

# Literaturstudie

## Torfersatzstoffe im Gartenbau



Foto: Huntenburg

**Katharina Huntenburg**

Landwirtschaftskammer Niedersachsen  
Lehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau  
Hogen Kamp 51  
26160 Bad Zwischenahn

Beginn der Studie am 15.10.2015  
Abschluss der Studie am 29.02.2016

Diese Studie wurde im Auftrag  
des Niedersächsischen  
Ministeriums für Ernährung,  
Landwirtschaft und  
Verbraucherschutz  
durchgeführt.

## Inhaltsverzeichnis

Torfersatzstoffe im Gartenbau.....	1
Allgemeines .....	2
Torf in gartenbaulichen Substraten .....	3
Substratkomponenten .....	5
Kompost .....	5
Holzfaser.....	7
Kokosmaterialien.....	7
Paludikultur .....	12
Life Cycle Assessment .....	12
Fazit .....	14
Literatur.....	16
Anhang 1 .....	I

## Torfersatzstoffe im Gartenbau

Im Auftrag des Niedersächsischen Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz wurde eine Literaturstudie zum Einsatz von Torfersatzstoffen in gärtnerischen Substraten durchgeführt. Ziel war es zu klären, welche Erkenntnisse bereits in Forschungsgruppen im In- und Ausland gewonnen wurden und an welcher Stelle noch Wissensbedarf besteht.

Entsprechend dem Auftrag wurden europa- und weltweit publizierte Ergebnisse von Studien, die im Zusammenhang mit Torfersatzstoffen und torfreduzierten Substraten stehen, recherchiert, gesichtet und eingeordnet. Dazu wurden intensive Recherchen mit der Internet-Datenbank Scopus durchgeführt. Diese beinhaltet wissenschaftliche Artikel aller großen Verlage und wichtigen Zeitschriften mit Abstract, die über Schlagworte zu finden sind. Die Datenbank Scopus ist für den Bereich der Gartenbauwissenschaften sehr gut geeignet, da sie viele Zeitschriften in den Bereichen Pflanze, Agrarwissenschaften und Gartenbau vereint. Zusätzlich wurde in den Universitätsbibliotheken Hannover und Oldenburg die Datenbank Web of Knowledge genutzt. Für die Recherche von Artikeln im Zusammenhang mit Torfersatzstoffen wurden unter anderem folgende Schlagworte in der Suche eingesetzt: Substrate, Growing Media, Peat, Peat-free, Peat-reduced, Compost, Cocopeat, Coir, Wood Fibre, Bark, Sphagnum, Horticulture, Life Cycle Assessment, Environment, Ecology, Plant Physiology. Neben der Suche in diesen Datenbanken wurden auch über Google, Google Scholar und die Handapparate der Universitätsbibliotheken (gärtnerische Fachzeitschriften) Informationen gesucht. Die bei dieser Recherche gefundenen Artikel wurden in einer Excel-Datei mit bibliographischer Beschreibung, Weblink, Zusammenfassung und Schlagworten aufgeführt. Zusätzlich sind alle Artikel als PDF-Datei mit der Benennung: „Autoren, Jahr, Titel.pdf“ digital gespeichert.

Bei der Recherche wurde ein Schwerpunkt auf Versuche gelegt, die mit gartenbaulichen Kulturen durchgeführt wurden. Allgemeine Untersuchungen der Substratausgangsstoffe wurden nicht so stark berücksichtigt. Der überwiegende Teil der Literatur stammt aus Europa, einige Artikel sind aber auch aus den USA und Neuseeland. Das ist zum großen Teil der Tatsache geschuldet, dass beispielsweise Artikel aus Südamerika in der Regel nur in spanischer oder portugiesischer Sprache verfügbar waren. Auf Hortigate wurden bereits viele Ergebnisse deutscher Forschungsanstalten zu diesem Thema veröffentlicht. Die Datenbank hat eine gute Struktur, in der Ergebnisse leicht gefunden werden können. Die Berichte sind allerdings für Praktiker verfasst und haben eine Maximallänge von zwei Seiten. Dadurch sind die dargestellten Ergebnisse aufgrund von fehlenden Hintergrundinformationen häufig schwer mit den Ergebnissen von Forschergruppen anderer Länder vergleichbar. Aus diesem Grund sind Ergebnisse deutscher Forschergruppen nur in reduziertem Maße in die vorliegende Studie eingeflossen. Das Hauptaugenmerk liegt auf Artikeln ab dem Jahr 2000, rund 67 % der Artikel sind dabei aus den letzten zehn Jahren. Damit ist gewährleistet, dass es sich in der Mehrzahl um neuere Erkenntnisse handelt.

## Allgemeines

Bis Ende der fünfziger Jahre des zwanzigsten Jahrhunderts wurden Topfsubstrate in der Regel in der Gärtnerei selbst gemischt. Erst in den sechziger Jahren begann die professionelle Mischung und Konfektionierung von Topfsubstraten (Bohlin und Holmberg, 2004; Handreck, 2011). Ende der sechziger Jahre wurden Torfsubstrate in verschiedenen europäischen Ländern populärer, was unter Anderem dem „Einheitserde-Konzept“ von Prof. Fruhstorfer zuzuschreiben ist (Rivière und Caron, 2001; Bohlin und Holmberg, 2004; De Lucia et al., 2011). Schmilewski (2009) gibt an, dass einige Bereiche des heutigen Gartenbaus nur aufgrund dieser Entwicklung ökonomisch überlebensfähig blieben. Aufgrund dieser guten Erfahrungen ist Torf noch heute ein Hauptbestandteil vieler gartenbaulich genutzter Substrate (Pozzi et al., 2003; Rivière und Caron, 2001; Bohne, 2004; Frangi et al., 2004; Ceglie et al., 2015). Schmilewski (2009) fand in einer Umfrage heraus, dass in den in der EU produzierten Substraten etwa 77 % Torf enthalten sind. Traditionelle Torfabbau-Länder sind Deutschland, Irland, Schweden, Finnland und England. Der Torf wird jedoch nicht nur in den Abbauländern verbraucht. So zeigte die Studie auch, dass in Italien, nach Deutschland der zweitgrößte Substratproduzent der Studie, 74 % der genutzten Rohstoffe zur Substratproduktion Torf sind (Schmilewski, 2009). Der Rohstoff Torf muss also importiert werden, was die Kosten in die Höhe treibt. Das ist inzwischen auch im ehemaligen Abbauland Niederlande so. Dort gibt es heute kaum noch Torfvorkommen, für Substrate wird von diesem Torf nichts mehr genutzt (Schmilewski, 2009). Ein solches Beispiel nährt Befürchtungen, dass auch in anderen Ländern die Rohstoffe dem Boden entnommen werden und im ökologischen Sinne wertloses Land zurückgelassen wird.

Schon in den achtziger Jahren gab es in verschiedenen Ländern der EU eine Welle des Widerstands gegen die Nutzung von Torf. Häufig wurden dabei Gründe des Umweltschutzes angeführt. In Ländern, die selbst über keine Torfvorkommen verfügen, spielten auch die Kosten der Beschaffung eine große Rolle (Rivière und Caron, 2001; Carlile, 2004; Raviv et al., 2011). Und auch heute ist in ganz Europa der Druck des Marktes hin zu torf reduzierten Substraten spürbar (Guérin et al., 2001; Frangi et al., 2004; Ceglie et al., 2015; Großmann et al., 2015).

In Deutschland hat die Diskussion um den Torfabbau in den letzten Jahren wieder an Bedeutung gewonnen. Das zeigt beispielsweise die Kampagne „Torf tötet“ des Bundes für Umwelt Naturschutz Deutschland e.V. (BUND), begleitet von Faltblättern und Einkaufsempfehlungen zu torffreien Blumenerden (BUND, 2014), außerdem behandeln verschiedene Fernsehberichte dieses Thema (Markencheck, WDR, 09.09.13, 21:00 Uhr; plietsch, NDR, 27.07.15, 15:00 Uhr). Diese Präsenz übt massiven Druck auf Produzenten und Endverkäufer aus, den Torfeinsatz zu verringern bzw. mehr torffreie Produkte anzubieten. So überlegt eine große Einzelhandelskette bereits, künftig nur Pflanzen in torffreien Substraten zu verkaufen (Emmel, persönliche Mitteilung). Politisch wurde mit dem niedersächsischen Landesraumordnungsprogramm (LROP) die Möglichkeit des Torfabbaus in Niedersachsen stark eingeschränkt. Der Naturschutzbund Deutschland (NABU) und der Industrieverband Garten (IVG) tragen dieser Thematik Rechnung durch ein gemeinsames Natur- und Klimaschutzkonzept für Hochmoorgebiete unter Einbeziehung der Rohstoffnutzung (NABU und IVG, 2015).

Diese Entwicklungen ähneln in hohem Maße den Argumentationen von NGOs und den Reaktionen aus Forschung und Politik in England zwischen 1997 und 2000, wie Carlile (2004) sie beschreibt. Die Diskussion um den Umweltnutzen der Torfvorkommen und die Information der Verbraucher übte zunächst einen großen Druck auf Produzenten und Handel aus. Das sogenannte

„Peatering out“, der Rückzug aus der Torfnutzung, war das Schlagwort der Zeit. In späteren Erhebungen zeigte sich aber, dass die Wünsche der Verbraucher, die in Befragungen angegeben wurden, nicht zu einer Änderung des eigenen Kaufverhaltens führten. Tatsächlich stiegen die Verkaufszahlen bei Hobbyerden in England zwischen 1993 und 1999 im Bereich der Torfsubstrate deutlich stärker als im Bereich der torffreien Substrate (Carlile, 2004). Hinzu kommt, dass die Produktionsgärtner wenig Erfahrungen mit alternativen Substraten haben (Rainbow, 2009), sodass sie das Risiko von Pflanzenschäden durch den Einsatz neuer, in ihren Eigenschaften wenig bekannter Substrate ohne Torf nur ungern in Kauf nehmen.

Auch in Deutschland ist das Thema Torf in Substraten und Blumenerden zunehmend in das Bewusstsein der Verbraucher gerückt. 69 % der Hobbygärtner sind dem Angebot von torffreien Substraten gegenüber positiv eingestellt (Kirig, 2015), viele wollen für torffreie Produkte mehr Geld ausgeben (Ökotest, 2015) und rund 55 % der IVG-Verbandsmitglieder geben an, dass torfreduzierte Erden tatsächlich stärker nachgefragt werden als früher (Klawitter, 2015c). Eine andere Studie zeigt, dass 64 % der Verbraucher das Thema Nachhaltigkeit beim Einkauf im Kopf haben und es bei der Kaufentscheidung stets berücksichtigen (11 %) oder versuchen darauf zu achten (53 %). Allerdings sind nur für ca 30 % der Verbraucher soziale und nachhaltige Aspekte im Bereich Torf und Blumenerde wichtig, deutlich wichtiger sind diese Aspekte bei Kosmetik und Babyartikeln. (Eichholz-Klein, 2015). In diesem Punkt unterscheiden sich die derzeitigen Vorgänge in Deutschland offenbar von denen in England Ende der neunziger Jahre. Die Kunden scheinen durchaus bereit für eine bessere Umweltbilanz tiefer in die Tasche zu greifen. Dieser Trend kann mit gewissen Einschränkungen wahrscheinlich auch auf den Pflanzenhandel übertragen werden. Die Frage ist natürlich, welcher Preisanstieg akzeptiert wird und ob mit diesen Mehreinnahmen eine torfreduzierte Pflanzenanzucht wirtschaftlich möglich ist.

Auf Seiten der Produzenten gibt es jedoch Bedenken, dass torfreduzierte Substrate die Kulturrisiken erhöhen könnten (Großmann et al., 2015). Die Wasser- und Düngerversorgung wird grundsätzlich auch heute schon an die Bedürfnisse der Kulturen angepasst. Mit neuen Substraten kann es aber nötig sein, Bewässerung und Düngung auch an das Substrat anzupassen (Guérin et al., 2001; Abad et al., 2005; Großmann et al., 2015). Bei einer falschen Einstellung dieser Parameter kann es zu minderer Pflanzenqualität kommen oder gar zu Ausfällen, was ein hohes wirtschaftliches Risiko birgt.

### **Torf in gartenbaulichen Substraten**

Torf eignet sich aufgrund seiner chemischen und physikalischen Beschaffenheit gut als Topf- und Gartensubstrat für ein breites Pflanzensortiment (Rivière und Caron, 2001; De Lucia et al., 2008; Srámek et al., 2010). Dazu gehört zum Beispiel die Porenstruktur, die für eine gute Wasserhaltefähigkeit sorgt, aber ebenso eine gute Luftkapazität zur Belüftung des Wurzelraumes für die meisten Kulturen aufweist (Rivière und Caron, 2001; Bohlin und Holmberg, 2004; Raviv, 2011). Damit einher geht die geringe Dichte, durch die Transportkosten geringer bleiben (Raviv, 2011). Ein weiterer Vorteil von Torf als Substrat ist das Fehlen von Pathogenen und der geringe Anteil von Unkrautsamen im Rohmaterial (Bohlin und Holmberg, 2004). Tabelle 1 zeigt Werte, die für viele gartenbauliche Kulturen passend sind. Diese Tabelle gibt Durchschnittswerte an und kann naturgemäß nicht die ganze Bandbreite der unterschiedlichen Kulturen abdecken.

Trotz all dieser Vorteile kann ein torfbasiertes Substrat nicht die Bedürfnisse aller Kulturpflanzen im Gartenbau gleichermaßen erfüllen. Auch ein solches Substrat muss also so verändert werden, dass es den Ansprüchen verschiedener Kulturen gerecht wird (Guérin et al., 2001). Der niedrige pH-Wert und der geringe Nährstoffgehalt reinen Torfes können bereits bei der Substratmischung mit Kalk und Dünger auf das gewünschte Level gebracht werden (Bohlin und Holmberg, 2004). Die Bedingungen für salzempfindliche Pflanzen oder Kulturen, die einen niedrigen pH-Wert für das Wachstum brauchen, können damit ebenso leicht eingestellt werden wie beispielsweise die Bedingungen für Pflanzen mit hohem Bedarf an Nährstoffen.

Aber auch die physikalischen Eigenschaften sind nicht für jede Pflanzenart optimal. So werden beispielsweise schon heute im professionellen Gartenbau sogenannte „Torfzuschlagsstoffe“ eingesetzt, um die Substrateigenschaften zu verbessern (Schmilewski, 2009). In manchen Baumschulsubstraten ist standardmäßig ein gewisser Anteil Rinde enthalten (Guérin et al., 2001; Warren et al., 2009). Auch Kokosfaser hat gute physikalische Eigenschaften, um als Substrat genutzt zu werden. Hier ist allerdings eine Behandlung des Materials notwendig, um den Salzgehalt auf ein pflanzenverträgliches Niveau zu bringen (Lanzi et al., 2009). Guérin et al. (2001) verwenden in ihrer Studie ein Standardsubstrat, das zu 50 % aus Rindenkompst besteht. Die Frage ist also in diesem Bereich nicht mehr, ob ein Teil des Torfes ersetzt werden kann. Es geht eher darum, welcher Prozentsatz möglich ist und was geeignete Materialien wären.

Schon heute beraten Substrathersteller die Produktionsgärtner sehr individuell. Diese bestehende Struktur und das Vertrauen in das Know-How der Berater können genutzt werden, um torfreduzierte Substrate stärker zu bewerben.

**Tabelle 1: Optimale/ akzeptable Eigenschaften von Substraten**

Parameter		optimale/ akzeptable Werte	Gütekriterien nach RAL
Schüttdichte	(g/cm <sup>3</sup> )	< 0,4	
Gesamtporenvolumen	(% v/v)	> 85	
Luftkapazität	(% v/v)	20 – 30	
pflanzenverfügbares Wasser	(% v/v)	24 – 40	
pH-Wert	Allgemein Azaleen, Eriken, Moorbeet	5,3 – 6,5 (in H <sub>2</sub> O)	5,0 – 6,5 (in CaCl <sub>2</sub> ) 3,4 – 4,6 (in CaCl <sub>2</sub> )
Leitfähigkeit/ Salzgehalt	Allgemein Azaleen, Eriken, Moorbeet	< 0,5 (dS/m)	< 3,0 g KCl/l < 1,0 g KCl/l
Gesamtgehalt organische Masse	(% v/v)	> 80	
Quellen		(De Lucia et al., 2008)	(RAL-GZ 250/2)

### Substratkomponenten

Es gibt eine große Bandbreite möglicher Substratkomponenten. Neben den bereits gängigen Mischungen untersuchen viele Studien Komposte aus unterschiedlichen Materialien wie Rinde und Grünschnitt, aber es werden auch Holzfasern, Kokosmaterialien, Reisspelzen, Holzhäcksel, Sägespäne, Mandelschalen sowie synthetische Materialien als Zuschlagsstoffe genutzt (Allaire et al., 2004; Bohne, 2004; Inden and Torres, 2004; Ismail et al., 2004; Kang et al., 2004; Warren et al., 2009; Russo et al., 2011). Auch die Substrathersteller experimentieren mit unterschiedlichen Materialien wie Weide, *Sida*, *Miscanthus*, Topinambur, Schilf oder *Sphagnum*. All diese Materialien müssen aber vor der Verwendung aufbereitet werden, damit sie die gewünschten chemischen und physikalischen Eigenschaften erhalten (Klawitter, 2015 a und b).

### Kompost

Rinde und Rindenkompost werden heute bereits in viele Substrate eingemischt, vor allem im Baumschulbereich (Dubský und Srámek, 2009; Warren et al., 2009). Im Zierpflanzenbau ist dies noch nicht so üblich, obwohl bereits in den achtziger Jahren gezeigt werden konnte, dass die Beimischung von Rindenkompost auch in Substraten für bestimmte Beet- und Balkonpflanzen möglich ist (Deulofeu und Aguila Vila, 1984). Rinde und Rindenkompost sind jedoch nur in begrenztem Maße verfügbar. Die geschlagene Menge Holz pro Jahr wird sich in Europa laut einem Szenario bis 2030 nicht deutlich erhöhen (Mantau et al., 2010). Damit bleibt auch die Menge der anfallenden Rinde etwa gleich. Hinzu kommt die Konkurrenz zwischen stofflicher Nutzung der Rinde, beispielsweise in Substraten, und energetischer Nutzung, beispielsweise an Brennholz (Warren et al., 2009). Dies treibt den Marktpreis des Rohstoffes in die Höhe und limitiert dessen Verfügbarkeit. Ähnliches ist für weitere Abfallprodukte der Holzindustrie, wie Sägespäne und Holzhäcksel, zu erwarten.

Auf der Suche nach Alternativen bieten sich immer wieder verschiedene Abfallprodukte an, da diese häufig günstig und in größeren Mengen verfügbar sind. Dazu zählen beispielsweise Komposte aus Grünabfällen der städtischen Grünflächen, kompostierter Stallmist, Gülle oder Klärschlamm, kompostierte Hausabfälle und sogar kompostierte Reste aus der Olivenöl-, Bier- oder Palmölproduktion (Hidalgo und Harkess, 2002; Hashemimajd, 2006; De Lucia et al., 2008, de Lucia et al., 2011; Doyle et al., 2011). An dieser Stelle muss zusätzlich unterschieden werden zwischen thermisch erzeugtem Kompost, der unter hohen Temperaturen und Einwirkung von Mikroorganismen entsteht und Vermikompost, bei dem Kompostwürmer wie beispielsweise *Eisenia foetida* für eine Umsetzung der Biomasse sorgen (Hidalgo und Harkess, 2002; Raviv, 2011).

Im thermisch erzeugten Kompost werden aufgrund der hohen Temperaturen während der Zersetzung viele Pathogene und Unkrautsamen abgetötet. Das Material wird also bereits im Kompostierungsprozess hygienisiert (Raviv, 2011). Mit dieser Methode ist der Kompost nach etwa drei Monaten ausgereift (Sinha et al., 2009) während Vermikompost bereits nach einem Monat genutzt werden kann (Hidalgo und Harkess, 2002).

Kompostierung stabilisiert das organische Material und ändert ungünstige Eigenschaften des Ausgangsmaterials. So werden zum Beispiel Stickstoff-Immobilisierung und Phytotoxizität vermindert sowie die Schüttdichte beeinflusst und damit viele physikalische Eigenschaften geändert (Prasad und Carlile, 2009; Wever und Scholman, 2011). Insgesamt hat Kompost im Vergleich zu Torf eine höhere Schüttdichte und ein etwas niedrigeres Gesamtporenvolumen (Frangi et al., 2004; De Lucia et al., 2008).

Ein wichtiges Argument für die Nutzung von Komposten in Pflanzensubstraten ist immer wieder die Verwertung der Abfälle, deren Entsorgung teuer ist und der Platz knapp wird (Guérin et al., 2001; Hashemimajd et al., 2006; De Lucia et al., 2008; Iglesias et al., 2008). Pflanzenbaulich positiv aufgeführt werden die Suppressivität gegen bodenbürtige Schaderreger und eine Pufferkapazität gegenüber dem Salzgehalt (Iglesias et al., 2008; Raviv, 2008). Der Salzgehalt wird allerdings von einigen Autoren gerade zu Beginn der Kultur als problematisch hoch beschrieben, auch der pH-Wert von Kompostsubstraten kann die verträglichen Grenzen schnell übersteigen (Rainbow, 2009; Iglesias et al., 2008; Warren et al., 2009; Wever und Scholman, 2011). So kann beispielsweise gebrauchtes Substrat aus dem Pilzanbau nur in sehr geringen Mengen eingemischt werden, da der Salzgehalt sehr hoch ist (Wever et al., 2005). Um diesem Problem zu begegnen, ist ein interessanter Ansatz von Wever et al. (2005), die Zusammensetzung eines Pilzsubstrates so zu verändern, dass das Abfallprodukt weiterverwendbar ist. Dabei müssen ausreichend Nährstoffe für die Pilzkultur vorhanden sein, die Salzlast des Restsubstrates nach der Kultur sollte aber geringer sein. Damit könnte das gebrauchte Pilzsubstrat in größeren Mengen als Topfpflanzensubstrat genutzt werden.

Eine weitere Schwierigkeit ist die Nährstoffzusammensetzung und -freisetzung von Kompostsubstraten. So kann es durchaus sein, dass gerade zu Beginn der Kultur ein Teil der Nährstoffe ausgewaschen wird, die von der Jungpflanze noch nicht verwertet werden, später aber fehlen (Hidalgo und Harkess, 2002). Hinzu kommt, dass es zu einer Stickstoff-Immobilisierung durch die Mikroorganismen-Aktivität kommen kann, eine zusätzliche Düngung ist also häufig notwendig (Frangi et al., 2004; Hashemimajd, 2006; Rainbow, 2009; Prasad und Carlile, 2009). Kalium und Phosphat sind jedoch häufig in großen Mengen vorhanden (Guérin et al., 2000; Großmann et al., 2015). Die typischen N-P-K-Dünger würden also bei ausreichendem Stickstoff-Angebot zu einem Überschuss an Phosphat und Kalium führen und damit möglicherweise zu Toxizitäts-Symptomen an den Pflanzen. An diesem Beispiel wird deutlich wie wichtig es ist, die Düngung an das jeweilige Substrat anzupassen.

Außerdem ist es wichtig zu beachten, welche Kompostart zu welchem Anteil im Substrat eingesetzt wird. Die richtige Mischung hängt hier stark von der Pflanzenart und ihren spezifischen Toleranzgrenzen ab (Deulofeu und Aguila Vila, 1984; Hidalgo und Harkess, 2002; Wilson et al., 2002). Aus diesem Grund variieren die Ergebnisse zur maximal möglichen Einmischungsmenge. Hidalgo und Harkess (2002) schreiben, dass der Anteil von Vermikompost 25 – 50 % des Substrates nicht übersteigen sollte und für die Kultur von manchen Pflanzenarten gar nicht geeignet ist. Gutes Wachstum und gute Pflanzenqualitäten konnten in einigen Studien bei Substratmischungen zwischen 30 % und 50 % Kompost erzielt werden (Wilson et al., 2002; Hashemimajd et al., 2006; De Lucia et al., 2008 und 2011, Pantanella et al., 2011). Iglesias et al. (2008) fanden sogar bei 100 % Kompost keinen signifikanten Wachstumsunterschied von *Thuja plicata* im Vergleich zum Torfsubstrat. Dagegen berichten Frangi et al. (2004) von einem geringeren Wachstum der Pflanzen bei 50 % Einmischung von Kompost und De Lucia et al. (2008) beobachteten eine sinkende Wurzelqualität mit steigendem Kompostanteil. Zusätzlich kann es zu weiteren Reaktionen der Pflanze wie einer früheren Blüte in manchen Beet- und Balkonpflanzen und einem kompakteren Wuchs durch kürzere Internodien kommen (Hidalgo und Harkess, 2002; Iglesias et al., 2008). Beides sind durchaus erwünschte Reaktionen im Zierpflanzenbau, sie konnten aber nicht bei allen Pflanzen beobachtet werden.



All diese Beispiele zeigen, dass die Ausgangsmaterialien sich von Land zu Land unterscheiden und die Ergebnisse der Forschergruppen damit schwer vergleichbar sind (Deulofeu und Aguila Vila, 1984). Es muss also ganz genau hingeschaut werden, welche Studien für bestimmte Aussagen genutzt werden können.

### Holzfaser

Holzfaser werden bereits in vielen Substratmischungen eingesetzt. Durch die Einmischung von Holzfasern können physikalische Eigenschaften von Torfsubstraten, wie beispielsweise das Luftvolumen, verbessert werden. In einer Gegenüberstellung von Holzfasersubstraten und Torfsubstraten zeigte sich, dass zwar alle Substrate ein etwa gleiches Porenvolumen und Volumengewicht haben, aber die Substrate mit Holzfaser ein höheres Luftvolumen aufweisen (Makas et al., 2000, Gruda und Schnitzler, 2004a). Damit ist der Anteil kleinerer Poren, die Wasser halten, im Holzfasersubstrat geringer. Die Drainagefähigkeit des Substrates mit Holzfaser ist besser (Gruda und Schnitzler, 2004a). Es eignet sich daher gut für Kulturen, die keinen hohen Wasserbedarf haben bzw. ein schnell abtrocknendes Substrat benötigen, um Wurzelkrankheiten vorzubeugen. In einer Studie mit Tomatenjungpflanzen zeigten Gruda und Schnitzler (2004b) ein deutlich besseres Wurzelwachstum in Holzfasersubstrat als in Torf oder Steinwolle, da die beiden letztgenannten häufig zu nass waren, während das Holzfasersubstrat gut abtrocknete. Und auch nach der Jungpflanzenanzucht sind Holzfasern für den Einsatz in der Tomatenkultur gut geeignet (Kowalczyk und Gajc-Wolska, 2001). Für die Anzucht von Gemüsejungpflanzen werden häufig Erdpresstöcke verwendet. Holzfasersubstrate haben auch in stark komprimiertem Zustand ein ausreichendes Luftvolumen (Gruda und Schnitzler, 2004a). Bei der Herstellung der Erdpresstöcke ergaben sich jedoch technische Probleme bei einer Einmischung von über 30 % Holzfaser. Darunter war ein Zusatz von Holzfaser problemlos möglich (Gruda und Schnitzler, 2006).

Problematisch wird ein Substrat mit geringer Wasserhaltefähigkeit in Regionen mit heißen Sommern, in denen viel bewässert werden muss. Der Wasserspeicher des Substrates reicht dann möglicherweise nicht aus, um die Pflanzen zwischen den Bewässerungen mit Wasser zu versorgen. Holzfaser hat allerdings eine bessere Wasserhaltefähigkeit als Kokosfaser (Domeno et al., 2009) und ist in Mischung mit anderen Komponenten generell für den Einsatz in Pflanzensubstraten geeignet (Makas et al., 2000). Ein weiterer Punkt der bei der Substratmischung berücksichtigt werden muss, ist die Immobilisierung von Stickstoff. Beim Abbau der Holzfasern durch Mikroorganismen wird Stickstoff gebunden und ist damit für die Pflanze nicht mehr verfügbar. Diese Beobachtung haben bereits viele Forschergruppen beschrieben (Domeno et al., 2009). Benoit und Ceustermans (1994) zeigten sogar, dass neben Stickstoff auch Phosphor und Kalzium immobilisiert werden können. Die Immobilisierung von Nährstoffen muss bei der Düngung des Substrates beachtet werden (Domeno et al., 2009).

### Kokosmaterialien

Mit dem Begriff Kokosmaterialien sind in der Regel Kokosfaser und Kokosmark gemeint. Beide sind Bestandteile der äußeren Kokosnusshülle, wobei das Kokosmark zwischen den einzelnen Kokosfasern liegt. Die Kokosnusshülle wird in Wasser eingeweicht und die langen Kokosfasern werden für die Weiterverarbeitung herausgekämmt. Zurück bleiben kurze und mittellange Fasern sowie das Kokosmark. Diese Nebenprodukte werden für die Produktion von gartenbaulichen Substraten verwendet (Meerow, 1994; Evans und Iles, 1997; Abad et al., 2005; Schmilewski et al., 2008). Dabei ist die Qualität der Rohstoffe in Abhängigkeit von der Herkunft, der Verarbeitung

und der Lagerungsdauer sehr unterschiedlich (Abad et al., 2002; Nelson et al., 2004; Abad et al., 2005; Schmilewski, 2008).

Kokosfasern gehören zu den Hauptalternativen zu Torf in gartenbaulichen Substraten (Lanzi et al., 2008; Schmilewski et al., 2008) und auch Kokosmark wird für viele Kulturen als ein guter Ersatz für Torf beschrieben (Abad et al., 2002; Nelson et al., 2004; Abad et al., 2005; Awang et al., 2009; Emmel, 2014). Dabei bewerten verschiedene Autoren die physikalischen Eigenschaften unterschiedlich. So schreiben Lanzi et al. (2008) beispielsweise, dass die Belüftung, Wasserhaltefähigkeit und Pufferkapazität von Kokosfasern gut für ein Substrat sind. Im gleichen Jahr berichtet jedoch Schmilewski (2008) ebenfalls über Kokosfasern, dass die Luftkapazität sehr hoch und die Wasserkapazität sehr niedrig seien. Das liegt sicherlich auch an den oben angesprochenen Qualitätsunterschieden. Für die physikalischen Eigenschaften eines Substrates sind die Größe und die Verteilung der Partikel von großer Bedeutung (Quintero et al., 2013). Das bedeutet, ein etwas anderer Vermahlungsgrad der Kokosfasern oder eine andere Größenverteilung der Kokosmarkpartikel kann bereits zu veränderten Eigenschaften hinsichtlich der Porengröße des Substrates führen. Grobporen (10 – 50 µm Durchmesser) sind in der Regel luftgefüllt, durch sie findet der Gasaustausch zwischen Wurzel und Umgebung statt. Mittelporen (0,2 – 10 µm Durchmesser) können Wasser halten und es für die Pflanze zugänglich speichern, das hierin enthaltene Wasser ist leicht pflanzenverfügbar. Feinporen (< 0,2 µm Durchmesser) enthalten ebenfalls Wasser, hier sind die Adhäsionskräfte aber so stark, dass das Wasser für die Pflanze nur schwer oder gar nicht verfügbar ist (Scheffer und Schachtschabel, 2002). Das verdeutlicht, welche starken Veränderungen eine Änderung der Partikelgröße und damit der Porengröße mit sich bringen kann. Ein sehr feines Substrat wird also eine starke Wasserhaltefähigkeit aufweisen, ein grobes Substrat eine hohe Luftkapazität. Bei Kokosmark kann es ratsam sein, ein grobes Material beizumischen, um die Struktur des Substrates zu verbessern und so mehr luftgefüllte Poren zu schaffen (Awang et al., 2009). Kokosfasern dagegen haben häufig eine grobe Struktur und trocknen dadurch leicht aus. Ein Pluspunkt von Kokosmaterialien ist die leichte Wiederbenetzbarkeit (Abad et al., 2005; Amberger-Ochsenbauer, 2008; Schmilewski, 2008; Awang et al., 2009). Kokospartikel haben eine andere Oberflächenstruktur als Torfpartikel. Ein Substrat mit Kokosfaser- oder Kokosmarkanteil nimmt dadurch nach dem Austrocknen schneller wieder Wasser auf als ein reines Torfsubstrat (Abad et al., 2005). Eine Beimischung von Kokosmark erhöht in vielen Substraten den Anteil von pflanzenverfügbarem Wasser (Nelson et al., 2004; Awang, 2009; Hongpakdee und Ruamungsri, 2015).

Nachteilig ist der häufig hohe Salzgehalt des Kokos-Ausgangsmaterials. Um den Salzgehalt zu verringern, sollte das Kokosmaterial vor der Nutzung gewaschen werden (de Kreij und van Leeuwen, 2001; Lanzi et al., 2008; Emmel, 2014; Hongpakdee und Ruamungsri, 2015). Die Natrium- und Chloridionen gehen im Wasser in Lösung und werden so aus dem Rohstoff gespült. Neben diesen Ionen ist in der Kokosnusshülle auch viel Kalium (K) enthalten (Emmel, 2014; Cresswell). Große Mengen lösliches K hemmen die Aufnahme anderer Kationen, beispielsweise Kalzium (Ca) und Magnesium (Mg) (Bunt, 1988). Aus diesem Grund werden Kokosmaterialien zum Teil vor der Verwendung gepuffert und nicht nur gewaschen. Das bedeutet, dass dem Waschwasser Kalziumnitrat oder Magnesiumsulfat zugesetzt werden, und das Kokosmaterial mit dieser Lösung gespült wird. Durch diese Behandlung werden an den Kationenaustauschern einige K-Ionen durch Ca- oder Mg-Ionen ersetzt (Schmilewski, 2008; Emmel, 2014). Damit sinkt der Gehalt von K im Kokosmaterial, während die Gehalte von Ca und Mg steigen.

In Torfsubstraten wird der Ca-Bedarf der Pflanze in der Regel über die Beimischung von Kalk ( $\text{CaCO}_3$ ) gedeckt. Der Kalk wird hauptsächlich eingemischt, um den pH-Wert auf das gewünschte Niveau anzuheben (Bunt, 1988). Durch diese Praxis tritt in Containerkulturen selten Ca-Mangel auf. Kokosmaterialien haben aber bereits einen relativ hohen pH-Wert zwischen 5 und 6, sodass eine Beimischung von Kalk nicht in Frage kommt (Meerow, 1994; Arenas et al., 2002; Cresswell). Hier kann trotz der Pufferung mit Ca eine Versorgungslücke entstehen, die nicht erwartet wurde.

Auch nach dem Waschen oder Puffern und einer angepassten Grunddüngung durch den Substrathersteller kann es sein, dass ein Substrat mit Kokosmaterialien eine andere Nährstofffreigabe hat als ein Torfsubstrat. Die Düngung während der Kulturführung muss also in jedem Fall angepasst werden (Meerow, 1994; Abad et al., 2002).

Kokosmaterialien haben also einige vielversprechende Eigenschaften und sind daher ein bereits häufig genutzter Bestandteil in torfreduzierten Substraten. Um die genannten Schwierigkeiten zu überwinden, ist weitere Forschung nötig. Ein weiterer wichtiger Aspekt sind die ökologischen und sozialen Auswirkungen durch den Kokospalmenanbau sowie den Transport und die Aufbereitung von Kokosfasern und Kokosmark. Hier kann beispielsweise eine mögliche Gewässereutrophierung durch das Auswaschen der Materialien kritisch gesehen werden (Drewe, 2012; Quantis, 2012). Bezüglich der sozialen und gesundheitlichen Auswirkungen herrscht Unklarheit. Der Verkauf der Nebenprodukte der Kokosproduktion bildet eine weitere Einnahmequelle für Kleinbauern. Die Umstände der Ernte und Verarbeitung sind jedoch häufig nicht bekannt oder sind so stark unterschiedlich, dass eine gemeinsame Betrachtung sehr schwierig ist (Drewe, 2012; Eymann et al., 2015). Auch die Arbeitsbedingungen im Anbau der Kokosnüsse sowie in der Verarbeitung der Kokosfaser und des Kokosmarks sind je nach Land und Technisierungsgrad des Betriebes sehr unterschiedlich. Drewe (2012) stelle in einer Studie fest, dass es Betriebe gibt, die bereits nach ISO 9000 produzieren, ebenso aber auch kleine traditionelle Betriebe, in denen wenig Kontrolle statt findet und kaum Maßnahmen zur Gefahrenprävention und Mitarbeitergesundheit getroffen werden. Die Regierungen in Indien und Sri Lanka sind sich dieser Lage aber durchaus bewusst und arbeiten an Standards und Kontrollsystemen. Eine Zertifizierung nach sozialen Standards könnte hier Klarheit schaffen und Vorurteile ausräumen (Drewe, 2012).

Die Beispiele von Substratkomponenten und gärtnerischen Kulturen zeigen, wie wichtig es ist, die Eigenschaften der Komponenten zu kennen und diese gut auf die Pflanzenbedürfnisse abzustimmen. Dass dies nicht immer einfach gelingt, kann daran liegen, dass nicht ausreichend oder nicht mehr die richtigen Parameter erfasst werden. Möglicherweise müssen der Produktionsgartenbau und die Torf- und Erdenindustrie sich darauf einstellen, Substrate nicht mehr primär nach EC- und pH-Wert zu beurteilen (Guérin et al., 2001). Diese Parameter sind sicherlich weiterhin wichtig, müssen aber vielleicht um weitere Größen wie beispielsweise die Porengröße, Kationenaustauschkapazität, Wiederbenetzbarkeit oder andere erweitert werden.

Aus diesen Parametern und aus den Ergebnissen verschiedener Forscher kann man einige wesentliche Eigenschaften eines guten Topfsubstrates zusammenfassen. Die physikalischen und chemischen Parameter des Substrates müssen eine gute Wurzelentwicklung gewährleisten (de Lucia et al., 2011). Dazu gehört eine gute Wasser- und Nährstoffspeicherfähigkeit ebenso wie eine gute Belüftung (Domingues Salvador und Minami, 2004; Raviv, 2011). Was nun aber die genauen Werte für eine „gute“ Eigenschaft sind, ist davon abhängig, wo das Substrat eingesetzt wird und um welche Kultur es sich handelt. Tabelle 2 zeigt eine Übersicht verschiedener Kulturen und

Substratmischungen, die bei den unterschiedlichen Studien besonders gut oder besonders schlecht abgeschnitten haben. Dabei wurde nicht unterschieden, unter welchen Umweltbedingungen (Jahreszeit, geographische Lage, Härte des Gießwassers, etc.) die Pflanzen angezogen wurden. Diese Liste kann also nur erste Anhaltspunkte liefern. Wie genau die Substrate sich im Einzelfall verhalten, muss in regionalen Einzelstudien geprüft werden. Auch die Klärung der physikalischen und chemischen Bedürfnisse verschiedener bedeutender Pflanzenarten wäre eine wichtige zukünftige Forschungsaufgabe. Eine Auflistung der verwendeten Pflanzenarten aller Studien findet sich in Anhang 1.

Tabelle 2: Zusammenstellung von Substratmischungen für die jeweiligen Kulturen

Kultur	gute Substrate	schlechte Substrate	Quelle
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> (A. Murray) Parl. 'Van Pelt's Blue'	50 % Fruhstorfer Einheitserde, Typ N + 50 % Toresa Holzfaser aus rotfauler Fichte mit ITAG-Mix 2.22	100 % Toresa Holzfaser aus rotfauler Fichte mit ITAG-Mix 2.22	Ludwig, 2007
<i>Cucumis melo</i> L.	50 % Palmenstammfaser + 20 % Torf + 20 % Grünkompost + 10 % Perlite		Ceglie et al., 2015
<i>Dendranthema grandiflora</i> 'Miramar' x	50 % Schafmist-Vermikompost + 35 % Torf + 15 % Perlite oder 25 % Rindermist-Vermikompost bzw. Pferdemit-Vermikompost + 52,5 % Torf + 22,5 % Perlite	100% Vermicompost	Hidalgo und Harkess, 2002
<i>Eustoma grandiflorum</i> Shinn		75 % Vermicompost + 25 % Pinienrinde (Phytotoxizität?)	Domingues Salvador und Minami, 2004
<i>Euphorbia x lomi</i> Rauh	40 % Torf + 30 % Grünkompost + 15 % Sand + 15 % Bimsstein	70 % Grünkompost oder Kompost von Olivenpresse-Rückstand + 15 % Sand + 15 % Bimsstein	De Lucia et al., 2008
<i>Hibiscus moscheutos</i> 'Luna Blush'	80 % gemahlene Pinienrinde + 20 % Vermicompost aus Schweinemist +NPK-Dünger		McGinnis et al., 2011
<i>Lactuca sativa</i> L.  var. capitata 'Fenston'	60 % Torf + 20 % Grünkompost + 10 % Palmenstammfaser + 10 % Perlite  <u>am Besten</u> 100 % Fruhstorfer Einheitserde, Typ N <u>auch gut</u> 40 % Fruhstorfer Einheitserde, Typ N + 60 % Toresa Holzfaser aus rotfauler Fichte mit ITAG-Mix		Ceglie et al., 2015  Ludwig, 2007
<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.	35 % Palmenstammfaser + 35 % Torf + 20 % Grünkompost + 10 % Perlite		Ceglie et al., 2015
	50 % grober Perlite 30 % feiner Perlite 20 % carbonisierte Reisspelzen	100% Zypressenrinde	Inden und Torres, 2004

<sup>1</sup> Abfallprodukt aus der Stärkeproduktion, wird hier als Düngezusatz verwendet

### Paludikultur

Torf besteht zum Großteil aus *Sphagnum*-Moosen, die im Laufe der Jahrhunderte abgestorben sind und durch die vorherrschenden Bedingungen (Sauerstoffausschluss und niedriger pH-Wert) konserviert wurden (Gaudig et al., 2008). Es ist daher naheliegend, frisches *Sphagnum*-Moos als mögliche Substratkomponente zu testen. Getrocknetes *Sphagnum* hat fast die gleichen chemischen und physikalischen Eigenschaften wie Weißtorf (Emmel, 2008; Gaudig et al., 2014) und eignet sich daher für die Kultur verschiedener Pflanzen (Emmel, 2008; Oberpaur et al., 2010; Gaudig et al., 2014). Wegen seiner hohen Kosten wird dieser Rohstoff bisher nur für Spezialkulturen verwendet (Emmel, 2008). In diesem Nischenmarkt ist die Kultur von *Sphagnum* für die Ernte und Weiterverwendung als Substrat bereits wirtschaftlich profitabel, allerdings fehlen Methoden und Maschinen für die Produktion im großen Stil zu günstigen Preisen (Gaudig et al., 2014; Muster et al., 2015).

Angesichts der heutigen Nutzung von Torflagerstätten als Grün- und Weideland wäre *Sphagnum*-Farming eine gute Alternative, um die Fläche nachhaltig und klimaschonend zu bewirtschaften (Gaudig et al., 2014). Durch den kommerziellen Anbau von Torfmoosen würde der mikrobielle Abbau des Torfkörpers gestoppt werden, da sich nach und nach moorähnliche Bedingungen einstellen (Wiedervernässung). Eine Studie von Muster et al. (2015) belegt den ökologischen Nutzen dieser Flächen bereits in den drei Jahren nach dem Anlegen. Dabei ist aber zu beachten, dass auch *Sphagnum*-Farming eine Form der Landwirtschaft ist. Die *Sphagnum*-Flächen können einen Rückzugsort für gefährdete Tierarten bieten. Dieser Rückzugsort wird durch die Ernte des Moooses und das Mähen unerwünschter Pflanzen jedoch immer wieder gestört werden. Damit werden *Sphagnum*-Farming Flächen nie den Status eines gewachsenen Moores erreichen können (Muster et al., 2015).

Neben ehemaligem Weide- und Grasland mit Torfboden eignen sich auch Wasserflächen zum *Sphagnum*-Farming. Dabei wird das Moos auf schwimmende Matten ausgebracht und mit Stroh abgedeckt. Die Bedingungen, die für ein gutes Wachstum benötigt werden, sind dabei dieselben. Dies ist nicht an allen Standorten gegeben. So kann eine Wasserfläche über einem ehemaligen Sandabbaugebiet beispielsweise zu hohe pH-Werte aufweisen.

### Life Cycle Assessment

Ein Life Cycle Assessment (LCA) ist ein gern genutztes Werkzeug, um den Umwelteinfluss von Produkten und Prozessen wie der Pflanzenproduktion zu beurteilen. Dabei wird von vielen Forschergruppen die GaBi database in verschiedenen Versionen genutzt, um allgemeine Daten abzufragen (Russo et al., 2008; Russo et al., 2011; De Lucia et al., 2013; Lazzerini et al., 2015). Ein LCA kann zudem helfen, den Umwelteinfluss verschiedener Produktionsbereiche besser einzuschätzen und in Folge dessen auch den negativen Einfluss dieser Bereiche zu reduzieren. Allerdings ist der Vergleich solcher LCA miteinander schwierig. Denn selbst wenn die gleichen Parameter zur Berechnung herangezogen wurden, hängt es noch davon ab, ob die Berechnung auf eine Produktionseinheit (häufige Herangehensweise) oder auf eine Flächeneinheit bezogen wurde. LCA mit Bezug auf eine Produktionseinheit können nur dann sinnvoll verglichen werden, wenn das gleiche Produktionsziel vorliegt oder auf die gleiche Art und Weise produziert wird (Lazzerini et al., 2015).

Je nach Produktionssystem ändert sich beispielsweise der Ausstoß von Treibhausgasen, dabei kann die Energiequelle für die Heizung ebenso eine Rolle spielen wie der Transport der Ressourcen zum Produktionsstandort (Russo et al., 2008; Torrellas et al., 2013; Lazzerini et al., 2015; De Lucia et al., 2013). Substrate werden bei solchen Analysen sehr unterschiedlich genau betrachtet, mit sehr unterschiedlichen Ergebnissen. So gibt es Studien, die zu dem Schluss kommen, der Anteil der Substrate am Gesamt-Umwelteinfluss der Produktion sei verschwindend gering (Cambria und Pierangeli, 2011; Soode et al., 2013). Auf der anderen Seite errechneten Lazzerini et al. (2014, 2015) einen sehr großen Umwelteinfluss von Substrat und Plastikcontainern in der Produktion von Baumschulgehölzen. In anderen Studien wiederum werden Substratkomponenten als unterschiedlich wichtig bewertet und nur zum Teil erfasst (Kendall und Mc Pherson, 2012).

Es ist schwierig, unabhängige Studien zu finden, die sich ausschließlich oder hauptsächlich mit dem Umwelteinfluss verschiedener Substrate oder Substratkomponenten auseinandersetzen. Eine vom Steinwolle-Hersteller Grodan in Auftrag gegebene Studie kommt zu dem Schluss, dass Steinwolle als erdeloses Substrat einen 4% geringeren Gesamtumwelteinfluss (cradle to gate) hat als Kokosfaser. Es wird aber auch von der Nutzung regenerativer Energie in der Steinwolleproduktion bei Grodan ausgegangen, was eine Reduktion von 12 % des Gesamtumwelteinflusses der Steinwolle zur Folge hatte (Blonk, 2011). Hier ist nur noch für Experten klar erkennbar, ob die Ergebnisse noch vergleichbar sind und welches Substrat am Ende den geringeren Umwelteinfluss hat.

Zwei große Studien haben sich in den letzten Jahren explizit mit dem Thema Substrate und Substratkomponenten auseinandergesetzt. Die Studie von Quantis (2012) vergleicht neun verschiedene Substratausgangsstoffe und praxisübliche Mischungen für verschiedene Anwendungsbereiche. Die Studie der Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften (ZHAW) (Eymann et al., 2015) bezieht zwölf verschiedene Ausgangsstoffe und zusätzlich Mischungen aus diesen Ausgangsstoffen in ihre Berechnungen ein. Beide Studien wurden nach ISO 14040 erstellt und haben als funktionelle Einheit 1 m<sup>3</sup> Substrat festgelegt (Quantis, 2012; Eymann et al., 2015). Damit sollte eine gewisse Vergleichbarkeit der Ergebnisse gewährleistet sein. Trotzdem können auch die Ergebnisse dieser beiden Studien nicht ohne weiteres nebeneinander gestellt werden.

Ein grundlegender Unterschied der beiden Studien sind die Systemgrenzen, die zu Beginn definiert werden. Die Quantis-Studie berechnet den ganzen Kreislauf vom Abbau des Rohstoffes bis zur Zersetzung des Substrates im Beet oder auf dem Kompost (Quantis, 2012). In der ZHAW-Studie hingegen werden nur Emissionen bis einschließlich der Nutzungsphase eingerechnet. Die Begründung für diese Systemgrenze ist, dass bei einer Kompostierung die Emissionen dem neu entstandenen Sekundärrohstoff Kompost zugerechnet werden (Eymann et al., 2015). Die Systemgrenzen in beiden Studien sind plausibel, trotzdem machen sie einen Vergleich nahezu unmöglich. In Bezug auf den Rohstoff Torf kommen beispielsweise beide Studien zu dem Ergebnis, dass ein hohes Treibhauspotenzial bzw. großer Einfluss auf den Klimawandel bestehen (Quantis, 2012, Eymann et al., 2015). In der Quantis-Studie wird aber darauf hingewiesen, dass gerade das Abbau-Stadium (End-of-Life) einen sehr großen Einfluss auf diese Einschätzung hatte (Quantis, 2012). Das macht deutlich, dass hier eine unterschiedliche Gewichtung der Ergebnisse vorliegen muss. Eine Aussage, die aus beiden Studien hervorgeht, hält damit auch unterschiedlichen Betrachtungsweisen stand und scheint relativ eindeutig zu sein. Wird jedoch eine

Substratkomponente in einer Studie anders bewertet als in der anderen, ist es nötig sich die Hintergründe dieser Bewertung genauer anzuschauen. Auch Lazzerini et al. (2014) kamen zu dem Ergebnis, dass der Einsatz von Torf in der Baumschulproduktion einen Großteil der Treibhausgasemissionen erzeugt, wenn allein der Bereich Cradle-to-Gate betrachtet wird, der hier von der Produktion des Rohstoffes bis zur fertigen Pflanze in der Baumschule reicht. In dieser Studie wird angenommen, dass die Treibhausgasemission des Torfes um 8 – 9 % ansteigen würde, wenn der Abbau der C- und N-Verbindungen im Torf eingerechnet würde.

Die Studien unterscheiden sich zusätzlich zu den Systemgrenzen im Fokus der Betrachtungen. Während es bei der Quantis-Studie um die Auswirkungen auf die Umwelt, den Klimawandel, die menschliche Gesundheit und die Ökosystemqualität geht, fasst die Studie der ZHAW viele Parameter unter dem Punkt Ökobilanz zusammen. Zusätzlich werden bei der ZHAW-Studie die pflanzenbaulichen Eigenschaften, die zukünftige Verfügbarkeit und die sozialen Auswirkungen der Produktion betrachtet. Damit werden mit den beiden Studien ganz unterschiedliche Fragen beantwortet. Die Quantis-Studie gibt einen Überblick darüber, in welchem Maß die Klimaerwärmung beeinflusst wird und welche ökologischen Konsequenzen die Nutzung eines Rohstoffes außerdem hat. In der ZHAW-Studie wird die Ökobilanz nur als ein Bereich gesehen. Die Bewertung der Rohstoffe zielt eher darauf ab, wie praktikabel die Nutzung in Zukunft ist und welche ökologischen und sozialen Risiken mitbetrachtet werden müssen (Quantis, 2012; Eymann et al., 2015).

Diese wichtigen Unterschiede zweier Studien, die sich im Großen und Ganzen mit dem selben Thema beschäftigen, zeigen noch einmal auf, wie schwierig es ist, LCAs zu vergleichen. Beide Studien sind sorgfältig recherchiert und begründet, sodass die Aussagen durchaus ihre Berechtigung haben. Es ist aber bei jedem LCA und den daraus entnommenen Aussagen enorm wichtig die Umstände zu berücksichtigen, unter denen diese Aussage entstanden ist.

## Fazit

In der vorliegenden Literaturstudie wurden verschiedene Aspekte von torffreien und torfreduzierten Substraten beleuchtet. Dazu wurden zunächst die politische Situation und die Meinung der Verbraucher zu diesem Thema zusammengefasst. Anschließend boten Studienergebnisse zu einzelnen Torfersatzstoffen die Möglichkeit, die Komplexität der Thematik darzustellen und mit dem Beispiel Paludikultur einen Einblick in die Produktion von Torfersatzstoffen zu geben. Schließlich wurde ein Überblick über Life Cycle Assessments gegeben.

In dieser Literaturstudie sind die Ergebnisse von Forschergruppen aus 24 verschiedenen Ländern aus einer Zeitspanne von 31 Jahren zusammen getragen. Sie bietet einen Einblick in die Thematik der Torfersatzstoffe, hat aber keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Gerade ältere Texte sind häufig schwer zugänglich und manche Texte sind nur in der Landessprache der Zeitschrift verfasst, weshalb diese Texte nicht in die Studie einbezogen wurden.

Die Nutzung unterschiedlicher Datenbanken und Suchmaschinen war eine gute Methode, um viele Artikel zu finden. Unterschiedliche Suchmaschinen und Datenbanken wählen die Suchergebnisse unterschiedlich aus, deshalb können auch die Treffer bei demselben Stichwort unterschiedlich sein. Durch dieses Vorgehen ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass die wichtigen



Artikel zu bestimmten Themengebieten gefunden wurden und in die Studie einbezogen werden konnten.

Insgesamt zeigt die Studie auf, welche Themengebiete schon stark bearbeitet wurden und an welchen Stellen noch Nachholbedarf besteht. Sie kann damit als Grundlage genommen werden, um kommende Forschungsvorhaben einzuschätzen und zu unterstützen.

## Literatur

Das Literaturverzeichnis enthält alle im Text genannten Quellen und alle Quellen, die in der Excel-Datei aufgeführt und mit Schlagworten versehen sind.

- Abad, M., Fornes, F., Carrión, C., Noguera, V., Noguera, P., Maquieira, Á., Puchades, R., 2005. Physical Properties of Various Coconut Coir Dusts Compared to Peat. *HortScience* 40, 2138–2144.
- Abad, M., Noguera, P., Puchades, R., Maquieira, A., Noguera, V., 2002. Physico-chemical and chemical properties of some coconut coir dusts for use as a peat substitute for containerised ornamental plants. *Bioresource Technology* 82, 241–245.
- Aerts, R., Wallen, B., Malmer, N., 1992. Growth-Limiting Nutrients in Sphagnum-Dominated Bogs Subject to Low and High Atmospheric Nitrogen Supply. *Journal of Ecology* 80, 131–140.
- Allaire, S., Caron, J., Ménard, C., Dorais, M., 2004. Growing Media varying in Particle Size and Shape for Greenhouse Tomato. *Acta Horticulturae* 307–311.
- Arenas, M., Vavrina, C.S., Cornell, J.A., Hanlon, E.A., Hochmuth, G.J., 2002. Coir as an Alternative to Peat in Media for Tomato Transplant Production. *HortScience* 37, 309–312.
- Awang, Y., Shaharom, A., Mohamad, R., Selamat, A., 2009. Chemical and Physical Characteristics of Cocopeat-Based Media Mixtures and Their Effects on the Growth and Development of *Celosia cristata*. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 4, 63–71.
- Benoit, F., Ceustermans, N., 1994. Growing pepper on ecologically sound substrates. *Acta Horticulturae* 167–178.
- Blievernicht, A., Irrgang, S., Zander, M., Ulrichs, C., 2011. Produktion von Torfmoosen (*Sphagnum* sp.) als Torfersatz im Erwerbsgartenbau. *Gesunde Pflanzen* 62, 125–131.
- Blonk, 2011, Life Cycle Analysis of stonewool and coco fibre growing substrates for green house production. Untersuchungsbericht.
- Bohlin, C., Holmberg, P., 2004. Peat: Dominating Growing medium in Swedish Horticulture. *Acta Horticulturae* 177–181.
- Bohne, H., 2004. Growth of Nursery Crops in Peat-Reduced and in Peat-Free Substrates. *Acta Horticulturae* 103–106.
- Bohne, H., 2007. Influence of a peat-free substrate and kind of fertilizer on the nitrogen- and water balance and on plant growth. *European Journal of Horticultural Science* 72, 53–59.
- Bohne, H., Wrede, A., 2005. Investigations of physical properties of substrates. *European Journal of Horticultural Science* 70, 1–6.
- BUND, 2014, Einkaufsfuehrer torffreie Erden, BUND (24.4.2014)  
<http://www.bund.net/index.php?id=4536&cHash=&L=&type=98>
- BUND 2015, Gärtnern ohne Torf – Moore selber schützen, BUND (23.11.2015)  
<http://www.bund.net/index.php?id=4536&cHash=&L=&type=98>

- Cambria, D., Pierangeli, D., 2011. A life cycle assessment case study for walnut tree (*Juglans regia* L.) seedlings production. *Int J Life Cycle Assess* 16, 859–868.
- Carlile, W.R., 2004. Growing Media and the Environment Lobby in the UK 1997-2001. *Acta Horticulturae* 107–113.
- Carthaigh, D., Sturm, A., Sch mugler, A., 1997. The use of miscanthus as a growing medium additive. *Acta Horticulturae* 57–62.
- Ceglie, G.F., Bustamante, M.A., Amara, M.B., Tittarelli, F., 2015. The Challenge of Peat Substitution in Organic Seedling Production: Optimization of Growing Media Formulation through Mixture Design and Response Surface Analysis. *PLOS ONE* 1–14.
- De Lucia, B., Vecchietti, L., Ventrelli, A., Rea, E., Pierandrei, F., Delicato, M.A., 2008. Greenhouse growth of *Euphorbia x lomi* Rauh in peat-reduced and peat-free substrates prepared with different composted wastes. *Acta Horticulturae* 1105–1112.
- De Lucia, B., Vecchietti, L., Leone, A., 2011. Italian Buckthorn Response to Compost Based Substrates. *Acta Horticulturae* 231–236.
- De Lucia, B., Cristiano, G., Vecchietti, L., Rea, E., Russo, G., De Lucia, B., Cristiano, G., Vecchietti, L., Rea, E., Russo, G., 2013. Nursery Growing Media: Agronomic and Environmental Quality Assessment of Sewage Sludge-Based Compost. *Applied and Environmental Soil Science* 2013.
- Degen, B., Häfner, M., Heim, S., 1999. Cyclamen in torffreien und –armen Substraten. *Versuche im deutschen Gartenbau* 1999.
- Degen, B., Koch, R., 2006. Xylit als Substratzuschlagsstoff für Primelsubstrat geeignet. *Versuche im deutschen Gartenbau* 2006.
- Deulofeu, C., Aguila Vila, J., 1984. Pine Bark as Substrate for *Primula* and *Petunia*. *Acta Horticulturae* 263–270.
- Domingues Salvador, E., Minami, K., 2004. Evaluation of different Substrates on *Lisianthus* (*Eustoma grandiflorum* Shinn) Growth. *Acta Horticulturae* 217–223.
- Doyle, O.P.E., King, C., O’Haire, R., Moore, T., NiChualain, D., Carlile, W., 2011. The Effect of a Peat-based growing medium, with varying Fertilizer Levels and Amended with Composted Green Waste (CGW), on the Growth and Development of Tomato (*Lycopersicon Lycopersicum* (L.) Karsten) plants. *Acta Horticulturae* 93–101.
- Drewe, L., 2012, coir: A sustainability assessment. Final Report. Newleaf Sustainability Practice. Devizes, England.
- Dubský, M., Srámek, F., 2009. Substrates with Mineral Components for Growing Woody Plants. *Acta Horticulturae* 243–248.
- Eichholz-Klein, S., 2015, Nachhaltigkeit in der gruenen Branche - Eine Analyse aus Sicht der Verbraucher. Vortrag auf dem Deutschen Torf- und Humustag 2015.
- Emmel, M., 2008. Growing Ornamental Plants in Sphagnum Biomass. *Acta Horticulturae* 173–178.

- Emmel, M., 2014. The influence of the processing stage on the suitable amount of coir dust in growing media. *Acta Horticulturae* 335–339.
- Evans, M.R., Iles, K.I., 1997. Growth of *Viburnum dentatum* and *Syringa x prestoniae* 'Donald Wyman' in Sphagnum Peat and Coir Dust-Based Substrates. *Journal of Environmental Horticulture* 15(3), 156-159.
- Eymann, L., Mathis, A., Stucki, M., Amrein, S. 2015. Torf und Torfersatzprodukte im Vergleich: Eigenschaften, Verfügbarkeit, ökologische Nachhaltigkeit und soziale Auswirkungen. Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Wädenswil.
- Frangi, P., D'Angelo, G., Castelnuovo, M., 2004. Evaluation of Water and Nutritional Consumption of New Guinea Impatiens and Poinsettia Grown in two Compost based Substrates. *Acta Horticulturae* 449–455.
- Gaudig, G., Joosten, H., Kamermann, D., 2008. Growing Growing Media: Promises of Sphagnum Biomass. *Acta Horticulturae* 165–172.
- Gaudig, G., Fengler, F., Krebs, M., Prager, A., Schulz, J., Wichmann, S., Joosten, H., 2014. Sphagnum Farming in Germany - a review of progress. *Mires and Peat*.
- Gómez, C., Robbins, J., 2011. Pine Bark Substrates Amended with Parboiled Rice Hulls: Physical Properties and Growth of Container-grown *Spirea* during Long-term Nursery Production. *HortScience* 46, 784–790.
- Großmann, M., Neumaier, D., Schmitt, B., Wartenberg, S., Wrede, A., 2015, Torfreduktion und Vollversorgung mit Vorratsdüngern bei Stauden. *Gärtnerbörse* (10/2015), 56 – 61.
- Gruda, N., 2012. Sustainable peat alternative growing media. *Acta Horticulturae* 973–979.
- Gruda, N., Schnitzler, W.H., 2004a. Suitability of wood fiber substrate for production of vegetable transplants: I. Physical properties of wood fiber substrates. *Scientia Horticulturae* 100, 309–322.
- Gruda, N., Schnitzler, W.H., 2004b. Suitability of wood fiber substrates for production of vegetable transplants II.: The effect of wood fiber substrates and their volume weights on the growth of tomato transplants. *Scientia Horticulturae* 100, 333–340.
- Gruda, N., Schnitzler, W.H., 2006. Alternative Anzuchtssysteme bei Kopfsalat. *B MEL - Berichte über Landwirtschaft - Berichte über Landwirtschaft* 84, 469 – 484.
- Guérin, V., Lemaire, F., Marfa, O., Caceres, R., Giuffrida, F., 2000. Consequences of using Alternative to Peat Substrates for the Environment. *Acta Horticulturae* 239–248.
- Guérin, V., Lemaire, F., Marfà, O., Caceres, R., Giuffrida, F., 2001. Growth of *Viburnum tinus* in peat-based and peat-substitute growing media. *Scientia Horticulturae* 89, 129–142.
- Gütegemeinschaft Substrate für Pflanzen e.V., 2015, Gütekriterien für Kultursubstrate, RAL, GZ 250/2.
- Handreck, K.A., 2011. Container Media: the Australian Experience. *Acta Horticulturae* 287–295.

- Hansen, M., Grønborg, H., Starkey, N., Hansen, L., 1993. Alternative Substrates for Potted Plants. *Acta Horticulturae* 191–196.
- Hashemimajd, K., Kalbasi, M., Golchin, A., Knicker, H., Shariatmadari, H., Rezaei-Nejad, Y., 2006. Use of Vermicomposts Produced from Various Solid Wastes as Potting Media. *European Journal of Horticultural Science*.
- Hidalgo, P.R., Harkess, R.L., 2002. Earthworm Castings as a Substrate Amendment for Chrysanthemum Production. *HortScience* 37, 1035–1039.
- Hongpakdee, P., Ruamrungsri, S., 2015. Water use efficiency, nutrient leaching, and growth in potted marigolds affected by coconut coir dust amended in substrate media. *Hortic. Environ. Biotechnol.* 56, 27–35.
- Hou, J., Yang, G., 2011. Evaluation of growing medium Composition on Marigold (*Tagetes erecta* L.) Seedling Quality. *Acta Horticulturae* 237–240.
- Iftikhar, A., Tanveer, A., Arfan, G., Muhammad, 2012. Growth and Flowering of Gerbera as Influenced by Various Horticultural Substrates. *Pak. J. Bot* 44, 291–299.
- Iglesias, M.I., Rodil, C., Bessa, P., Lamosa, S., 2008. Gorse Compost as a Peat-Substitute in Growing Media for the Production of *Thuja plicata* “Zebrina.” *Acta Horticulturae* 615–622.
- Inden, H., Torres, A., 2004. Comparison of four Substrates on the Growth and Quality of Tomatoes. *Acta Horticulturae* 205–210.
- Ismail, M.R., Sze, L.Y., Poulus, P., Ibrahim, H., 2004. The Use of empty Oil Palm Fruit Bunch (EFB) Compost as Additive in Coconut Dust Soilless System for Vegetable Production. *Acta Horticulturae* 193–198.
- Jauhiainen, J., Wallén, B., Malmer, N., 1998. Potential NH<sub>4</sub><sup>+</sup> and NO<sub>3</sub><sup>-</sup> uptake in seven Sphagnum species. *New Phytologist* 138, 287–293.
- Kang, J.-Y., Lee, H.-H., Kim, K.-H., 2004. Physical and Chemical Properties of Organic Horticultural Substrates used in Korea. *Acta Horticulturae* 231–235.
- Kendall, A., McPherson, E.G., 2012. A life cycle greenhouse gas inventory of a tree production system. *Int J Life Cycle Assess* 17, 444–452.
- Kirig, A., 2015, Greeneverywhere - Wie die Torf- und Humuswirtschaft vom Megatrend Neo-Ökologie profitieren kann. Vortrag beim Deutschen Torf- und Humustag 2015.
- Klawitter, 2015a, Torfabbau und dann?. *Taspo* (26-06-2015).
- Klawitter, 2015b, Gramoflor testet nachwachsende Rohstoffe. *Taspo* (17-07-2015).
- Klawitter, 2015c. Baumärkte verdienen gut am Bereich Garten. *Taspo* (30-10-2015).
- Kowalczyk, K., Gajc-Wolska, J., 2011. *Acta Scientiarum Polonorum. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus* 10, 61 – 70.
- Kreij, C. de, Leeuwen, G.J.L.V., 2001. Growth of pot plants in treated coir dust as compared to peat. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 32, 2255–2265.

- Lanzi, A., Incrocci, L., Pulizzi, R., Pardossi, A., Marzioletti, P., 2009. Evaluation of some peat-alternative substrates in horticultural crops. *Acta Horticulturae* 553–558.
- Lazzerini, G., Lucchetti, S., Nicese, F.P., 2014. Analysis of greenhouse gas emissions from ornamental plant production: A nursery level approach. *Urban Forestry & Urban Greening* 13, 517–525.
- Lazzerini, G., Lucchetti, S., Nicese, F.P., 2015. Green House Gases(GHG) emissions from the ornamental plant nursery industry: a Life Cycle Assessment(LCA) approach in a nursery district in central Italy. *Journal of Cleaner Production*.
- Ludwig, 2007, Untersuchung von biotechnologisch durch den Pilz *Heterobasidium annosum* in vivo degradiertem Fichtenholz als Pflanzensubstrat und Torfersatz, Dissertation.
- Makas, M., Windeisen, E., Wegener, G., 2000. Substitution von Torf durch Holz in Pflanzsubstraten. *Holz als Roh- und Werkstoff* 58, 125–126.
- Mantau, U., Saal, U., Verkerk, H., Eggers, J., Lindner, M., Anttila, P., Asikainen, A., Oldenburger, J., Leek, N., Steierer, F., Prins, K., Jonsson, R., 2010. Will there be enough wood (for all)? *EFI News* 18, 10–11.
- Matschke, J., 2000. Geeignete Substrate für die Anzucht der Rottanne in Containern, Versuche im deutschen Gartenbau 2000.
- McGinnis, M.S., Bilderback, T.E., Warren, S.L., 2011. Vermicompost amended Pine Bark Provides most Plant Nutrients for *Hibiscus moscheutos* "Luna Blush." *Acta Horticulturae* 249–256.
- Meerow, A.W., 1994. Growth of Two Subtropical Ornamentals Using Coir (Coconut Mesocarp Pith) as a Peat Substitute. *HortScience* 29, 1484–1486.
- Molitor, H.-D., Faber, A., Marutzky, R., Springer, S., 2004. Peat Substitutes on the Basis of Recycled Wood Chipboard. *Acta Horticulturae* 123–130.
- Muster, C., Gaudig, G., Krebs, M., Joosten, H., 2015. Sphagnum farming: the promised land for peat bog species? *Biodivers Conserv* 24, 1989–2009.
- NABU, IVG, 2015. Natur- und Klimaschutz in Hochmooren. NABU - Naturschutzbund Deutschland e.V. (23.11.2015)  
<https://niedersachsen.nabu.de/natur-und-landschaft/moor/16951.html>
- Nicese, F.P., Lazzerini, G., 2013. CO<sub>2</sub> sources and sink in ornamental plant nurseries. *Acta Horticulturae* 91–98.
- Nowak, J., 2004. The Effects of Rooting Media, CO<sub>2</sub> Enrichment, P-Nutrition and Mycorrhizal inoculation on Rooting and Growth of *Osteospermum*. *Acta Horticulturae* 589–593.
- Oberpaur, C., Puebla, V., Vaccarezza, F., Arévalo, M.E., 2010. Preliminary substrate mixtures including peat moss (*Sphagnum magellanicum*) for vegetable crop nurseries. *Ciencia e Investigación Agraria* 37, 123–132.
- Öko-Test, 2015, Testberichte Blumenerde, 8.12.2015.  
<http://www.oekotest.de/cgi/index.cgi?artnr=99674&bernr=01&seite=00>

- Pantarella, E., Danaher, J.J., Rakocy, J.E., Shultz, R.C., Bailey, D.S., 2011. Alternative media Types for Seedling Production of Lettuce and Basil. *Acta Horticulturae* 257–264.
- Paschold, P.-J., Kleber, J., 2002. Ölleinkompost mit Tonzusatz sowie kokossubstrat können Alternativen zu Torfsubstraten sein. *Versuche im deutschen Gartenbau* 2002.
- Pozzi, A., Frangi, P., Castelnuovo, M., Pardossi, A., 2003. Growth and Flowering of Geranium and New Guinea Impatiens in Peat-Reduced and in Peat-Free Substrates Watered with different Irrigation Systems. *Acta Horticulturae* 291–295.
- Prasad, M., Carlile, W.R., 2009. Practical Experiences and Background Research on the Use of Composted Materials in Growing Media for the UK Market. *Acta Horticulturae* 111–124.
- Quintero, M.F., Ortega, D., Valenzuela, J.L., Guzmán, M., 2013. Variation of hydro-physical properties of burnt rice husk used for carnation crops: Improvement of fertigation criteria. *Scientia Horticulturae* 154, 82–87.
- Rainbow, A., 2009. The Use of Green Compost in the Production of Container Nursery Stock in the UK - Challenges and Opportunities. *Acta Horticulturae* 27–32.
- Raviv, M., 2008. The Use of Compost in Growing Media as Suppressive Agent against Soil-borne Diseases. *Acta Horticulturae* 39–50.
- Raviv, M., 2011. The Future of Composts as Ingredients of Growing Media. *Acta Horticulturae* 19–32.
- Riaz, A., Farooq, U., Younis, A., Karim, A., Riaz Taj, A., 2014. Growth responses of Zinnia to Different Organic Media. *Acta Horticulturae* 565–571.
- Rivière, L.-M., Caron, J., 2001. Research on Substrates: State of the Art and Need for the coming 10 Years. *Acta Horticulturae* 29–42.
- Roeber, R., Leinfelder, J., 1997. Influence of a wood fiber substrate and water quality on plant quality and growth of *Saintpaulia x ionantha* and *Sinningia x hybrida*. *Acta Horticulturae* 97–104.
- Russo, G., Scarascia Mugnozza, G., De Lucia Zeller, B., 2008. Environmental Improvements of Greenhouse Flower Cultivation by Means of LCA Method. *Acta Horticulturae* 301–308.
- Russo, G., De Lucia, B., Vecchiotti, L., Rea, E., Leone, A., 2011. Environmental and agronomical analysis of different compost-based peat-free substrates in potted rosemary. *Acta Horticulturae* 891, 265 – 272.
- Scheffer, F., Schachtschabel, P., 2002, *Bodenphysik: Porengrößenverteilung, Lehrbuch der Bodenkunde*, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 165 – 166.
- Schmilewski, G., 2008. The role of peat assuring the quality of growing media. *Mires and Peat*.
- Schmilewski, G., 2009. Growing Medium Constituents in the EU. *Acta Horticulturae* 33–46.
- Sinha, R.K., Herat, S., Valani, D.B., Chauhan, K.A., 2009. Earthworms Vermicompost: A Powerful Crop Nutrient over the Conventional Compost & Protective Soil Conditioner against the Destructive Chemical Fertilizers for Food Safety and Security 14–55.

- Soode, E., Weber-Blaschke, G., Richter, K., 2013. Comparison of product carbon footprint standards with a case study on poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*). *International Journal of Life Cycle Assessment* 18, 1280–1290.
- Srámek, F., Dubský, M., Weber, M., Dostálek, J., Skaloč, J., 2010. Peat-reduced Substrates with Mineral Components for Growing of Woody plants. *Acta Horticulturae* 361–366.
- Thebo, N.K., Simair, A.A., Sheikh, W.A., Mangrio, S.M., Nagni, P.N., Mangrio, S.G., Nizamani, H.M., 2014. Determination of Fatty Acids and Elements from Cococnut (*Cocos nucifera*) shell. *Pakistan Journal of Biotechnology* 33 – 40.
- Torrellas, M., Antón, A., Ruijs, M., García Victoria, N., Stanghellini, C., Montero, J.I., 2012. Environmental and economic assessment of protected crops in four European scenarios. *Journal of Cleaner Production, Working towards a more sustainable agri-food industry: Main findings from the Food LCA 2010 conference in Bari, Italy* 28, 45–55.
- Torrellas, M., Antón, A., Montero, J.I., 2013. An environmental impact calculator for greenhouse production systems. *Journal of Environmental Management* 118, 186–195.
- Tsakalimi, M., 2006. Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) core and rice hulls as components of container media for growing *Pinus halepensis* M. seedlings. *Bioresource Technology* 97, 1631–1639.
- Uehre, P., 1998, *Substratzuschlagsstoffe in der Containerkultur bei Matten- und Düsenrohrbewässerung. Versuche im deutschen Gartenbau 1998.*
- Vaughn, S.F., Kenar, J.A., Thompson, A.R., Peterson, S.C., 2013. Comparison of biochars derived from wood pellets and pelletized wheat straw as replacements for peat in potting substrates. *Industrial Crops and Products* 51, 437–443.
- Verhagen, J.B.G.M., Boon, H.T.M., 2008. Classification of Growing Media on their Environmental Profile. *Acta Horticulturae* 231–238.
- Warren, S.L., Bilderback, T.E., Owen, Jr., J.S., 2009. Growing Media for the Nursery Industry: the use of Amendments un Traditional Bark-based Media. *Acta Horticulturae* 143–156.
- Wever, G., van der Burg, A.M.M., Straatsma, G., 2005. Potential of Adapted Mushroom Compost as a Growing Medium in Horticulture. *Acta Horticulturae* 171–177.
- Wever, G., Scholman, R., 2011. RHP Requirements for the Safe Use of Green Compost in Professional Horticulture. *Acta Horticulturae* 281–286.
- Wilson, S.B., Stoffella, P.J., Graetz, D.A., 2002. Development of compost-based media for containerized perennials. *Scientia Horticulturae* 93, 311–320.
- Younis, A., Riaz, A., Siddique, M.I., Lim, K.-B., Hwang, Y.-J., Khan, M.A., 2013. Anatomical and Morphological Variation in *Dracaena reflexa* “Variegata” Grown in Different Organic Potting Substrates. *FLOWER RESEARCH JOURNAL* 21, 162–171.



**Anhang 1****Liste der verwendeten Pflanzenarten in den verschiedenen Studien**

<b>Pflanzenart</b>	<b>Studie</b>
<i>Abies Alba</i>	Dubský und Srámek, 2009 Srámek et al., 2010
<i>Abies magnifica</i>	Matschke, 2000
<i>Ageratum houstonianum</i>	Lanzi et al., 2009
<i>Betula pendula</i>	Dubský und Srámek, 2009 Srámek et al., 2010
<i>Bougainvillea</i>	De Lucia et al., 2013
<i>Brassica napus</i>	Emmel, 2008
<i>Calendula officinalis</i>	Lanzi et al., 2009
<i>Celosia cristata</i>	Awang et al., 2009
<i>Chamaecyparis lawsonia</i>	Uehre, 1998 Ludwig, 2007
<i>Cotoneaster dammeri</i>	Warren et al., 2009
<i>Crataegus monogyna</i>	Dubský und Srámek, 2009 Srámek et al., 2010
<i>Cucumis melo</i>	Ceglie et al., 2015
<i>Cyclamen persicum</i>	Degen et al., 1999 Russo et al., 2008
<i>Dendranthema</i> (Indicum-Gruppe)	De Kreij und van Leeuwen, 2001
<i>Dendranthema x grandiflora</i>	Hidalgo und Harkess, 2002
<i>Draceana reflexa</i>	Younis et al., 2013
<i>Euphorbia pulcherrima</i>	Frangi et al., 2004 Soode et al., 2013 Emmel, 2014
<i>Euphorbia x lomi</i>	De Lucia et al., 2008
<i>Eustoma grandiflorum</i>	Domingues Salvador und Minami, 2004
<i>Exacum affine</i>	Hansen et al., 1993
<i>Fagus sylvatica</i>	Dubský und Srámek, 2009 Srámek et al., 2010
<i>Forsythia x intermedia</i>	Bohne, 2004
<i>Gerbera jamesonii</i>	Iftikhar et al., 2012
<i>Gloxinia sylvatica</i>	Wilson et al., 2002
<i>Hibiscus moscheutos</i>	Mc Ginnis et al., 2011
<i>Impatiens hawkeri</i>	pozzi et al., 2003 Frangi et al., 2004
<i>Ixora coccinea</i>	Meerow, 1994
<i>Juglans regia</i>	Cambria und Pierangeli, 2011
<i>Justicia carnea</i>	Wilson et al., 2002
<i>Lactuca sativa</i>	Ludwig, 2007 Pantanella et al., 2011 Ceglie et al., 2015
<i>Lonicera nitida</i>	Bohne, 2004

## Liste der verwendeten Pflanzenarten in den verschiedenen Studien

Pflanzenart	Studie
<i>Lycopersicon esculentum</i>	Arenas et al, 2002 Paschold und Kleber, 2002 Allaire et al., 2004 Gruda und Schnitzler, 2004b Heshemimajd et al., 2006 Ludwig, 2007 Lanzi et al., 2009 Doyle et al., 2011 Kowalczyk und Gajc-Wolska, 2011 Torellas et al., 2012 Torellas et al., 2013 Ceglie et al., 2015
<i>Lysimachia congestiflora</i>	Wilson et al., 2002
<i>Ocimum basilicum</i>	Ludwig, 2007 Pantanella et al., 2011
<i>Osteospermum ecklonis</i>	Nowak, 2004
<i>Pelargonium peltatum</i>	Lanzi et al., 2009
<i>Pelargonium x hortorum</i>	Pozzi et al., 2003
<i>Pelargonium zonale</i>	Hansen et al., 1993
<i>Pentas lanceolata</i>	Meerow, 1994
<i>Photinia x fraseri</i>	Lanzi et al., 2009
<i>Pinus halepensis</i>	Tsakalimi, 2006
<i>Potentilla fruticosa</i>	Uehre, 1998
<i>Primula vulgaris</i>	Degen und Koch, 2006
<i>Prunus laurocerasus</i>	Bohne, 2004 Bohne, 2007
<i>Quercus petraea</i>	Dubský und Sránek, 2009 Sránek et al., 2010
<i>Raphanus sativus</i>	Ludwig, 2007
<i>Rhamnus alaternus</i>	de Lucia et al., 2011
<i>Rosa</i> sp.	Russo et al., 2008 Torellas et al., 2012
<i>Rosmarinus officinalis</i>	Russo et al., 2011
<i>Syringa x prestoniae</i>	Evans und Iles, 1997
<i>Tagetes erecta</i>	Hou und Yang, 2011 Hongpakdee und Ruamungsri, 2015
<i>Tagetes patula</i>	Emmel, 2008
<i>Thuja occidentalis</i>	Bohne, 2004
<i>Thuja plicata</i>	Iglesias et al., 2008
<i>Viburnum dentatum</i>	Evans und Iles, 1997
<i>Viburnum tinus</i>	Guérin et al., 2001 Lanzi et al., 2009