorid-Lösung gemessene Menge an Stickstoff (N) an. In Fällen, bei denen der Einfluss des Extraktionsmittels auf das Ergebnis vernachlässigbar ist, wurde auf die Angabe des Extraktionsmittels im vorliegenden Heft verzichtet.

Inkohlung: Umwandlung von pflanzlicher Substanz in Kohle oder deren Vorstufen, zum Beispiel Torf.

Kapillarität: Aufsteigen von Flüssigkeiten in Hohlräumen mit geringem Durchmesser. In Kultursubstraten ist dies vor allem bei Matten- oder Anstaubewässerung von Bedeutung.

KCl (Kaliumchlorid): Früher im deutschsprachigen Raum verwendetes Suspensionsmittel für die Bestimmung des pH-Wertes in Kultursubstraten, heute abgelöst durch CaCl_2 . pH-Werte in KCl und CaCl_2 sind vergleichbar.

Luftkapazität: Anteil der Poren eines Kultursubstrats, die bei Wasserkapazität mit Luft gefüllt sind (Groporen). Wichtig für die Belüftung des Kultursubstrats und die Wurzelatmung (Versorgung mit Sauerstoff, Entsorgung von Kohlendioxid).

Nährstoffdynamik: Ausmaß der Freisetzung, Umwandlung und Festlegung von Nährstoffen. Besonders von Bedeutung bei Stickstoff und Phosphor.

pH-Wert: Der pH-Wert gibt die Konzentration von Wasserstoffionen (H^+ -Ionen) an. Die Skala reicht von pH 1 bis pH 14. Je niedriger die pH-Zahl, desto saurer ist eine Lösung. Standard-Kultursubstrate liegen im schwach sauren Bereich von 5,0 bis 6,5. Die Messung bei Kultursubstraten erfolgt in einer Aufschlämmung (Suspension). Als Suspensionsmittel werden $CaCl_2$ (deutschsprachiger Raum), KCl (früheres Suspensionsmittel) und Wasser (europäische Norm, Niederlande und angelsächsischer Raum) verwendet. Die Werte in $CaCl_2$ und KCl sind vergleichbar, die Werte in Wasser liegen um 0,5 bis 1,0 pH-Einheiten höher. Häufig wird daher in Klammern das Suspensionsmittel angegeben, zum Beispiel „pH ($CaCl_2$) 5,5“. Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wurde im vorliegenden Heft meist auf diese Angabe verzichtet. Wenn kein Suspensionsmittel genannt ist, sind die pH-Werte in $CaCl_2$ gemessen.

Pufferung:

Nährstoffpufferung: siehe Austauschkapazität.

pH-Pufferung: Fähigkeit eines Kultursubstrats, pH-Wert-Veränderungen auszugleichen.

Rohdichte: Früher bei Kultursubstraten als „Volumengewicht“ bezeichnet, Masse pro definiert verdichtetem Volumen (zum Beispiel Gramm pro Liter).

Sorptionskapazität: Siehe Austauschkapazität.

Stickstoffdynamik: Siehe Nährstoffdynamik und C/N-Verhältnis.

Stickstoffimmobilisierung: Siehe C/N-Verhältnis.

VDLUFA: Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten. Erarbeitet und überprüft analytische Methoden für die Untersuchung von Böden, Kultursubstraten, Düngemitteln u. a.

Wasserkapazität: Wasserhaltevermögen des Kultursubstrats in Mittel- und Feinporen. Menge an Wasser, die gegen die Schwerkraft gehalten werden kann.

Wassersättigung: Wenn alle Poren (Hohlräume) eines Kultursubstrates mit Wasser gefüllt sind, spricht man von Wassersättigung.

Literatur und Internetlinks

12

Informationen zu Kultursubstraten und Substratausgangsstoffen

FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE
E. V. (FNR): Themenportal „Torfersatz“. Ver-
fügbar unter: <https://torfersatz.fnr.de/>

FISCHER, PETER, 2008. Gärtnerische Kul-
tursubstrate. In: Röber, Rolf und Henning
Schacht (Hrsg.): Pflanzenernährung im Gar-
tenbau. 4. Aufl., Ulmer, Stuttgart, S. 125-155

INFODIENST WEIHENSTEPHAN – Spezial:
Substrat-komponenten (Oktober 2007 –
Januar 2010). Verfügbar unter: https://www.hswt.de/fileadmin/Dateien/Forschung/Wissenstransfer/Infodienst/Dokumente/idw-spezial-substrat_zfw_2010.pdf

INDUSTRIEVERBAND GARTEN E. V. (IVG).
Informationsseite über Erden und Substrate.
Verfügbar unter: <https://www.erden-substrate.info/>

SCHMILEWSKI, GERALD K., 2018. Kultursub-
strate und Blumenerden – Eigenschaften,
Ausgangsstoffe, Verwendung. Verfügbar
unter: <https://substratbuch.ivg.org/>

Gütesicherung und Richtlinien

FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTS-
ENTWICKLUNG LANDSCHAFTSBAU E. V. (FLL,
Hrsg.), 2011. Innenraumbegrünungsrichtlini-
en – Richtlinien für die Planung, Ausführung
und Pflege von Innenraumbegrünungen. 3.
Ausgabe, Bonn

FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENT-
WICKLUNG LANDSCHAFTSBAU E. V. (FLL, Hrsg.),
2018. Dachbegrünungsrichtlinien – Richtlini-
en für Planung, Bau und Instandhaltung von
Dachbegrünungen. 6. Ausgabe, Bonn

RAL DEUTSCHES INSTITUT FÜR GÜTESICHE-
RUNG UND KENNZEICHNUNG E. V. (Hrsg.), 2018.
Substrate für Pflanzen, Gütesicherung RAL-
GZ 250. Beuth Verlag Berlin

RAL DEUTSCHES INSTITUT FÜR GÜTESICHERUNG UND KENNZEICHNUNG E. V. (Hrsg.), 2016. Kompost, Gütesicherung RAL-GZ 251. Beuth Verlag Berlin

Institutionen

Bundesgütegemeinschaft Kompost (BGK): <https://www.kompost.de/>

Gütegemeinschaft Substrate für Pflanzen e. V. (GGS): <https://www.substrate-ev.org/>

Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HSWT): <https://www.hswt.de/>

Regeling Handels Potgronden (RHP): <https://www.rhp.nl/>

Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA): <https://www.vdlufa.de/de/>



Container- und Freilandbaumschule – Produktionsverfahren planen und kalkulieren

Ob Maschinenkosten, Investitionsbedarf in Containerkulturf lächen oder Arbeitszeitwerte – die Datensammlung hilft überall dort, wo keine eigenen Erfahrungswerte vorhanden sind oder abgesicherte Vergleichswerte benötigt werden. Flächenbedarf, Verfahrensabläufe der einzelnen Kulturjahre, Leistungen, Kosten und wirtschaftliche Erfolgsgrößen: Die 20 gebräuchlichsten Kulturgehölze werden dahingehend systematisch beschrieben.

Darmstadt, 2022, 436 Seiten
28 Euro
ISBN: 978-3-945088-87-6
Best.-Nr.: 19528



Bewässerungs- und Düngungssysteme im Gartenbau – Wasserwirtschaftliche Anforderungen

Dieses Heft bietet Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern von Genehmigungsbehörden, Wasserversorgungsunternehmen und Gärtnerinnen und Gärtnern Informationen, welchen Anforderungen die Anlagen zur Lagerung und Verteilung von flüssig ausgebrachten Düngern aus wasserwirtschaftlicher Sicht genügen müssen und wie bestehende Anlagen beurteilt werden können – kurz, wie sich die rechtlichen Anforderungen in der Praxis umsetzen lassen.

Darmstadt, 2018, 56 Seiten
9 Euro
ISBN: 978-3-945088-54-8
Best.-Nr.: 40121

Bestellung an:

KTBL, Bartningstraße 49, D-64289 Darmstadt | Tel.: +49 6151 7001-189 |
E-Mail: vertrieb@ktbl.de | www.ktbl.de



Stickstoffdüngung im Freilandgemüsebau

In Teilgaben düngen, Zwischenfrüchte anbauen, Berechnungstools nutzen: Die Broschüre gibt Tipps zur effizientesten Stickstoffdüngung im Freilandgemüsebau. Die Handlungsempfehlungen haben Gemüsebaubetriebe gemeinsam mit Fachberatung und Wissenschaft erarbeitet. Sie stammen aus dem Modell- und Demonstrationsvorhaben „Optimierung der Stickstoffdüngung im Freilandgemüsebau“ und zeigen, wie Freilandgemüse optimal gedüngt werden kann, ohne die Umwelt über Gebühr zu belasten. Vor dem Hintergrund der aktuellen Düngeverordnung sind die Maßnahmen auf verschiedenen Betrieben erprobt worden. Dabei wurden sowohl die Belange kleinerer direktvermarktender Betriebe als auch großer, für den Lebensmitteleinzelhandel produzierender Betriebe berücksichtigt. Die abgeleiteten Tipps eignen sich daher für eine Vielzahl von Betriebsgrößen und -strukturen und können direkt im eigenen Betrieb ausprobiert werden. In jedem Kapitel sind die Maßnahmen zu dem jeweiligen Themenbereich – wie zum Beispiel Düngemanagement, Zwischenfrüchte und Bewässerung – ausführlich beschrieben und abschließend kompakt zusammengefasst. Eine Tabelle mit Ansprechpartnerinnen und Ansprechpartnern und weiterführenden Informationen in den einzelnen Bundesländern rundet die Informationen ab.

Broschüre, DIN A5, 144 Seiten

Erstauflage

Art.-Nr. 1778



Lebendige Böden – fruchtbare Böden

Welche Rolle spielen Bodenlebewesen für die Funktionsfähigkeit von Böden? Wie wirken sich die landwirtschaftlichen Eingriffe auf das Bodenleben aus? Die Broschüre beschreibt Maßnahmen, die Bodenlebewesen gezielt fördern und ihre Leistungen für die landwirtschaftliche Produktion nutzbar machen.

Außerdem informiert sie über die Vielfalt der Bodenorganismen und ihre Lebensbedingungen. Davon ausgehend werden die Beteiligung verschiedener Bodenlebewesen an den Prozessen im Boden anschaulich erklärt und Ökosystemleistungen abgeleitet. Die Broschüre wurde von zahlreichen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie Expertinnen und Experten aus Bundesbehörden, Bundesforschungseinrichtungen, den Landwirtschaftsministerien und Beratungsorganisationen der Länder verfasst. Mit dieser Broschüre gelingt ein schneller und trotzdem fachlich fundierter Einstieg mit den wesentlichen Informationen zu den wichtigsten Bodenorganismen in Ackerböden bzw. auf Grünlandstandorten. Für die landwirtschaftliche Beratung sind vor allem die Beschreibungen der Maßnahmen zur gezielten Förderung des Bodenlebens interessant und praktisch nutzbar als Ausgangspunkt oder Leitfaden für Beratungsgespräche mit Landwirtinnen und Landwirte.

Broschüre, DIN A4, 48 Seiten

Erstauflage

Art.-Nr. 1020



Das Bodenartendreieck

Interaktives Bodenartendreieck: Die BZL-Publikation bietet in der interaktiven Download-Version grundlegende Informationen zu jeder Bodenart. Größe und Zusammensetzung der Bodenpartikel bestimmen entscheidend die Bodeneigenschaften und die Möglichkeiten für die landwirtschaftliche Nutzung. Die Bodenart beschreibt die Zusammensetzung des Feinbodens und ist damit ein

wesentlicher Indikator für die Bodeneigenschaften:

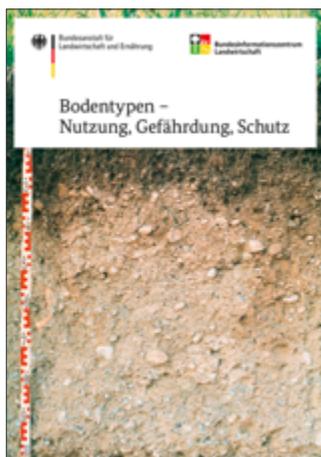
Es werden drei Größenklassen unterschieden: Ton, Schluff und Sand. Die Anteile der Größenklassen lassen sich mit dem Bodenartendreieck (Texturdreieck) verdeutlichen, in dem mit 31 Teilflächen jede denkbare Kombination aus Ton, Schluff und Sand eindeutig einer Bodenart zugeordnet wird.

Als ergänzende Information werden in der Download-Version ein Bestimmungsschlüssel sowie wichtige Hinweise zur Durchführung einer Fingerprobe vorgestellt. Mit ihr lässt sich eine Bodenprobe vor Ort ohne weitere Hilfsmittel einer Bodenart zuordnen.

Heft, DIN A5, 8 Seiten

Erstauflage

Art.-Nr. 0244



Bodentypen – Nutzung, Gefährdung, Schutz

So vielfältig wie die Landschaften sind auch die Böden Deutschlands. Als Wasser- und Nährstoffspeicher sind sie die Produktionsgrundlage für die Land- und Forstwirtschaft und den Gartenbau. Ihrem Schutz kommt daher große Bedeutung zu. Ausgehend von der Entstehungsgeschichte der Bodentypen informiert das Heft über deren Eigenschaften wie zum Beispiel die Korngrößenverteilung, den pH-Wert und den Humusgehalt. Farbfotos von Bodenprofilen veranschaulichen die wichtigsten Merkmale 25 ausgewählter Bodentypen. Landwirtinnen und Landwirte sowie Beraterinnen und Berater erfahren, für welche Art der Bewirtschaftung der jeweilige Typ am besten geeignet ist und wo er seine Stärken und Schwächen hat. Außerdem erhalten sie darauf abgestimmte Tipps zur Bodenbearbeitung und zur Düngung.

Broschüre, DIN A5, 92 Seiten

6. Auflage

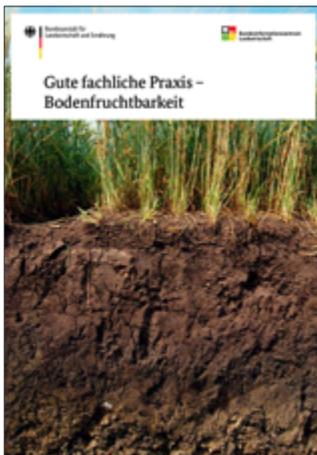
Art.-Nr. 1572



Böden in der Landwirtschaft

Das Poster stellt acht Bodentypen vor, die landwirtschaftlich genutzt werden, sowie einen Weinbergsboden. Jedes ausgewählte Bodenprofil ist typisch im Hinblick auf seine Verbreitung innerhalb einer bestimmten Agrarlandschaft. Neben der Horizontabfolge wird jeweils die mögliche landwirtschaftliche Nutzung beschrieben.

Poster DIN A1 auf DIN A4 gefaltet
Erstauflage
Art.-Nr. 0046



Gute fachliche Praxis – Bodenfruchtbarkeit

Bodenfruchtbarkeit ist mehr als der Ertrag in Dezitonnen: Dazu gehören auch der Umgang mit Pflanzenschutzmitteln, die Düngung, die Fruchtfolge und ackerbauliche Maßnahmen. Die komplexen Zusammenhänge werden in der Broschüre erläutert und zwar mit Blick auf eine Verbesserung der guten fachlichen Praxis. Sie ist definiert im Bundesbodenschutzgesetz. Im § 17 steht, dass die Bodenfunktionen, wie der Luft-, Wasser-, Nährstoffhaushalt, erhalten werden sollen. Mehr als 20 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben den Stand des aktuellen Wissens zum Thema Bodenfruchtbarkeit zusammengetragen. Ihre Erkenntnisse sollen mit der Broschüre in die Praxis getragen werden. Sie dient als Grundlage für Landwirtinnen und Landwirte, Beratungskräfte, Vertretungen der Fachbehörden und der Ausbildung im Agrarbereich.

Broschüre, DIN A4, 144 Seiten
2. Auflage
Art.-Nr. 1585

Was bietet das BZL?

Internet

www.landwirtschaft.de

Vom Stall und Acker auf den Esstisch – Informationen für Verbraucherinnen und Verbraucher

www.praxis-agrar.de

Von der Forschung in die Praxis – Informationen für Fachleute aus dem Agrarbereich

www.bzl-datenzentrum.de

Daten und Fakten zur Marktinformation und Marktanalyse

www.bildungsserveragrar.de

Gebündelte Informationen zur Aus-, Fort- und Weiterbildung in den Grünen Berufen

www.nutztierhaltung.de

Informationen für eine nachhaltige Nutztierhaltung aus Praxis, Wissenschaft und Agrarpolitik

www.oekolandbau.de

Das Informationsportal rund um den Öko-Landbau und seine Erzeugnisse

Social Media

Folgen Sie uns auf X, Instagram und YouTube



@bzl_aktuell



@mitten draussen



BZLandwirtschaft

Unsere Newsletter

www.landwirtschaft.de/newsletter

www.oekolandbau.de/newsletter

www.praxis-agrar.de/newsletter

www.bmel-statistik.de/newsletter

Medienservice



Alle Medien erhalten Sie unter
www.ble-medien-service.de



Impressum

1085/2023

Herausgeberin

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung

Präsidentin: Dr. Margareta Büning-Fesel

Deichmanns Aue 29

53179 Bonn

Telefon: +49 (0)228 6845-0

Text, Abbildungen und Tabellen (falls nicht anders angegeben)

Dr. Susanne Amberger-Ochsenbauer und Prof. Dr. Elke Meinken

Texte der vorangegangenen Ausgaben:

Prof. Dr. Franz Penningsfeld (+) und Prof. Dr. Peter Fischer (+)

Bilder und Abbildungen

Titelbild, Bild 1, 18, 22, 23, 28-30, 32- 36, 38-40, 48-52, 54-56: Susanne Amberger-Ochsenbauer; Bild 2, 3, 9, 10, 14, 15, 24, 25, 41, 43-47, 53, 58: HSWT, Institut für Gartenbau; Bild 4, 8, 57: Peter Fischer; Bild 5, 6, 17, 19-21, 26, 31, 37, 42: Daniel Hauck; Bild 7: contadora1999 via Adobe Stock; Bild 11, 27, 60: Gütegemeinschaft Substrate für Pflanzen e.V.; Bild 12: Silke Kumar; Bild 13: Olaf Bastian; Bild 16: Bernhard Moser, ZM-Technik für Holz AG; Bild 59: Bundesgütegemeinschaft Kompost; Bild 61: Regelung Handels Potgronden, Niederlande

Redaktion

Redaktionsbüro Jörg Planer, Meckenheim, www.redaktionsbüro-planer.de

Anne Staeves, BZL in der BLE, Referat 412 – Fachkommunikation Landwirtschaft

Layout

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung

Referat 411 – Medienkonzeption und -gestaltung

Druck

Kunst- und Werbedruck GmbH & Co. KG

Hinterm Schloss 11, 32549 Bad Oeynhausen

Das Papier besteht zu 100 % aus Recyclingpapier.

Nachdruck oder Vervielfältigung – auch auszugsweise – sowie Weitergabe mit Zusätzen, Aufdrucken oder Aufklebern nur mit Zustimmung der BLE gestattet.

3. überarbeitete Neuauflage, geringfügig aktualisierter Nachdruck © BLE 2023



BZL



Das Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (BZL) ist der neutrale und wissensbasierte Informationsdienstleister rund um die Themen Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Imkerei, Garten- und Weinbau – von der Erzeugung bis zur Verarbeitung.

Wir erheben und analysieren Daten und Informationen, bereiten sie für unsere Zielgruppen verständlich auf und kommunizieren sie über eine Vielzahl von Medien.

www.praxis-agrar.de