



**Entwicklung von Kriterien und Beurteilungsverfahren für die Herstellung und den Einsatz von Bio-Substraten für die Jungpflanzenanzucht im ökologischen Gemüseanbau unter besonderer Berücksichtigung der Weiterentwicklung der VO (EWG) 2092/91**

Erstellt von:

Institut für biologisch-dynamische Forschung

Brandschneise 5, D-64295 Darmstadt

Tel.: +49 6155 8421-16, Fax: +49 6155 8421-25

E-Mail: [koenig@ibdf.de](mailto:koenig@ibdf.de)

Internet: <http://www.ibdf.de>

Gefördert vom Bundesministerium für  
Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft  
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau

Dieses Dokument ist über <http://forschung.oekolandbau.de> verfügbar.



Dieses Dokument ist in der Wissenschaftsplattform des Zentralen Internetportals "Ökologischer Landbau" archiviert und kann unter <http://www.orgprints.org/5226> heruntergeladen werden.



Institut für Biologisch-  
Dynamische Forschung e.V.  
Darmstadt/Bad Vilbel

Brandschneise 5  
D-64295 Darmstadt

Tel.: +49-6155-8421-0  
Fax: +49-6155-8421-25

[info@ibdf.de](mailto:info@ibdf.de)  
[www.ibdf.de](http://www.ibdf.de)

Dr. Uli Johannes König  
Tel.: +49-6155-8421-  
16  
[koenig@ibdf.de](mailto:koenig@ibdf.de)

## **Abschlussbericht zum Projekt**

**Entwicklung von Kriterien und Beurteilungsverfahren für die Herstellung und den Einsatz von Bio-Substraten für die Jungpflanzenanzucht im ökologischen Gemüseanbau unter besonderer Berücksichtigung der Weiterentwicklung der VO (EWG) 2092/91**

**Projektnummer:** 02OE200 (Bundesprogramm Ökologischer Landbau)

### **Projektleitung:**

Dr. Uli Johannes König  
Institut für Biologisch-Dynamische Forschung e.V.  
Brandschneise 5  
64295 Darmstadt  
Tel.: 06155-8421-0; Durchwahl: -16  
Fax: 06155-8421-25  
e-mail: [koenig@ibdf.de](mailto:koenig@ibdf.de)  
vertreten durch Dr. Georg Eysel (Geschäftsführung)

**Projektzeitraum:** 1.10.2002 bis 31.12.2003

Darmstadt, den 19.1.2004

Bankverbindung:  
Commerzbank Darmstadt  
BLZ: 508 400 05  
Kto.: 1316 942

## Gliederung

1	Zusammenfassung .....	3
2	Problemstellung .....	5
3	Ausgangslage .....	6
	<b>3.1 Stand der Diskussion und Forschung .....</b>	<b>6</b>
	<b>3.2 Eigene Vorarbeiten.....</b>	<b>7</b>
4	Versuchsbeschreibungen und Ergebnisse .....	10
	<b>4.1 Material und Methoden (allgemeiner Teil).....</b>	<b>10</b>
	4.1.1 Industriesubstrate .....	10
	4.1.2 Substratherstellung.....	10
	4.1.3 Pressvorgang:.....	11
	4.1.4 Analytik .....	12
	<b>4.2 Substratmischungen 1.....</b>	<b>15</b>
	4.2.1 Methodenbeschreibung: .....	15
	4.2.2 Ergebnisse.....	17
	<b>4.3 Substratmischungen 2.....</b>	<b>20</b>
	4.3.1 Methodenbeschreibung: .....	20
	4.3.2 Ergebnisse:.....	21
	<b>4.4 Substratversuch 1 .....</b>	<b>23</b>
	4.4.1 Methodenbeschreibung: .....	23
	4.4.2 Ergebnisse:.....	24
	4.4.2.1 Bodenparameter .....	24
	4.4.2.2 Pflanzenaufwuchs .....	28
	4.4.2.3 Kressetests.....	30
	<b>4.5 Substratversuch 2.....</b>	<b>33</b>
	4.5.1 Methodenbeschreibung .....	33
	4.5.2 Ergebnisse.....	34
	4.5.2.1 Bodenparameter.....	34
	4.5.2.2 Pflanzenentwicklung.....	37
	4.5.2.3 Feldanbau .....	41
	4.5.2.4 Kressetest .....	44
	<b>4.6 Substratversuch 3.....</b>	<b>46</b>
	4.6.1 Material und Methoden .....	46
	4.6.2 Ergebnisse.....	47
	4.6.2.1 Bodenparameter.....	47
	4.6.2.2 Pflanzenentwicklung.....	49
	4.6.2.3 Kressetest .....	56
	<b>4.7 Praxisversuche.....</b>	<b>58</b>
	4.7.1 Praxispressversuch im Betrieb Natterer .....	58
	4.7.2 Praxisanbau im Betrieb Eichwaldhof/Darmstadt.....	59
	<b>4.8 Hornmehldünger-Tests.....</b>	<b>60</b>
	4.8.1 Hornmehl-Fraktionierung .....	60
	4.8.2 Wärmestress-Test .....	63
5	Praxisumsetzung .....	65
	<b>5.1 Workshops.....</b>	<b>65</b>
	<b>5.2 Praxisbesuche.....</b>	<b>66</b>
	<b>5.3 Richtlinien und Leitlinien.....</b>	<b>68</b>
	<b>5.4 Weitere Umsetzung der Ergebnisse.....</b>	<b>70</b>
6	Erreichte Ziele - offene Fragen .....	71
7	Literatur.....	72
	Anhang: Tabellen .....	75

## 1 ZUSAMMENFASSUNG

Im Anschluss an eine ca. 3-jährige Versuchszeit, in der am IBDF an einer torffreien Bio-Presserde auf der Basis von Holzfaser gearbeitet wurde, wurde zusammen mit Substrat-Herstellern, den Bio-Jungpflanzenproduzenten und einem Feldgemüsebetrieb an der Praxisumsetzung der Ergebnisse gearbeitet. Ziel ist es, eine torf reduzierte Bio-Anzuchterde anzubieten, bei der stufenweise der Torfanteil durch fermentierte Holzfaser ersetzt wird.

Für Demonstrationszwecke und um spezielle Fragen im Zusammenhang der Substratherstellung zu klären, wurden verschiedene Anbauversuche und Tests durchgeführt:

- ein Substratscreening mit Industriepresserden verschiedener Hersteller und Jahre im Vergleich mit eigenen Mischungen;
- ein Press- und Anbauvergleich von unterschiedlich aufgedüngten Mischungen mit steigenden Torfanteilen und Mineralzuschlagstoffen im Vergleich zu ausgewählten Industrieerden;
- ein Pressversuch mit unterschiedlich aufgedüngten torffreien Mischungen zur Charakterisierung verschiedener N-Quellen zur Holzfaserbehandlung;
- verschiedene geschlossene Kressetests zur Qualitätsprüfung der Substratmischungen;
- zwei geschlossenen Chinakohltests zur Untersuchung des Einflusses der Hornmehldüngung auf die Keimung von Chinakohl unter Stressbedingungen;
- Praxistest von Substraten in einem Jungpflanzenbetrieb mit einer Unger-Erdpresstopfmaschine;
- Praxisanbauversuch im Feldgemüsebetrieb Eichwaldhof.

Die für die Versuche benötigten Mischungen aus fermentierter Holzfaser und Grünschnittkompost wurden in drei Größeneinheiten in Kleinkompostsilos zwischen 120 Liter und 2,2 m<sup>3</sup> hergestellt.

Aus den Versuchen kann gefolgert werden:

- Das Screening der Industriesubstrate erbrachte ein breites Spektrum an Wuchsleistungen. Dieses reichte von Bestleistungen bis zu Totalausfällen.
- Alte Substrate haben den Vorteil, keine hohen Ammoniumkonzentrationen mehr aufzubauen, was für die Pflanzengesundheit förderlich ist.
- Mit torf reduzierten Substraten kann ein ähnlicher Ertrag erzielt werden wie mit Industriesubstraten, wenn die Wahl der N-Quelle für die N-Aufdüngung (z.B. Vinasse oder Luzerneschrot) oder eine zu starke Zersetzung der Holzfaser (z.B. durch zu feuchte oder zu lange Lagerung) nicht zu einer negativen Beeinflussung des Pflanzenwachstums führt.
- Im Sommeranbau kann mit höheren Holzfaseranteilen gearbeitet werden als bei den sensiblen Winterkulturen (z.B. Feldsalat).
- Die Zuschlagstoffe Bentonit und Lava-Mehl führten vereinzelt zur Überlegenheit der Substrate. Zu hohe Dosierungen hingegen verringerten das Porenvolumen extrem. Hier besteht aber noch weiterer Untersuchungsbedarf.

- Zu Hornmehl alternative N-Quellen (für die N-Stabilisierung der Holzfaser) sind besonders bei kritischen Kulturen wie dem Feldsalat nicht empfehlenswert.
- Molke führte in einigen Fällen zu guten Wachstumsbedingungen, obwohl hier während der Fermentierung der Holzfaser nicht genügend Stickstoff zur Verfügung stand; die damit notwendige Aufdüngung mit z.B. Hornmehl könnte direkt zur Fermentierung erfolgen. Die genaue Wirkung der Molke müsste aber noch untersucht werden.
- Feldsalat als Testpflanze hat sich besser bewährt als der Chinakohl, obwohl man ihm eine hohe Empfindlichkeit gegenüber Substratunregelmäßigkeiten zuschreibt.
- Der geschlossene Kresstest hat sich als „harter“ Qualitätstest bewährt. Er zeigte regelmäßig die kritische Qualität der Substrate von Anbieter B.
- Der geschlossene Chinakohltest zeichnete hingegen nicht so fein.
- Die N-Freisetzung aus Hornmehl in den ersten Tagen nach der Düngung hängt sehr stark von der Beschaffenheit des jeweiligen Mehles und erst in 2. Linie von dem Aufmahlungsgrad ab.

Nachdem der ursprüngliche Holzfaserlieferant ÖPA (Pietal) die Holzfaserproduktion einstellte, musste die Substratherstellung auf eine alternative, gröbere Faser umgestellt werden (Toresa). Um hier die Qualität zu optimieren, wurde der Betrieb besucht und Möglichkeiten der Herstellung auch feinerer Fasern eruiert. Probeherstellungen mit alternativem Häckselmaterial konnten noch nicht durchgeführt werden, sind aber für 2004 geplant.

Die Substrathersteller, einige Zulieferer sowie einige Bio-Jungpflanzenbetriebe wurden ebenfalls besucht, um vor Ort die Probleme in der Produktion zu besprechen und Lösungsvorschläge anbieten zu können. Hier war bezüglich des Einführens torf-reduzierter Substrate zwar großes Interesse zu verspüren, gleichzeitig aber auch größte Vorsicht vor ersten Schritten, die nur von wenigen Betrieben gemacht wurden.

In zwei Workshops wurden die Versuchsergebnisse mit den Betroffenen diskutiert und die möglichen Schritte zu einer Praxisintegration der torf-reduzierten Substrate besprochen.

Qualitätskriterien für die großtechnische Herstellung der Substrate wurden ausgearbeitet und mit Verbandsvertretern des Demeter-Verbandes besprochen, um dort eine erste Anbau-Richtlinienänderung zu bewirken.

## 2 PROBLEMSTELLUNG

In den gärtnerischen wie auch landwirtschaftlichen Biobetrieben wurden bis vor wenigen Jahren die Jungpflanzenerden und Containersubstrate meist aus eigenen Kompostmischungen hergestellt. Hierzu wurde eine oft arbeitsintensive Kompostwirtschaft unterhalten, die zu einem mehr oder weniger großen Spektrum differenzierter Erden führte. Verwendete Ausgangsmaterialien waren neben dem (strohreichen) Stallmist und den betriebseigenen organischen Abfällen spezifische Materialien wie (spezielle) Laubarten, Heckenschnitt, Baumrinden, Stroh, Gras und Schilf etc.. Die Leitlinie bei der Kompostwirtschaft war eine möglichst geschlossene bodenständige Betriebsstruktur, die ihre eigenen Betriebshilfsmittel erzeugt. Diese Grundtendenz spiegelt sich auch heute noch in den Grundzügen der Richtlinien der Bioanbauverbände wider (z.B. BIOLAND 2000, FORSCHUNGSRING 2002). So ist die erdelose Kultur - auch auf der Basis von Öko-Substratersatz - nicht richtlinienkonform (BESSELMANN 2002).

Im vergangenen Jahrzehnt wurde die Jungpflanzenanzucht und damit die Substratproduktion jedoch mehr und mehr in Spezialbetriebe ausgelagert. An die Stelle differenzierter eigener Substratmischungen trat damit die Bio-Einheitserde. Es handelt sich hierbei um relativ einfache Substratmischungen, bestehend aus Torf (bis zu 80%) und Grünschnittkompost (mindestens 20%), die mit organischen Düngern aufgedüngt sind. Selten werden auch spezielle Komposte (z.B. Eichenrindekompost) oder Gesteinsmehle (Bentonit oder Urgestein) zugesetzt.

Auch Betriebe mit eigener Jungpflanzenanzucht kaufen inzwischen vermehrt diese Substrate zu.

Die Produktionstechnik in der Jungpflanzenanzucht hat sich in der selben Zeit ebenfalls verändert. Es fand eine Anpassung an die konventionelle Technik statt, was sich in einer Verdrängung der Aussaatkisten-Pikiertechnik zugunsten der Erdpresstopftechnik mit Direktsaat widerspiegelt. Letzterem Verfahren musste oftmals auch das Quickpotsystem weichen. Durch diese Entwicklung stiegen aber die technischen Anforderungen an das Substrat: es musste nun pressfähig werden. Konkret bedeutete das, dass die konventionellen 100% torfhaltigen Substrate (mit organischen Düngern) durch die Zumischung eines geringen Kompostanteiles „biologisch“ gemacht wurden.

Seit einigen Jahren wird nun der Torfersatz verstärkt diskutiert (HEINZE 2001). Bei der derzeit verfügbaren Palette an Biosubstraten findet sich jedoch nur in geringem Umfang ein Torfersatz verwirklicht, insbesondere, betrachtet man den Bereich der Anzuchtsubstrate. Bei Biopresserden suchte man, abgesehen von Sondermischungen, vergeblich nach Torfersatz.

Torfarme bzw. freie Anzuchtsubstrate für die Presstopftechnik wurden erst in den letzten Jahren durch KÖNIG (2001, 2002b, 2003a-c) entwickelt.

In den vergangenen Jahren wird nun - angeregt durch eine neue EU-Reglementierung (EU 2002) - verstärkt über eine 100-prozentige Ökoqualität der Substrate nachgedacht, deren Verwirklichung weitere Schwierigkeiten mit sich bringen wird.

Ziel dieses Projektes ist es, eine torfgeduzierte bzw. torffreie Biopresserde stufenweise in die Praxis einzuführen und die dabei entstehenden Fragen und Probleme zu bearbeiten.

### 3 AUSGANGSLAGE

#### 3.1 Stand der Diskussion und Forschung

**Bio-Anzuchterden.** Auf dem Markt finden sich zunehmend verschiedenste Bio-Anzuchterden. Anzucht-Vergleiche mit diesen Substraten wurden immer wieder von der Praxis durchgeführt. Auch von den gärtnerischen Lehr- und Versuchsanstalten wurden wiederholt Vergleiche von Bio-Anzuchterden untersucht (APPEL, pers. Mitteilung). Hier wurden vordergründig die technische Seite der Substrate (z.B. Pressfähigkeit) und das Wachstumsverhalten der Pflanzen untersucht. Die dabei gefundene Abstufung zwischen den einzelnen Substraten bestätigte die in der Praxis bekannte technische Überlegenheit des Torfes.

Spezielle Fragestellungen hinsichtlich Torfersatz oder einer erweiterten Qualität werden dabei nicht verfolgt. 1997 fand ein Test von biologisch-dynamischen Anzuchterden statt, bei welchem besonders auf die Erfassung der qualitativen Seite Wert gelegt wurde (ANONYM 1997). Besonders die bildschaffenden Methoden (Rundchroma und Kupferchloridkristallisation) zeigten die große Bandbreite der verschiedenen Substrate, wobei die traditionell hergestellten gärtnerischen Substrate besser, die großtechnisch hergestellten deutlich schlechter abschlossen. Ursache hierfür war die Art des Kompostes und nicht zuletzt der unterschiedliche Anteil an Schwarztorf.

**Kompost.** Ursprünglich wurde für die Anzuchterden der betriebseigene Kompost (Pflanzenabfälle, Stallmist, Laub) verwendet, der mit Torf, Erde und anderem verdünnt wurde. Bei großtechnisch hergestellten Komposten wird lediglich Grünschnitt verwendet, der in möglichst kurzer Zeit verrotten sollte. AMLINGER (1993) beschreibt mögliche negative Auswirkungen des Kompostes auf die Anzuchtpflanzen: Salzsäden wegen zu hoher Alkalien- und Salzfrachten, Depressionen durch einseitige Nährstoffgehalte und Sauerstoffmangel durch Verschlammung strukturschwacher Substrate. Die Konsequenz ist, dass die Komposte für die Herstellung der Anzuchterden mit einem extrem hohen Torfanteil versetzt werden.

**Torfersatz.** Für den Ersatz des Torfes durch andere Zuschlagstoffe existieren eine Reihe Untersuchungen (DEGEN 1998, GRANTZAU 1990, 1998, GRANTZAU et al. 2003, HORMES 1989). Dabei handelte es sich meist um spezielle Grünkomposte, seltener um nachwachsende Rohstoffe wie Baumrinden, Holzfaser, Zellulose, Hanf-, Flachs- und Schilffasern (GRANTZAU et al. 1993, GRANTZAU und ter HELL 1993). Lediglich die Rinden wurden kompostiert.

Zu den wichtigsten Torfersatzstoffen gehört die Holzfaser, die in gleichbleibender Qualität und großer Menge zur Verfügung steht (BARTELS 1999, SCHÄFER et al. 2000). Einsatz findet sie jedoch hauptsächlich in Containerkulturen, für Anzuchterden und hier speziell für die Presserden war sie bislang nicht geeignet. Die meisten Untersuchungen zur Eignung der Holzfaser finden sich im konventionellen Zierpflanzenanbau mit Düngung über Nährlösungen (GRANTZAU 1994 und 1995, GRANTZAU und STRENGER 1995, GRANTZAU et al. 2003). Andere Torfersatzstoffe werden nur in geringem Maße in der Praxis eingesetzt (z.B. Kokosfaser, Reisspelzen etc.). Die technisch herausragenden Eigenschaften von Torf konnten bislang mit Holzfasern nicht erreicht werden. In einzelnen Parametern wie z.B. dem Wasserhaushalt (Wiederbefeuchtung, Luftporen) kann Holzfaser aber auch dem Torf überlegen sein (GRANTZAU und IKEN 1999).

Die Holzfasern wurden mit Harnstoff imprägniert, um durch eine zusätzliche N-Quelle der N-Immobilisierung vorzubeugen; dieses Verfahren scheidet jedoch für den ökologischen Landbau aus. Alle übrigen Fasern verblieben in ihrem rohen Zustand, wie sie gewonnen werden bzw. als Abfallprodukt anfallen.

Torfersatzstoffe haben i.d.R. einen höheren pH-Wert des Substrates zur Folge. Dies kann durch die Wahl der für die Holzfaser verwendete Baumart beeinflusst werden (SCHMID 2002).

Fasst man die bisherigen Bestrebungen auf dem Gebiet der Torfersatzstoffe zusammen, so wird als Ersatz lediglich nach einer alternativen Zumischkomponente gesucht. Der Versuch, die Ersatzkomponente frühzeitig in die Erde einzufügen, so dass ein einheitliches Substrat entsteht, wurde nicht berichtet.

**N-Quelle.** Auch bei der Substrat-Aufdüngung wird verstärkt auf die organische Herkunft geschaut, wobei die meisten Alternativdünger zu Hornmehl (z.B. Luzerneschrot oder andere pflanzlichen Dünger) Keimhemmungen hervorrufen (EI KHAFIF 2001, MATTMÜLLER 2001). Im späteren Wachstum ist dieser Effekt weniger stark ausgeprägt (BRAICK 2001, LABER 2001).

**Qualitätsbestimmung.** Zur Prüfung der Pflanzenverträglichkeit von Komposten und Anzuchterden wird neben der Nähr- und Schadstoffanalytik ein Pflanzenkeimtest gefordert, der sogenannte „Chinakohltest“ (RAL 1998, 1999). AMLINGER (1993) empfiehlt den „Kressetest“, bei dem die Keimung, das Wurzelwachstum und der Pflanzenaufwuchs bestimmt wird. Depressionen, Keimausfälle und Pflanzenkrankheiten sind dabei negative Parameter. FUCHS und BIERI (2000) stellen einen abgeänderten Kressetest vor, bei dem die Pflanzen in einem geschlossenen Gefäß wachsen.

Eine genauere morphologische Beschreibung des Wurzel- und Blattwachstums führt zu einer umfassenderen qualitativen Beschreibung der Erden (AMLINGER 1993, BOCKEMÜHL 1971), bei der auch eine Aussage über die Auswirkung der Erden auf das Pflanzenwachstum und die daraus resultierende Produktqualität gewonnen werden kann.

Ein Hauptproblem bei der Nutzung von Anzuchterden ist die Nährstofffestlegung (insbesondere des Stickstoffs) bzw. der oft extrem hohe Salzgehalt (AMLINGER 1993, ANONYM 1997, GRANTZAU et al. 2003). Beide zählen zu den wesentlichen qualitätsbestimmenden Parametern. Die Mobilisation oder Festlegung der Nährstoffe steht auch in engem Zusammenhang mit der mikrobiellen Aktivität und dem Reifegrad des Substrates. Es ist daher von besonderer Bedeutung, diese erfassen zu können (TRAUNMÜLLER 1993). Neben der Temperaturmessung kann relativ kurzfristig mittels der CO<sub>2</sub>-Messung der Substratatemung bzw. der Nitrat-Festlegung während der Rotte die Qualität der Substrate ermittelt werden.

### 3.2 Eigene Vorarbeiten

Seit 1996 das Thema Bio-Anzuchterden verstärkt im Demeter- und Bioland-Verband diskutiert wird, fanden Gespräche mit Substrat- und Jungpflanzenproduzenten statt, um die Herstellung der Komposte zu optimieren und die Frage des Torfersatzes zu

erörtern. Dabei entstanden im Auftrag des Forschungsrings für Biologisch-Dynamische Wirtschaftsweise Merkblätter, die die Herstellung der Komposte/Anzuchterden regelten (FORSCHUNGSRING 2000).

1999 wurde dann mit der Unterstützung der SAG-Stiftung ein Projekt begonnen, das zum Ziel hatte, auch bei Biopresserden einen weitestgehenden Torfersatz zu ermöglichen. Zum einen wurden käuflich angebotene im Vergleich mit betriebseigenen Substraten getestet, zum anderen verschiedene Torfersatzstoffe (Stroh, Hanf, Holz, Holzfaser, Miscanthus etc.) auf ihre Verwertbarkeit als Zuschlagstoff geprüft (GRÜTER 2001, KÖNIG 2001, 2002b, 2003). Hierbei bestätigte sich das in der Praxis schlechte Image, da die Torfersatzstoffe bezüglich Nährstoffangebot und technischer Anwendbarkeit nicht den geforderten hohen Qualitätsansprüchen standhalten konnten.

Die Erfahrungen der ersten Versuchsjahre bezüglich der Torfersatzstoffe waren z.T. recht ernüchternd. Das Pflanzenwachstum auf den Ersatzmischungen war gehemmt. Dies hing mit der schlechten Struktur der Substrate und möglichen negativen Wirkungen von Substratkomponenten (z.B. Hanf) zusammen. Auch die Stickstoffverfügbarkeit war nicht eindeutig regelbar. Ein wichtiges Resultat war, dass Torfersatz nur über eine Rotte bzw. Kompostierung der Fasern etc. möglich sein wird.

Es wurden daher ab Herbst 2000 fortlaufend Komposte bzw. Substratmischungen zur Rotte angesetzt. Die Kompostierung fand je nach Menge der zur Verfügung stehenden Materialien in unterschiedlich großen Behältern statt. Die Komposte wurden mehrfach von Hand bzw. mit einem Miststreuer umgesetzt.

Die unterschiedlichen Torfersatzstoffe, die geprüft wurden, sind im folgenden kurz beschrieben.

Erste Priorität bezüglich Torfersatz hatte der **Hanf** als Faserpflanze, dessen Anbau zudem durch Fördermittel finanziell unterstützt wird. Außerdem zeigte das angerottete Material eine vorzügliche Wasserhaltefähigkeit und hatte eine bindig-schmierige Struktur. Bodenphysikalisch betrachtet war es (zumindest in Kombination mit anderen Substratkomponenten) der ideale Schwarztorfersatz, auch in den 2000 durchgeführten Pressversuchen. Leider setzt der Hanf auch in geringen Beimengungen und auch noch als mehrjähriger Kompost wuchshemmende Stoffe frei, sodass die Pflanzen starke Wachstumsdepressionen zeigten. Eine direkte Zumischung von Hanfkomponenten schied daher aus.

Eine weitere als nachwachsende Rohstoffe angebaute massenwüchsige Pflanze ist das **Chinaschilf** (Miscanthus). Derzeit gibt es jedoch kaum noch nennenswerte Anbauflächen, da die Anzucht äußerst risikoreich ist (verträgt in den ersten Jahren keine starken Fröste) und die Verwendung als Heizmaterial technisch an Grenzen stieß (Verschlackung der Öfen). Als Kompostmaterial ist es jedoch geeignet, zersetzt sich schnell und ergibt einen qualitativ hochwertigen Kompost. Der Nachteil ist, dass die Masse extrem schrumpft und das fertige Substrat keine fasrig-strukturellen Komponenten mehr enthält. Als Ersatz für den Torf scheidet daher Chinaschilf aus, als Kompostzuschlagstoff ist es jedoch geeignet.

Es wurden dann noch eine Reihe ackerbauliche „Nebenprodukte“ auf ihre Eignung als Torfersatz untersucht. An erster Stelle ist hier das **Getreidestroh** zu nennen, wobei seine Verfügbarkeit aus ökologischer Herkunft sehr eingeschränkt ist. Stroh allein verrottet nur sehr langsam und zeigt das Problem der Stickstofffixierung im fertigen Substrat. Es muss daher mit Stickstoff stabilisiert werden, was durch eine Mischung

aus **Klee und Stroh** erreicht wurde. Das Ergebnis war ein hervorragender Kompost, der wie das Chinaschilf aber nur als Teilkomponente des Substrates geeignet ist.

Ein weiteres Stroh stammte vom **Körnermais**. Es wurde vor der Kompostierung gehäckselt. Auch dieser ergab ein gutes Kompostsubstrat, welches zum zumischen geeignet ist. Das logistische Problem beim Mais ist jedoch, dass durch die derzeitige Erntetechnik der Maishalm größtenteils mitgeerntet wird und mehr oder weniger zerkleinert in der Stoppel liegt. Den Erntevorgang zu ändern scheint derzeit jedoch nicht durchführbar.

Das gleiche gilt für das **Sonnenblumenstroh**. Auch dieses wurde vor der Kompostierung gehäckselt. Durch sein Schwammparenchym hatte der Kompost eine ähnlich gute Wasserhalte-eigenschaft wie der Hanfkompost, jedoch strukturell ist der Kompost nicht als (alleiniger) Torfersatz geeignet.

Und schließlich wurde noch ein **Mischkompost** hergestellt, bestehend aus Grünschnitt, Stroh, Klee-Gras und Stallmist. Seine Qualität war ausgesprochen gut. Er diente als Vergleichsvariante für die Beurteilung der anderen Komposte und Substratmischungen.

**Holzfasernprodukte** als Torfersatz sind schon länger auf dem Markt (z.B. Toresa), hatten aber einen schlechten Ruf, da sie ebenfalls große Probleme bezüglich der Nährstofffestlegung zeigten. Erste Versuche mit Holzfasern (Bio-Kulta) zeigten außerdem, dass ihre Pressfähigkeit schlecht war. Da sie aber relativ kostengünstig zu erhalten sind und in nahezu unbegrenzter Menge in konstanter Qualität zur Verfügung stehen, lag die weitere Ausrichtung der Versuche auf der Aufbereitung der Holzfaser. Insbesondere wurde geprüft, bis zu welchem Grad sie fermentiert (bzw. kompostiert) werden muss, um einen pressfähigen Torfersatz zu ergeben. Ein Weißtorfersatz konnte so nach wenigen Wochen Fermentation bereits erreicht werden, ein Schwarztorfersatz konnte ebenfalls bedingt erreicht werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass ein Durchbruch bei der Herstellung von Torfersatz erst möglich war, als von der üblichen „Substratmischungstechnik“ (Substrat = Summe einzelner Zuschlagskomponenten) zur „Substratgenese“ übergegangen wurde, d.h. die fertige Substratmischung durchläuft einen Rotteprozess, der zur Ausreifung und damit zur Nährstoffstabilität führt (KÖNIG 2002 a, b). Die so erhaltenen Substrate zeigten eine befriedigende Pressfähigkeit und waren in der Ertragsleistung den käuflichen Alternativsubstraten gleichwertig.

In ersten Gesprächen mit Substratherstellern wurden die Vorzüge einer solchen Reifelagerung erörtert. Einige Firmen und Anbauer zeigten Interesse, hier in eine gemeinsame Entwicklung einzusteigen. Das war die Grundlage für die Fortführung des Projektes in Richtung einer Praxisetablierung der alternativen Substrate.

## 4 VERSUCHSBESCHREIBUNGEN UND ERGEBNISSE

### 4.1 Material und Methoden (allgemeiner Teil)

Im folgenden sind die allgemeinen Aspekte der Methodenbeschreibung für die Versuche wiedergegeben. Diese werden durch die jeweiligen Beschreibungen der einzelnen Versuche ergänzt.

#### 4.1.1 Industriesubstrate

Die zum Vergleich verwendeten Industriesubstrate waren i.d.R. Standardsubstrate aus der serienmäßigen Produktion. Verpackt waren sie palettenweise als Sackware. In dieser Form wurden sie beschattet und unter Folie geschützt im Freien gelagert. In der vorliegenden Veröffentlichung sind die Firmen chiffriert. Hier sollen nur alle Firmen genannt werden, von denen Substrate in den Versuchen verwendet wurden.

- Firma Archut/Hawita / Lauterbach: „Bio-Presstopferde“
- Firma Brill / Georgsdorf: „ECO Grund“
- Firma Floragard / Oldenburg: „Bio-Presstopferde“
- Firma Klasmann Deilmann / Geeste: „Bio-Potgrund“
- Firma Patzer / Sinntal-Jossa: „Statohum Bio-Presstopf“

#### 4.1.2 Substratherstellung

Die eigenen Mischungen wurden aus verschiedenen Holzfaser-Produkten, Grünschnittkompost und Schwarztorf hergestellt. Die Komponenten waren:

- Holzfaser „Roh-Pietal“ der Firma ÖPA /Klötze ohne die üblichen Zumischungen (wie z.B. Harnstoff). Pietal ist im Vergleich zu anderen Holzfasern ein mitteleines Material, das in einem speziellen thermischen Aufschlussverfahren hergestellt wird. Das Schüttgewicht betrug 70 kg / m<sup>3</sup> bei 20 % Wassergehalt, was 56 kg / m<sup>3</sup> Trockensubstanz entspricht (Volumen nach EN 12580).
- Holzfaser „Toresa Holzfaser“ der Firma Toresa/Söhlde ohne die üblichen Zumischungen (wie z.B. Harnstoff). Toresa ist ein gröberes Material, das in einem mechanischen Aufschlussverfahren hergestellt wird. Das Schüttgewicht betrug 127 kg / m<sup>3</sup> bei 44 % Wassergehalt, was 71 kg / m<sup>3</sup> Trockensubstanz entspricht (Volumen nach EN 12580).
- Holzfaser „Toresa nova g“ der Firma Toresa/Söhlde ohne die üblichen Zumischungen (wie z.B. Harnstoff). Toresa nova g ist ein feineres Material, das in einem mechanischen Aufschlussverfahren hergestellt wird. Das Schüttgewicht betrug 165 kg / m<sup>3</sup> bei 44 % Wassergehalt, was 92 kg / m<sup>3</sup> Trockensubstanz entspricht (Volumen nach EN 12580).
- Grünschnitt-Kompost der Firma Klasmann Deilmann. Der Kompost war ca. 6-8 Monate ausgereift, auf 10 mm gesiebt und im Bigpack im IBDF bis zur Verwendung gelagert. Der Kompost wurde im Werk mit den biologisch-dynamischen Kompostpräparaten entsprechend den Demeter-Richtlinien präpariert. Dieser Kompost wird üblicherweise in die Bio-Substrate der Firma eingemischt. Der verfügbare N-Gehalt war gering (50 mg N-min/l) und konnte daher bei der Stickstoffbemessung vernachlässigt werden.

- Schwarztorf der Fa. Klasmann Deilmann / Geeste (Sackware).

Die weiteren verwendeten Zuschlagstoffe sind unter den jeweiligen Versuchsbeschreibungen aufgeführt.

Die Substratmischungen wurden erst mittels einer (umgerüsteten) Betonmischmaschine vorgemischt und anschließend durch einen Schlegelhäcksler geworfen.

Gelagert wurden die Mischungen in Abhängigkeit von der Menge in folgenden Kompostsilos:

- Großsilos, welche aus Holzbrettern im Freiland gebaut waren, zum Erdreich hin mit Gehwegplatten abgedichtet und oben durch eine Wellkunststofftafel abgedeckt. Die Abmessungen waren: 105 cm Breite, 150 cm Tiefe, 145 cm Höhe. Das Volumen betrug maximal 2,28 m<sup>3</sup>. Die Silos konnten aber auch durch Trennwände weiter unterteilt werden. Bedingt durch die Bauart war eine gute Durchlüftung der Substratmischungen gewährleistet. Andererseits waren die Silos den Temperaturschwankungen des Witterungsverlaufes ausgesetzt.
- Kleinsilos, die aus 220-Liter-Mülltonnen hergestellt waren. Die Tonnen standen im Freien. Die Durchlüftung war bauartbedingt gering, weshalb die Tonnen häufiger umgesetzt wurden. Durch die Aufstellung im Freien waren die Temperaturschwankungen relativ hoch.
- Kleinsilos, die aus 120-Liter-Mülltonnen hergestellt waren. Die Tonnen standen in einer Garage. Die Durchlüftung war bauartbedingt gering, weshalb die Tonnen häufiger umgesetzt wurden. Im Frühling 2003 wurde eine Zwangsbelüftung in die Tonnen eingebaut, die mehrmals pro Woche angestellt wurde. Durch die Aufstellung in einem geschlossenen Raum waren die Temperaturschwankungen gering.

#### 4.1.3 Pressvorgang

Die Substrate wurden unmittelbar vor dem Pressen auf einen optimalen Wassergehalt eingestellt. Dies erfolgt praxisüblich durch Handprobe und Pressversuche.

Als Pressmaschine diente eine Erdtopfmaschine „Perfekt“ der Firma Unger / Dosenheim. Die Maschine war für die Versuchspressungen umgebaut, um einen raschen Wechsel zwischen den Substraten zu ermöglichen. Zum einen war in den Vorratsbehälter eine Reinigungsklappe eingebaut, zum anderen war an der vorderen Umlenkrolle des Förderbandes ein Reinigungsschieber angebracht worden (siehe



Abb. 4.1.1: Unger Erdpresstopfmaschine „Perfekt“ mit Öffnung zum Substratwechsel



Abb. 4.1.2: Rolltische der Gefäßversuchsstation des IBDF

Abbildung 4.1.1). So war es möglich, ohne die Maschine leer laufen zu lassen, kontinuierlich verschiedene Substrate hintereinander pressen zu können. Als Trennmарkierung zwischen den Chargen diente rohe Holzfaser. Damit konnte auch die Vermischung zwischen den Substraten auf etwa 10 Reihen eingeengt werden. Es wurde ein 7-reihiges Presswerkzeug verwendet mit einer zusätzlichen Pikierstiftschiene und einer Arbeitsbreite von 32 cm.

Die Erdpressballen wurden von Hand mit der zur Maschine gehörenden Spezialgabel in die Anzuchtboxen verpackt. Die Boxen hatten eine Größe von 34 x 55 x 5 cm. Sie wurden mit 98 Erdpressballen befüllt. Die mittlere Größe der Ballen war 45 x 37 x 45 mm (= 75 cm<sup>3</sup>).

Die Boxen wurden von Hand eingesät und anschließend mit Sand abgestreut. Danach wurden sie mit einer geringen Wassergabe angefeuchtet und in einen Klimaraum bei >95% rel. Luftfeuchte und ca. 20 °C zum Keimen aufgestellt.

Nach zwei Tagen wurden die Boxen in ein Foliengewächshaus auf Rolltischwagen umgestellt. Hierdurch war es möglich, in Abhängigkeit von der Außentemperatur den Versuch in den vorgelagerten Vegetationskäfig zu fahren (siehe Abbildung 4.1.2). Während der Frostperiode war der Folientunnel mittels einer 9 kW Gewächshausheizung beheizbar.

#### 4.1.4 Analytik

Die Substratuntersuchungen wurden nach BGK (1998) durchgeführt. Es werden hier für alle Versuche die Methoden dargestellt:

Der **pH-Wert** wurde elektrometrisch in einer Suspension der Substratfrischsubstanz in 0,01 molarer CaCl<sub>2</sub>-Lösung (Verhältnis 1:10) bestimmt.

Die **Leitfähigkeit** wurde im 1:10 Wasser-Extrakt der Substratfrischsubstanz mittels Elektrode bestimmt.

Der **Salzgehalt** wurde aus der Leitfähigkeit mittels Faktor und Rohdichte berechnet.

Die **Rohdichte** wurde im 1-Liter Messzylinder nach 10-maligem Fall aus 10 cm Höhe gemessen.

**Ammonium** und **Nitrat** wurden in 0,0125 molarer CAL-Lösung der Substratfrischsubstanz mittels des Kjeldahlaufschlusses bestimmt.

Der Gehalt an **Gesamt-Stickstoff** wurde durch den Kjeldahlaufschluss der Trockensubstanz erfasst.

Die löslichen Gehalte an **Phosphor (Gesamt-P)** und **Kalium (Gesamt-K)** wurden nach Extraktion der Substratfrischsubstanz mit einer auf pH 4,1 gepufferten CAL-Lösung aus Calciumacetat, Calciumlaktat und Essigsäure im Verhältnis 1:10 bestimmt. Im Extrakt wurde Phosphor spektralphotometrisch und Kalium flammenphotometrisch gemessen.

Die **Trockensubstanz** wurde gravimetrisch nach Trocknung bei 105 °C bestimmt.

Die **aschefreie Trockensubstanz** ist die Trockensubstanz abzüglich des Veraschungsrückstandes (bei 550 °C).

Für die Untersuchung der **Wiederbefeuchtung** der Substrate wurde ein Testverfahren entwickelt, das eine abgestufte Erfassung der Wasseraufnahme in Abhängigkeit von der Zeit ermöglicht.

9 Erdpressbällchen einer Variante wurden in ein Kunststoff-Siebbehälter gelegt und bei 40 °C auf eine Restfeuchte von ca. 10 % der zuvor bestimmten Feldkapazität eingestellt. Bis zur Durchführung des Wiederbefeuchtungstests wurden die Proben durch eine Plastiktüte an weiterer Verdunstung gehindert.

Im ersten Befeuchtungsschritt wurden mittels einer Brause 500 ml Wasser auf die beschriebene Einheit aus 20 cm Höhe beregnet. Nach einer Abtropfzeit von 5 Minuten wurde das Gewicht bestimmt.

Im zweiten Schritt wurden die Einheiten für 5 Minuten im Wasserbad untergetaucht, anschließend 5 Minuten abgetropft und wiederum gewogen. Die weiteren Zeitintervalle sind der folgenden Aufstellung zu entnehmen:

Tab. 4.4.3: Zeitablauf des Wiederbefeuchtungstests (Zeitangaben in Stunden)

	0:00	0:10	0:20	0:35	1:00	2:00	4:00	7:00	31:00
Befeuchtungszeit	gießen	0:05	0:10	0:20	0:55	1:55	2:55	23:55	47:55
Abtropfzeit	0:05	0:05	0:05	0:05	0:05	0:05	0:05	0:05	0:05
Messzeitpunkt	0:10	0:20	0:35	1:00	2:00	4:00	7:00	31:00	79:00

Anschließend an die letzte Messung wurde das Trockengewicht der Proben bestimmt.

Der **geschlossene Kressetest** wurde nach Fuchs und Bieri (2000) modifiziert. Feuchte gesiebte Erde wurde in ein 380 ml Glas eingewogen und mittels eines Stempels angedrückt. Auf die Oberfläche wurden 0,5 g Kressesamen (Sorte „Einfache Gartenkresse“ / Bingenheim) gleichmäßig verteilt und mit dem Stempel leicht in die Erde gedrückt. Die Oberfläche wurde mit Sand abgestreut und mit 5 ml Wasser

angefeuchtet. Anschließend wurde ein zweites Glas Überkopf auf das erste gestellt und mit Tesafilm luftdicht mit diesem verbunden.

Je nach Versuchsumfang wurde mit 3-5 Wiederholungen gearbeitet. Der Versuch wurde in einem klimatisierten Raum unter Kunstlicht (500-W-HQL-Lampen) aufgestellt. Die Raumtemperatur betrug mindestens 20 °C.

Nach einer Wachstumszeit von ca. 1 Woche wurde die Kresse geerntet und die Frischmasse bzw. aschefreie Trockenmasse bestimmt.



Der **geschlossene Chinakohltest** entspricht dem zuvor beschriebenen Testverfahren, indem statt Kresse 30 Samen Chinakohl ausgesät wurden.

Die Bestandesentwicklung wurde zu bestimmten Entwicklungsstadien fotografisch dokumentiert (Digitalkamera Nikon Coolpix 950).

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm Statgraphics, die Varianzanalysen wurden mittels LSD-Test geprüft.

## 4.2 Substratmischungen 1

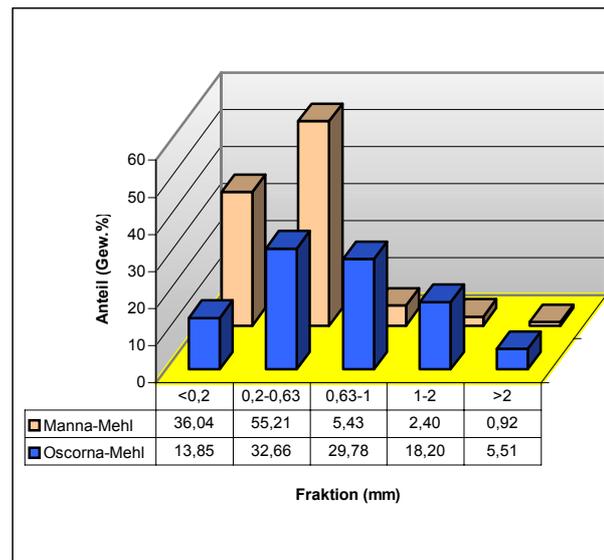
Ein Hauptproblem beim Torfersatz ist die Stickstoffstabilisierung des Ersatzstoffes (z.B. Holzfaser) mit organischen N-Düngern, da der im konventionellen Landbau übliche Harnstoff im Ökolandbau nicht zugelassen ist. Das in Vorversuchen verwendete Hornmehl ließ zwar keine großen Probleme erkennen, doch kann bei der derzeitigen Hygienesdiskussion nicht von einer sicheren und dauerhaften Verfügbarkeit des Hornmehls ausgegangen werden. Es wurden daher eine Reihe Versuche angelegt, um alternative organische N-Quellen auf ihre Eignung als N-Stabilisator von Holzfaser zu prüfen.

Als ein weiterer Faktor wurden verschiedene Rottelenker auf ihren Einfluss auf die Umsetzungsvorgänge der Substrate geprüft. Rottelenker finden verstärkt im Ökologischen Landbau Verwendung, teilweise werden sie sogar von Verbänden vorgeschrieben (z.B. die Verwendung der biologisch-dynamischen Präparate als eine Voraussetzung der Demeter-Anerkennung).

### 4.2.1 Methodenbeschreibung

Die Hauptfragestellung betraf die Wahl der N-Quelle. In den Versuchen wurden verschiedene Varianten verglichen, ohne vorerst auf den Bio-Ursprung des N-Trägers wert zu legen. Langfristig dürfte die Herkunft des Düngers aber eine wichtige zu klärende Frage sein. Folgende Dünger wurden verglichen:

- **Hornmehl** ist ein üblicher Dünger im Biobereich, obwohl er nur konventionellen Ursprungs sein kann. Außerdem wird im Rahmen von BSE immer wieder dieser Dünger kritisch hinterfragt. Die beiden in den Versuchen verwendeten Dünger stammten von den Firmen Haug (Manna) bzw. Oscorna. Das „Manna-Hornmehl“ ist sehr fein aufgemahlen und hat einen relativ niedrigen N-Gehalt (10,3 %), das „Oscorna-Hornmehl“ ist etwas gröber vermahlen und hat einen entsprechend höheren N-Gehalt (12,5 %; siehe auch nebenstehende Grafik).



- **Luzerneschrot** zeigt bei frischer Zumischung negative Wachstumsbeeinflussungen. Dennoch wurde er gewählt, da er auch in Bio-Qualität produziert werden kann. Der N-Gehalt liegt jedoch sehr niedrig (2,3 %), wodurch sehr hohe Zumischungsanteile notwendig wurden.
- **Rhizinusschrot** ist auch ein beliebter N-Dünger, ohne dass er in Bio-Qualität derzeit lieferbar ist. Sein N-Gehalt liegt bei 5,5 %.
- **MaltaFlor** wird ebenfalls nicht in Bio-Qualität angeboten, eine Bioproduktion ist aber in Planung. Der N-Gehalt liegt mit 5,5 % auf einer ausreichenden Höhe.
- **Vinasse** ist nur in konventioneller Qualität zu erhalten und wird nach Ablauf der Übergangsregelung zumindest in einigen Anbauverbänden nicht mehr zugelas-

sen sein. Ob aus der Bio-Zuckerproduktion eine Bio-Qualität angeboten wird, ist noch offen. Vinasse wurde dennoch gewählt, da sie als Flüssigdünger leicht zu verarbeiten ist und gleichmäßig dosiert werden kann. Der N-Gehalt von 4,8 % erscheint auch ausreichend.

- **Olivenschrot** ist ein Bio-zertifiziertes Abfallprodukt aus der ökologischen Olivenölproduktion. Es soll laut Herstellerangaben als N-Dünger einsetzbar sein. Sein N-Gehalt liegt jedoch ebenfalls sehr niedrig (1,5 %). Zudem besteht er aus einem hohen C-reichen Kernanteil.
- **Gülle** aus Extensivierbetrieben könnte ebenfalls eine lohnende N-Quelle sein, wenn der Transportweg nicht zu weit ist. Der N-Gehalt liegt jedoch mit weniger als 1% an der unteren Grenze.
- Das gleiche gilt für **Molke**, die gerade in der Holzfermentation in eigenen Versuchen gute anregende Wirkungen zeigte. Obwohl die N-Gehalte sehr niedrig sind (ca. 0,1 %), zeigte sich hier eine deutliche Steigerung der Fermentation der Holzfaser.

Als Holzfaser diente „Roh-Pietal“ der Fa. ÖPA/Klötze. Als Kompost wurde ein reifer auf 10 mm gesiebter Grünschnitt-Kompost der Fa. Klasmann Deilmann verwendet

Zur Qualitätsoptimierung wurden zusätzlich zu den Düngern 10 kg / m<sup>3</sup> Bentonit (E-dasil/Fa. Südchemie) und 8 kg/m<sup>3</sup> Urgesteinsmehl (Eifelgold/Fa. Lava-Union) den Mischungen zugesetzt. Zum Vergleich wurde eine Hornmehlvariante ohne diese Zusätze belassen.

Ein weiterer Faktor war die Steuerung der Rotte durch Bio-Rottelenker. Aus der Vielfalt der auf dem Markt angebotenen Mittel wurden lediglich die vom Demeterverband vorgeschriebenen biologisch-dynamischen Kompostpräparate mit den effektiven Mikroorganismen (EM) verglichen. Hinzu kam eine Einzelvariante eines homöopathischen Boden- und Pflanzenstärkungsmittels (PSM; Mayrhofer/Rain).

Bei der Mischung der Substrate wurden zwei Richtungen verfolgt: zum einen sollte genügend Substrat für den Anbauversuch 2003 hergestellt werden, zum anderen sollten genügend Varianten miteinander verglichen werden können. So wurden für die Anbauversuche lediglich 5 Mischungen ausgewählt, die in Großsilos angesetzt wurden. Für das Screening der Zusätze ergaben sich 28 Mischungen, die in Kleinsilos gelagert wurden.

Die Mischungen wurden alle 6-8 Wochen von Hand umgesetzt und bei Bedarf angefeuchtet. Außerdem wurde in den ersten Monaten die Temperaturentwicklung mittels eines Einstichthermometers gemessen. Im Frühjahr wurde zweimal der lösliche Stickstoff (N-min) bestimmt.

Die Zusammensetzung der Substrate für die Großsilos ist in Tabelle 4.2.1 aufgelistet. Als Bezugsgröße für die N-Stabilisierung der Holzfaser galt die von der Firma ÖPA mitgeteilte Menge an Harnstoff (400 g N pro m<sup>3</sup>). Lediglich die Molke konnte nicht in der berechneten Menge (333 Liter pro m<sup>3</sup>) zugefügt werden. Die Aufnahmekapazität der Holzfaser für Flüssigkeiten war hier bei 120 Liter / m<sup>3</sup> Molke erreicht. Das Verhältnis von Holzfaser (80 %) zu Kompost (20 %) war bei allen Mischungen gleich.

Tab. 4.2.1: Substratmischungen 1: Zusammensetzung der Substratmischungen in Großsilos; Angaben pro m<sup>3</sup>

Nr.	Menge N-Dünger	Menge Zuschlagstoffe
1	4 kg Hornmehl	
2	4 kg Hornmehl	10 kg Bentonit, 8 kg Urgesteinsmehl
3	17,2 kg Luzerne	10 kg Bentonit, 8 kg Urgesteinsmehl
4	8,3 kg Vinasse	10 kg Bentonit, 8 kg Urgesteinsmehl
5	120 l Molke	10 kg Bentonit, 8 kg Urgesteinsmehl

Die Mischungen für den zweiten Versuch in Kleinbehältern (120 Liter) sind in der Tabelle 4.2.2 aufgelistet. Was die Zumischung der Dünger betrifft, gilt das für die Großsilos angeführte entsprechend. Alle Varianten wurden mit 10 kg Bentonit und 8 kg Urgesteinsmehl versetzt. Die Hälfte der Varianten bestand aus einer Mischung aus Holzfaser (70 %) und Kompost (30 %), die andere Hälfte war reine Holzfaser. Diese Versuchsanstellung sollte die Frage klären, wo idealerweise die Holzfaser N-stabilisiert wird: beim Holzfaserhersteller (wie bisher mit Harnstoff üblich) oder beim Substrathersteller. Bei ersterem würde nur mit Holzfaser allein gearbeitet werden können, bei letzterem auch mit Kompostmischungen.

Tab. 4.2.2: Substratmischungen 1: Zusammensetzung der Substratmischungen in Kleinsilos

N-Quelle			100 % Pietal				70% Pietal, 30% Kompost		
	N-Gehalt (%)	Dünger (kg/m <sup>3</sup> )	Rottelenker						
			ohne	EM	PSM	Präp	ohne	EM	Präp
Luzerne	2,33	17,2	X	X	X	X	X	X	X
Hornmehl	10,0	4,0	X	X		X	X	X	X
MaltaFlor	5,69	7,0				X			X
Oliventrester	1,50	26,7				X			X
Gülle	3,32	12,0				X			X
Molke	0,12	120				X			X
Vinasse	4,83	8,3				X			X
Rhizinus	5,00	8,0				X			X

#### 4.2.2 Ergebnisse

Die Fermentation der einzelnen Varianten zeigte große Unterschiede. Die stärkste Fermentation erfolgte in den Kleinsilos mit den Holzfaser-Kompost-Mischungen. Diese Substrate ergaben bis zum Frühjahr eine gute pressfähige Erde. Durch die etwas feuchtere Lagerung waren sie teilweise sogar etwas zu bindig. Die Substrate der Großsilos entwickelten sich ebenfalls bis zum Frühjahr zu guten pressfähigen Erden.

Da sie tendenziell eher zu trocken lagerten, war ihre Struktur noch relativ grob, was jedoch für die Pressung eher von Vorteil war. Die reinen Holzfaser-mischungen waren jedoch völlig unzureichend fermentiert. Diese Substrate hatten noch im Sommer eine watteartig-filzige Struktur, die für die Erdpresstopfverfahren völlig ungeeignet ist.

Die Daten der **Temperaturkurven** für die ersten Wochen der Lagerung sind im Anhang wiedergegeben (Tab. A-1). Eine Erhitzung der Substrate fand lediglich in den ersten Tagen statt, besonders bei den Luzerneschrot-Varianten. Nach 3-4 Wochen waren die Substrate bereits auf unter 20 °C abgekühlt. Auch das Umsetzen der Silos führte nicht zu einem erneuten Temperaturanstieg. Diese niedrigen Temperaturverläufe hängen mit den sehr kleinen Einheiten zusammen. In der Praxis ist da mit weitaus größeren Ausschlägen zu rechnen.

Die **Stickstoffstabilisierung** war nicht bei allen N-Quellen zufriedenstellend. Keine Probleme bereitete das Hornmehl. Hier war im Frühjahr immer noch ein Überschuß an N verfügbar (siehe N-min in Tabelle 4.2.3). Die schlechte Fermentation der reinen Holzfaser-Varianten spiegelt sich auch im Angebot an N-min wider: die Werte liegen hier doppelt so hoch wie bei den Kompostmischungen, z.T. fast auf der ursprünglich zugefügten Höhe. Auch die sehr hohen Anteile an Ammonium-N bei diesen Varianten deuten in die gleiche Richtung.

Vergleicht man nun die zum Hornmehl alternativen Dünger, so zeigen die Luzerne-Varianten bei allen drei Gruppen eine deutlich geringere Verfügbarkeit an N-min im Frühjahr, was aber eher auf eine Umsetzungshemmung zurückzuführen ist, wie die später beschriebenen Pflanzenversuche noch zeigen werden. Gleichzeitig führt die Luzerne-Düngung zu einem extremen pH-Anstieg von z.T. mehr als einem Punkt! Dieser Effekt muss besonders herausgestrichen werden, da die Holzfaser-mischungen von sich aus bereits zu einem eher hohen pH-Wert neigen und diese Tendenz nicht noch durch den Dünger verstärkt werden darf.

Bei MaltaFlor fällt bei beiden Varianten der hohe Salzgehalt von 6,5 bzw. 10,4 g/l auf. Diese Werte zählen zu den höchsten und liegen weit über der Toleranzgrenze von 1,5 g/l. Auch das MaltaFlor zeigt noch relativ hohe Werte an Ammonium-N.

Ein recht ähnliches Bild zeichnet auch der Rhizinusschrot, zumindest bei der 100%-Variante. Die komposthaltige Variante ist hier weiter ausgereift.

Vinasse-Düngung führte in den meisten Fällen auch zu sehr hohen Salzgehalten, verbunden mit einem hohen pH-Wert. Auf eine weitere Charakterisierung kann jedoch an dieser Stelle verzichtet werden, da im späteren Pflanzenwachstumsversuch die mit Vinasse aufgedüngten Substrate zu extremen Ausfällen führten.

Gleiches gilt für die Oliventrester-Düngung: auch hier war trotz der hohen Düngung kein N-Effekt zu finden. Es ist zu vermuten, dass das Material selbst bereits den N wiederum festlegt.

Die Molke-Imprägnierung – von Düngung kann aufgrund der geringen N-Gehalte nicht gesprochen werden – führte ebenfalls zu relativ hohen pH-Werten, jedoch bei niedrigen Salzgehalten. Die N-Versorgung der Holzfaser war jedoch ungenügend. Dennoch war das Pflanzenwachstum im späteren Versuch ausreichend.

Die Gülle-Düngung lag in der Tendenz ähnlich wie die Molke, jedoch mit etwas geringeren pH-Werten. Warum die Gülle eine so geringe N-Verfügbarkeit aufweist, ist jedoch nicht verständlich.

Die Substratmischungen wurden in mehreren Kressetests und Pressversuchen untersucht. Die Ergebnisse hierzu sind in den jeweiligen folgenden Kapiteln zu finden.

Tab. 4.2.3: Substratmischungen 1: N-min-Gehalte, pH-Werte und Salzgehalte, gemessen am Ende der Lagerungsperiode

Varianten			29.4.(gr)/11.3.(kl)				7.5.		
Faseranteil	Rotte- lenker	N-Quelle	NH4	NO3	Nmin	Nmin	pH	Salz	
			mg/100g			mg/l		uS	g/l
Großsilos									
80		Hornmehl 1	0,4	27,4	27,8	195	6,26	680	3,6
80		Hornmehl 2	0,3	19,9	20,2	141	6,80	579	3,1
80		Luzerne	0,9	8,4	9,3	65	7,80	683	3,6
80		Vinasse	0,6	0,1	0,6	4	7,07	610	3,2
80		Molke	0,4	0,4	0,8	5	6,97	401	2,1
Kleinsilos									
70	bdP	Luzerne	0,6	5,3	5,8	41	7,67	723	3,8
70	ohne	Luzerne	0,7	4,4	5,1	36	7,68	710	3,7
70	EM	Luzerne	2,5	9,5	11,9	83	7,55	744	3,9
70	PSM	Luzerne	2,5	9,5	12,0	84	7,45	768	4,1
70	bdP	Hornmehl	0,6	33,7	34,3	240	6,49	840	4,4
70	ohne	Hornmehl	0,4	29,7	30,1	211	6,61	728	3,8
70	EM	Hornmehl	0,5	33,3	33,7	236	6,53	804	4,2
70	bdP	Molke	0,4	0,0	0,4	3	7,57	511	2,7
70	bdP	Gülle	0,4	0,0	0,4	3	7,20	429	2,3
70	bdP	Vinasse	0,8	22,1	23,0	161	7,26	1127	5,9
70	bdP	MaltaFlor	8,9	3,4	12,3	86	6,26	1223	6,5
70	bdP	Rhizinus	0,4	22,4	22,8	160	6,50	662	3,5
70	bdP	Olive	0,5	0,0	0,5	3	7,14	474	2,5
100	ohne	Luzerne	0,6	23,3	23,9	168	8,06	723	3,8
100	EM	Luzerne	3,7	22,3	26,0	182	7,99	706	3,7
100	PSM	Luzerne	0,6	19,3	19,8	139	8,08	662	3,5
100	bdP	Luzerne	0,4	26,1	26,5	186	8,03	687	3,6
100	ohne	Hornmehl	23,3	16,8	40,1	281	6,98	357	1,9
100	EM	Hornmehl	36,6	14,4	51,0	357	6,79	434	2,3
100	PSM	Hornmehl	29,6	21,5	51,1	358	6,83	417	2,2
100	bdP	Hornmehl	15,0	12,6	27,6	193	6,93	283	1,5
100	bdP	Molke	0,6	0,0	0,6	4	8,22	445	2,3
100	bdP	Gülle	0,6	0,0	0,6	4	7,19	192	1,0
100	bdP	Vinasse	1,1	19,4	20,4	143	7,83	1332	7,0
100	bdP	MaltaFlor	72,6	0,0	72,6	508	6,64	1965	10,4
100	bdP	Rhizinus	30,8	24,6	55,4	388	5,11	986	5,2
100	bdP	Olive	0,8	0,0	0,8	6	7,29	308	1,6

### 4.3 Substratmischungen 2

Ein zweiter Ansatz an Substratmischungen diente der Frage des Einflusses von mineralischen Zuschlagstoffen auf die Qualität von Anzuchtsubstraten. Vor diesem Hintergrund wird häufig Ton oder auch Basaltmehl in Substrate eingemischt. Gerade beim Ton wird aber die Qualität des Tons wenig berücksichtigt, meist nur die günstige Bezugsmöglichkeit. Auch hat sich aus den grobstrukturellen Topfsubstraten der Usus eingestellt, nur grobkörnige Tone zu verwenden, da feine Tone (in diesen Substraten) im Laufe der Zeit ausgewaschen würden.

Bei den Presserden liegen die Verhältnisse jedoch anders. Durch die feine Struktur des Substrates besteht keine Auswaschungsgefahr für die Zuschlagstoffe. Auch ist die Kulturdauer sehr kurz, sodass die Wirksamkeit der Zusätze von dem Grad der Einmischung abhängt. Für die Wahl der Zuschlagstoffe spielte daher deren Art und Aufbereitungsform eine Rolle.

Die Auswertung der Substrate ist noch nicht abgeschlossen. Die Substrate sollen im Frühjahr 2004 erst im Pflanzenexperiment untersucht werden.

#### 4.3.1 Methodenbeschreibung:

Die angesetzten Varianten sind in Tabelle 4.3.1 aufgelistet sowie die Anteile an Zuschlagstoffen angeführt. Die Zuschlagstoffe selbst sind im Folgenden beschrieben:

- **Edasil Granulat** ist ein Ca-Lagerstätten-Bentonit der Firma Süd-Chemie AG München. Es ist der üblicherweise verwendete Agrarbentonit;
- **Edasil Pulver** entspricht dem zuvor genannten, ist lediglich fein vermahlen und damit für die Presssubstrate besser geeignet;
- **Bionit Pulver** ist ein durch Na (mittels Soda) aufgeschlossener Lagerstätten-Bentonit der Firma Süd-Chemie AG München; im Gegensatz zum Edasil besitzt er eine sehr viel größere Oberflächenaktivität;
- **Toresa-Tonmehl** ist ein Illit-Montmorillonit-Lagerstättenton der Firma Toresa/Söhle mit einer spezifischen Oberfläche von  $>100 \text{ m}^2/\text{g}$
- **Kieselgur** ist ein amorphes Kieselsäuremehl der Firma Toresa/Söhle
- **Quarzmehl W18** ist kristallines Kieselsäuremehl der Firma Quarzwerke GmbH / Frechen
- **Lava-Mehl Eifelgold** ist ein Urgesteinsmehl der Firma Lava-Union / Sinzig

Die zugesetzten Mengen orientieren sich an den eigenen Versuchsergebnissen und sollen Aufschluss über die geringstmöglichen effektiven Mengen geben.

Als Rohsubstrat wurden die beiden Holzfasern Rohpietal und Toresa (Mischung von grober und feiner Form) verwendet. Der Holzfasern wurden 20 % Grünschnittkompost zugefügt.

Die Substrate wurden in den Kleinsilos (ca. 120 Liter Volumen) mit künstlicher Luftzufuhr in einem Lagerraum bei Außentemperatur gelagert. Etwa einmal pro Monat wurden die Silos von Hand umgesetzt und gemischt. Nach dem ersten Umsetzen wurde die Dichte nach EN bestimmt.

Tab. 4.3.1: Substratmischungen 2: Varianten und ihre Zuschlagstoffe

Variante	Zuschlagstoffe in kg pro cbm							Holzfaser
	A	B	C	D	E	F	G	
	Edasil Granulat	Edasil Pulver	Bionit Pulver	Toresa-Ton	Kieselgur	Quarzmehl W18	Lava-Mehl	
1	4							Pietal
2		4						Pietal
3			4					Pietal
4				4				Pietal
5		2						Pietal
6			2					Pietal
7			1					Pietal
8		4			1			Pietal
9			1		1			Pietal
10		4				1		Pietal
11			1			1		Pietal
12		4					3	Pietal
13			1				3	Pietal
14		4			1		3	Pietal
15			1		1		3	Pietal
16				4	1			Pietal
17				4	1		3	Pietal
18			2					Toresa
19			1					Toresa
20			1		1			Toresa
21			1				3	Toresa
22			1		1		3	Toresa
23				4	1			Toresa
24				4	1		3	Toresa

### 4.3.2 Ergebnisse

Die einzigen Erhebungen, die bis Redaktionsschluss dieses Berichtes gemacht wurden, sind Gewichts- und Volumenbestimmungen nach einer Fermentationszeit von 2 Monaten (Ende November). Diese sollen u. a. für spätere Wirtschaftlichkeitsberechnungen hinzugezogen werden. Insbesondere die neue Volumenbezugsgröße nach EN 12580 (das sogenannte EN-Maß) lässt im Bio-Substratbereich nur bedingt eine Aussage über den Bedarf an Rohstoffen zu, da es sich hier im Vergleich zur Rohdichte, die durch aufstoßen bestimmt wird, um eine reine Lockerschüttung handelt, die zudem sehr stark vom Wassergehalt abhängig ist. Diese große Variabilität findet sich deshalb auch in den gemessenen Werten (Tabelle 4.3.2). Diese liegen zwischen 366 und 240 kg / m<sup>3</sup>. Der Wassergehalt schwankt zwischen 56 und 64 Gewichtsprozent.

Tab. 4.3.2: Substratmischungen 2:  
Physikalische Größen

Var.	EN kg/m <sup>3</sup>	Wassergehalt gew%	TG l/m <sup>3</sup>	TG kg/m <sup>3</sup>
2	366	63,8	234	133
3	280	60,2	168	111
4	256	58,2	149	107
5	294	60,2	177	117
6	287	61,0	175	112
7	309	60,9	188	121
8	319	62,2	199	121
9	319	62,7	200	119
10	325	61,1	199	126
11	240	56,7	136	104
12	300	60,5	181	118
13	303	61,2	185	118
14	366	63,7	234	133
15	258	57,3	148	110
16	289	59,6	172	117
17	271	57,1	155	116
18	274	58,5	160	114
19	282	56,7	160	122
20	298	57,5	171	127
21	287	56,6	162	125
22	296	56,9	169	127
23	283	56,7	161	123
24	296	56,9	169	127
25	301	56,6	171	131

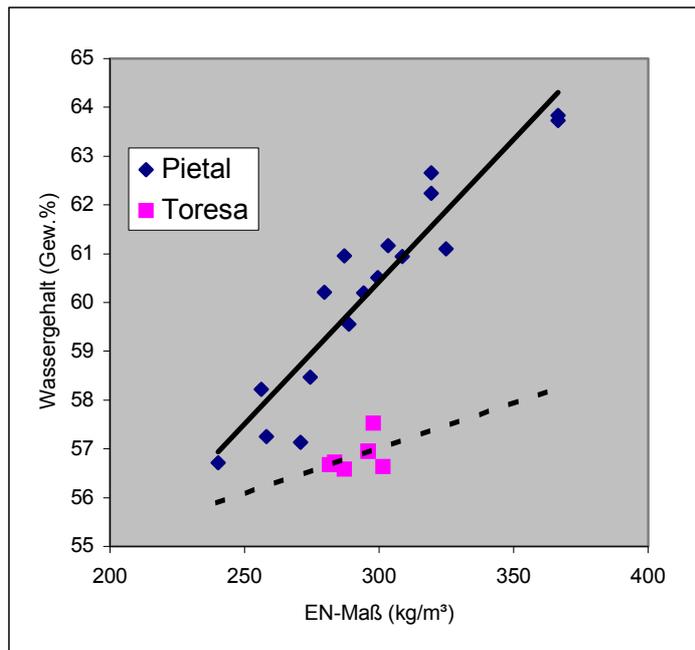


Abb. 4.3.1: Substratmischungen 2: Abhängigkeit des EN-Volumens von dem Wassergehalt des Substrates

Die Abhängigkeit beider Parameter voneinander ist offenkundig (Abbildung 4.3.1). Eine relativ geringe Erhöhung des Wassergehaltes um 13 % (7 Prozentpunkte) erhöht das Volumengewicht um 50 % (126 l/m<sup>3</sup>).

Die Trockengewichte dieser EN-m<sup>3</sup>-Volumen schwanken zwischen 104 und 133 kg. Interessant wird hier besonders auch die weitere Entwicklung, in wie starkem Maße im Verlauf der Fermentation die Struktur des Substrates nachlässt und damit die Dichte noch weiter ansteigt.



Abb. 4.4.1: Substratversuch 1: Feldsalat (Varianten 1-3; je 3 Wiederholungen)

#### 4.4 Substratversuch 1

Im Herbst 2002 wurde ein Screening-Versuch mit einem größeren Spektrum an Substraten angelegt. Ziel war einerseits einen Marktüberblick über die wichtigsten Bio-Presserden zu erhalten, andererseits die eigenen torfreduzierten Mischungen mit den marktüblichen zu vergleichen.

Angebaut wurden die beiden „Problemkulturen“ Chinakohl und Feldsalat. Chinakohl zeigt in der Praxis eine kritische Wachstumsphase, wo insbesondere bei extremer Sonneneinstrahlung die Pflanzen geschädigt werden können. Welcher Faktor des Substrates die Hauptursache dafür ist, ist noch unbekannt. Lediglich der Zusammenhang mit der Dauer der Lagerung scheint offenkundig: je länger die Substrate liegen, desto weniger Probleme treten auf. In unserem Versuch konnte dieser negative Effekt nicht nachgewiesen werden, da im Herbst die Einstrahlung wohl nicht ausreichend war. Feldsalat ist aufgrund seiner Vegetationsdauer eine empfindlich reagierende Kultur: etwaige Einseitigkeiten im Substrat führen zu einer dauerhaften Verschiebung der Wachstumsverhältnisse, die sich nur zögernd auswachsen können.

##### 4.4.1 Methodenbeschreibung

Es wurden 5 neue (Herstellung 2002) marktübliche Industriesubstrate mit 4 älteren überlagerten (Herstellung 2000 od. 2001) sowie 3 eigenen torfreduzierten Mischungen aus Holzfaser (Pietal) und Kompost verglichen. Die 12 Substrate sind in Tabelle 4.4.1 aufgelistet.

Bei den Industriesubstraten handelte es sich um übliche Mischungen, außer bei Variante 7, welche eine Spezialmischung mit Holzfaser als Torfersatz war. Variante 3 war pflanzlich, Variante 4 tierisch (Hornmehl) aufgedüngt.

Die eigenen Mischungen (aus 70% Pietal und 30% reifem Grünschnittkompost) waren ca. 1 Jahr gelagert, bevor sie für den Versuch mit Torfanteilen versehen wurden. Die Mischungen wurden mit 5 kg / m<sup>3</sup> Hornmehl (Manna) aufgedüngt.

Tab 4.4.1: Substratversuch 1: Zusammensetzung der Substrate

Nr.	Variante	Anbieter	Jahr	Torfanteil	Kompost	Holzfasern
1	A-02	A	2002	70 %	30 %	
2	B-02	B	2002	70 %	30 %	
3	C.t-02	C	2002	70 %	30 %	
4	C.p-02	C	2002	70 %	30 %	
5	D-02	D	2002	80 %	20 %	
6	E-00	E	2000	70 %	30 %	
7	B-01	B	2001	50 %	30 %	20 %
8	D-00	D	2000	80 %	20 %	
9	B-00	B	2000	70 %	30 %	
10	T 17	Eigen		17 %	25 %	58 %
11	T 33	Eigen		33 %	20 %	47 %
12	T 50	Eigen		50 %	15 %	35 %

Die Substrate wurden unmittelbar vor dem Pressen auf einen optimalen Wassergehalt eingestellt. Als Pressmaschine diente eine Erdtopfmaschine „Perfekt“ der Firma Unger / Dossenheim.

Tab. 4.4.2: Zeitplan Substratversuch 1

<b>Hauptversuch</b>	
23.10.02	Düngung der eigenen Varianten mit Hornmehl
07.11.02	Pressung; Aussaat Chinakohl
12.11.02	Aussaat Feldsalat
12.-20.11.02	Keimbonitur Chinakohl
21.-29.11.02	Keimbonitur Feldsalat
12.12.02	Ernte Chinakohl
31.01.03	Ernte Feldsalat
<b>Kressetest 1</b>	
13.11.02	Kressetest 1 angesetzt
19.11.02	Ernte Kressetest 1
<b>Kressetest 2</b>	
20.11.02	Kressetest 2 angesetzt
26.11.02	Ernte Kressetest 2
<b>Praxispressung</b>	
13.11.02	Probepressung bei Natterer von T17, T33, T50, To
21.11.02	Feldsalat ausgesät
22.-23.03.03	Ernte
<b>Chinakohltest</b>	
29.11.02	Chinakohltest angesetzt
11.12.02	Chinakohltest geerntet
<b>Kressetest 3</b>	
03.12.02	Kressetest 3 angesetzt
11.12.02	Ernte Kressetest 3

Als Saatgut wurde Chinakohl (Sorte „Bilko F1“ / Fa. Bejo) und Feldsalat (Sorte „Vit“ / Fa. Bingenheim) verwendet.

Der Versuch war mit 3 Wiederholungen angelegt und blockweise randomisiert aufgestellt. Während der Vegetationszeit wurden die Varianten mehrfach umgestellt.

Neben dem Hauptversuch wurden 3 **geschlossene Kressetests** sowie ein **geschlossener Chinakohltest** angesetzt. Außerdem wurde mit den eigenen Mischungen ein Praxispresstest im Betrieb Natterer durchgeführt (Beschreibung siehe Kapitel 4.7)

Der Zeitplan des Haupt- und der Nebenversuche findet sich in Tabelle 4.4.2.

#### 4.4.2 Ergebnisse:

##### 4.4.2.1 Bodenparameter (Tabelle 4.4.3)

Die **Rohdichte** der neuen Substrate lag zwischen 650 und 750 g/l. Die älteren Substrate lagen auch deutlich darüber (bis 900 g/l), was was sich entsprechend auch in einer Strukturschwäche der Substrate zeigt.

te. Die Rohdichten der eigenen Substratmischungen lagen mit 750 g/l ebenfalls auf einer üblichen Höhe, obwohl diese Mischungen einen verhältnismäßig hohen Mineralbestandteil hatten.

Eine wichtige Charakterisierung der Substratqualität ist der **Salzgehalt**. Liegen die Varianten 1-9 im normalen Bereich, so fallen die Varianten 10-12 deutlich heraus. Hierfür ist die Überdüngung mit Hornmehl aufgrund eines Mischungsfehlers verantwortlich zu machen. Es muss aber auch bemerkt werden, dass die auf Holzfaser und Kompost aufgebauten Substrate i.d.R. höhere Salzgehalte aufweisen, die nicht notwendigerweise zu einer Schädigung führen müssen.

Die **pH-Werte** der Substrate variieren stark. Eine Gruppe bilden die neuen Substrate, die im Bereich von 5,3 – 6,5 liegen, wobei Variante 5 bereits die untere Grenze überschritten hat. Die alten Substrate liegen tendenziell niedriger, wobei lediglich Variante 9 aus dem Bereich der Norm fällt. Die eigenen Mischungen sind im pH-Wert deutlich zu niedrig. Die Ursache hierfür war, dass die Mischungen nicht aufgekalkt wurden, da in früheren Versuchen die pH-Werte durch die Torfzusätze von zu hohen Werten auf normale reduziert wurden.

Nr.	Variante	Rohdichte (g/l)	TS (%)	Wasser (ml/l)	TG (g/l)	Salz (g/l)	pH	Ammonium (mg N / l)	Nitrat (mg N / l)	Gesamt (mg N / l)	% Nitrat an Nmin	Ammonium (mg N / l)	Nitrat (mg N / l)	Gesamt (mg N / l)
1A-02		726	38,7	445	281	1,5	5,7	47	16	63	26	71	76	148
2B-02		647	22,6	501	146	1,0	5,7	128	8	136	6	4	223	227
3C.t-02		752	33,0	504	248	3,0	6,1	139	68	207	33	16	103	119
4C.p-02		735	28,4	526	209	2,7	6,5	110	57	167	34	15	72	86
5D-02		750	29,3	530	220	2,5	5,3	19	163	182	89	4	184	188
6E-00		724	24,6	546	178	1,7	5,4	0	93	93	100	1	38	39
7B-01		776	25,5	578	198	2,8	5,4	8	202	210	96	1	214	215
8D-00		887	31,3	609	278	1,9	5,7	1	97	97	99	1	75	77
9B-00		894	24,4	676	218	0,5	5,0	3	15	18	86	1	0	1
10T 17		776	42,9	443	333	5,3	4,6	27	354	381	93	3	266	269
11T 33		732	36,1	468	264	4,3	4,2	36	328	365	90	4	230	233
12T 50		769	31,7	525	243	3,0	3,8	63	267	330	81	4	256	259

Die **N-Verfügbarkeit** zeigte ebenfalls größere Unterschiede. Die N-min-Werte streuten auch bei den neuen Substraten recht breit zwischen 63 und 207 mg N/l. Vergleicht man diese Werte mit den noch verfügbaren N-Gehalten am Ende der Feldsalat-Kultur (bei sehr geringen Auswaschungsverlusten!), so zeigt Substrat 1 ein ideales Nachlieferungsverhalten mit anfänglich niedrigen Gehalten. Auch bei drei der vier überlagerten Substrate (6-9) war die N-Versorgung ausreichend. Lediglich Variante 9 zeigte hier einen Mangel, der auf N-Festlegung während der Lagerungsperiode zurückzuführen ist. Für diese Variante muss angemerkt werden, dass bereits in früheren Versuchen hier Wachstumsanomalitäten aufgetreten waren, die auf eine ungenügende Substratqualität zurückzuführen waren. Auffallend sind die sehr hohen Nitrat-Gehalte bei den Mischungen 10-12, die auf den bereits benannten Mischungsfehler zurückzuführen sind (doppelte Menge an Dünger-N).

Ein Qualitätskriterium ist neben der Nachlieferungsfähigkeit für N auch das Verhältnis

Tab 4.4.3: Substratversuch 1: Bodenparameter

	Dichte und Wasser	Salz	pH	N-min Aussaat	N-min Ernte
--	-------------------	------	----	---------------	-------------

Tab. 4.4.4 : Substratversuch 1: Verlauf der Wiederbefeuchtung der Substrate (% der Feldkapazität der gepressten Substrate). W-max = Menge Wasser, während 50 Stunden Wiederbefeuchtung aufgenommen

Variante	% Feldkapazität nach ... Stunden Wiederbefeuchtung										max:	TG
	0:00	0:10	0:20	0:35	1	2	4	7	31	50	ml/l	g/l
1A-02	18	22	31	45	61	71	75	75	80	77	484	317
2B-02	17	19	27	40	55	62	65	66	71	70	547	190
3C.t-02	19	22	27	34	43	53	58	58	63	64	349	278
4C.p-02	16	19	22	28	36	45	51	52	58	59	366	238
5D-02	18	21	28	40	53	62	65	66	72	73	473	250
6E-00	18	21	39	64	66	68	70	70	76	76	537	204
7B-01	15	19	37	55	58	60	62	62	66	67	504	225
8D-00	19	23	44	61	64	66	68	70	73	75	495	310
9B-00	34	38	61	78	81	84	86	89	94	96	478	210
10T 17	18	22	35	58	69	73	76	77	80	82	529	386
11T 33	20	25	36	57	70	76	79	79	84	86	554	308
12T 50	18	22	36	56	63	68	70	70	75	78	541	293

von Ammonium zu Nitrat im N-min-Extrakt. Hohe Ammoniumwerte bedeuten frische Aufdüngung mit der damit verbundenen Gefahr der Wachstumsdepression. Dieser Wert ist bei den ersten vier Varianten in Richtung Ammonium verschoben, bei Variante 5-12 deutlich auf der Nitrat-Seite.

Ein weiterer Test zur Charakterisierung des Wasseraufnahmevermögens ist der **Wiederbefeuchtungstest**. Hierbei werden definiert getrocknete Erdpressballen schrittweise wieder angefeuchtet. In Tabelle 4.4.4 ist dieser über mehrere Tage ablaufende Vorgang zusammengestellt. Methodisch bedingt ist es nicht möglich, einen einheitlichen Gehalt an Ausgangsfeuchte der Proben zu erhalten, da hierfür die Proben vollständig getrocknet werden müssten. Die jeweiligen Werte lagen jedoch im Bereich um 18 % der Feldkapazität der Proben (Spalte 0:00). Um die Substrate besser untereinander vergleichen zu können, wurden in der Tabelle die Werte in Gruppen gegliedert, die mit gleicher Farbe unterlegt wurden. Die Gruppen sind: 0-20, 20-45, 45-70, >70% der Feldkapazität.

Die maximalen Wasseraufnahmen durch Wiederbefeuchtung variieren bei den untersuchten Substraten in einem Bereich von 350-550 ml/Liter Boden. Die eigenen Mischungen zählen zu den höchsten Werten. Auffallend niedrig liegen die Varianten 3 und 4. Diese haben auch die geringsten Wiederbefeuchtungswerte bezogen auf die Feldkapazität (59-64 %).

Eine weitere Unregelmäßigkeit findet sich bei Variante 9. Diese erreicht den höchsten Wiederbefeuchtungswert bezogen auf die

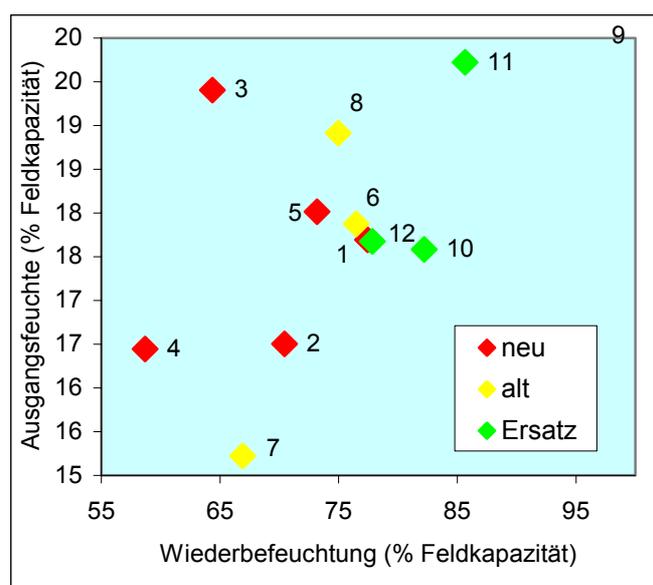


Abb. 4.4.2: Substratversuch 1: Wiederbefeuchtungstest; Korrelation zwischen der Ausgangsfeuchte und dem Endwert der Wiederbefeuchtung

Feldkapazität mit 96 %. Diese Variante ist jedoch aufgrund eines Berechnungsfehlers nicht weit genug heruntergetrocknet worden (lediglich auf 34 %). Wie aus Abbildung 4.4.2 zu erkennen ist, hat ab einem bestimmten Austrocknungsgrad dieser nur noch einen untergeordneten Einfluss auf die Wiederbefeuchtung: die drei Substratgruppen (neu, alt und Torfersatz) liegen nebeneinander. Die niedrigste Wiederbefeuchtung erfolgt bei den neuen Industriesubstraten, die höchste bei den eigenen Torfersatz-Mischungen.

Torf ist bekanntermaßen stark wasserabweisend, ist er einmal ausgetrocknet. Dies kann jedoch durch Beimischung anderer Stoffe verhindert werden. In diesem Sinn spielt die Holzfaser eine wichtige Rolle, da sie besonders gut wieder Wasser aufnimmt. Das kann unmittelbar am Wiederbefeuchtungsverlauf abgelesen werden: lässt man Variante 9 außer Betracht, so liegen gerade die torfarmen Varianten 10 und 11 deutlich vorne. Interessant ist auch die Entwicklung bei Variante 1. Obwohl es sich hierbei um eine neue torfhaltige Erde handelt, liegt sie ebenfalls im gleichen Bereich. Eine Ursache hierfür kann in dem hohen Anteil an Kompost (30%) gesucht werden. Zum Vergleich hat Variante 5 nur 20 % Kompost. Entsprechend unterschiedlich liegen auch die Trockengewichte.

Nach der Ernte des Feldsalates wurde der Restboden auf seine Nährstoffgehalte untersucht (Tabelle 4.4.4). Die Varianten 2 und 9, beide vom gleichen Hersteller, fallen durch Unregelmäßigkeiten in den Nährstoffgehalten auf. Variante 2 hat einen Überschuss an Nitrat und ein deutliches Defizit an P und K. Variante 9 zeigt eine totale Erschöpfung des N-Vorrates. Die drei eigenen Mischungen haben immer noch deutlich überhöhte Nitrat-Konzentrationen. Variante 1 zeigt die stärkste N-Nachlieferung: immer noch wird hier N aus dem Hornmehl freigesetzt, was an den hohen Ammonium-Konzentrationen abgelesen werden kann. Ähnliches findet sich bei den Varianten 3 und 4, hier aber auf einem niedrigeren Niveau.

Tab. 4.4.4: Substratversuch 1: Analysen nach Ernte (Feldsalat)

Variante	Substrat									Feldsalat
	pH	Salz (g/l)	NH4 (mg/l)	NO3 (mg/l)	P (mg/100g)	K (mg/100g)	TS (%FS)	GV (%TS)	N (%TS)	
1A-02	5,6	2,4	100	107	46,6	0,33	56,1	50	6,6	
2B-02	4,6	5,3	7	354	7	0,08	33	76,6	4,9	
3C.t-02	6,3	3,8	24	159	71,2	0,5	51,9	52,1	5,8	
4C.p-02	6,2	3,2	23	109	62,2	0,34	46,9	60,3	6	
5D-02	5,3	3,2	5	243	41,4	0,23	41	60,5	4,7	
6E-00	5,8	1,6	2	53	26,8	0,09	35,9	76	4,7	
7B-01	5,8	3,5	2	287	43,1	0,23	37,2	66,8	4,6	
8D-00	6,1	2,3	2	85	42	0,2	44,4	55,7	4,9	
9B-00	5,4	0,7	2	0	16,1	0,21	39,4	69,8	3,4	
10T 17	4,9	7	4	320	50,3	0,4	55,4	39,4	2,9	
11T 33	4,5	5,7	5	318	42,9	0,28	49,3	49,7	4	
12T 50	4,1	4,2	5	346	38,5	0,19	46,3	56,8	4,2	
GD 5%	0,09	0,5	14,3	72	5,2	0,05	9,7	2,9	0,5	

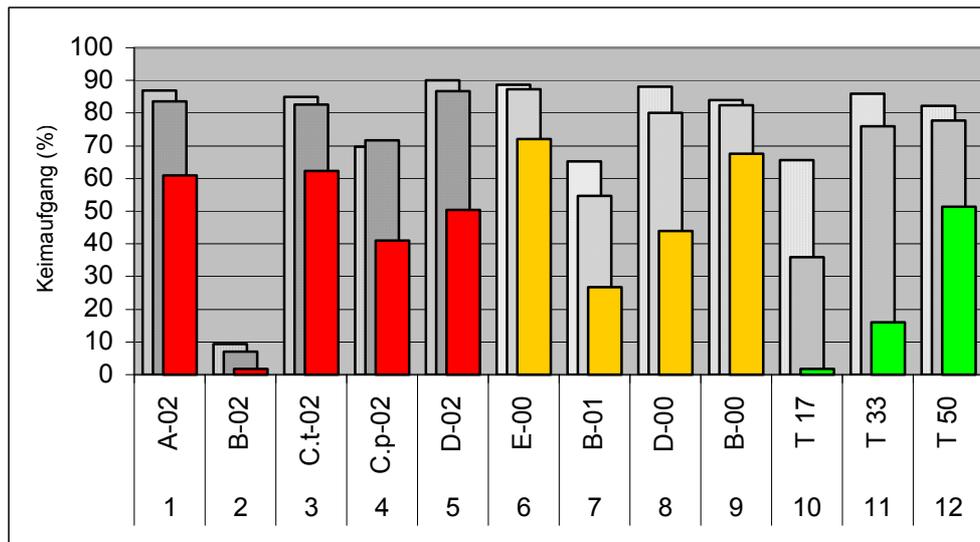


Abb. 4.4.2: Substratversuch 1: Keimung von Feldsalat nach 9 (a: vordere) und 16 Tagen (b: mittlere) und zum Erntezeitpunkt (c: hintere Reihe); GD 5%: a: 22,0; b: 11,5; c: 7,26

#### 4.4.2.2 Pflanzenaufwuchs

Die Keimungsrate des Feldsalat (Abbildung 4.4.2, Tab. A-2 im Anhang) zeigt zu Beginn (am 9. Tag) ein breites Spektrum zwischen 2 und 72 gekeimten Pflanzen (von 98 möglichen). Diese Differenzen wachsen sich bis zur Ernte größtenteils wieder aus. Variante 2 stellt einen Totalausfall dar (siehe auch Foto in Abbildung 4.4.1 am Anfang des Kapitels). Auch das ein Jahr alte Substrat des gleichen Herstellers zeigt eine Keimungsdepression, wenn auch nicht in dem gleichen Maße. Ebenfalls etwas in der Keimung reduziert sind die Variante 4 und die torfreduzierte Variante 10.

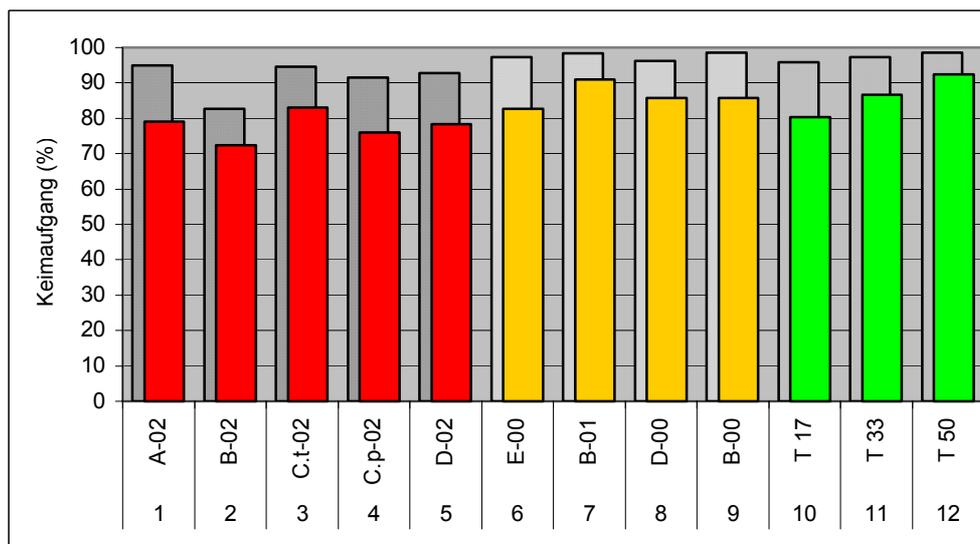


Abb. 4.4.3: Substratversuch 1: Keimung von Chinakohl am 6. (a: vordere) und 21. Tag (b: hintere Reihe) GD 5%: a: 12,6; b: 6,77

Im Vergleich zum Feldsalat reagiert der Chinakohl nur gering auf die unterschiedlichen Qualitäten der Substrate (Abbildung 4.4.3). Das wird besonders deutlich, wenn man die relativ gute Keimung auf Substrat 2 betrachtet, auf welchem der Feldsalat vollständig versagte.

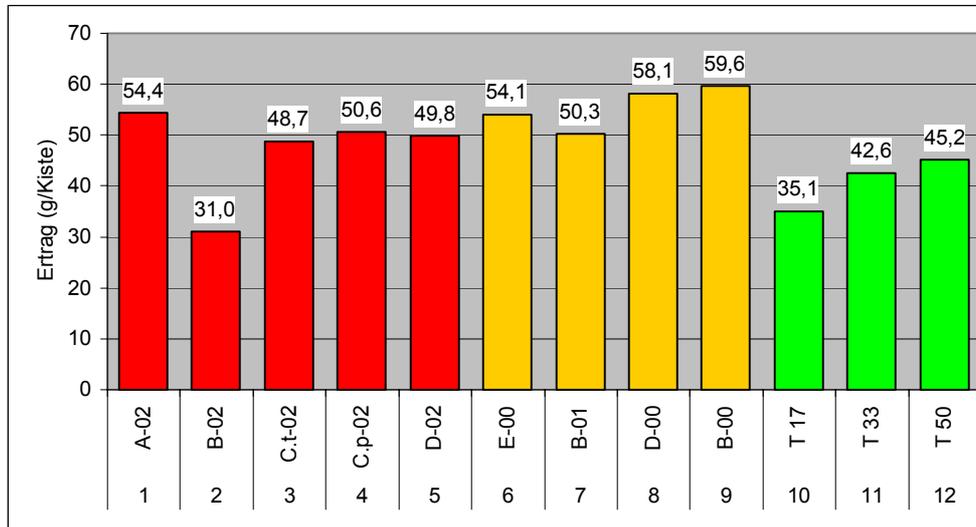


Abb. 4.4.4: Substratversuch 1: Pflanzenaufwuchs von Chinakohl Mitte Dezember; GD 5%: 13,5

Da die Jahreszeit nicht ideal für den wärmeliebenden Chinakohl war, er aber auch bereits im Dezember ausreichend differenziertes Wachstum aufwies, wurde er Mitte Dezember mit ca. 5 cm Pflanzenhöhe geerntet (Abbildung 4.4.4 und Tab. A-3 im Anhang). Am größten war der Aufwuchs bei den „alten“ Substraten (Varianten 6-9), die neuen Substrate liegen auf einem etwas niedrigeren Niveau, wenn Variante 2 nicht berücksichtigt wird. Bei ihr zeigt sich wieder eine deutliche Depression. Am geringsten war der Aufwuchs der Varianten 10-12. Statistisch ließen sich lediglich die beiden Ausreißer 2 und 10 von den übrigen Varianten trennen.

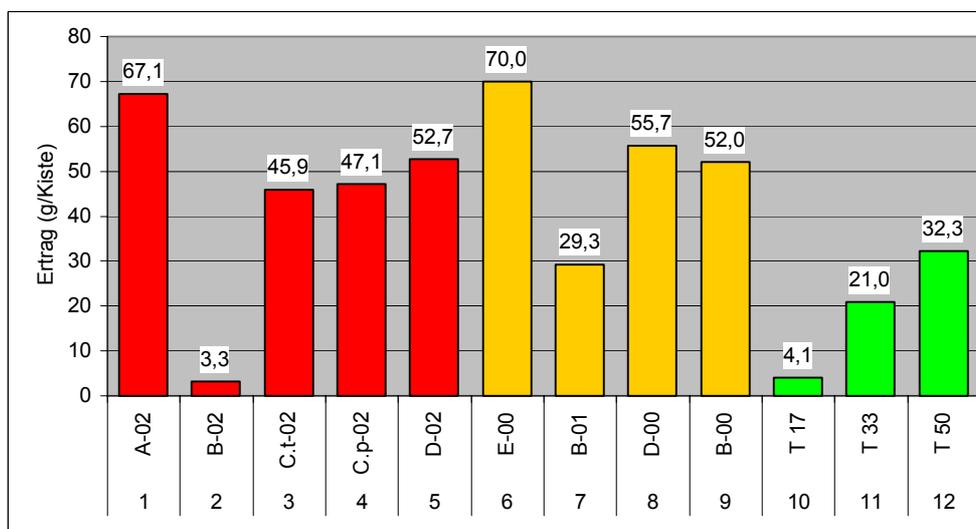


Abb. 4.4.5: Substratversuch 1: Pflanzenaufwuchs von Feldsalat Ende Januar; GD 5%: 9,0

Beim Aufwuchs des Feldsalat ergibt sich hier kein so einheitliches Bild (Abbildung 4.4.5 und Tab. A-3 im Anhang). Die Streuungen sind groß und die höchsten Erträge liegen bei den Varianten 1 und 6 vor. Diese heben sich signifikant von der nächsten Gruppe der Industriesubstrate ab (Varianten 3, 4, 5, 8 und 9). Eine weitere signifikant zu trennende Gruppe sind die Varianten 7, 11 und 12. Und schließlich als vierte Gruppe die beiden „Versager“ 2 und 10. Das Bild, das sich hier ergibt, entspricht in etwa dem Bild des ersten Keimgeschehens. Zu den Varianten 10-12 muss angemerkt werden, dass in der Praxispressung im Betrieb Natterer die gleichen Substrate deutlich besser abschlossen und keine so großen Unterschiede erbrachten (siehe Kapitel 4.8). Die Ursache für das schlechte Abschließen in diesem Versuch kann unter Umständen in einem zu nassen Pressen der Substrate gesucht werden, was zu einem Luftmangel im Wurzelbereich führen könnte.



Abb. 4.4.6: Substratversuch 1: Geschlossener Kressetest 2; Pflanzenaufwuchs der Varianten 1-5 und 10-12

#### 4.4.2.3 Kressetests

Die im Hauptversuch gefundenen Wachstumsunterschiede finden sich in ähnlicher Abstufung auch im geschlossenen Kressetest, einem sehr „harten“ Test, der auch die pflanzenrelevante Entgasung des Bodens erfasst (Abbildung 4.4.6). In allen drei Durchgängen fallen die Varianten 2 und 9 heraus, beides sind Substrate des gleichen Herstellers (Abbildung 4.4.8).

Insbesondere bei Substrat 2 konnte beim Öffnen des Glases ein stechender Geruch festgestellt werden. Diese Variante führte auch beim Chinakohl zu dem gleichen Ausfall. Als Ursache müssen daher fehlgelaufene Umsetzungsprozesse im Kompostanteil des Substrates gesucht werden. Darauf weist auch die Schimmelpilzbildung hin, die in Variante 9 der Serie 1 auftrat (Abbildung 4.4.7).



Abb. 4.4.7: Schimmelpilzbildung auf Variante 9

In diesen Tests schneiden die eigenen Mischungen relativ gut ab, was zumindest die biologische Seite der Torfersatzmischungen als ausgereift einstufen lässt (Abbildung 4.4.8 und Tab. A-3 im Anhang). Dies wird auch durch das bessere Wachstum der Feldsalatpflanzen des Praxis-Prestests bestätigt, für den ja die gleichen Substrate verwendet wurden. Die frischen Industrieerden erscheinen zumindest in den Kresse-tests kritisch, was möglicherweise mit der Aufdüngung zu tun hat.

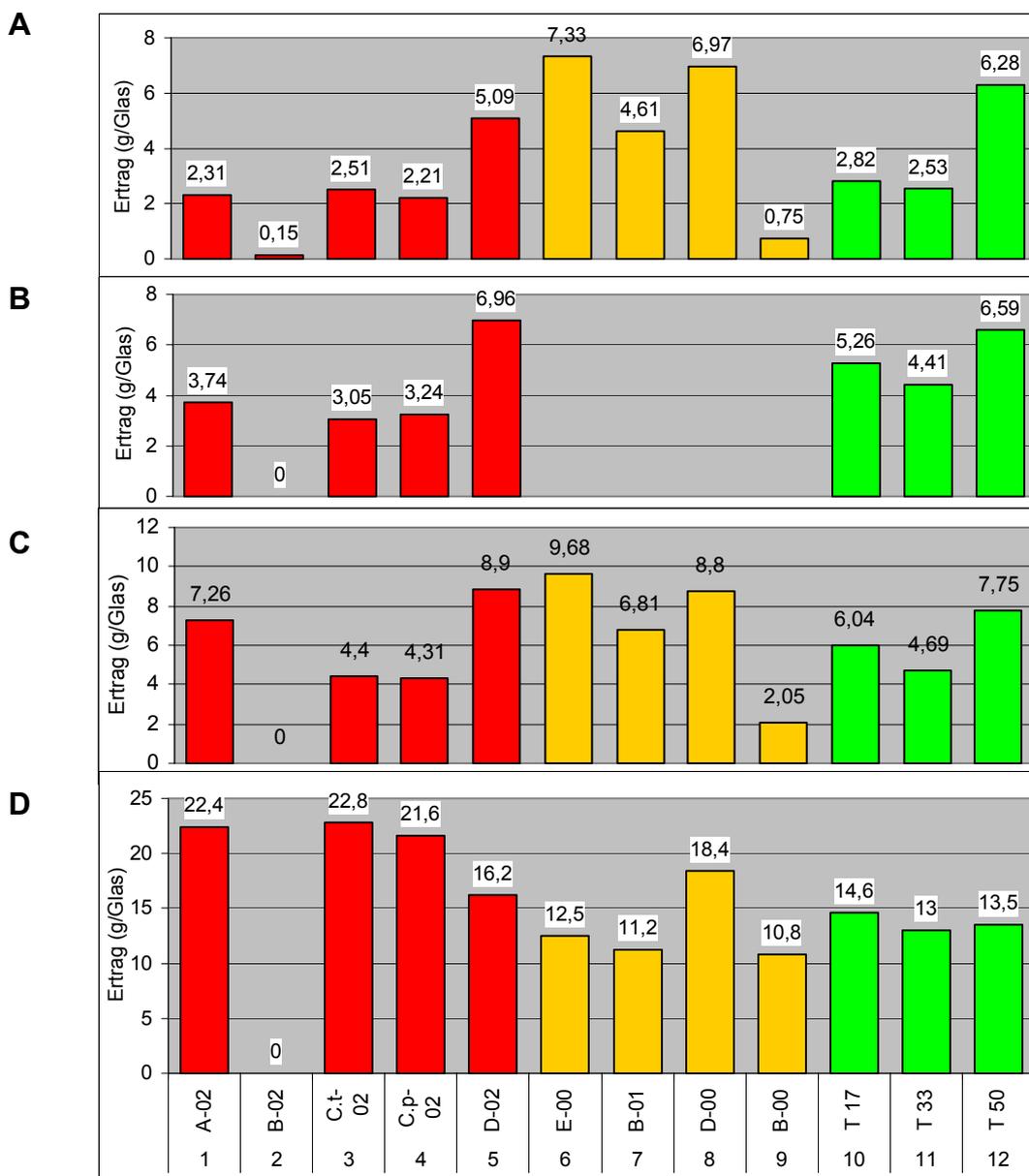


Abb. 4.4.8: Substratversuch 1: Kressetest 1-3 (A-C) und Chinakohltest (D): Pflanzenaufwuchs in Gramm pro Glas; GD 5%: A: 1,98; B: 1,27; C: 2,33; D: 4,78



Abb. 4.4.8: Substratversuch 1: Geschlossener Chinakohltest vor der Ernte

Der Chinakohl scheint auch in diesem Test nicht so sensibel auf die Substratunterschiede zu reagieren wie die Kresse. Warum gerade die frischen Substrate die höchsten Aufwuchsleistungen erbrachten, - obwohl Variante 2 auch hier einen Totalausfall zeigt - ist nur schwer verständlich.

Zusammenfassend kann aus dem Substratversuch 1 gefolgert werden:

- Das Screening der Industriesubstrate erbrachte ein breites Spektrum an Wuchsleistungen. Dieses reichte von Bestleistungen bis zu Totalausfällen.
- Die eigenen torfreduzierten Substratmischungen erbrachten lediglich im Vergleich mittlere Leistungen, konnten aber in Einzelfällen auch das hohe Ertragsniveau der Industriesubstrate erreichen.
- Alte Substrate haben den Vorteil, keine hohen Ammoniumkonzentrationen mehr aufzubauen, was für die Pflanzengesundheit förderlich ist.
- Feldsalat als Testpflanze hat sich besser bewährt als der Chinakohl, obwohl man ihm hohe Empfindlichkeit gegenüber Substratunregelmäßigkeiten zuschreibt.
- Der geschlossene Kresstest hat sich als „harter“ Qualitätstest bewährt. Er zeigte regelmäßig die kritische Qualität der Substrate von Anbieter B.
- Der geschlossene Chinakohltest zeichnete hingegen nicht so fein.

## 4.5 Substratversuch 2

Im Frühsommer 2003 wurde ein Teil der unter Kapitel 4.2 beschriebenen Substratmischungen in einem Versuch mit Eissalat und Chinakohl geprüft. Die Pflanzen wurden nach der Aufzucht im Feld ausgepflanzt und bis zur Ernte verfolgt. Die Substrate unterschieden sich einerseits in der N-Aufdüngung mittels verschiedener N-Quellen und andererseits in den Anteilen an Torf (0 – 50 %). Als Vergleich dienten wiederum vier Industriesubstrate.

### 4.5.1 Methodenbeschreibung

Die verwendeten Substratmischungen sind in Tabelle 4.5.1 aufgeführt. Als Basis dienten die im Herbst angesetzten fertig fermentierten Mischungen aus 4 unterschiedlichen N-Quellen (Hornmehl, Luzerne, Vinasse, Molke) mit (m) bzw. ohne (o) Gesteinsmehl/Bentonit (siehe Kapitel 4.2). Diese wurden mit unterschiedlichen Torfanteilen (ohne, 30 bzw. 50 %) versetzt. Die ursprünglich vorgesehene Variante 5 (100 % Mischung der Molke-Aufdüngung) war jedoch so gering umgesetzt, dass eine Pressung nicht möglich war und diese Variante daher ausschied.

Die Varianten 1-15 wurden mit Manna-Hornmehl auf ein einheitliches N-Versorgungsniveau aufgedüngt und mit Algenkalk (Algomin) auf einen pH-Wert um 6,0 aufgekalkt. Bei einigen Varianten, besonders den torffreien Mischungen, lag er jedoch z.T. deutlich darüber.

Neben den eigenen Mischungen wurden 4 Vergleichssubstrate getestet. Substrat A-03 war ein frisches Substrat aus 2003, die übrigen stammten aus 2002 und wurden bereits im Substratversuch 1 getestet. Insbesondere der Vergleich der Substrate C.p und C.t war von Interesse, da diese durch ihre unterschiedliche Aufdüngung (pflanzlich bzw. tierisch) Unterschiede erhoffen ließen.

Tab. 4.5.1: Substratversuch 2: Beschreibung der Varianten

	Variante	N-Quelle	Bentonit Lavamehl	Torf %
1	HM1 (o)	Hornmehl	ohne	0
2	HM2 (m)	Hornmehl	mit	0
3	LU (m)	Luzerne	mit	0
4	VI (m)	Vinasse	mit	0
6	HM1 (o)	Hornmehl	ohne	30
7	HM2 (m)	Hornmehl	mit	30
8	LU (m)	Luzerne	mit	30
9	VI (m)	Vinasse	mit	30
10	MO (m)	Molke	mit	30
11	HM1 (o)	Hornmehl	ohne	50
12	HM2 (m)	Hornmehl	mit	50
13	LU (m)	Luzerne	mit	50
14	VI (m)	Vinasse	mit	50
15	MO (m)	Molke	mit	50
16	A-03			60
17	D-02			75
18	C.p-02			70
19	C.t-02			70

Die Substrate wurden vor dem Pressen auf einen optimalen Wassergehalt eingestellt, der sich an der Pressfähigkeit orientierte (Tabelle 4.5.3). Als Pressmaschine diente eine Unger „Perfekt“ (Beschreibung siehe Kapitel 4.1). Die Kisten für die beiden Kulturen wurden gleichzeitig gepresst, insgesamt 8 Kisten pro Substrat.

Je drei Kisten wurden mit Eissalat (Sorte „Great Lakes“ / Bingenheim) bzw. Chinakohl (Sorte „Granat“ / Bingenheim) ausgesät, mit Sand abgestreut und in einem Klimaraum bei 95% Luftfeuchte und ca. 20 °C zum Keimen aufgestellt. Nach zwei Tagen wurden sie in ein Gewächshaus auf Rolltischwagen umgestellt, sodass sie bei Bedarf ins Freie geschoben werden konnten. Die ge-

neuen Zeitangaben können Tabelle 4.5.2 entnommen werden.

Die Substratmischungen wurden entsprechend der unter Kapitel 4.4 beschriebenen Methoden analysiert.

Die Pflanzen wurden in ihrer Wachstumsentwicklung bonitiert und der Aufwuchs ertragsmäßig ermittelt.

Nach 19 (Chinakohl) bzw. 21 (Salat) Tagen wurden die Pflanzen auf das Versuchsfeld des IBDF von Hand mit 2 bzw. 4 Wiederholungen ausgepflanzt. Die Pflanzweite betrug beim Eissalat 25 x 25 cm, beim Chinakohl 45 x 50 cm.

Tab. 4.5.2: Substratversuch 2: Zeitplan

17.-24.06.	Erden gemischt und aufgekalkt
26.06.	Varianten angefeuchtet und gepresst
27.06.	Chinakohl und Eissalat ausgesät, Kisten mit Sand abgestreut, angefeuchtet und in Klimakammer gestellt
29.06.	Kisten in Gewächshaus gestellt
30.6.-4.7.	Keimbonitur Chinakohl und Eissalat
1.7.	Geschlossener Kressetest angesetzt
7.7.	Geschlossener Kressetest geerntet
11.07.	N-min in Kisten bestimmt
15.07.	Chinakohl ausgepflanzt
17.07.	Salat ausgepflanzt
1.-4.09.	Ernte Salat blockweise
5.-9.09.	Ernte Chinakohl blockweise

Bei dem Versuchsfeld handelt es sich um eine arme Sandparabraunerde aus alluvialen Schneckensanden mit 22 Bodenpunkten. Gedüngt wurde im Vorjahr mit einer Stallmistgabe von 200 dt / ha.

Das Klima ist trocken-warm mit einer Jahresdurchschnittstemperatur von 9,5 °C und einem mittleren Niederschlag von 600 mm / Jahr. In den Sommermonaten wird mit einer Trommel-Beregnungsanlage bewässert. Der Versuch erhielt 5 Bewässerungsgaben á 20 mm.

Nach einer Kulturzeit von 7 (Salat) bzw. 8 Wochen (Chinakohl) wurde der Versuch abgeerntet. Hierzu wurde das Einzelkopfgewicht der Pflanzen bestimmt, um aufgrund der geringen Anzahl Pflanzen eine bessere Absicherung der Ergebnisse zu ermöglichen.

Parallel zu der Aussaat der Pflanzen wurde ein geschlossener Kressetest angelegt (Methodenbeschreibung siehe Kapitel 4.1).

## 4.5.2 Ergebnisse

### 4.5.2.1 Bodenparameter

In Tabelle 4.5.3 sind die wichtigsten Kenngrößen der Substrate dargestellt. Da der **pH-Wert** auf ein einheitliches Niveau eingestellt wurde, sind hier lediglich Schwankungen nach oben zu verzeichnen. Insbesondere die Luzerne- und Vinassevarianten bei den torffreien Substraten fallen diesbezüglich mit pH-Werten über 7 heraus. Auf

17	A-03	60	4,9	69,2	494	1,96	184,8	123,4
18	D-02	75	5,0	70,2	590	2,34	228,9	129,7
19	C.p-02	70	6,0	67,6	588	2,33	142,8	86,6
	C.t-02	70	6,1	72,3	718	2,84	199,0	134,9
2	HM1 (o)	0	6,2	57,4	502	1,99	97,7	53,0
3	LU (m)	0	6,8	53,4	438	1,73	91,4	38,9
4	VI (m)	0	7,2	62,4	508	2,01	38,9	3,2
6	VI (m)	0	7,3	54,7	799	3,16	20,5	4,2
6	HM1 (o)	30	6,2	71,3	637	2,52	161,2	104,0
7	HM2 (m)	30	6,2	64,5	526	2,08	128,1	75,6
8	LU (m)	30	6,7	57,4	561	2,22	112,9	49,4
9	VI (m)	30	6,8	63,9	678	2,68	76,1	12,1
10	MO (m)	30	6,5	50,6	587	2,32	89,8	35,7
11	HM1 (o)	50	6,4	56,0	627	2,48	195,3	104,0
12	HM2 (m)	50	6,3	62,7	576	2,28	197,4	107,1
13	LU (m)	50	6,6	64,5	586	2,32	163,3	100,8
14	VI (m)	50	6,6	61,1	717	2,84	146,5	90,3
15	MO (m)	50	6,6	65,1	641	2,54	154,9	58,3

der anderen Seite sind die beiden Industrieerden Variante 16 und 17 deutlich zu tief in ihrem pH-Wert. Der Grund hierfür bei Substrat 17 könnte in der Überlagerung liegen, Substrat 16 als neue Mischung dürfte jedoch zu niedrig eingestellt worden sein.

Der **Salzgehalt** der Substrate liegt auf einem mittleren Niveau. Auch hier zeigt die Vinasse (ohne Torf) einen tendenziell höheren Wert wie die übrigen Mischungen. Angesichts der relativ niedrigen N-Verfügbarkeit darf diese Tendenz nicht vernachlässigt werden, da bei ausreichender N-Versorgung auch die Leitfähigkeit weiter ansteigen würde. Auffallend ist auch der relativ hohe Salzgehalt bei den Industrieerden.

Der nach 10 Tagen Kulturdauer bestimmte **N-min-Gehalt** zeigte deutliche Unterschiede in der N-Verfügbarkeit. Mit den Industrieerden vergleichbare Werte fanden sich nur bei den 50%-Varianten (11-15) und bei den beiden 30%-Varianten mit Hornmehl (6 + 7). Insbesondere beim Chinakohl führte dies bei den restlichen Varianten zu einer Unterversorgung der Pflanzen. Extremabweichungen waren auch bei diesem Parameter bei den Varianten 3 und 4 (Luzerne und Vinasse) zu finden.

Die **Wassergehalte** der Substrate zum Zeitpunkt der Pressung spiegeln die grundsätzliche Verarbeitungsmerkmale der Substrate wider: je höher der Torfgehalt eines Substrates um so nasser kann dieses gepresst werden. Entsprechend zeigen die Industrieerden die höchsten Wassergehalte. Insgesamt zeigen die Werte jedoch eine große Variabilität.

Die **Wasseraufnahmevermögen** der Substrate wurde in einem **Wiederbefeuchtungstest** untersucht (Tabelle 4.5.4). In Veränderung zum ersten Termin (siehe Kapitel 4.3) war die Ausgangsfeuchte der Proben im Bereich von etwa 10 % der Feldkapazität (Spalte 0:00). Da letztere nicht gemessen wurde, bezogen sich die Werte auf die maximal erreichte Wiederbefeuchtung (= 100 %) der Substratproben nach 79 Stunden. Um die Substrate besser untereinander vergleichen zu können, wurden in der Tabelle die Werte in Gruppen gegliedert, die mit gleicher Farbe unterlegt wurden. Die Gruppen sind: 0-25, 25-50, 50-75, 75-100 % der Endfeuchte.

Im Gegensatz zum ersten Versuch haben die Industriesubstrate mit ihrem hohen

Im Gegensatz zum ersten Versuch haben die Industriesubstrate mit ihrem hohen

Tab. 4.5.4: Substratversuch 2: Verlauf der Wiederbefeuchtung der Substrate

		% Endfeuchte nach ... Stunden nach Wiederbefeuchtung										max:	TG
Variante		0:00	0:10	0:20	0:35	1	2	4	7	31	79	ml/l	g/l
1	HM1 (o)	15	20	24	31	39	52	70	86	100	100	444	330
2	HM2 (m)	14	20	27	36	48	70	94	100	100	100	383	395
3	LU (m)	16	20	27	38	51	70	90	99	99	100	407	309
4	VI (m)	25	29	32	37	40	47	59	71	94	100	345	344
6	HM1 (o)	17	22	26	35	48	69	90	96	100	100	401	307
7	HM2 (m)	16	22	29	42	59	84	96	98	100	100	378	365
8	LU (m)	11	15	24	37	55	83	98	100	100	100	405	312
9	VI (m)	20	24	29	34	42	62	84	93	97	100	331	338
10	MO (m)	14	21	25	32	46	71	93	100	100	100	421	280
11	HM1 (o)	12	18	24	37	56	86	97	99	100	100	360	257
12	HM2 (m)	16	21	27	36	51	77	93	96	100	100	364	304
13	LU (m)	12	18	23	31	46	74	96	100	100	100	377	280
14	VI (m)	13	20	26	36	51	76	97	100	100	100	354	296
15	MO (m)	12	18	27	43	65	92	98	100	100	100	424	267
16	A-03	8	13	26	52	83	92	94	97	100	100	475	264
17	D-02	9	14	28	55	82	91	93	96	100	100	470	230
18	C.p-02	11	18	30	49	72	90	95	98	100	100	373	182
19	C.t-02	9	17	39	69	86	90	93	94	100	100	386	235

Torfanteil eine hohe Wiederbefeuchtungsgeschwindigkeit. Zwei dieser Substrate (16 und 17) hatten die höchste Wasseraufnahme (475 bzw. 470 ml Wasser / l Boden), die beiden anderen lagen jedoch wie bereits im ersten Versuch nur in einem mittleren Bereich. Das pflanzlich aufgedüngte Substrat ist dabei deutlich dem tierisch aufgedüngten unterlegen.

Die eigenen Mischungen zeigen kein einheitliches Bild. Die torffreien Substrate erreichen nur langsam ihren endgültigen Wassergehalt. Sein absoluter Wert liegt dafür aber im Schnitt höher als bei den torfhaltigen Vergleichsvarianten. Dieses entspricht der Erfahrung des ersten Versuches, wo aufgrund des differierenden Bezugssystems (Feldkapazität statt tatsächlicher Wiederbefeuchtung) die torfreduzierten Varianten früher die hohen Wassergehalte erreichten, weil sie insgesamt mehr Wasser aufnehmen. Auffallend ist wiederum die Vinasse-Düngung. Diese hatte zu Beginn teilweise sogar die höchsten Wassergehalte

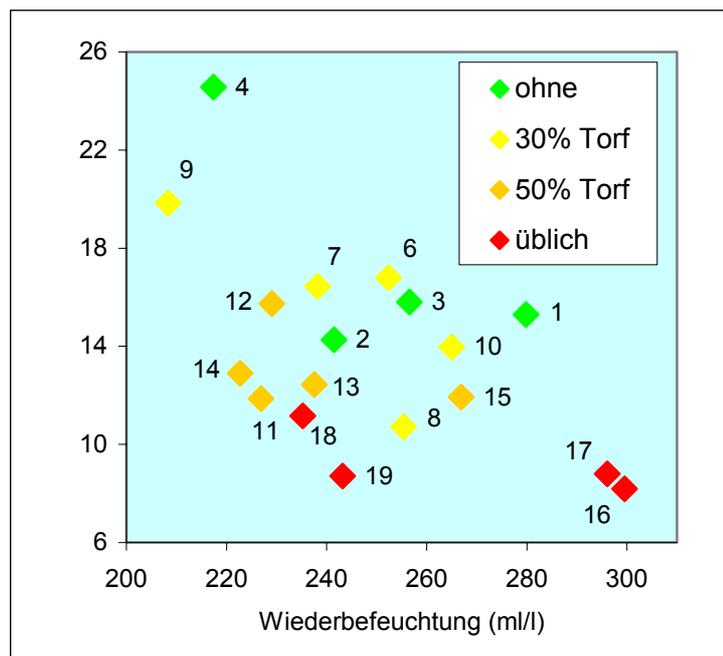


Abb. 4.5.1: Substratversuch 2: Wiederbefeuchtungstest; Korrelation zwischen der Ausgangsfeuchte und dem Endwert der Wiederbefeuchtung in ml Wasser / Liter Boden

*Abb. 4.5.2: Substratversuch 2: Keimung von Eissalat; Aufgang nach 3 (a: vordere) bzw. 7 Tagen (b: hintere Reihe); GD 5%: a: 24,5; b: 4,4*

(siehe Abbildung 4.5.1, Variante 4 und 9), erreichte aber lediglich einen niedrigen Befeuchtungsgrad.

Zu den Werten und hier insbesondere zu den maximalen Wassergehalten muss einschränkend angefügt werden, dass die verwendeten Erdpressbällchen nicht alle die exakte einheitliche Größe von 70 cm<sup>3</sup> hatten. Auch war eine Bestimmung der Größe nur eingeschränkt möglich. Durch den Trocknungsvorgang wurde zudem ihr Volumen unterschiedlich reduziert, je nach ihrem Schrumpfungsverhalten. Diese Unstimmigkeiten spiegeln sich auch in den z.T. sehr unterschiedlichen Trockengewichten (TG) wieder, die zumindest in den jeweiligen Torf-Gruppen ähnliche Werte haben sollten. Aber auch die Industrieerden schwanken in ihren Trockengewichten stark. Der sehr niedrige Wert der Variante 18 deutet auf einen Mischungsfehler hin: für 30 % Kompostanteil ist dieser Wert viel zu niedrig.

#### 4.5.2.2 Pflanzenentwicklung

Die Pflanzenentwicklung der beiden Kulturen spiegelt die Qualität der Substrate unterschiedlich wieder. Der Chinakohl keimte rasch innerhalb von 5 Tagen ohne auf die Substrate zu reagieren. Die Vinasse-Variante 4 hatte die niedrigste Keimrate mit 96,6 %. Auch das pflanzlich aufgedüngte Industriesubstrat fällt hier etwas zurück (97,3 %).

Der Eissalat keimte etwas langsamer und zeichnete damit deutlichere Unterschiede (Abbildung 4.5.2 und Tab. A-4 im Anhang). In den ersten Tagen führten Luzerne und Vinasse zu einer deutlichen Keimhemmung, die jedoch im weiteren Verlauf überwunden wird. Die torffreien Hornmehlvarianten waren in der ersten Phase allen übrigen Varianten überlegen. Auch der Eissalat wuchs die Unterschiede wieder aus, wie die fast vollständige Keimung am 7. Tag belegt. Dies darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass die einzelnen Varianten zu unterschiedlich kräftigen Pflanzen führte.

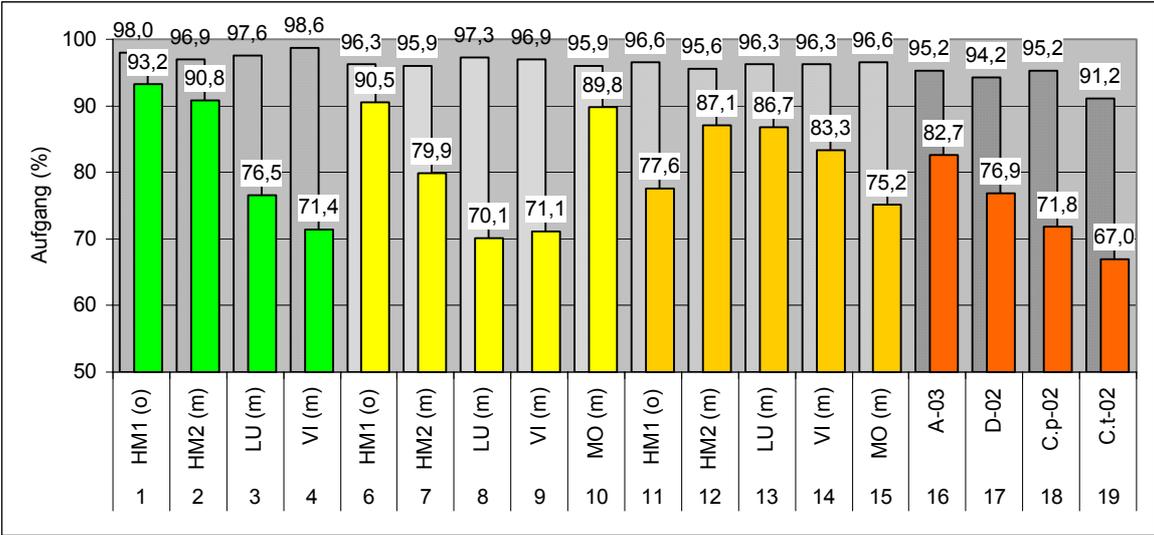




Abb. 4.5.3: Substratversuch 2: Übersicht über die Versuchsanlage

Zum Zeitpunkt des Auspflanzens wurden deshalb Proben der 3 Wochen alten Jungpflanzen gewogen (Abbildungen 4.5.4 und 4.5.6). Die Gewichts- und damit Größenunterschiede zwischen den Varianten waren beträchtlich. Wieder fielen die Vinasse- und Luzernevarianten (besonders 3, 4 und 9) mit bis zu 50 % Wachstumseinbuße heraus. Alle übrigen Varianten schlossen ähnlich gut ab wie die Industriesubstrate. Beim Eissalat lagen lediglich Varianten 1, 3, 4, und 9 außerhalb des Bereiches der Industriesubstrate (abgesehen von Variante 19), die hier stärker streuten. Zu den „guten“ eigenen Mischungen, die mit den Varianten 16-18 vergleichbar sind, zählen alle Hornmehl-Substrate, auch die tonhaltigen ohne Torf.

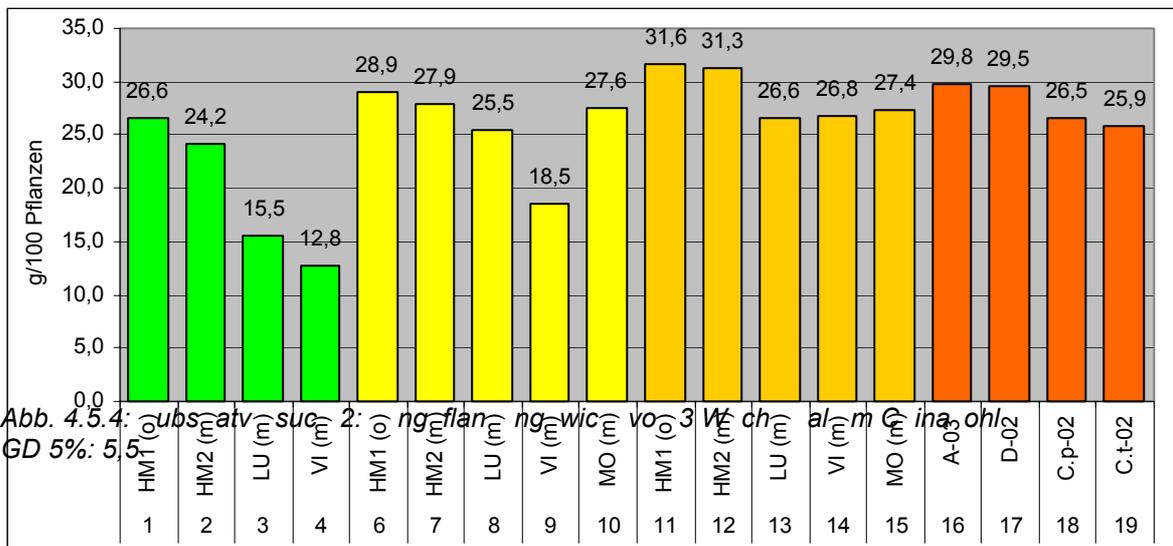


Abb. 4.5.4: Substratversuch 2: Jungpflanzenengewichte vor 3 Wochen

GD 5%: 5,5



Abb. 4.5.5: Substratversuch 2: Eissalat-Pflanzen (von oben nach unten: Hornmehl o. Ton: 1, 6, 11; Hornmehl m. Ton: 2, 7, 12; Luzerne: 3, 8, 13; Vinasse: 4, 9, 14; links: o. Torf; Mitte: 30 % Torf; rechts: 50 % Torf)

Eine Ansicht der eigenen Mischungen mit den 3 Torfstufen ist in Abbildung 4.5.5 gegeben. Deutlich ist die Depression durch die Vinasse (unten) und Luzerne (darüber) zu erkennen.

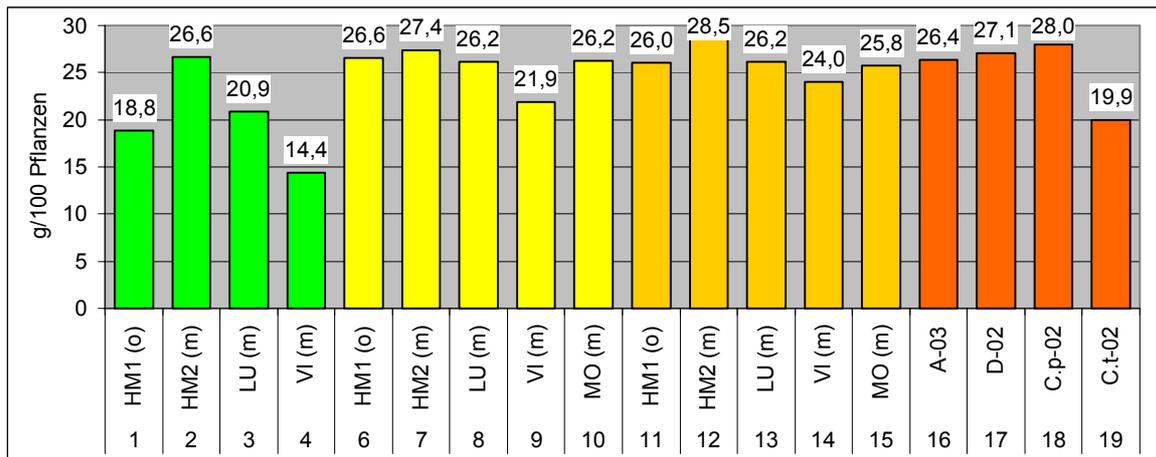


Abb. 4.5.6: Substratversuch 2: Jungpflanzengewicht von 3 Wochen altem Eissalat; GD 5%: 4,1

Auch bei diesem Versuch zeigte sich wie bereits in früheren Jahren, dass mit den torffreien bzw. torfreduzierten Substraten auf der Basis von Holzfaser zumindest in den Sommermonaten gute Ergebnisse erzielt werden können. Eine Alternative zum Hornmehl als N-Quelle und auch für die N-Stabilisierung der Holzfaser sollte jedoch nur bedingt gewählt werden.

#### 4.5.2.3 Feldanbau

Die nicht für die Ertragsuntersuchungen benötigten Pflanzen wurden auf dem Versuchsfeld des IBDF ausgepflanzt. Geerntet wurden die Pflanzen zu einem Zeitpunkt, als der Großteil der Pflanzen Erntereife erreicht hatte. Der Eissalat entwickelte sich gleichmäßig und ohne größeren Schädlingsdruck. Der Chinakohl litt hingegen unter starkem Kohlfiegen-Befall (Abbildung 4.5.8). Er wurde daher auch zu einem verfrühten Zeitpunkt geerntet, bevor die Ausfälle zu groß wurden.

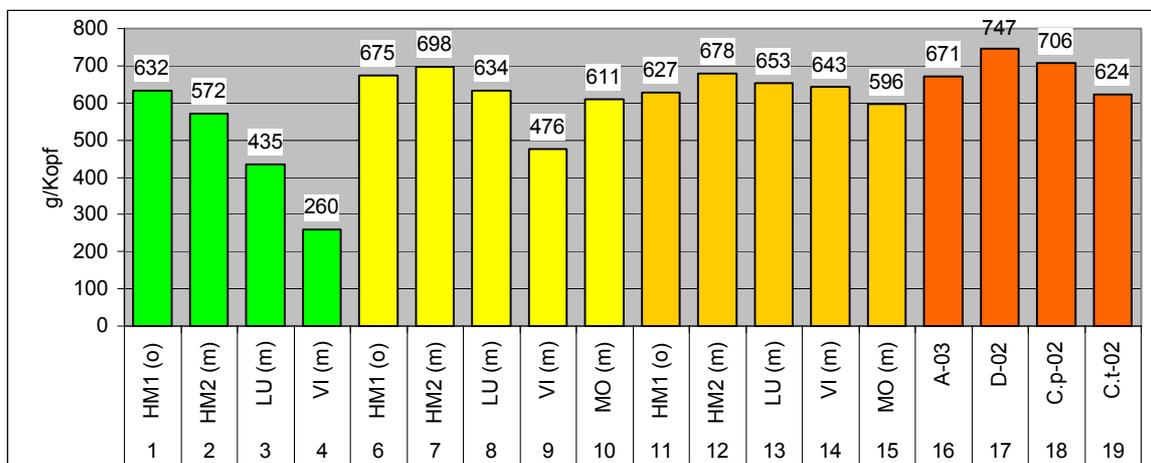


Abb. 4.5.7: Substratversuch 2: Ertrag des Feldanbaus von Eissalat (umgerechnet als Einzelkopfgewicht; GD 5%: 90,2)



*Abb. 4.5.8: Substratversuch 2: Übersicht über den Feldversuch*

Der Ertrag wurde als Einzelkopfgewicht ermittelt. Beim Eissalat spiegelt sich in den Erträgen die Jungpflanzengröße wider (Abbildung 4.5.7): niedrige Pflanzengewichte führten auch zu niedrigen Kopfgrößen. Die durch die Vinasse- bzw. Luzerne-Düngung hervorgerufenen Depressionen werden demzufolge im späteren Wachstum nicht mehr ausgeglichen. Gleiches gilt für das Industriesubstrat 19. Auch hier zieht sich die Depression bis zur Ernte hindurch. Zu den Werten muss angemerkt werden, dass nahezu keine Salatköpfe ausgefallen waren, sodass alle Varianten eine etwa gleiche Anzahl Köpfe zugrunde liegen hatten (siehe Tabelle 4.5.5).

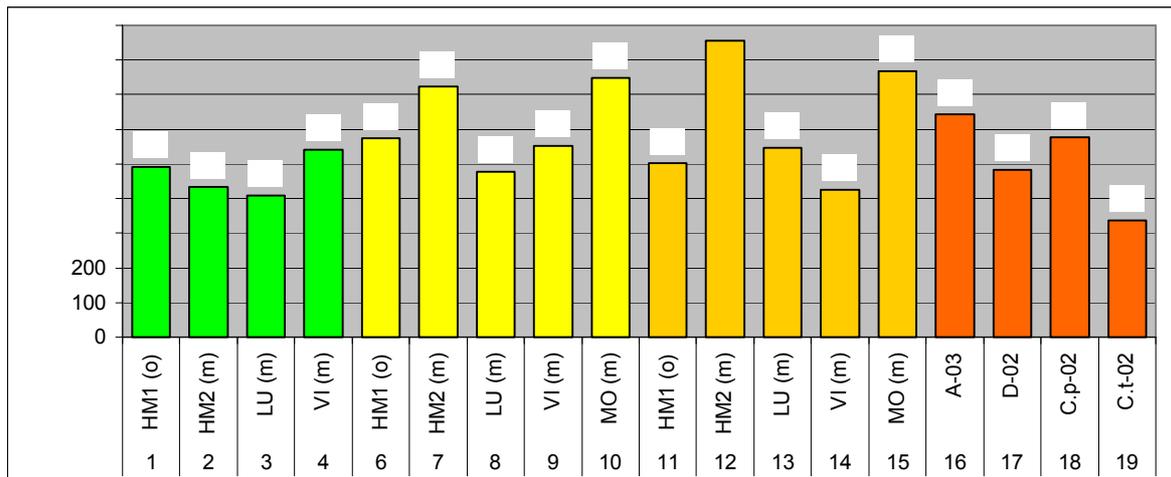


Abb. 4.5.9: Substratversuch 2: Ertrag des Feldanbaus von Chinakohl (umgerechnet als Einzelkopfgewicht; GD 5%: 331,4)

Tab. 4.5.5: Substratversuch 2: Erträge aus Feldanbau

Variante		Torf %	Salat		Chinakohl	
			g / Kopf	Anzahl	g / Kopf	Anzahl
1	HM1 (o)	0	632	18,8	491	9,0
2	HM2 (m)	0	572	18,8	434	11,0
3	LU (m)	0	435	19,0	407	10,0
4	VI (m)	0	260	18,3	542	7,5
6	HM1 (o)	30	675	18,8	574	13,0
7	HM2 (m)	30	698	19,0	724	11,0
8	LU (m)	30	634	18,8	476	12,5
9	VI (m)	30	476	18,8	552	11,0
10	MO (m)	30	611	18,8	748	11,0
11	HM1 (o)	50	627	19,0	501	11,0
12	HM2 (m)	50	678	18,5	856	12,5
13	LU (m)	50	653	19,0	546	13,0
14	VI (m)	50	643	17,8	427	9,5
15	MO (m)	50	596	19,0	768	9,5
16	A-03	60	671	19,0	642	11,0
17	D-02	75	747	19,0	483	8,0
18	C.p-02	70	706	19,0	576	9,5
19	C.t-02	70	624	18,8	336	12,0
GD 5%			90,2		331	

#### 4.5.2.4 Kressetest

Parallel zur Aussaat der beiden Hauptkulturen wurde ein geschlossener Kressetest angesetzt, um mit einer zusätzlichen Prüfmethode Aufschluß über die Qualität der Substrate zu erhalten (Abbildung 4.5.10). Die Keimung erfolgte sehr schnell und nur anfangs etwas differenziert, sodass bereits am 7. Tag der Test abgebrochen und geerntet werden musste.

Die anfangs deutlichen Unterschiede zwischen den Substraten waren dann nur noch gering (Abbildung 4.5.11), was darauf schließen lässt, dass keine negativen Auswirkungen aus den Substraten zu erwarten waren. Die Industriesubstrate lagen alle etwas niedriger im Aufwuchs als die eigenen Mischungen.

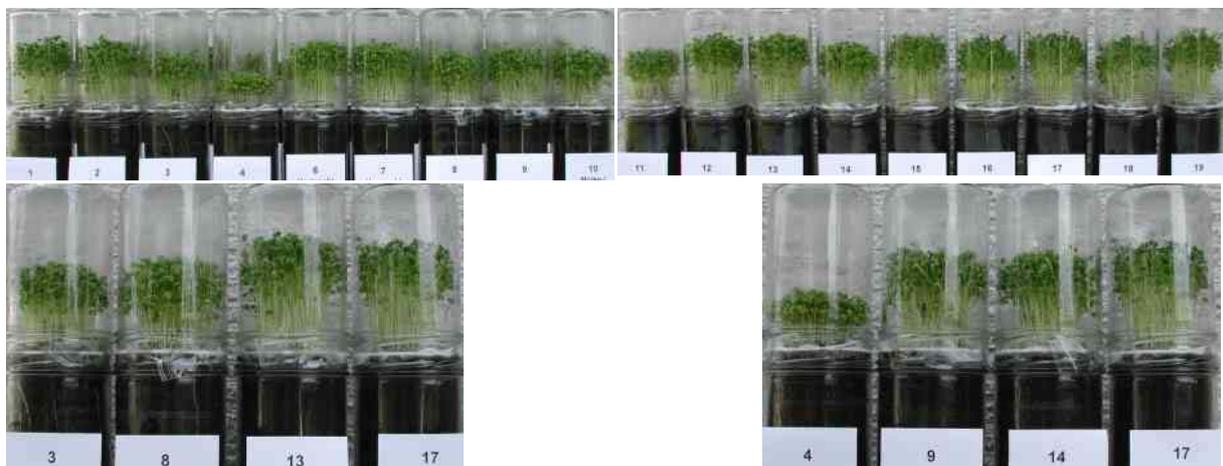
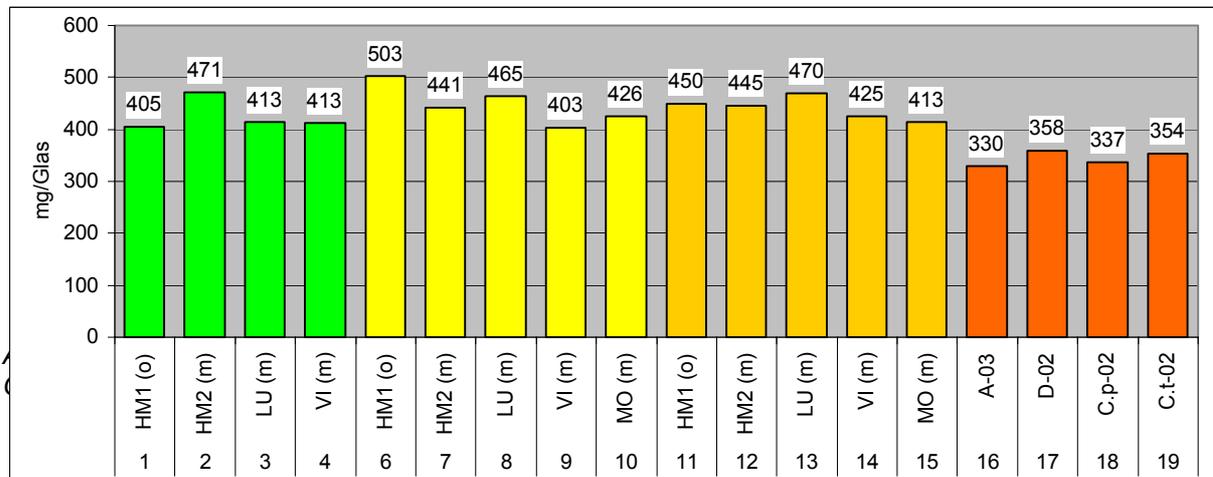


Abb. 4.5.10: Substratversuch 2: Kressetest mit den Substraten zum Zeitpunkt der Aussaat. Oben: Varianten 1-19; unten Auswahl von Luzerne (links) und Vinasse (rechts), jeweils mit Variante 17



Zusammenfassend kann für den Substratversuch 2 gesagt werden:

- Auch mit torfreduzierten Substraten kann ein ähnlicher Ertrag erzielt werden wie mit Industriesubstraten, wenn die Wahl der N-Quelle für die N-Aufdüngung nicht zu einer negativen Beeinflussung des Pflanzenwachstums führt;
- Vinasse und Luzerneschrot als N-Quelle sind unter den beschriebenen Versuchsbedingungen nicht zur N-Stabilisierung der Holzfaser geeignet;
- Molke führte in einigen Fällen zu guten Wachstumsbedingungen, obwohl hier während der Fermentierung der Holzfaser nicht genügend Stickstoff zur Verfügung stand; die damit notwendige Aufdüngung mit z.B. Hornmehl könnte direkt zur Fermentierung erfolgen;
- Auch die Industriesubstrate zeigen eine gewisse Bandbreite bei den Ergebnissen; auch hier wäre eine größere Sicherheit wünschenswert;
- Der Einfluss der Zuschlagstoffe Bentonit und Lava-Mehl führte noch nicht zu einem deutlichen Effekt. Einzelergebnisse zeigten hier tendenzielle Überlegenheit der Substrate. Hier besteht aber noch weiterer Untersuchungsbedarf.

## 4.6 Substratversuch 3

Im Herbst 2003 wurden die restlichen der unter Kapitel 4.2 beschriebenen Substratmischungen in einem Versuch mit Feldsalat geprüft. Die Substrate unterschieden sich einerseits in der N-Aufdüngung mittels verschiedener N-Quellen, andererseits in den unterschiedlichen Rottelenkern. Als Vergleich dienten wiederum drei Industrie-substrate. Außerdem wurden nochmals die beiden Hornmehlvarianten des Substratversuches 2 ohne und mit 30% Torfanteil hinzugenommen.

### 4.6.1 Material und Methoden

Die verwendeten Substratmischungen sind in Tabelle 4.6.1 aufgeführt. Als Basis dienten die im Herbst angesetzten fertig fermentierten Mischungen aus Holzfaser mit Kompost und den unterschiedliche N-Quellen (Hornmehl, Luzerne, Vinasse, Molke) unter Zusatz von Lava-Mehl und Bentonit (siehe Kapitel 4.2). Die ursprünglich vorgesehenen Varianten ohne Kompostzusatz zur Fermentation waren jedoch so gering umgesetzt, dass eine Pressung nicht möglich war und diese Varianten daher aus-schieden. Die Varianten 1-13 wurden mit Manna-Hornmehl auf ein einheitliches N-Versorgungsniveau aufgedüngt (Tabelle 4.6.1; ED). Eine Aufkalkung wurde nicht durchgeführt, da die torffreien Substrate eher hohe pH-Werte aufwiesen.

Neben den eigenen Mischungen wurden 3 Vergleichssubstrate getestet. Die Substrate D-03 und A-03 waren frische Substrate aus 2003, D-02 aus dem Vorjahr.

Die Substrate wurden vor dem Pressen auf einen optimalen Wassergehalt eingestellt, der sich an der Pressfähigkeit orientierte (Tabelle 4.6.3). Da die Substrate deutlich überlagert waren und während der fast ein Jahr dauernden Fermentationsphase

auch zu feucht gehalten waren, konnten sie nur schwer verarbeitet werden.

Tab. 4.6.1: Substratversuch 3: Zusammensetzung der Substrate (ED=Ergänzungsdüngung mit Hornmehl)

	Variante	N-Quelle	Rottelenker	Torf %	ED kg/m <sup>3</sup>
1	MF	MalteFlor	bdP	0	0,6
2	OT	Oliventrestler	bdP	0	3,2
3	LU-e	Luzerne	EM	0	2,0
4	LU-s	Luzerne	PSM	0	1,4
5	LU-p	Luzerne	bdP	0	1,4
6	LU-o	Luzerne	ohne	0	2,0
7	HM-p	Hornmehl	bdP	0	0,6
8	HM-o	Hornmehl	ohne	0	0
9	HM-e	Hornmehl	EM	0	0,6
10	RS	Rhizinus	bdP	0	1,4
11	GÜ	Gülle	bdP	0	3,2
12	MO	Molke	bdP	0	3,2
13	VI	Vinasse	bdP	0	2,0
14	HM2-0%	Hornmehl	bdP	0	0
15	HM2-30%	Hornmehl	bdP	30	0
16	HM1-0%	Hornmehl	bdP	0	0
17	HM1-30%	Hornmehl	bdP	30	0
18	D-02		bdP	80	
19	D-03		bdP	75	
20	A-03		ohne	70	

Als Pressmaschine diente eine Unger „Perfekt“ (Beschreibung siehe Kapitel 4.1). Es wurden 6 Kisten pro Substrat gepresst, wobei lediglich 4 für die Aussaat benötigt wurden.

Diese wurden mit Feldsalat (Sorte „Vit“/Bingenheim) mit je 3 Samen pro Erdpressbällchen ausgesät, mit Sand abgestreut und in einem Klimaraum bei 95% Luftfeuchte und ca. 16 °C zum keimen aufgestellt. Nach 9 Tagen wurden sie in ein Gewächshaus auf Rolltischwagen umgestellt, sodass sie bei Bedarf ins Freie geschoben werden konnten. Die genauen Zeitangaben können Tabelle 4.6.2 entnommen werden.

Die Substratmischungen wurden entsprechend der unter Kapitel 4.4 beschriebenen Methoden vor und während der Kultur analysiert.

Die Pflanzen wurden in ihrer Wachstumsentwicklung bonitiert und der Aufwuchs ertragsmäßig ermittelt.

Nach 8 Wochen wurde die Hälfte der Pflanzen auf Erde (des Versuchsfeldes) mit 3 Wiederholungen umgepflanzt. Die Pflanzenanzahl konnte so von 98 auf 32 pro Kiste reduziert werden. Die Kisten blieben auf den Wagen im Gewächshaus stehen. Die restlichen 2 Aussaatkisten blieben bis zur Ernte stehen.

Das Gewächshaus wurde mittels einer Elektroheizung auf +5 °C gehalten.

Tab. 4.6.2: Substratversuch 3: Zeitplan

8.-12.9.	Erden vorbereitet und analysiert (pH, Salz, Nmin)
12.09.	Versuch gepresst, Feldsalat ausgesät,
21.09.	In Gewächshaus umgestellt
22.09.-7.10.	Keimaufgang bonitiert
07.10.	Gesamtanzahl Pflanzen bestimmt
07.11.	Feldsalatpflanzen in Erdkisten umgepflanzt
17.11.	Proben für Nmin, Salzgehalt, pH und TS aus Aussaatkisten gezogen
3.-5.12.	Proben für Nitratbestimmung im Blatt aus Aussaatkisten geerntet
17.12.	1. Teilernte der Erdkisten
9.1.04	2. Teilernte der Erdkisten

Nach einer Kulturzeit von 12 Wochen wurden die restlichen Aussaatkisten (2) abgeerntet. An den Blättern wurde der Nitratgehalt mittels eines Merck Testsets bestimmt. Hierzu wurden die Proben bis zur weiteren Verarbeitung eingefroren. Die erste Wiederholung der ausgepflanzten Kisten wurde im Dezember geerntet. Die restlichen Kisten blieben bis 2004 stehen.

## 4.6.2 Ergebnisse

### 4.6.2.1 Bodenparameter

In Tabelle 4.6.3 sind die wichtigsten Kenngrößen der Substrate dargestellt.

Der **Trockensubstanzgehalt** (TSG) liegt mit 40-50 % auf einem hohen Niveau, insbesondere vor dem Hintergrund, dass die Substrate den für die Pressung nötigen hohen Wassergehalt aufwiesen. Die Werte sind aber durch die hohen Anteile an Mineralkomponenten (Lava-Mehl, Bentonit und 30 % Kompost) erklärbar. Die Werte der Industriesubstrate liegen mit ca. 30 % TSG auf einem üblichen Niveau.

Auch die **Rohdichte** (RD) ergab extrem hohe Werte von bis zu 1000 g/l. Vergleicht man diese Werte mit den berechneten Rohdichten (rRD) der fertig gepressten Erdpressbällchen so liegen letztere nur geringfügig höher, obwohl hier die Substrate unter Druck verdichtet wurden. Es kann daraus gefolgert werden, dass die Struktur der Holzfasern durch die lange Rottezeit und die zu hohe Feuchte während der Rotteperiode vollständig zerstört wurde. Auch der hohe Anteil an Mineralkomponenten spielt hier eine wesentliche Rolle.

Tab. 4.6.3: Substratversuch 3: Bodenkenngrößen der Substrate

Variante	TSG %	RD g/l	rRD g/l	pH		Salz (g/l)		N-min (mg/l)					
				10.9.	17.11.	10.9.	17.11.	30.7.	ED	10.9.	20.10.	17.11.	
1	MF	47,7	944	1037	6,6		4,7		182	60	59	183	
2	OT	54,8	814	971	6,9	7,2	2,3	2,4	0	320	44	54	1,4
3	LU-e	51,7	860	989	7,0	7,5	3,5	3,1	77	200	282	329	153
4	LU-s	49,5	875	986	7,1	7,5	3,4	3,3	133	140	254	349	156
5	LU-p	42,4	924	1000	7,2	7,5	3,3	3,6	115	140	230	255	179
6	LU-o	45,9	888	1008	6,9	7,4	3,9	3,5	57	200	318	357	172
7	HM-p	46,8	943	1028	6,3	6,6	3,3	3,6	172	60	328	440	162
8	HM-o	41,9	923	1011	6,2	6,7	3,0	3,8	216	0	301	327	263
9	HM-e	51,8	928	1008	6,3	6,7	3,1	3,3	186	60	286	393	172
10	RS	49,3	1000	960	6,3	6,9	2,9	2,8	136	140	230	210	84
11	GÜ	47,8	974	984	6,9	7,2	2,0	2,5	2	320	8	16	6
12	MO	49,8	832	920	7,0	7,0	2,3	2,4	1	320	35	53	78
13	VI	48,0	916	1081	7,2		4,1		87	200	156	183	
14	HM2-0%	45,6	922	1088	6,5	6,3	1,9	2,3			248	242	182
15	HM2-30%	40,1	968	1081	5,3	6,0	2,3	2,3			285	358	176
16	HM1-0%	39,9	885	1073	5,8	5,6	2,7	2,7			310	290	213
17	HM1-30%	40,0	848	997	5,2	5,0	2,4	2,6			439	428	222
18	D-02	27,5	777	953		5,4		2,2				247	142
19	D-03	29,8	760	931		5,4		1,8				202	91
20	A-03	34,6	735	1006		5,2		2,3				294	165

Da in dem Versuch ohne Torfzusatz gearbeitet wurde (mit Ausnahme der Varianten 15 und 17) lag der **pH-Wert** erwartungsgemäß relativ hoch. Insbesondere die zu Hornmehl alternativen N-Quellen zeigten hier erhöhte Werte bis auf Rhizinusschrot (Var. 10) und MaltaFlor (Var 1). Die Hornmehl-Varianten hingegen lagen an der oberen Grenze des üblichen Bereiches von 5,5 – 6,5. An den Werten änderte sich im Verlauf der Vegetation nur wenig: sie stiegen bei den meisten Varianten um wenige Zehntel an.

Der **Salzgehalt** der Substrate liegt auf einem mittleren Niveau. Kritisch hohe Werte erreichten MaltaFlor (4,7 g/l) und Vinasse (4,1 g/l). Auch die Luzerne-Varianten (besonders ohne Rottelenker) müssen als kritisch eingestuft werden. Die Hornmehl-Varianten liegen hingegen im praxisüblichen Bereich, insbesondere hier die Varianten 14-17. Letztere Werte liegen auf dem Niveau der Industrieerden. Im Laufe der Vegetation verändern sich die pH-Werte nur geringfügig und nicht mit einheitlicher Tendenz.

Nach den negativen Erfahrungen der Vorjahre mit zu hoch aufgedüngten Substraten wurden die eigenen Mischungen für den Versuch nur verhalten aufgedüngt. Bezugsgröße waren 3,2 kg Hornmehl (10% N) als verfügbare Zudüngung. N-Überschuß in Form von nachgewiesenem N-min wurde hiervon abgezogen. Die tatsächliche Zudüngung ist im vorigen Abschnitt in Tabelle 4.6.1 aufgeführt. Die zugeführte N-Menge ist in der Tabelle 4.6.3 in der Spalte ED ebenfalls aufgeführt.

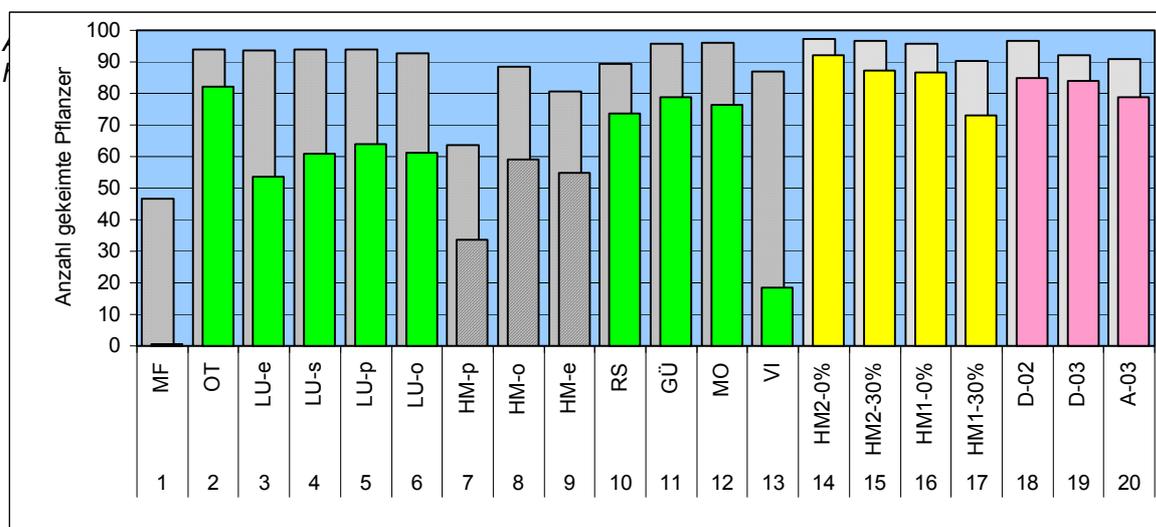
Die **N-min-Gehalte** zum Versuchsbeginn zeigten einige überraschende Werte. So lag bei Gülle, Molke, MaltaFlor und Oliventrestler die N-Verfügbarkeit auf einem deutlich zu niedrigen Niveau. Auch bei der Vinasse-Variante lag der Wert noch an der unteren Grenze im Vergleich zu den übrigen Varianten. Dabei muss betont werden,

dass bis auf die Molkevariante alle Varianten ursprünglich die gleiche Menge an N zur N-Stabilisierung der Holzfaser erhalten hatten. Da bei diesen Varianten nur Bruchteile der zugefügten N-Menge in verfügbarer Form vorhanden sind, muss hier von einer starken N-Fixierung durch die Holzfaser ausgegangen werden. Bei dem Oliventrester kommt der sehr hohe Kernanteil hinzu, der ebenfalls zu einer Festlegung des N führen kann.

Die übrigen Mischungen (auf der Basis von Luzerne- und Hornmehldüngung) sind was die N-Nachlieferung betrifft ausreichend und für den Praxiseinsatz kalkulierbar. Das belegen auch die Werte der Novemberuntersuchung.

#### 4.6.2.2 Pflanzenentwicklung

Die Keimung des Feldsalates lief bei einigen Varianten nur zögernd an (Abbildung 4.6.1 und Tab. A-5 im Anhang). Die stärksten Hemmungen zeigte die MaltaFlor-Variante, gefolgt von der Vinasse. Auch die präparierte Hornmehl-Variante keimte verzögert. Hier zeigte sich bereits ein Problem der Erdenbereitung: durch die zu feuchte Herstellung entwickelten sich in dem Substratbehälter Fliegenlarven, die



schließlich zu einem Totalausfall der Variante führten. Die Unterschiede in der Keimung wuchsen sich jedoch im weiteren Verlauf etwas aus.

Da jeweils drei Samen pro Pflanzstelle ausgelegt waren, wurden nach Abschluss der Keimphase (nach 3 Wochen) alle gekeimten Pflanzen gezählt (Abbildung 4.6.2). Der Unterschied gegenüber der Darstellung in Abbildung 4.6.1 ist hier der Bezug auf die gesamt möglichen Pflanzen, dort lediglich auf die Pflanzenstellen (Erdpressbällchen), unabhängig von der Anzahl Pflanzen pro Pflanzenstelle. Hier fallen wiederum die Varianten 1 und 7 mit geringeren Keimraten heraus.

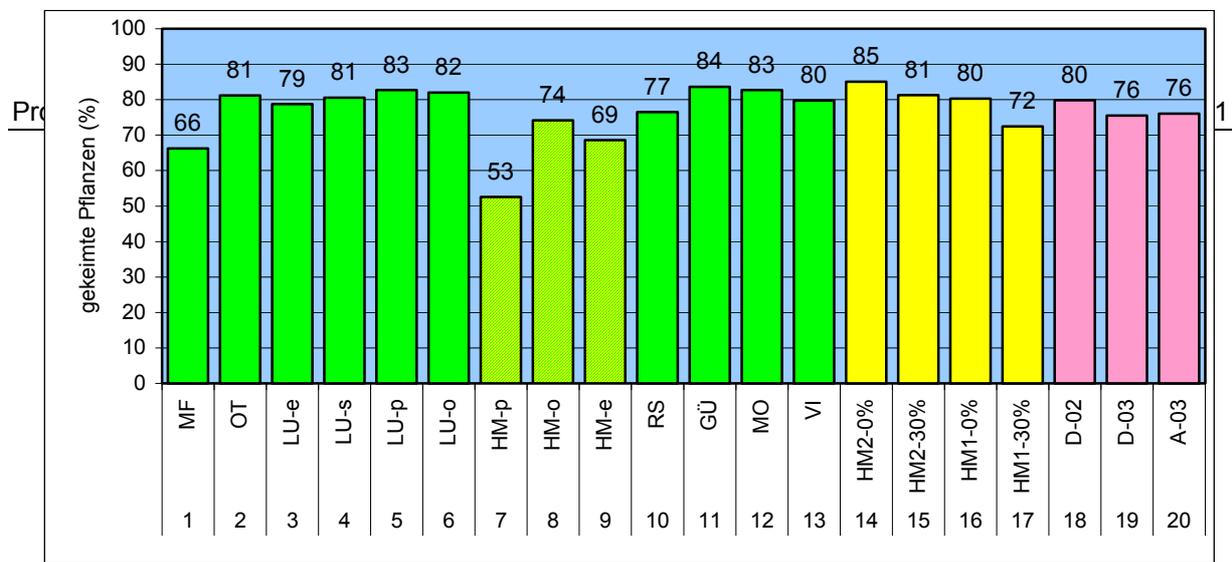


Abb. 4.6.2: Substratversuch 3: Keimung von Feldsalat; Aufgang nach 3 Wochen; GD 5%: 5,6

Am 17.11., 10 Tage nach dem Umpflanzen in die Erdkisten, wurde eine erste Probeernte der Aussaatkisten-Pflanzen vorgenommen (Abbildung 4.6.3). Beprobte wurden lediglich die Kisten, die auch verpflanzt worden sind. Die beiden Varianten 1 und 13 hatten einen so geringen Aufwuchs, dass sie für den weiteren Versuch nicht in Frage kamen.

Während dieses Stadiums zeigte sich eine eindeutige Überlegenheit der Industrie-substrate, die etwa 100 % mehr Ertragsleistung brachten. Jetzt wurde deutlich, dass durch die starke Verrottung der Holzfaser und die damit einhergehende Struktur-schwäche der Substrate das Porenvolumen und damit die Durchlüftung zu gering war, um ein ausreichendes Wachstum zu ermöglichen

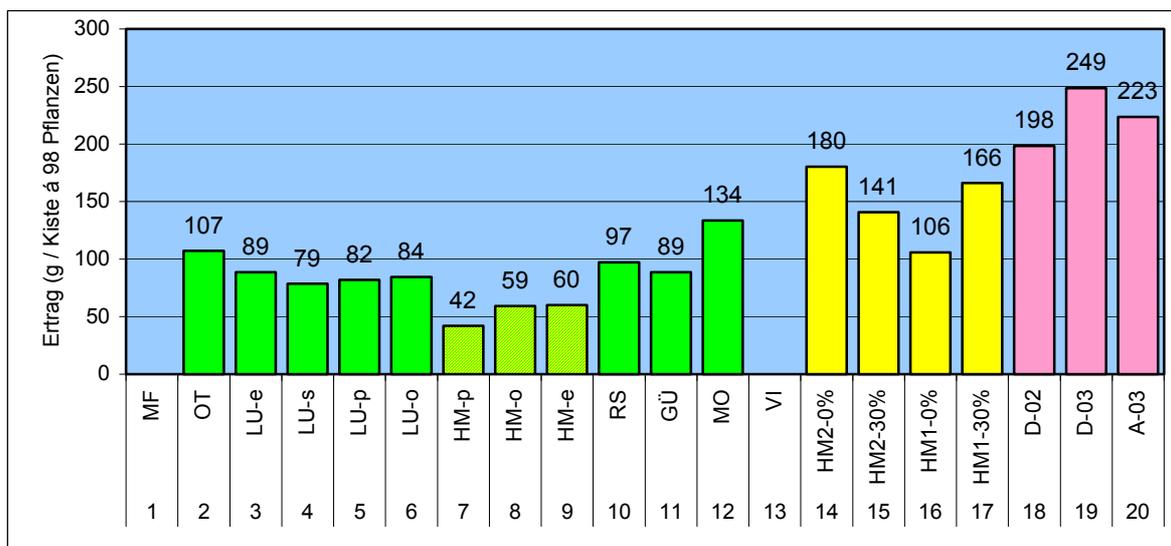


Abb. 4.6.3: Substratversuch 3: 1. Ertragsermittlung (17.11.) von Feldsalat; GD 5%: 51,6

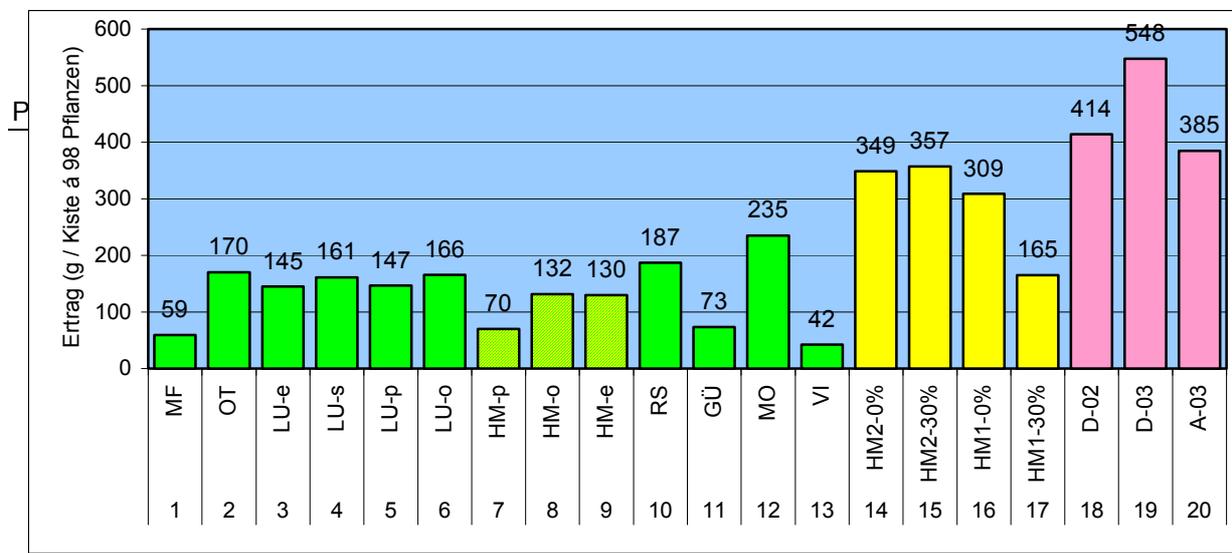


Abb. 4.6.4: Substratversuch 3: 2. Ertragsermittlung (3.12.) von Feldsalat; GD 5%: 55,6

Anfang Dezember wurden die restlichen beiden Wiederholungen der Aussaatkisten abgeerntet. Die Wachstumsunterschiede waren ähnlich, wie bei der Probeernte (Abbildung 4.6.4). Bei dieser Ernte wurden alle Varianten erfasst. Zwischen beiden Terminen erfolgte ein Zuwachs von ca. 100 %. Diese Verdopplung erfolgte unabhängig von der bisherigen Wachstumsleistung bei allen Varianten in gleicher Weise. Außerdem lässt sich eine gewisse Annäherung der alten Hornmehlvarianten 14-16 (Erträge: 300-350 g/Kiste) an die Industriesubstrate (Erträge: 400-550 g/Kiste) beobachten. Variante 17 zeigt nun deutlich die Auswirkung des Schädlingsbefalls durch die Fliegenlarven, indem das Wachstum stagniert. Die übrigen Varianten ordnen sich im unteren Bereich in zwei Gruppen mit Erträgen um 100-200 g und um 50 g. Letztere Varianten (1, 7, 11 und 13) wurden deshalb auch nicht ausgepflanzt.

Von diesem Probenmaterial wurde der Nitratgehalt im Blatt bestimmt (Abbildung 4.6.5). Der Nitratgehalt in Salat ist ein wichtiges Qualitätskriterium. Die höchsten Gehalte wiesen die stark wüchsigen Substrate auf (Varianten 14-20). Variante 18 hat

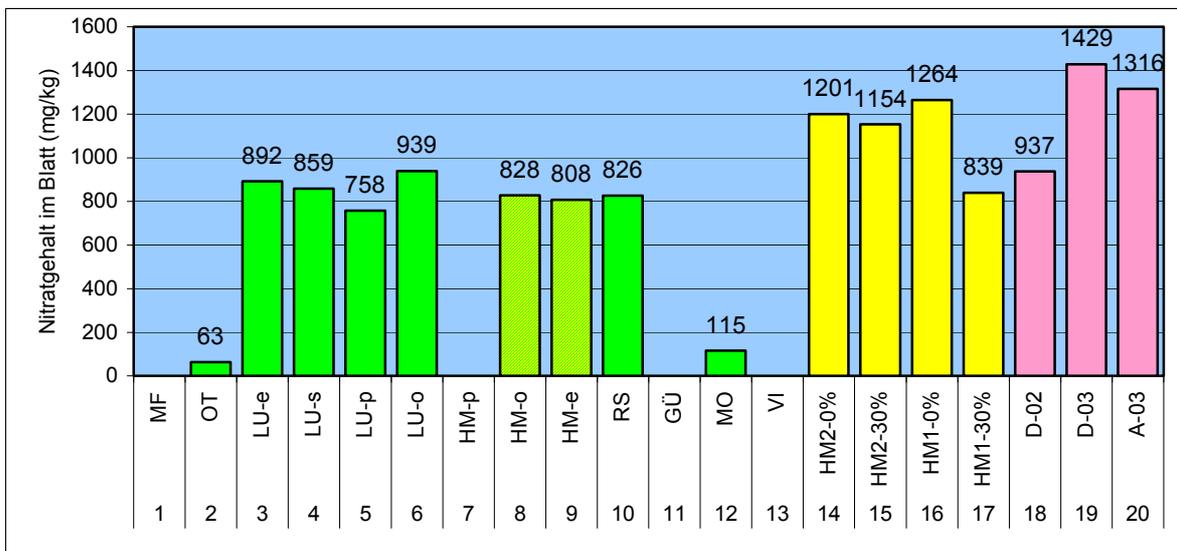


Abb. 4.6.5: Substratversuch 3: Nitratgehalt im Feldsalat der 2. Ertragsermittlung (3.12.); GD 5%: 60,0



Abb. 4.6.6: Substratversuch 3: Feldsalat, ausgepflanzt in Erdkisten

einen um 1/3 niedrigeren Gehalt, obwohl die N-Versorgung und Wuchsleistung innerhalb der Industriesubstrate vergleichbar war. Eine mögliche Erklärung des Effektes könnte in der besseren Ausreife des 1 Jahr überlagerten Substrates liegen. Der vergleichsweise niedrige Wert der Variante 17 hängt mit der dort einsetzenden schädlingsbedingten Vergilbung der Blätter zusammen.

Alle übrigen untersuchten Varianten (bis auf 2 und 12) weisen einen mittleren Nitratgehalt von 800-900 mg/kg auf. Erstaunlich niedrig sind die Gehalte bei den Variante 2 und 12. Erstere zeigte im Wachstum N-Mangelsymptome, die sich jedoch bis zu dem Zeitpunkt noch nicht im Ertrag niedergeschlagen hatten. Die Molkevariante (12) hatte ein sonst vergleichsweise

gutes Wachstum, jedoch ebenfalls mit geringer N-Versorgung.

An diesen Extremen wird aber deutlich, dass auch bei einem mittleren N-Versorgungsgrad ein ausreichendes Pflanzenwachstum erzielt werden kann, vergleicht man einmal nur die mittlere Ertragsgruppe. Ohne die Strukturschwäche der Substrate wäre hier sicher auch ein den Varianten 14-17 entsprechendes Wachstum möglich gewesen.

Die am 7.11. ausgepflanzten Feldsalat-Pflanzen (Abbildung 4.6.6) wurden zu drei Terminen geerntet. Die erste Ernte erfolgte am 17.12.. Da die Wiederholungen sich visuell nicht nennenswert unterschieden, wurde nur eine Wiederholung vollständig abgeerntet. Die Pflanzen waren zu diesem Zeitpunkt noch in vollem Wachstum, aber schon stärker in ihrer Entwicklung aneinander angeglichen.

In Abbildung 4.6.7 sind die Erträge pro Kiste (mit 32 Pflanzen) wiedergegeben. Die fehlenden Säulen sind nicht ausgepflanzte Varianten. Auch zu diesem Zeitpunkt hebt sich noch die Gruppe der Industriesubstrate deutlich von den übrigen Substraten ab. Die torffreie Variante 14 reicht an den Ertrag der Variante 18 heran. Die Variante 17 fällt weiterhin aufgrund der Schädigung im Ertrag ab.

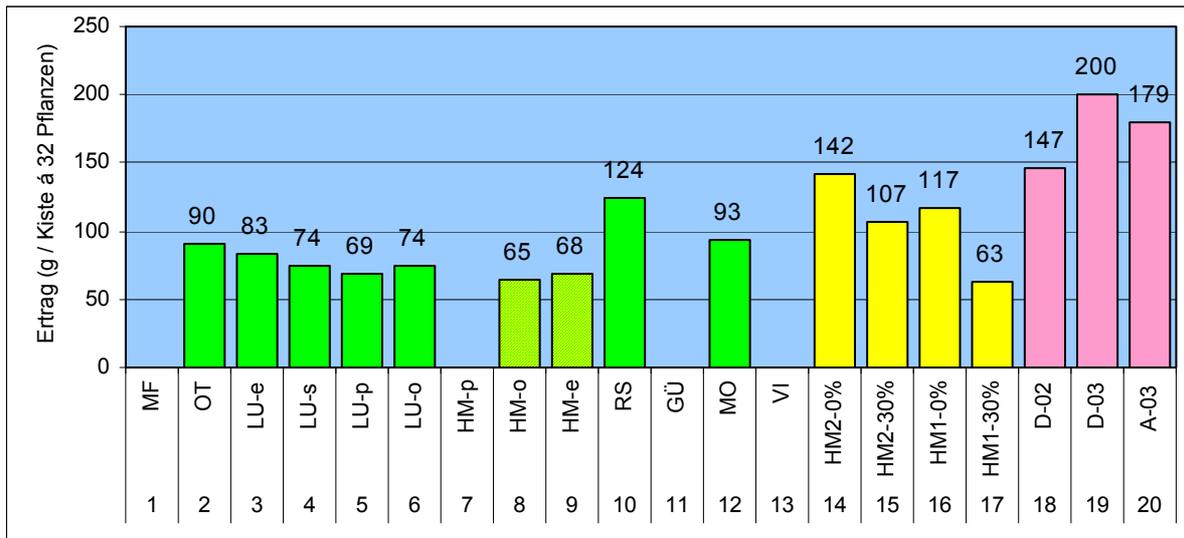


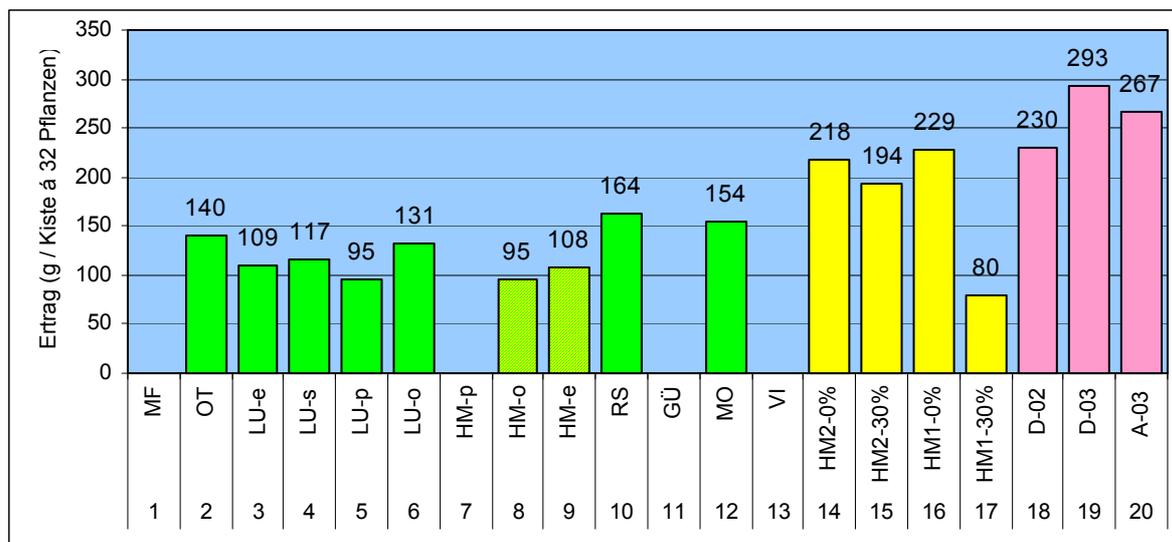
Abb. 4.6.7: Substratversuch 3: 3. Ertragsermittlung (17.12.) von Feldsalat, ausgepflanzt in Erdkisten (fehlende Säulen = nicht ausgepflanzte Varianten)

Eine zweite Ernte fand Anfang Januar statt. Um trotz der geringen Menge an Pflan-

Abb. 4.6.8: Substratversuch 3: 3. Ertragsermittlung (9.1.04) von Feldsalat, ausgepflanzt in Erdkisten (fehlende Säulen = nicht ausgepflanzte Varianten); GD 5%: 25,4

zenmaterial eine statistisch auswertbare Aussage machen zu können, wurden die verbliebenen beiden Wiederholungen jeweils nur halb abgeerntet. Um die Werte mit Abbildung 4.6.7 vergleichen zu können, wurden sie auf eine ganze Kiste á 32 Pflanzen hochgerechnet.

Wie man aus Abbildung 4.6.8 ersehen kann, bleibt die Grundtendenz erhalten. Alle Varianten haben etwa ein Drittel an Ertrag zugelegt (außer die geschädigte Variante 17). Die geringe Zunahme an Ertrag liegt einerseits an der Ausspflanztechnik: dass nämlich die Pflanzen nur auf die Erde gestellt wurden und leicht angedrückt wurden, also keinen allseitigen Bodenkontakt hatten. Zum anderen zeigt sich aber auch an diesem Ergebnis, dass eine durch ein ungenügendes Substrat einmal aufgetretene Depression bei einer Kultur wie dem Feldsalat nicht mehr ausgeglichen werden kann.



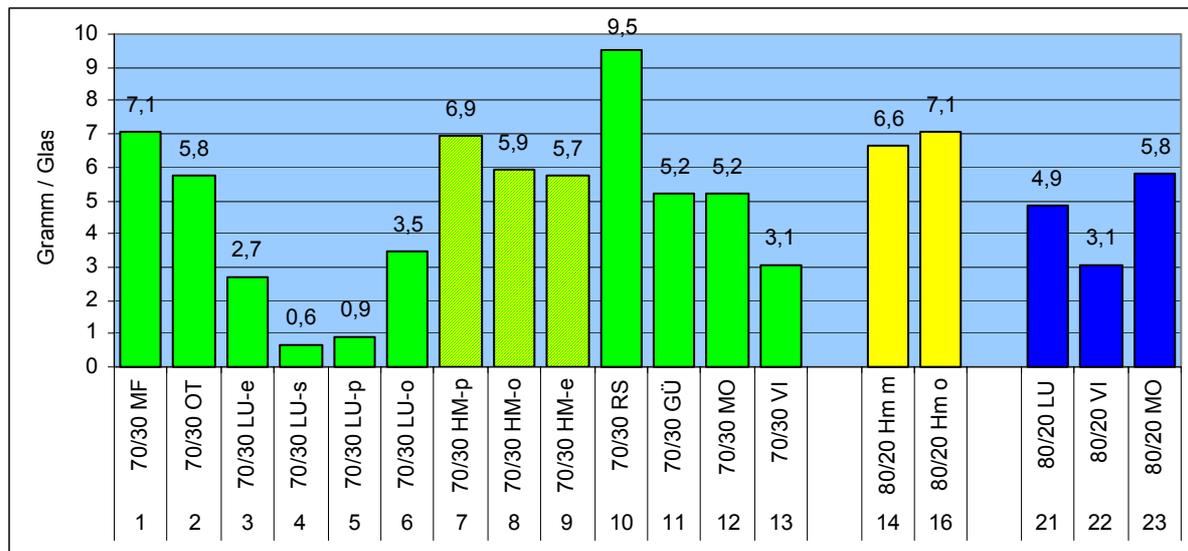


Abb. 4.6.9: Substratversuch 3: Kresstest der Substrate vom 6.Juni (einschließlich weiterer Mischungen aus Substratversuch 2); GD 5%: 2,96

#### 4.6.2.3 Kresstest

Weiteren Aufschluss über die Qualität der Substrate gibt der geschlossene Kresstest, der bereits Anfang Juni angesetzt und ausgewertet wurde (Abbildung 4.6.9 und 4.6.10).

Neben den beschriebenen torffreien eigenen Mischungen (Variante 1-16) wurden auch die restlichen Mischungen der Großsilos aus dem Substratversuch 2 untersucht. In diesem früheren Stadium der Substratfermentation schlossen die Luzerne- und Vinasse-Mischungen negativ ab. Die hier auftretenden Depressionen finden sich im beschriebenen Pflanzenversuch nicht mehr in der gleichen Form wieder.



Abb. 4.6.10: Substratversuch 3: Kresstest der Substrate vom 6.Juni (einschließlich weiterer Mischungen aus Substratversuch 2) Variantenzuordnung entsprechend Abbildung 4.6.9

Zusammenfassend kann für den Substratversuch 3 gesagt werden:

- Torffreie Substrate auf der Basis von Holzfaser verlieren die für ein gutes Pflanzenwachstum notwendige Struktur, wenn sie zu lange und zu feucht fermentiert werden. Wachstumsdepressionen können die Folge sein;
- Alternative N-Quellen zu Hornmehl sind bei kritischen Kulturen wie dem Feldsalat nicht empfehlenswert, da durch ihren Einsatz die Beständigkeit der Substrate leidet;
- Molke führte zu guten Wachstumsbedingungen, ohne die Nitrateinlagerung im Pflanzenblatt zu fördern. Die genaue Wirkung der Molke müsste aber noch untersucht werden;
- Die Industriesubstrate zeigen auch in diesem Versuch wieder eine Bandbreite der Ergebnisse, die jedoch immer auf der optimalen Seite blieb. Das ein Jahr alte Substrat hatte ebenfalls ein deutlich geringeren Nitratgehalt im Feldsalat zur Folge;
- Die hohe Menge an Zuschlagstoffen (Bentonit und Lava-Mehl) führte in Verbindung mit der hohen Kompostmenge und der Überlagerung der Mischungen zu einer zu starken Verdichtung der Substrate.



Abb. 4.7.1: Pressen der torfreduzierten Substrate in der Unger Erdtopfmaschine im Betrieb Natterer. (links blick auf die Erdpresslinge vor dem Aufnehmen durch den Stempel; rechts Stempel, davor Andruckwalze, darunter gefüllte Aussaatkiste)

## 4.7 Praxisversuche

### 4.7.1 Praxispressversuch im Betrieb Natterer

Die in Kapitel 4.4 beschriebenen eigenen Mischungen (Variante 10-12) sowie zusätzlich eine Mischung auf der Basis von Toresa-Faser wurden in einer großen Unger Presstopfmaschine im Bioland-Jungpflanzenbetrieb Natterer/Vaihingen probegepresst. Die Technik dieser Großmaschine unterscheidet sich in einigen wesentlichen Punkten von der kleinen Unger Erdpresstopfmaschine „Perfekt“, die im IBDF für die Versuche zum Einsatz kommt:

- Die Erde wird nicht passiv über das Förderband und eine durch die Erde angetriebene Andruckwalze verteilt, sondern durch ein „Paddel“, das die Erde auf dem Band verteilt und mehrfach glatt streicht;
- Die Arbeitsbreite ist verdoppelt, was die Verteilung nochmals erschwert;
- Die Presslinge einer ganzen Kiste werden nach der Pressung durch ein Stempel aufgenommen, geschnitten und in die Kiste abgesetzt; dieser Vorgang läuft vollautomatisiert ab.

Die Anforderungen, die die Substrate daher erfüllen mussten, waren:

- das Substrat muss „fließen“ können, um in der Maschine auf der ganzen Arbeitsbreite verteilt zu werden,
- es darf nicht die Presswerkzeuge verkleben oder zusetzen,
- es muss gut geformte Presslinge ergeben, mit glatter Oberfläche,
- die Presslinge müssen am Ende vollständig voneinander getrennt in der Kiste liegen.

Diese Bedingungen wurden von allen Substraten erfüllt.

Die gepressten Varianten wurden mit Feldsalat eingesät und z.T. im Gewächshaus bei Natterer, z.T. im IBDF zusammen mit Substratversuch 1 weiterkultiviert. Die Pflanzen im IBDF wurden im Frühjahr 2003 geerntet (Tabelle 4.7.1). Das Gewicht der schnittreifen Pflanzen unterschied sich für die einzelnen Stufen der Torfzumischungen nicht signifikant. Lediglich Toresa viel mit einem geringeren Einzelpflanzengewicht heraus.

Tab. 4.7.1: Ertrag von Feldsalat aus Praxispressungstest

Faser / Torfanteil	Variante	Gewicht in g pro Pflanze
Toresa 33% Torf	To33	3,27
Pietal 17% Torf	P17	4,20
Pietal 33% Torf	P33	4,66
Pietal 50% Torf	P50	4,11

Laut Aussage von Herrn Natterer erbrachten die in seinem Betrieb kultivierten Kisten ca. 80 % des sonst üblichen Aufwuchses, wobei der Aufwuchs durch ihn lediglich geschätzt wurde.

#### 4.7.2 Praxisanbau im Betrieb Eichwaldhof/Darmstadt

Eine Auswahl von 13 Varianten des Substratversuches 2 wurden unter Praxisbedingungen im Demeter-Betrieb Eichwaldhof / Darmstadt angebaut. Hauptfragestellung war hierbei die Prüfung der Stabilität der Jungpflanzen während der Auspflanzung mittels einer Pflanzmaschine.



Nach der Aussaat von Chinakohl (Sorte „Parkin“ /Takii) wurden die Kisten zum Betrieb Natterer gefahren, um dort unter den gleichen Bedingungen kultiviert zu werden wie die Vergleichspflanzen von dort. Die fertigen Jungpflanzen wurden dann mit der üblichen Lieferung ausgeliefert und kamen drei Tage später zur Auspflanzung mittels einer 4-reihigen Scheiben-Pflanzmaschine. Das Auspflanzen machte keine Schwierigkeiten, die Erdballen blieben intakt und die Pflanzen konnten problemlos vom Bedienungspersonal aus den Kisten gegriffen werden.

Aufgrund zu starken Kohlfiegenbefalls musste dann jedoch dieser Versuch ohne eine Ernteausswertung abgebrochen werden.

## 4.8 Hornmehldünger-Tests

Zwei kleinere Nebenversuche behandelten die Fragestellung des Zusammenhanges der Aufdüngung der Substrate mit Hornmehl und Wachstumsproblemen bei sensiblen Kulturen in der Frühphase. Ein konkretes Problem, das immer wieder aus der Praxis thematisiert wurde, war das Phänomen des „Umfallens von Chinakohl“ in den ersten Tagen nach der Keimung bei starker Sonneneinstrahlung. Als mögliche Faktoren, die zu diesem Phänomen beitragen, zählte die Ausgasung der Substrate aufgrund ihrer Zuschlagkomponenten, besonders dem Grünschnittkompost, wenn dieser noch nicht reif ist, aber auch der zu frischen und zu hohen Zudüngung mit Hornmehl. Auch ein zu hoher Feinheitsgrad des Hornmehles könnte eine mögliche Ursache hierfür darstellen.

Der erste Versuch sollte die Freisetzung von N-min, insbesondere der problematischen Ammonium-Fraktion, verschiedener Horndünger und deren Fraktionen aufzeigen. Der zweite Versuch behandelte den Einfluss der Wärme und Einstrahlung bei einer hohen Aufdüngung.

### 4.8.1 Hornmehl-Fraktionierung

Grundlage waren zwei Hornmehle: Manna-Hornmehl der Fa. Haug und ein Hornmehl bzw. Hornschrot der Fa. Oscorna. Die Produkte beider Firmen unterscheiden sich grundlegend: liegt der N-Gehalt beim Oscorna Mehl bei ca. 12,5% so beim Manna-Mehl nur bei 10%. Letzteres beinhaltet auch Spuren von hornfremden Verunreinigungen sowie einen beträchtlichen Anteil wasserlöslichen Staub. Das reinste Produkt waren die Hornspäne von Oscorna mit einem N-Gehalt von 14,5%. Um ein „sauberes“ Hornmehl zu erhalten wurde der Horngrieß in einer Labor-Hammermühle mit einem 2- bzw. 4-mm-Sieb fein aufgemahlen. Die Korngrößenfraktionen der einzelnen Mehle sind in Abbildung 4.8.1 dargestellt.

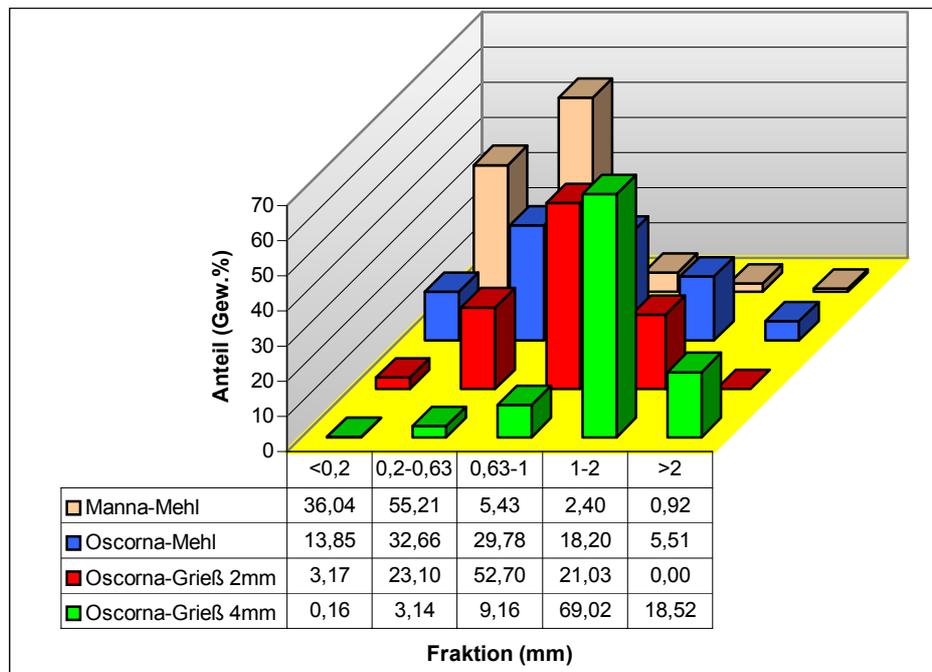


Abb. 4.8.1: Korngrößenfraktionen der geprüften Hornmehle.  
Tabelle: prozentualer Gewichtsanteil

Das Manna-Hornmehl hat einen sehr hohen Anteil feiner Fraktionen: etwa ein Drittel ist kleiner als 0,1 mm, 90 % sind kleiner als 0,63 mm. Das Oscorna-Mehl hat ein ausgewogenes Korngrößenspektrum: nur die Hälfte ist kleiner als 0,63 mm, ein Viertel liegt sogar über 1 mm Korngröße. Ersteres Mehl wird daher rasch viel Stickstoff freisetzen, letzteres gleichmäßig verteilt.

Die selbst aufgemahlene Horngrieße zeigen eine stärkere Verschiebung des Korngrößenspektrums zu größerem Korn hin.

Für den Bebrütungsversuch wurde lediglich ein Teil der Fraktionen ausgewählt (Abbildung 4.8.2). Neben den beiden Originalmehlen und ihren Fraktionen waren es die eigene Aufmahlung (Variante 10 und 11) sowie 2 weitere Proben von gröberem Mehl der Firma Oscorna. Als Kontrolle diente eine Ammonitrat-Düngung.

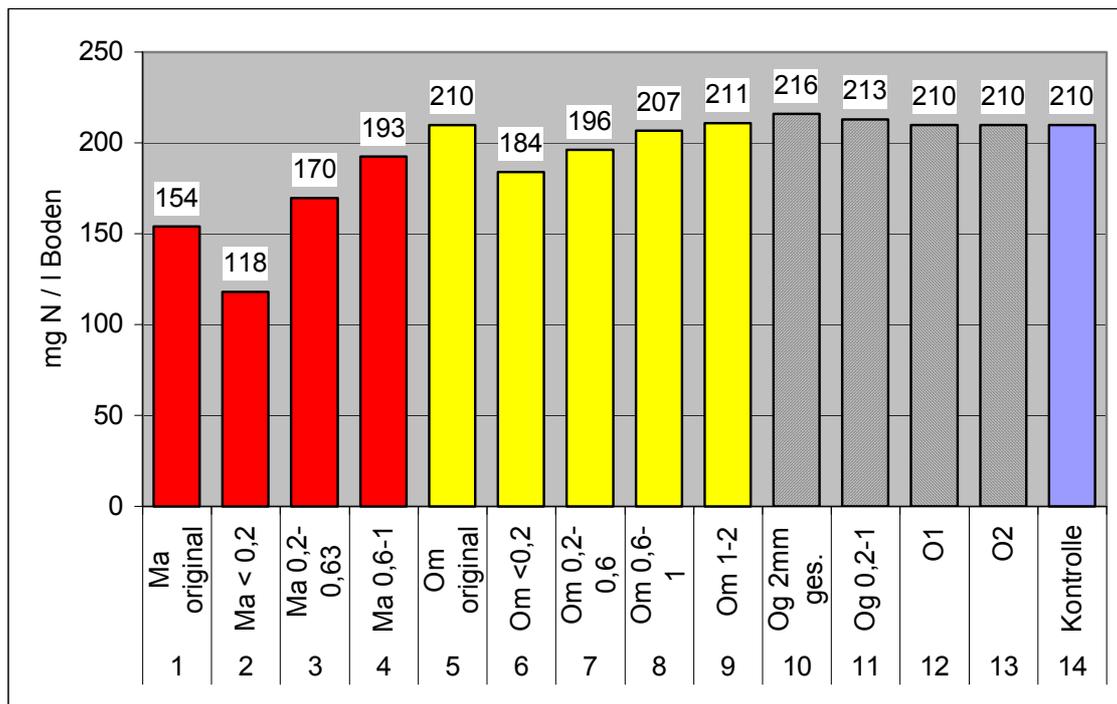


Abb. 4.8.2: Hornmehltest: gedüngte N-Mengen aufgrund der unterschiedlichen N-Gehalte der Horndünger

Die Mehle wurden Schwarztorf in einer Menge von 1,5 g/Liter Boden zugesetzt und mit einem Mixer gut homogenisiert. Die (angefeuchteten) Bodenmischungen wurden in 380 ml-Gläser eingewogen und im Brutschrank bei 38 °C gelagert. Die N-Freisetzung wurde jeweils an zwei Gläsern pro Variante mehrfach über einen Zeitraum von 70 Tagen bestimmt.

Die N-Gehalte der Mehle differierten stark. In Abbildung 4.8.2 sind daher die tatsächlich zugesetzten Mengen an N pro Liter Boden dargestellt. Um die freigesetzten N-Mengen untereinander vergleichen zu können, wurden die Werte auf die tatsächlich gedüngten N-Mengen umgerechnet. Der Verlauf der N-Freisetzung ist in Abbildung 2.8.3 wiedergegeben (siehe auch Tab. A-6 im Anhang).

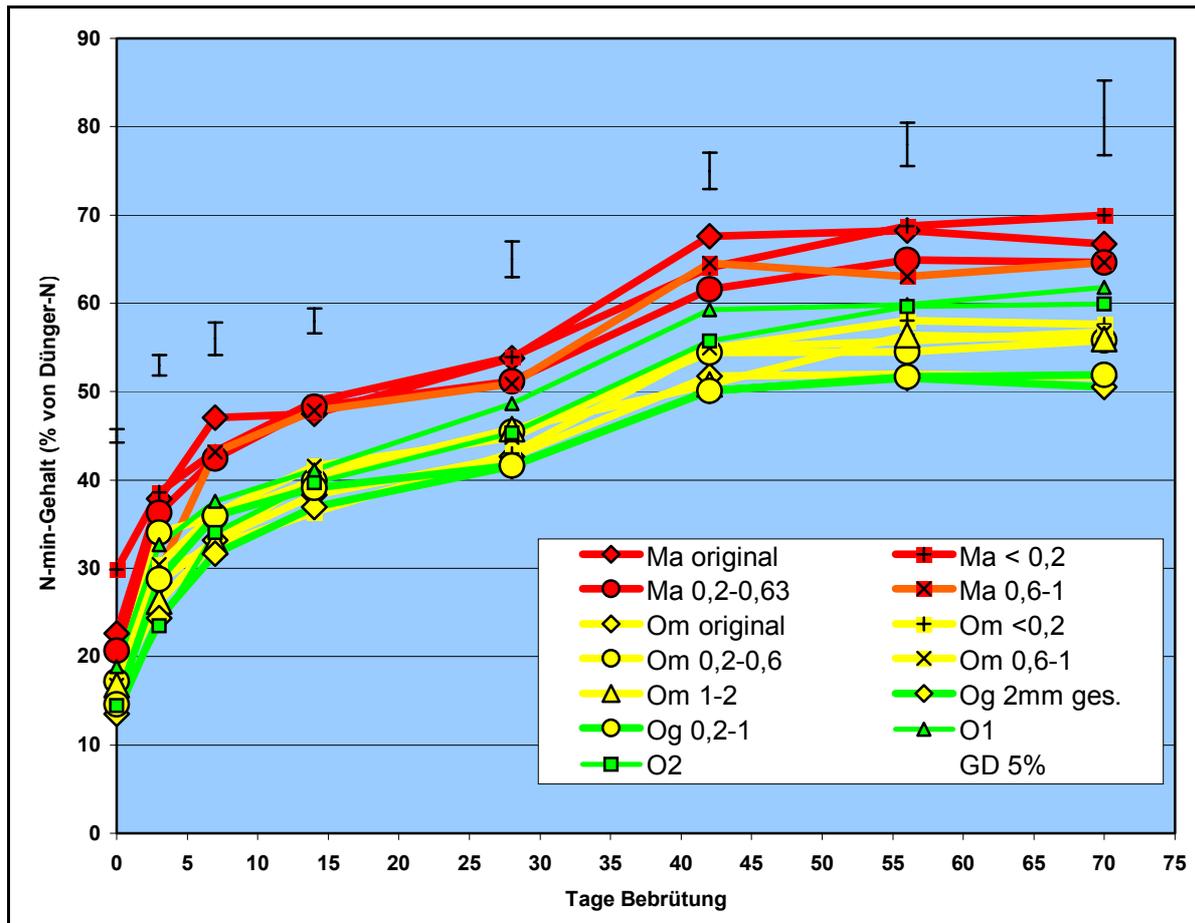


Abb. 4.8.3: N-Freisetzung der geprüften Hornmehle während der Bodenbebrütung; (Fehlerbalken = GD 5%)

Beide Mehltypen lassen sich durch alle Fraktionen trennen: die obersten 4 Kurven mit den höchsten Freisetzungsraten sind die Manna-Varianten, darunter die beiden Oscorna-Proben, gefolgt von den Mehlfractionen und zuletzt von den beiden Grieß-Fractionen.

Die Differenzierung innerhalb der ersten 7 Tage ist in Abbildung 2.8.4 nochmals vergrößert dargestellt. Die Manna-Varianten (insbesondere Variante 2) werden sehr rasch umgesetzt bzw. sind nach der Düngung in höherem Maße pflanzenverfügbar als die Oscorna-Varianten. Diese liegen lediglich auf halbem Niveau. Erstaunlich ist die schwache Differenzierung zwischen den Fraktionen. Die Freisetzung unterscheidet sich hier nur wenig, obwohl durch den unterschiedlichen Aufmahlungsgrad eine stark variierende Oberfläche des Hornmehles geschaffen wurde, die für die mikrobiellen Umsetzungsvorgänge von Bedeutung ist.

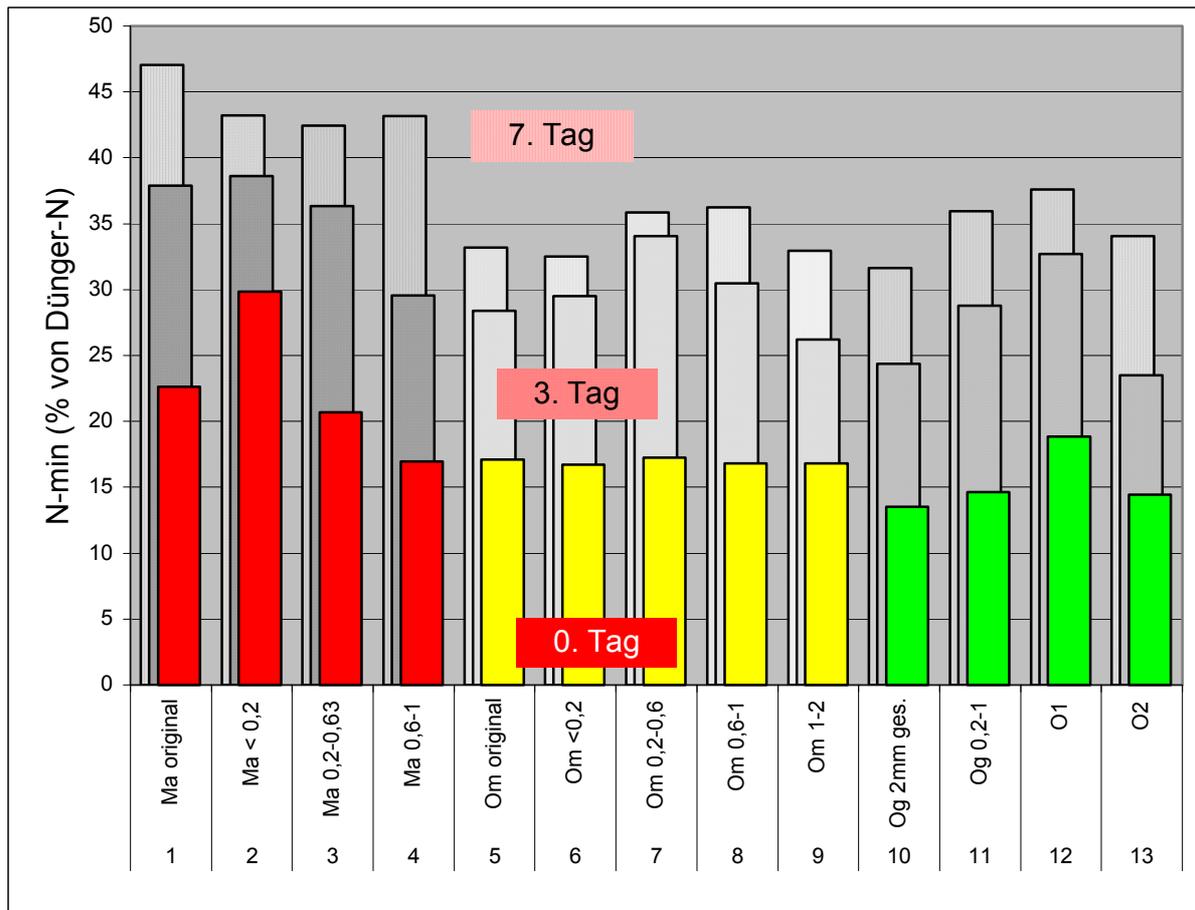


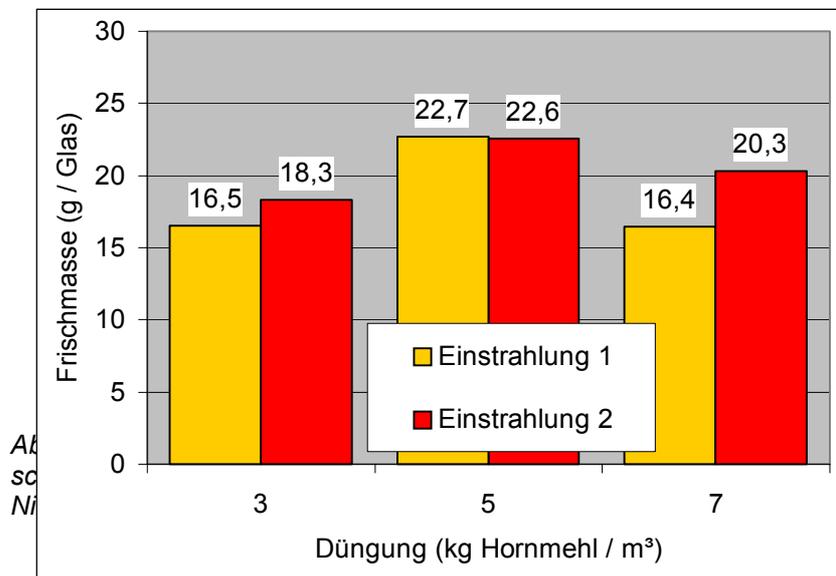
Abb. 4.8.4: N-Freisetzung der geprüften Hornmehle in den ersten 7 Tagen der Bodenbebrütung; (GD 5%: 0. Tag: 1,52; 3. Tag: 2,32; 7. Tag: 3,73)

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die N-Freisetzung aus Hornmehl in den ersten Tagen der Düngung sehr stark von der Beschaffenheit des jeweiligen Mehles abhängt und erst in 2. Linie von dem Aufmahlungsgrad. Die Differenzierungsmöglichkeit der N-Freisetzung durch einen veränderten Aufmahlungsgrad bleibt damit schwach.

#### 4.8.2 Wärmestress-Test

In diesem Versuch wurde Chinakohl im geschlossenen Test (entsprechend dem geschlossenen Kresstest) keimen gelassen. Die Böden waren mit 3, 5 bzw. 7 kg Hornmehl / m<sup>3</sup> aufgedüngt. Pro Variante wurden 5 Wiederholungen angesetzt. Die verschlossenen Gläser wurden in ein auf 42 °C erwärmtes Wasserbad gestellt. Unmittelbar über den Gläsern hing jeweils eine HQL-Pflanzenlampe (500 W) in 25 bzw. 50 cm Abstand. Mit diesen Bedingungen sollten die extremen Hitze- und Einstrahlungsverhältnisse in der Klimakammer im Winter simuliert werden, die im Sommer im Gewächshaus herrschen können. Der Versuch wurde nach 14 Tagen abgeerntet und ausgewertet.

Die Keimung lief bei allen Varianten gleichmäßig ab. Ausfälle gab es nicht. Somit blieb das aus der Praxis beschriebene Symptom aus. Die Aufwuchsmengen sind in Abbildung 4.8.5 dargestellt. Sie zeigten Ertragsabhängig nur eine schwache Differenzierung. Weder ein Einstrahlungs- noch ein Düngungseffekt konnten statistisch



abgesichert werden. Leider bestand nicht mehr die Kapazität, den Versuch im Sommer nochmals zu wiederholen.

Auf Nachfrage in der Praxis, ob in dem extrem heißen Sommer 2003 das beschriebene Problem beim Chinakohl wieder auftrat, wurde mir diesbezüglich keine negativen Beobachtungen zugezogen. Es wurde jedoch von einem Betrieb, der dieses Problem öfters hatte, eingeräumt, dass er sein Substrat nicht mehr so hoch aufgedüngt hat-

te.

## 5 PRAXISUMSETZUNG

### 5.1 Workshops

Im Dezember 2002 wurde ein erster Workshop im IBDF abgehalten, zu dem die Hersteller von Substraten, Berater, Jungpflanzenproduzenten und Verbandsvertreter eingeladen wurden. Es waren insgesamt 20 Personen/Einrichtungen vertreten (s. Anlage).

Auf dem Programm stand:

- Bericht über die Vorarbeiten zur Entwicklung einer torffreien Anzuchterde unter dem Gesichtspunkt der besonderen Anforderungen des Ökologischen Landbaus;
- Austausch/Diskussion der aktuellen Probleme in der Bio-Jungpflanzenproduktion und die Möglichkeiten eine torffreie Bioschiene zu etablieren;
- Erörterung der Frage, was überhaupt eine hochwertige biologische Substratqualität ist; wann ist ein Substrat wirklich reif?
- Vorstellung eines Qualitätsentwicklungskonzeptes als gemeinsamer Weg zwischen Produzent und Anbauer;
- Planung von konkreten nächsten Schritten, z.B. Ziel 10 % Holzfaser im Substrat, max. 70% Torfanteil etc.
- Besichtigung der laufenden Versuche und Vorstellung der Substrate.

Die Gespräche liefen sehr offen ab, nicht nur zwischen den Firmen und Substratnutzern, sondern auch unter den Firmenvertretern selbst. Es wurde begrüßt, dass ein derartiger runder Tisch ermöglicht wurde, angesichts der schwierigen Fragestellung eines noch zu entwickelnden Bio-Substrates. Es wurde aber auch die Unsicherheit der Teilnehmer bezüglich des neuen Terrains spürbar.

Gemeinsam wurde vereinbart, die Qualitätsentwicklung aktiv angehen zu wollen. Außerdem soll der Torfersatz schrittweise in Angriff genommen werden. (Mindestens) 10% Holzfaser als Torfersatz in Bio-Qualität sind das Ziel für 2003, weitere Schritte sollen folgen. Außerdem kann in die Verbandsrichtlinien von Bioland und Demeter unter diesen Voraussetzungen die Höchstmenge an Torf von derzeit 80 bzw. 75% auf einheitlich 70% gesenkt werden.

Im Herbst 2003 fand der zweite Workshop statt. Neben einigen neu hinzugekommenen Vertretern auch weiterer Firmen traf sich der gleiche Personenkreis, um auf das Jahr zurückzublicken und die Ergebnisse und Schritte zu prüfen.

Das Programm umfasste die Vorstellung der Versuchsergebnisse zu den verschiedenen Problemen, die in dem Jahr gemeinsam mit einzelnen Betrieben angegangen wurden (z.B. neuer Holzfaserhersteller, Horndüngerfrage etc.) wie auch die Erfahrungen, die die Praxis in dem extrem heißen Sommer mit den Substraten gemacht hatte.

Im Vorfeld der Gespräche wurde deutlich, dass ein großes Interesse an dem Fragenkomplex besteht, auch wenn vielleicht die Schritte hin zu einer Umsetzung sehr zögernd erfolgen.

Aus den Beiträgen der Teilnehmer war immer wieder zu hören, dass die Umsetzung des Torfersatzes noch zu einer großen Verunsicherung führt: man gibt nur ungern

einen sicheren Status quo auf, wenn kein Anlass von außen besteht. Gleichzeitig wurde aber begrüßt, dass aus dem Projekt heraus die Entwicklung immer wieder angeregt wird.

Ein weiterer Unsicherheitsfaktor für die Substrat-Industrie wie auch Jungpflanzenproduzenten ist die EU-Richtlinienänderung, dass ab 2006 Zuschlagkomponenten aus Öko-zertifiziertem Ursprung sein müssen. Hier wurde gemeinsam an Perspektiven gearbeitet, insbesondere was die Herkunft des Grünschnittkompostes betrifft. Diese Frage muss zusammen mit der Holzfaser-Herstellung gesehen werden, da durch eine fermentierte Öko-zertifizierte Holzfaser der Kompostanteil gesenkt werden könnte.

Als nächste Schritte stehen daher Fermentationsversuche in den größeren Praxisdimensionen an.

## 5.2 Praxisbesuche

Die Kontakte wurden auf verschiedenen Ebenen gesucht, den Substratproduzenten mit ihren Zulieferern, den Jungpflanzenproduzenten, den Anbauern und schließlich auf Verbandsebene.

Die bereits z.T. seit Jahren bestehenden Kontakte zu verschiedenen im Substratbereich tätigen Firmen wurden intensiviert. Die Gespräche fanden teilweise telefonisch statt oder bei Besuchen vor Ort bzw. in Darmstadt oder auf Tagungen.

Derzeit sind besonders zwei Substratproduzenten auf dem deutschen Markt etabliert: die Firmen Klasmann Deilmann und Floragard. Beide Firmen sowie die Firma Patzer produzieren ihr Bio-Substrat konform zu den Demeter-Richtlinien. Darüber hinaus bestehen Kontakte zu den beiden Firmen Brill und Archut, die beide ebenfalls im Bio-Sektor aktiv sind. Weitere Firmen haben Interesse bekundet, sich aber z.Z. noch nicht (experimentell) aktiv einbringen können.

Bei allen Produzenten stellt der Bio-Bereich derzeit nur eine kleine Produktionsnische dar, hat damit wirtschaftlich betrachtet (noch) keine große Bedeutung. Dadurch ist der Anreiz für Änderungen auch nur relativ gering. Bei den Besuchen war daher auch ein wesentlicher Punkt, die Produktionsabläufe so kennen zu lernen, dass es möglich wurde, Hilfestellungen bei der Umänderung der Produktionsmethode geben zu können. Eines der Hauptprobleme ist der Zwiespalt zwischen der derzeit üblichen Mischungspraxis und der erforderlichen Substrat-Reifelagerung. Hier können nur individuelle Lösungen gefunden werden, je nach der Struktur des Betriebes.

Was die Reduzierung des Torfanteils betrifft, wurde dies bislang (bei Presserden) ausschließlich durch Kompost verwirklicht. Holzfaser kam im Sommer 2003 probeweise bei der Firma Klasmann Deilmann bei einem Substrat für den Betrieb Natterer zum Einsatz, wurde dann aber aufgrund von allgemeinen Problemen mit dem Substrat wieder aufgegeben. Leider wurde noch nicht mit der fermentierten Holzfaser ein Test gefahren.

Auch im Substrat-Zulieferungsbereich wurden verschiedene Gespräche geführt und auch Besuche gemacht. Ein großer Einschnitt war der Wegfall der Firma ÖPA für die Holzfaserproduktion im vergangenen Frühling. Nachdem im Herbst 2002 bei einem Besuch die Möglichkeiten des Ausbaus einer Bioschiene besprochen waren, stellte

sich im Laufe des Winters heraus, dass der neue Firmenträger wenig Interesse an der Holzfaserproduktion hatte. Es fand dann eine Umorientierung auf die Firma Torsa statt, obwohl deren Substrat technisch gesehen nur ungenügend für eine Presseerde war. Das änderte sich jedoch durch die Möglichkeit, eine feinere Faser herstellen zu können. Der Vorteil in der vergleichsweise einfacheren Produktionsanlage bei dieser Firma eröffnet aber auch die Möglichkeit, in der Zukunft mit kleinen Chargen ausgewählter (Bio-zertifizierter) Holzrohstoffe Versuchsserien zu fahren.

Eine weitere Frage bei der Holzfaserherstellung ist die Aufbereitung der Faser in Bio-Qualität. So wurden auch die Möglichkeiten geprüft, ob Zusätze zur Holzfaser (N-Dünger, Gesteinsmehle etc.) bereits zur Faserherstellung gegeben werden können oder erst beim Substrathersteller erfolgen sollten.

Mit der Firma Torffrau bestehen ebenfalls Kontakte. Hier liegen interessante Erfahrungen mit der dreijährigen Kompostierung von Eichenrinde (!) vor, unter Verwendung der biologisch-dynamischen Rotte-Präparate. Das so gewonnene Substrat wird zwar nur im Zierpflanzenbereich eingesetzt, die Firmenleitung hat aber auch Interesse, ihre Erfahrungen auf den Anzuchterdenbereich auszudehnen. Auch könnte es möglich sein, dieses Spezialsubstrat zu bestimmten Substraten zuzumischen.

Weitere Gespräche fanden mit der Firma Oscorna bezüglich einer Optimierung des Hornmehleinsatzes statt. Ein Ergebnis dieses Gespräches war der unter 4.8 beschriebene Hornmehl-Versuch.

Außerdem wurde ein Kontakt zum Hersteller des Agrar Bentonits neu geknüpft. Hier ging es um die Möglichkeit, Bodenmontmorillonit-ähnliche Bentonite bei der Substratherstellung einzusetzen. Derzeit werden hauptsächlich die preisgünstigen Lagerstätten-Tone verwendet, die jedoch eine sehr viel geringere Oberflächenaktivität aufweisen. Auch aus diesem Kontakt ist ein Projektteil hervorgegangen (Kapitel 4.3).

Die Kontakte zu den Jungpflanzenproduzenten beschränkten sich auf telefonische Gespräche und Besuche. Es war schnell deutlich, dass zwar ein Interesse besteht, an den Ergebnissen und den Schritten dorthin beteiligt zu werden, dass aber keine Kapazität offen ist, selber experimentell tätig zu werden. Aus diesen und aus arbeits-technischen Gründen wurde dann nur mit dem Betrieb Natterer in Vaihingen ein engerer Kooperationskontakt gepflegt. Doch auch hier bestand lediglich im Herbst die Möglichkeit, experimentell mit den neuen Substraten zu arbeiten.

An dieser Stelle muss aber betont werden, dass gerade diese Praxiserfahrung äußerst wichtig für den Fortgang des Projektes ist, da hier die zweite Seite des Substratproblems erkennbar ist: es muss ein qualitativ hochwertiger und technisch hundertprozentig sicherer Rohstoff sein, der die notwendige Produktionssicherheit gewährleistet.

Schließlich bestanden noch Kontakte zur gärtnerischen und landwirtschaftlichen Praxis. In mehreren Arbeitsgruppentreffen wurde aus der experimentellen Arbeit und dem Stand der Entwicklung berichtet. Auch auf Tagungen wurde über das Projekt berichtet (z.B. Internationale Biologisch-Dynamische Tagung in der Schweiz; Wissenschaftstagung in Wien).

Die für die Versuche benötigte Molke wurde von der Hofmolkerei des Dottenfelderhofes in Bad Vilbel zur Verfügung gestellt. Auch der Anbauversuch auf dem Eichwaldhof ist hier zu erwähnen.

### 5.3 Richtlinien und Leitlinien

Ein Antrag auf Änderung der Erzeugerrichtlinien wurde beim Demeter-Verband im späten Frühjahr 2003 eingereicht. Ziel war die Anpassung der Richtlinien an den Ist-Zustand in der Praxis, d.h. ein Höchstgehalt an Torf von 70 %. Dies sollte unter der Perspektive geschehen, dass im Jahr 2004 dieser Wert auf mindestens 65 % weiter reduziert werden sollte.

Obwohl seitens des Verbandes hier keine prinzipiellen Einsprüche bestanden, konnte die Richtlinienänderung noch nicht realisiert werden. Dies wurde mir jedoch für eine der nächsten Sitzungen der Richtlinienkommission zugesagt.

Auf der Basis der Akzeptanz beim Demeter-Verband wird dann der gleiche Vorschlag dem Bioland- und Naturlandverband unterbreitet.

Wie aus diesem zähen Vorankommen ersichtlich ist, kann die Einführung des Torfersatzes nicht ausschließlich auf der Basis von Richtlinienänderungen erfolgen. Es war daher notwendig, Leitlinien für die Herstellung von Bio-Substraten zu erarbeiten bzw. bestehende weiterzuentwickeln. Da die Bio-Substrate für alle Bio-Betriebe einsetzbar sein müssen, unabhängig davon, welchem Verband sie angehören, orientieren sich die Leitlinien an den Anforderungen des Demeter-Verbandes (Leopold 2002) und sind im Zusammenhang mit diesem entwickelt worden. Die wesentlichen Aspekte sind im folgenden aufgeführt:

#### **Grundsätze:**

Grundsätzlich sollten für den Ökolandbau notwendige Primär-Betriebsmittel aus dem Betrieb selbst stammen. Da dies jedoch im Bereich Jungpflanzenerzeugung im Spezialbetrieb nicht möglich ist, sollte sich die Qualität der zugekauften Substrate an diesem Grundsatz messen. Daraus folgt, dass

- die verwendeten Zuschlagstoffe ökologischen bzw. naturbelassenen Ursprungs sind (z.B. Grünschnittkompost aus Bio-Hecken, naturnahem pflanzenschutzmittelfreiem Waldbau etc.),
- die Substrate einen Charakter aufweisen, der einem belebten Boden entspricht,
- sie eine gleichmäßige Nährstoffnachlieferung gewährleisten,
- kein Raubbau an Ressourcen betrieben wird,
- die Transportwege für die Substrate selbst wie auch deren Zuschlagstoffe möglichst klein sind.

Die derzeit erhältlichen Substrate erfüllen diese Grundsätze nicht, sondern orientieren sich an der konventionellen Praxis großtechnischer Pflanzenherstellung auf der Basis von Torf-Substraten. Lediglich ein geringer Anteil Torf wird derzeit durch (üblichen) Grünschnittkompost ersetzt.

Um die Substrate an die im folgenden angeführten Mindestanforderungen anzunähern, ist ein schrittweises Vorgehen empfehlenswert.

Da die Substrate für alle Bio-Anbauverbände gleichermaßen verwertbar sein sollen, müssen sie die schärfsten Erzeugerrichtlinien erfüllen (z. Z.: Demeter).

### **Mindestanforderungen:**

#### **A) Kompost**

##### Ausgangsmaterial:

Als Ausgangsmaterial für die Kompostierung kommt nur in Frage:

- weitgehend unbelastetes, unter extensiven Bedingungen gewachsenes Pflanzenmaterial (Grünschnitt, Laub, Holzfaser) sowie
- Stallmist und Gülle aus extensiven Haltungssystemen.

Der Nachweis über die Herkunft des Ausgangsmaterials ist zu erbringen.

Von der Verwendung ausgeschlossen sind:

- Grünschnitt (z.B. Gras, Zweige) von Straßenrändern, Bahnanlagen (z.B. Bahndämme) und intensiv gepflegten Grünflächen (z. B. Sportplatz- und Golf-rasen).
- Bioabfälle aus Haushalten.

##### Zuschlagstoffe:

Dem Kompost sind 10-20 kg/m<sup>3</sup> Bentonitmehl (je nach Oberflächenaktivität) zuzumischen. Dies sollte bereits während der Kompostierung, spätestens in der Reifephase (nach der Absiebung), erfolgen. Bei mineralstoffarmen Komposten sollte je nach Bedarf auch Gesteinsmehl zugesetzt werden.

##### N-Aufdüngung:

Zur N-Aufdüngung dürfen nur organische N-Quellen, die in den Demeter-Richtlinien angegeben sind, verwendet werden (z B. Hornmehl, Gülle aus extensiver Tierhaltung).

Sickersaft aus der Kompostierung darf zur Befeuchtung nur aus solchen Mieten verwendet werden, die diesen Mindestanforderungen genügen.

##### Anwendung der biologisch-dynamischen Kompostpräparate:

Bei der Kompostierung kann auf die biologisch-dynamischen Kompostpräparate nicht verzichtet werden. Sie sind mindestens zweimal anzuwenden (beim aufsetzen oder beim ersten umsetzen und zu Beginn der Reifephase).

##### Ausreifung des Kompostes:

Auf eine gute Ausreifung des Kompostes ist zu achten. Ziel ist es, einen möglichst einheitlichen, hohen Verrottungsgrad zu erreichen. Besonders bei den üblichen Heißrotteverfahren soll eine längere Reifephase von mehreren Monaten in einer nicht zu hohen Miete sich anschließen. Dies kann auch gemeinsam mit den übrigen Substratkomponenten sein.

#### **B) Substrat**

##### Zusammensetzung:

Der Anteil an wertgebendem Kompost in der Mischung soll möglichst hoch sein. Der Torfanteil ist so gering wie möglich zu halten und darf derzeit bei Kultursubstraten max. 40 %, bei Topferden und Anzuchterden max. 65 %, bei Presstopfsubstraten maximal 70 % betragen. Der Torfanteil ist in den kommenden Jahren so weit wie möglich zu reduzieren. Ziel ist ein torffreies Substrat, bei welchem der Torf durch geeignete, regionale nachwachsende Rohstoffe ersetzt wurde und eine Anpassung der Substrate an den diesbezüglich jeweils neuesten technischen Stand.

Die Torfersatzstoffe sollen den Demeter-Richtlinien entsprechend behandelt werden: nachwachsende Rohstoffe aus landwirtschaftlicher Produktion müssen mindestens ökologisch angebaut werden oder aus Naturschutzflächen etc. stammen, die nicht mit synthetischen Pflanzenschutzmitteln behandelt worden sind.

#### Homogenität:

Die Anzuchterde soll möglichst homogen sein. Dies wird nur erreicht, wenn das Substrat nach der Mischung der einzelnen Komponenten nochmals gelagert wird. Dabei kann die Reifephase der Kompostierung und die Ruhephase des Substrates kombiniert werden. Dies gilt insbesondere für Torfersatzstoffe wie z.B. Holzfaser, die vor ihrer Verwendung eine Mindestfermentation erfahren haben muss.

#### Schadstoffgehalte:

Die Qualität der Erden und Substrate hinsichtlich der Schadstoffgehalte ist vom Hersteller mit Laboranalysen zu erfassen.

### **5.4 Weitere Umsetzung der Ergebnisse**

Die an dem Projekt beteiligten Firmen und Jungpflanzenbetriebe standen dem Projekt positiv gegenüber. In der Regel waren sie bereit, in ihre Produktionsmethoden Einblick zu gewähren und unterstützten die Arbeit mit Ideen und Sachleistungen.

Dennoch war es deutlich, dass Änderungen nur langsam in der (funktionierenden) Praxis Einzug halten können. Hier bewirkte der stetige Druck seitens des Projektleiters ein schrittweises Umdenken und das eine oder andere Experiment in der Praxis. Wichtig ist für die nächste Zeit, dass dieser „Druck“ erhalten bleibt, um die begonnene Wende nicht sofort wieder einschlafen zu lassen.

Mit der Veröffentlichung des vorliegenden Projektberichts (in der Schriftenreihe des IBDF und im Internet als download sowie auszugsweise in Zeitschriften) soll die Praxis noch stärker mit dem Problem Torfersatz konfrontiert werden und zur Mitarbeit angeregt werden. Gerade vor dem Hintergrund der von der EU vorgeschriebenen (neuen) Ökozertifizierung der einzelnen Zuschlagstoffe zu den Substraten wird hier in der nächsten Zeit einiges ins Rollen geraten.

## 6 ERREICHTE ZIELE - OFFENE FRAGEN

**Torfersatz im Substrat:** Die Möglichkeit, mit fermentierten Holzfasern einen Teilerersatz von Torf in der Praxis zu verwirklichen, ist in einem Pilotexperiment gelungen. Um dies im breiten Stil zu erproben und schließlich durchzusetzen, bedarf es noch des stärkeren Einsatzes der Praxis selbst. Ein erster Erfolg ist in der Tatsache zu sehen, dass die Hersteller die Notwendigkeit einer gewissen Reifelagerung eingesehen und teilweise auch verwirklicht haben. Um die torf reduzierten Substrate sich in der Praxis etablieren zu lassen, sollte umgehend in einem Drei-Stufen-Programm fortgefahren werden:

- 1.) Begleitung der Substrathersteller bei der Herstellung fermentierter Holzfaser.
- 2.) Begleitung der Jungpflanzenproduzenten bei dem Einsatz einer Sondermischung aus diesen Holzfasern.
- 3.) Begleitung der Praxisbetriebe bei der Auspflanzung und Ernteerhebung.

**Holzfasern:** Durch den Wegfall der für Presserden optimalen Holzfasern Pietal musste auf einen anderen Hersteller umgestiegen werden (Toresa). Die von diesem Hersteller neu etablierte Bio-Produktlinie mit einem feineren Ausgangsmaterial erscheint aber als eine mögliche Alternative zu Pietal.

Eine offene Frage ist, ob durch die Verwendung von Grünschnitthäcksel aus dem Ökoanbau eine kostengünstige und ökologisch zertifizierte Alternative zu den Holzschnitzeln gefunden werden kann. Hier sollten Probe-Faserherstellungen erfolgen.

Die N-Stabilisierung der Faser kann über Hornmehl während der Fermentationsperiode erfolgen.

**Reifequalität:** Dass die Qualität der Biosubstrate nicht optimal sein kann, wenn verschiedene organische Zuschlagstoffe erst unmittelbar vor der Auslieferung und (sofort anschließenden) Pressung zu einem Substrat gemischt werden, hat sich als Problem konkretisiert und wird von der Herstellerpraxis in zunehmendem Maße auch bearbeitet. Im Zuge der Einrichtung einer Reifelagerung kann die Holzfasern ebenfalls ihre Fermentation durchmachen. Auch weitere Zuschlagstoffe können hier appliziert werden, sodass das Substrat „zusammenwächst“.

Insbesondere die Wahl der mineralischen Zuschlagstoffe (Bentonit, Gesteinsmehl) ist noch nicht der Art und Höhe nach optimiert. Ein Substratansatz mit 24 Varianten wartet auf die Probepressung.

Eine weitere Frage ist die Möglichkeit nach einem frühzeitigen Erkennen von negativen Substrateinflüssen, insbesondere bei neuen Substratkomponenten oder deren Chargen. Hier hat sich die Möglichkeit aufgetan, eine Schnelldiagnose der Gasphase von Substraten mittels einer sogenannten elektronischen Nase zu stellen.

**Richtlinienrelevanz:** Der Kontakt zu den Bio-Verbänden muss weiterhin intensiviert werden. Eine Entscheidung des Demeter-Verbandes steht für das Frühjahr an, bei den übrigen Verbänden muss dann auf der Grundlage dieses Ergebnisses vorgeprochen werden. Wichtig ist jedoch für die Akzeptanz einer Richtlinienänderung, dass ein entsprechendes Substrat (mit 65 % Torfanteil) verfügbar ist, was ab Sommer 2004 der Fall sein sollte. In den folgenden Jahren sollte der Torfanteil bis auf mindestens 50% gesenkt werden können.

## 7 LITERATUR

- Amlinger, F. 1993: Handbuch der Kompostierung. Ein Leitfaden für Praxis - Verwaltung - Forschung. Wien
- Anonym (1997): Vergleich biologisch-dynamischer Anzuchterden. Untersuchungsprotokoll der Arbeitsgemeinschaft der Demeter-Gärtner, Baden-Württemberg, (unveröffentlicht)
- Bartels, W. (1999): Physikalische Eigenschaften von Pietal. Sonderdruck aus DeGa 33
- Besselmann, K. (2002): Biogemüse aus Substratblöcken und Nährlösung. ÖKomenischer Gärtner-Rundbrief/Brandenburger Gärtnerbriefe 2/3, 10f
- BGK (1998): Methodenbuch zur Analyse von Kompost. BGK-Nr. 222. 4. Aufl., Köln
- Bioland (2001): Bioland Richtlinien für den Erzeugungsbereich. <http://www.bioland.de/bioland/richtlinien/erzeuger-richtlinien.pdf>
- Bockemühl, J. (1971): Beobachtungen am Pflanzenwachstum auf Erden mit Kompostzusätzen aus Stadtmüll und Klärschlamm. Elemente der Naturwissenschaft, Heft 15, 21-32
- Braick, M. (2001): Körnerleguminosen als organischer Stickstoffdünger. ÖKomenischer Gärtner-Rundbrief/Brandenburger Gärtnerbriefe, 33f
- Degen, B. (1998): Torfersatzstoffe. In: Hack (Hrsg.) Umweltgerechter Zierpflanzenbau - Fakten - Beispiele - Trends. Bonn, 32-33
- El Khafif, R. (2001): Lupinen als pflanzliche Alternative zu tierischen Düngern? ÖKomenischer Gärtner-Rundbrief/Brandenburger Gärtnerbriefe, 35 f
- EU (2002): Draft (AGRI/02/61731.rev.1\_en) commission regulation (EC) of amending Council Regulation (EEC) No 2092/91 on organic production of agricultural products and indications referring thereto on agricultural products and foodstuffs
- Forschungsring f. Biol.-Dyn. Wirtschaftsweise (2000): Qualitäts-Leitlinien für die großtechnische Herstellung von Anzuchterden, die für die Verwendung auf Demeter-Betrieben zugelassen sind. Darmstadt
- Forschungsring f. Biol.-Dyn. Wirtschaftsweise (2002): Erzeugung. Richtlinien für die Anerkennung der Demeter-Qualität. 21
- Fuchs, J.G. und Bieri, M. (2000): Neue Pflanzentests, um die Kompostqualität zu charakterisieren. Agrar-Forschung 7(7): 314-319
- Grantzau, E. (1990): Komposte als Bestandteil von Kultursubstraten. Gb+Gw, Heft 26, 1277-1281
- Grantzau, E. (1994): Holzfaser im Substrat. Gärtnerbörse 11, 584-586
- Grantzau, E. (1995): Holzfaser-substrate eignen sich auch für Grünpflanzen. Taspo-Magazin 12, 20f
- Grantzau, E. (1998): Eigenschaften organischer Substratkomponenten. In: Hack (Hrsg.) Umweltgerechter Zierpflanzenbau - Fakten - Beispiele - Trends. Bonn, 34-36
- Grantzau, E. und B. ter Hell (1993): Impatiens: Substrate und Zuschlagstoffe im Vergleich. Gb+Gw, 11/1993, 538-541
- Grantzau, E., Gennrich, J. und D. P. Dang (1993): Mit Kokos Substrate verbessern? Gb+Gw, 11/1993, 538-541

- Grantzau, E. und C. Strenger (1995): Welches Substrat für die Staudenkultur? Gärtnerbörse 12, 541-543
- Grantzau, E. und T. Iken (1999): Versuche mit Pietal. Deutscher Gartenbau 38/1999
- Grantzau, E., B. Schäfer, M. Rest (2003): Moderne Substrate erfordern Anpassung. Taspo Magazin 2/2003, 48-50
- Grüter, A. (2001): Test von Anzuchterden für den ökologischen Landbau unter besonderer Berücksichtigung der Torfproblematik. Diplomarbeit FH Bingen, FB Umweltschutz
- Heinze, K. (2001): Kompostsubstrate: zu empfehlen! Bioland 5/2001, 34 f
- Hormes, E. (1989): Kompost als Torfersatz. Gb+Gw, Heft 15, 736-737
- König, U.J. (2001): Entwicklung einer großtechnisch einsetzbaren biologisch-dynamischen Anzuchterde. Arbeitsbericht 2000, 11-14
- König, U.J. (2002a): Entwicklung einer großtechnisch einsetzbaren biologisch-dynamischen Anzuchterde. Arbeitsbericht 2001, 36-40. Darmstadt. <http://www.ibdf.de>
- König, U.J. (2002b): Entwicklung einer großtechnisch einsetzbaren biologisch-dynamischen Anzuchterde. Lebendige Erde, Heft 2/02, 43-45
- König, U.J. (2003a): Entwicklung einer großtechnisch einsetzbaren biologisch-dynamischen Anzuchterde. Arbeitsbericht 2002, 28-33. Darmstadt. <http://www.ibdf.de>
- König, U.J. (2003b): Entwicklung von großtechnisch einsetzbaren torffreien bzw. -reduzierten Anzuchterden. Poster 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Wien
- König, U.J. (2003c): Entwicklung von großtechnisch einsetzbaren torffreien bzw. -reduzierten Bio-Anzuchterden. In: Freyer, Bernd: Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Wien. 595-596
- Laber, H. (2001): Organische Handelsdünger für den ökologischen Gemüseanbau. ÖKOmenischer Gärtner-Rundbrief/Brandenburger Gärtnerbriefe, 27-29
- Leopold, J. (2002): Qualitätsleitlinien für die großtechnische Herstellung von Anzuchterden, die für die Verwendung auf DEMETER-Betrieben zugelassen sind. Forschungsring für Biologisch-Dynamische Wirtschaftsweise e.V., Darmstadt
- Mattmüller, H. (2001): Alternativen zu Horndüngern in Substraten? ÖKOmenischer Gärtner-Rundbrief/Brandenburger Gärtnerbriefe, 29 f
- RAL (1998): Kultursubstrate. Gütesicherung RAL-GZ 252. S. Augustin
- RAL (1999): Substratausgangsstoffe. Gütesicherung RAL-GZ 254. S. Augustin
- Schäfer, B., M. Rest und B. Beßler (2000): Holzfasersubstrate im Praxistest. Taspo-Magazin 1, 26f
- Schmid, A. (2002): Anbau von Heidelbeeren auf Ackerböden - biologisch und torffrei. Obstbau 6, 307-311
- Traunmüller, M. (1993): Mikrobiologie der Kompostierung. In Amlinger (1993), S. 197-213
- Vogl, C.R. (2001): EU-VO 2092/91, Ergänzte 35. Fassung



**ANHANG: Tabellen****Tab. A-1: Substratmischungen 1: Temperaturmessungen der Silos in °C**

Varianten			Tage nach Ansatz				
Faseranteil (%)	Rotte- lenker	N-Quelle	8	14	28	35	42
100	ohne	Luzerne	45	23	19	15	17
100	EM	Luzerne	46	24	18,4	15	16
100	PSM	Luzerne	50	28	19,6	15	18
100	bdP	Luzerne	37	24	19,6	15	16
100	ohne	Hornmehl	36	18	16,8	13	15
100	EM	Hornmehl	36	19	16,7	13	15
100	PSM	Hornmehl	37	19	17,2	13	15
100	bdP	Hornmehl	30	19	16,6	13	14
100	bdP	Molke	36	18	18,3	14	14
100	bdP	Gülle	37	18	15,3	12	14
100	bdP	Vinasse	34	19	16,1	13	15
100	bdP	MaltaFlor	30	19	19,3	16	17
100	bdP	Rhizinus	32	21	22,7	16	16
100	bdP	Olive	35	19	16,4	13	15
70	bdP	Luzerne	47	21	17,5	14	15
70	ohne	Luzerne	49	22	17	13	15
70	EM	Luzerne	50	22	17,1	13	15
70	PSM	Luzerne	34	21	16,7	13	15
70	bdP	Hornmehl	44	21	16,9	13	14
70	ohne	Hornmehl	46	20	17,6	13	15
70	EM	Hornmehl	43	21	17,3	13	15
70	bdP	Molke	46	18	17,3	23	14
70	bdP	Gülle	36	18	15,6	12	14
70	bdP	Vinasse	45	26	17,1	13	15
70	bdP	MaltaFlor	34	20	16,2	13	14
70	bdP	Rhizinus	44	20	16,6	23	14
70	bdP	Olive	40	18	15,4	22	14

**Tab. A-2: Substratversuch 1: Keimungsbonituren**

		Aufgang (%) Chinakohl					
Variante		12.11	13.11	14.11	17.11	20.11	26.11
1	A-02	79,0	85,7	86,3	92,0	92,7	94,9
2	B-02	72,3	73,7	74,7	78,0	78,0	82,7
3	C.t-02	83,0	88,3	89,3	92,0	92,3	94,6
4	C.p-02	76,0	83,0	82,7	88,0	89,0	91,5
5	D-02	78,3	84,0	84,7	89,7	90,7	92,9
6	E-00	82,7	90,3	89,0	93,7	94,3	97,3
7	B-01	91,0	92,7	92,7	95,3	96,0	98,3
8	D-00	85,7	90,7	91,7	93,7	93,7	96,3
9	B-00	85,7	88,0	89,0	95,0	95,7	98,6
10	T 17	80,3	86,0	86,0	91,3	93,3	95,9
11	T 33	86,7	89,7	90,7	95,0	95,0	97,3
12	T 50	92,3	94,3	94,3	96,7	96,7	98,6
GD 5%		12,6	8,7	8,9	7,2	7,0	6,8

		Aufgang (%) Feldsalat					
Variante		21.11	22.11	25.11	26.11	27.11	28.11
1	A-02	61,0	70,7	80,3	81,0	83,0	83,7
2	B-02	1,7	2,3	5,0	5,0	6,3	7,0
3	C.t-02	62,3	70,7	81,3	81,0	82,0	82,7
4	C.p-02	41,0	52,0	63,0	64,7	64,7	71,7
5	D-02	50,3	61,3	78,7	81,0	82,7	86,7
6	E-00	72,0	81,3	85,7	86,3	86,7	87,3
7	B-01	26,7	33,7	48,7	49,7	50,7	54,7
8	D-00	44,0	53,0	70,7	72,3	76,3	80,0
9	B-00	67,7	75,7	81,3	81,7	82,0	82,3
10	T 17	1,7	4,0	25,3	27,7	30,3	36,0
11	T 33	16,0	33,7	66,3	68,3	73,7	76,0
12	T 50	51,3	61,0	74,0	75,3	76,0	77,7
GD 5%		22,1	14,2	13,0	12,1	11,3	11,5

**Tab. A-3: Substratversuch 1: Erträge**

		Chinakohl Ertrag		Feldsalat Ertrag		Kressetest 1		Kresse 2	Kresse 3	China 1
Variante		FG g	TSG	FG g	TSG	FG/Glas	Bonitur	FG/Glas	FG/Glas	FG/Glas
1	A-02	54,4	7,14	67,1	9,6	2,31	3,33	3,74	7,26	22,4
2	B-02	31,0	8,53	3,3	11,4	0,15	1,33	0,00	0,00	0,0
3	C.t-02	48,7	8,16	45,9	12,5	2,51	4,17	3,05	4,40	22,8
4	C.p-02	50,6	7,98	47,1	11,1	2,21	4,83	3,24	4,31	21,6
5	D-02	49,8	7,85	52,7	10,8	5,09	5,17	6,96	8,90	16,2
6	E-00	54,1	7,41	70,0	9,7	7,33	6,00		9,68	12,5
7	B-01	50,3	7,87	29,3	11,3	4,61	5,33		6,81	11,2
8	D-00	58,1	7,16	55,7	10,1	6,97	6,00		8,80	18,4
9	B-00	59,6	6,82	52,0	10,6	0,75	4,67		2,05	10,8
10	T 17	35,1	9,29	4,1	20,3	2,82	3,67	5,26	6,04	14,6
11	T 33	42,6	8,51	21,0	13,7	2,53	3,50	4,41	4,69	13,0
12	T 50	45,2	8,19	32,3	12,6	6,28	5,50	6,59	7,75	13,5
GD 5%		13,5	0,51	9,0	2,0	1,98	1,13	1,27	2,33	4,78

**Tab. A-4: Substratversuch 2: Keimungsbonituren**

	Variante	Aufgang (%) Eissalat				
		30.06.	01.07.	02.07.	03.07.	04.07.
1	HM1 (o)	93,2	95,9	96,9	98,0	98,0
2	HM2 (m)	90,8	93,5	96,6	96,9	96,9
3	LU (m)	76,5	92,9	95,9	97,6	97,6
4	VI (m)	71,4	95,9	98,6	98,6	98,6
6	HM1 (o)	90,5	95,6	96,3	96,3	96,3
7	HM2 (m)	79,9	92,2	94,9	95,2	95,9
8	LU (m)	70,1	94,2	95,9	97,3	97,3
9	VI (m)	71,1	94,9	96,6	96,9	96,9
10	MO (m)	89,8	93,9	95,6	95,9	95,9
11	HM1 (o)	77,6	90,8	95,9	96,6	96,6
12	HM2 (m)	87,1	94,6	95,2	95,2	95,6
13	LU (m)	86,7	95,2	96,3	96,3	96,3
14	VI (m)	83,3	94,9	96,3	96,3	96,3
15	MO (m)	75,2	92,2	95,2	96,3	96,6
16	A-03	82,7	91,8	94,9	95,2	95,2
17	D-02	76,9	92,2	92,2	93,2	94,2
18	C.p-02	71,8	83,0	92,5	94,2	95,2
19	C.t-02	67,0	83,0	88,8	89,8	91,2
	GD 5%	24,5	9,3	5,7	4,8	4,4

	Variante	Aufgang (%) Chinakohl		
		30.06.	01.07.	02.07.
1	HM1 (o)	95,2	97,6	99,0
2	HM2 (m)	97,3	98,0	98,0
3	LU (m)	97,3	99,3	100,0
4	VI (m)	94,9	96,3	96,6
6	HM1 (o)	97,3	98,6	98,6
7	HM2 (m)	98,6	99,7	99,7
8	LU (m)	99,3	99,3	99,7
9	VI (m)	91,8	96,9	98,6
10	MO (m)	98,3	99,3	99,3
11	HM1 (o)	98,6	99,3	100,0
12	HM2 (m)	99,3	99,7	100,0
13	LU (m)	98,3	99,3	99,7
14	VI (m)	98,6	99,0	99,0
15	MO (m)	92,2	98,6	99,3
16	A-03	99,0	99,3	99,3
17	D-02	95,9	98,3	99,0
18	C.p-02	95,6	96,6	97,3
19	C.t-02	86,7	99,0	99,7
	GD 5%	7,8	2,4	1,6

**Tab. A-5: Substratversuch 3: Keimungsbonituren**

	Variante	Anzahl aufgegangen				Pflanzen (7.10.)	
		22.9.	23.9.	24.9.	25.9.	Anzahl	%
1	MF	1	11	34	47	195	66
2	OT	82	91	94	94	239	81
3	LU-e	54	82	92	94	232	79
4	LU-s	61	87	93	94	237	81
5	LU-p	64	86	91	94	243	83
6	LU-o	61	83	92	93	241	82
7	HM-p	34	54	61	64	155	53
8	HM-o	59	83	87	89	218	74
9	HM-e	55	75	79	81	202	69
10	RS	74	86	88	89	225	77
11	GÜ	79	91	95	96	246	84
12	MO	77	91	94	96	243	83
13	VI	19	54	78	87	235	80
14	HM2-0%	92	96	97	97	250	85
15	HM2-30%	87	95	96	97	239	81
16	HM1-0%	87	93	96	96	236	80
17	HM1-30%	73	87	89	90	213	72
18	D-02	85	95	96	97	235	80
19	D-03	84	91	91	92	222	76
20	A-03	79	88	90	91	224	76
	GD 5%	8,4	5,6	4,0	3,8	16,4	5,6

**Tab. A-6: N-Freisetzung der geprüften Hornmehle während der Bodenbebrütung**

Variante	Tage								Dünger mg N / l
	0	3	7	14	28	42	56	70	
Ma original	22,6	37,9	47,1	47,5	53,8	67,6	68,2	66,7	154
Ma < 0,2	29,8	38,6	43,2	48,8	53,9	64,0	68,8	69,9	118
Ma 0,2-0,63	20,7	36,3	42,4	48,3	51,2	61,6	64,9	64,6	170
Ma 0,6-1	16,9	29,6	43,2	47,8	50,9	64,5	63,1	64,6	193
Om <0,2	16,7	29,5	32,5	36,4	43,0	54,9	58,0	57,6	184
Om 0,2-0,6	17,2	34,1	35,8	39,9	45,5	54,4	54,5	55,8	196
Om 0,6-1	16,8	30,5	36,2	41,6	44,8	54,9	55,7	56,7	207
Om 1-2	16,8	26,2	32,9	40,4	45,8	50,8	56,4	55,9	211
Os fein original	17,1	28,4	33,2	38,3	42,7	51,7	51,9	51,6	210
Os fg 0,2-0,1	14,6	28,8	36,0	39,1	41,6	50,1	51,7	51,9	213
Os f 2mm ges.	13,5	24,4	31,6	36,9	41,6	50,1	51,5	50,5	216
O1	18,9	32,7	37,6	41,1	48,7	59,3	59,8	61,8	210
O2	14,4	23,5	34,0	39,7	45,3	55,7	59,6	59,9	210
Kontrolle	103,5	99,3	102,6	107,8	100,3	115,4	116,4	116,1	210
GD 5%	1,5	2,3	3,7	2,8	4,0	4,1	5,0	8,5	