



## Verteilung von Wert- und Schadstoffen bei Bioabfallbehandlungsverfahren B.S.F.C.

**Auftragnehmer:** Technische Universität Wien, Institut für Wasserwirtschaft und Abfallwirtschaft, Ab-teilung Abfallwirtschaft, o.Univ. Prof. Dr. Paul. H. Brunner  
Technische Universität Graz, Institut für Mikrobiologie und Abfallwirtschaft, o.Univ. Prof. Dr. Karl-Heinz Robra  
Bundesanstalt für Alpenländische Landwirtschaft, Gumpenstein, Dr. Erich Pötsch  
Fa. Anton Mayer GesmbH, St. Michael  
Johannes Dietmaier, Wilfried Thoma bzw. Josef Pichlmaier - Betreiber von land-wirtschaftlichen Kompostier- bzw. Vergärungsanlagen  
Fa. Komptech Heissenberger & Pretzler GesmbH, Frohnleiten

**Auftraggeber:** Steiermärkische Landesregierung Fachabteilung 1c, Hofrat Dipl.-Ing. Gerhard Jägerhuber

**Erscheinungsdatum:** Mai 2001

Zu bestellen bei

## Zusammenfassung

Das B.S.F.C.-Verfahren (Biowaste-Separation-Fermentation-Composting, Ablauf-schema siehe Abb.1) der Fa. Komptech Heissenberger & Pretzler GesmbH stellt ein innovatives Kombinationsverfahren aus Vergärung und Kompostierung zur Behand-lung von Bioabfällen dar. Das Verfahren ermöglicht eine Kompostierung von nassen Bioabfällen mit geringen Mengen an Strukturmaterial und erstmals eine Separation von Stoffströmen.



## Ziel

Die Zielsetzung des Forschungsprojektes richtete sich auf drei wesentliche Fragen:

Kommt es beim Verfahren zu An- und Abreicherungen der Schwermetalle aus den biogenen Abfällen in den Zwischen- und Endprodukten?

Trifft diese Verschiebung auch für im Abfall enthaltene Wertstoffe zu?

Wie wirkt sich die landwirtschaftliche Verwertung des Gärwassers und des Kom-postes auf den Boden und die Vegetation aus?

Der Fragenkomplex A und B wurde federführend von der Technischen Universität Wien, Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft bearbeitet, für den Fragenkomplex C war die Bundesanstalt für Alpenländische Landwirtschaft, Gumpenstein verantwortlich.

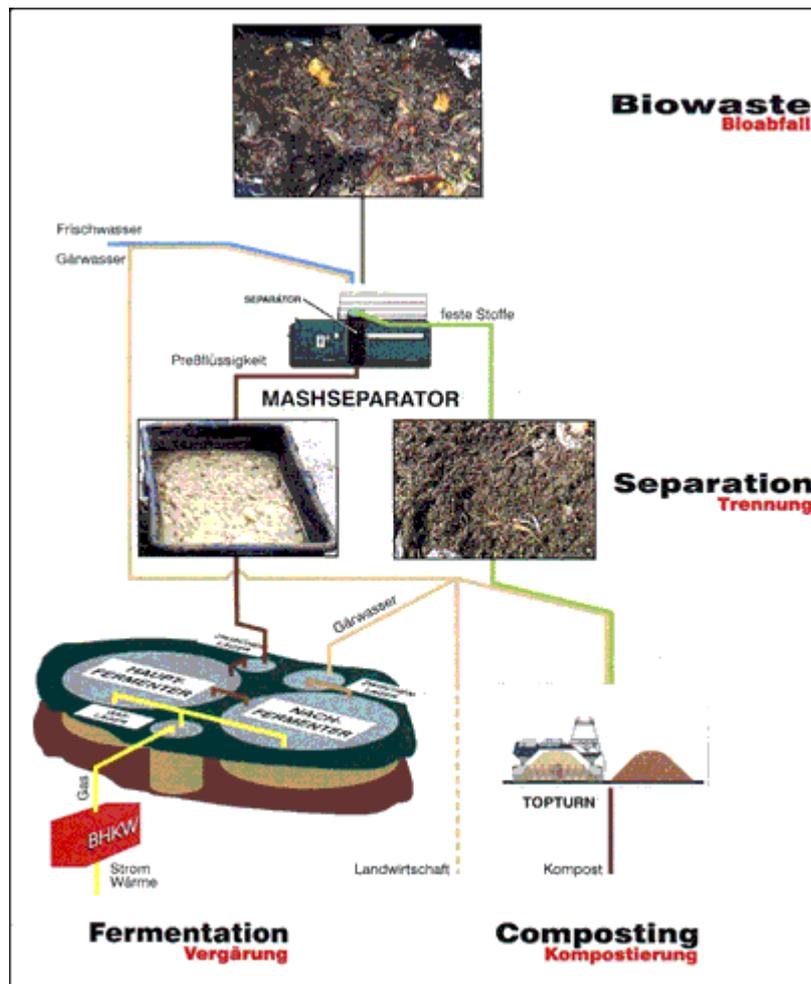


Abbildung 1: Ablaufschema BSFC- Verfahren



## Vorgehensweise

Das B.S.F.C. Verfahren besteht aus den Arbeitsschritten 1. Aufbereitung und Ab-pressung der biogenen Abfälle, 2. Vergärung der erzeugten Pressflüssigkeit und 3. Kompostierung des erzeugten Pressfeststoffes.

### 1. Aufbereitung und Separation

Der erste Arbeitsschritt erfolgte am Standort der Bioabfallaufbereitungsanlage der Firma Mayer in St. Michael. Um ein Spektrum an wechselnder Abfallzusammensetzung zu gewinnen, wurde ein kontinuierlicher Betrieb über den Zeitraum von März bis Juli 2000 durchgeführt. Die dabei angelieferten Bioabfallfraktionen stammten sowohl aus ländlichen als auch aus innerstädtischen Sammelgebieten (Abb. 2).



Abbildung 2: Bioabfall Leoben

Nach einer mechanischen Vorbehandlung der Bioabfälle durch Zerkleinerung mittels langsamlaufenden Walzenzerkleinerer TERMINATOR und Störstoffsichtung per Hand bzw. Trommelsieb gelangte das Material in den MASHSEPARATOR. Dort fand nach Homogenisierung und Wasserzusatz bei trockenerem und feinem Material eine Trennung in eine feste Fraktion, bezeichnet als Pressfeststoff, und eine flüssige Fraktion, bezeichnet als Pressflüssigkeit statt (Abb. 3). Die Arbeit vor Ort wurde größtenteils von einem Diplomanden der Technischen Universität Graz, Institut für Mikrobiologie und Abfallwirtschaft durchgeführt.

Beim diesem Arbeitsschritt wurde eine Massenbilanz erstellt, indem eine Zuordnung der Stofffrachten im Ausgangsmaterial zu den Frachten in der Flüssigkeit und im Feststoff erfolgte. Dafür wurden an drei Zeitpunkten, 02.05, 23.05. und 06.06.00 von der Technischen Universität Wien, Institut für Wasserwirtschaft und Abfallwirtschaft, Proben für die Bilanzierung der Wert- und Schadstoffe gezogen.



Abbildung 3: Mashseparator im Einsatz

## 2. Vergärung der erzeugten Pressflüssigkeit

Die bei der Trennung erzeugte flüssige Fraktion wurde nach einer Zwischenlagerung annähernd wöchentlich mittels Tankwagen zur Vergärungsanlage Pichelmaier nach Singsdorf bei Rottenmann transportiert. Nach der Einfahrzeit wurden im Beobachtungszeitraum 06. 06. bis 26.07.00 die Beschickungsmenge sowie Gasquantität und -qualität festgehalten. In diesen Zeitraum fielen auch zwei weitere Beprobungstermine der TU Wien zur Schadstoffbilanzierung des Gärwassers. Die Vergärungsanlage hatte ein Volumen von 146 m<sup>3</sup>. Die durchschnittliche Aufenthaltszeit im Gärreaktor betrug 36 Tage. Die Gasproduktion betrug rund 85 m<sup>3</sup>/t Pressflüssigkeit. Das anfallende Gärwasser wurde anschließend vollständig landwirtschaftlich verwertet. Bei diesem Prozessschritt wurde aus verfahrenstechnischen Gründen keine Bilanzierung über Frachten durchgeführt werden, sondern es wurden lediglich die Stoffkonzentrationen des Input, Pressflüssigkeit und des Output, Gärwasser analysiert und verglichen.

## 3. Kompostierung

Die Kompostierungsversuche (Abb. 4) auf den landwirtschaftlichen Kompostanlagen Dietmaier und Poschacher bei Knittelfeld und Thoma in Trofaiach dauerten von Anfang Mai bis Mitte August. Dabei wurden Mieten aus Pressfeststoff bzw. Pressfeststoff und geringen Anteilen an Siebrest mit betriebsüblichen Mieten verglichen. Neben der Überwachung des Mietenzustandes mittels Gas- und Temperaturmessungen wurden Untersuchungen bezüglich des Geruchspotentials von der Universität für Bodenkultur, Abteilung Abfallwirtschaft durchgeführt. Bei diesem Prozessschritt wurden die Stoffkonzentrationen der Inputgüter und des Endproduktes Kompost analysiert und verglichen.



Abbildung 4: Umsetzen einer Kompostmiete

Die Anwendung der Substrate Kompost aus Pressfeststoff und Gärwasser wurde in Kultivationsversuchen geprüft.

Nach Siebung und Nachreifung wurden Mitte August letzte Kompostproben entnommen und damit Kultivationsversuche durch die BAL Gumpenstein begonnen. Dabei wurden die Auswirkungen der Aufbringung von Kompost, Gärwasser sowie Kompost+Gärwasser auf pflanzenbauliche und botanische Kennwerte mit mineralischen Düngungssystemen (PK und NPK) auf Grünland verglichen. Über Gefässlysimeterversuche erfolgte die Messung des Sickerwasseranfalles sowie des Futterertrages mit einer Qualitätsbeurteilung.



## Ergebnis/Nutzen

Bei der Bilanzierung wurden folgende Stoffe untersucht: Corg, Nges, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, MgO, CaO, Mn, Cd, Hg, Cu, Pb, Cr, Ni, Zn. Zusätzlich wurden der pH-Wert, die Trockensubstanz, der Glühverlust sowie der Salzgehalt (elektrische Leitfähigkeit) bestimmt. Bei den Kultivationsversuchen standen die Nährstoffgehalte im Vordergrund.

### 1. Bilanzierung des Systems MASHSEPARATOR

An den drei Probenahmeterminen wurden insgesamt rund 31 t biogenes Material mit etwa 4 t Frischwasser versetzt und abgepresst.

Bleibt das zugesetzte Frischwasser unberücksichtigt, so wird in den einzelnen Versuchen das Ausgangsmaterial zu 58 % (47 bis 60 %) in Pressfeststoff und zu 42 % (53 bis 40 %) in Pressflüssigkeit (ohne zugesetztes Frischwasser) aufgetrennt.

Werden die Stofffrachten im Bioabfall mit jenen in der Pressflüssigkeit und dem Pressfeststoff verglichen, so zeigen sich je nach betrachtetem Element unterschiedlich starke Abweichungen. Werden die Mittelwerte betrachtet, so schwanken die Werte zwischen 77 % (Cr) und 119 % (Cd). Im ersteren Fall werden also für die Inputfracht 23 % weniger, im zweiten Fall 19 % mehr errechnet als die Summe der Frachten im Output (Pressfeststoff-Fracht plus Pressflüssigkeits-Fracht) ergibt.

Durch den Abpressvorgang steigt der TS-Gehalt von ursprünglich rund 35 % im Ausgangsmaterial auf 47 % im Pressfeststoff an. Der TS-Gehalt der Pressflüssigkeit beträgt im Mittel 18 %.

Das Verhältnis der TS in der Pressflüssigkeit zur Summe aus Pressflüssigkeit und Pressfeststoff beträgt zwischen 17 und 28 %, im Mittel 22 %. Aus Abbildung 5 ist das Verhältnis des Glühverlustes, der Nähr- und Schadstoffe sowie der Trocken- und Feuchtsubstanz zwischen Pressflüssigkeit und Pressfeststoff bezogen auf die Outputfracht ersichtlich.

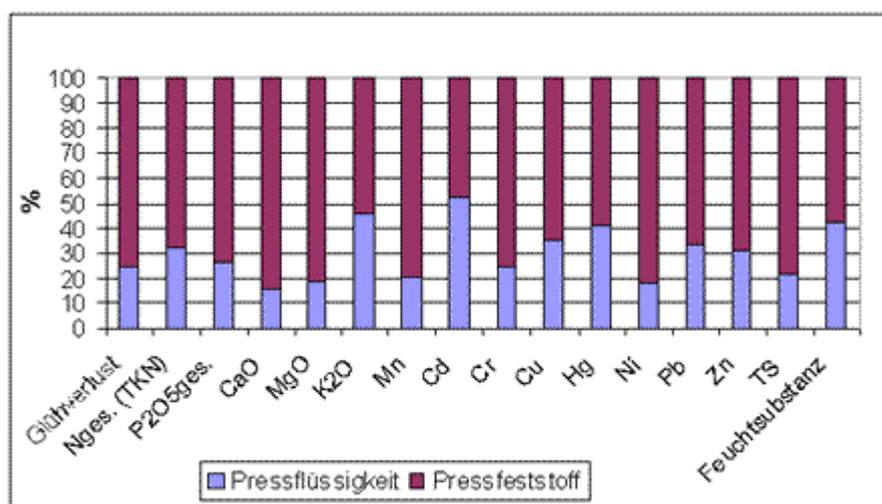


Abbildung 5: Relative Aufteilung der Stoffe auf die Pressflüssigkeit und den Pressfeststoff

### 2. An- und Abreicherung von Stoffen

Zur Beurteilung ob sich Stoffe in einem der beiden Güter Pressfeststoff und Pressflüssigkeit an- oder abreichern, können zwei Bezugshorizonte gewählt werden: Eine Bezugsbasis ist die Güterbilanz mit der Betrachtung der Feuchtsubstanz - eine weitere Betrachtungsweise ist die Aufteilung der TS-Mengen auf die beiden Outputprodukte.

In den folgenden Auswertungen wurde als Bezugshorizont zur Beurteilung einer Entfrachtung/Anreicherung die Aufteilung der Trockensubstanz herangezogen. Diese Bezugsbasis ist insbesondere dann von Interesse, wenn die Stoffkonzentrationen des Kompost-Ausgangsmaterials im Vordergrund stehen (z.B. möglichst metall-armes Ausgangsmaterial). Bei der Auswertung der Nährstoff- bzw. Schwermetallentfrachtung werden die Stoffkonzentrationen im Pressfeststoff mit jenen in der Pressflüssigkeit jeweils bezogen auf die Trockensubstanzmenge verglichen. Findet keine An- oder Abreicherung statt, so sind die Stoffkonzentrationen bezogen auf die TS in beiden erzeugten Gütern gleich.

Mit Ausnahme von Kalzium, Magnesium, Mangan und Nickel (Anreicherungen zwischen 2 und 8 %) findet

eine Abreicherung im Pressfeststoff statt (Abb. 6 bzw. Tab. 1). Das heißt, es werden im Verhältnis zur Trockensubstanz mehr der betrachteten Stoffe in die Pressflüssigkeit ausgetragen. Dies gilt insbesondere für Cadmium, Kali-um und Quecksilber. Bei Cadmium ist jedoch anzumerken, dass die Analyseergeb-nisse sehr nahe der Bestimmungsgrenze liegen. Dies und eine komplexe Matrix ver-ursachten teilweise hohe Standardabweichungen bei den Parallelbestimmungen.

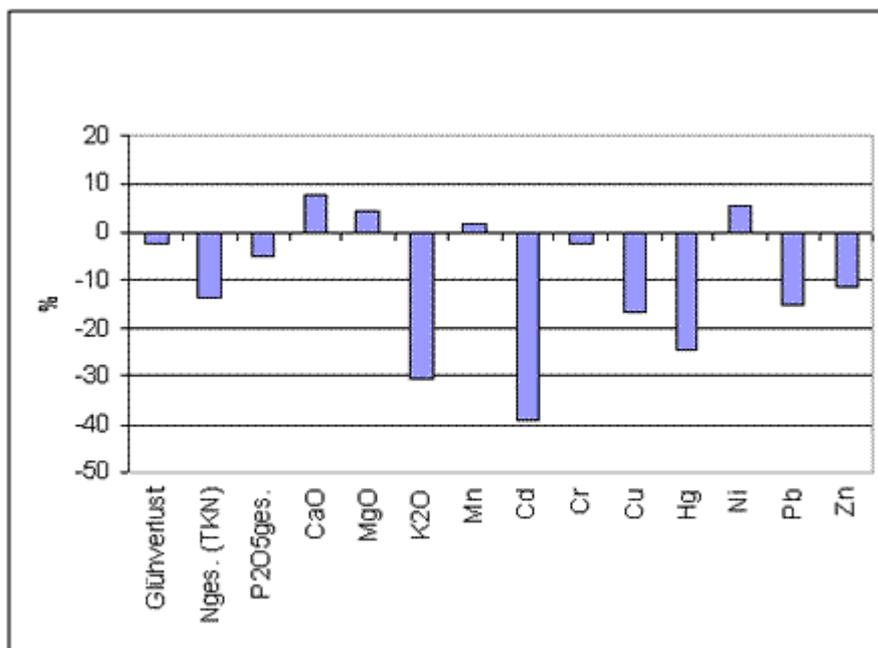


Abbildung 6: An- und Abreicherung von Stoffen im Pressfeststoff bezogen auf die Trockensubstanz

Abreicherung								Anreicherung				
Cd	K2O	Hg	Cu	Pb	Nges	Zn	P2O5	Cr(*)	Mn(*)	MgO(*)	Ni(*)	CaO
-38,9	-30,7	-24,5	-16,5	-15,0	-13,4	-11,5	-4,9	-2,5	1,8	4,3	5,4	7,9

Tabelle 1: An- und Abreicherung von Stoffen im Pressfeststoff bezogen auf die Trockensubstanz  
\* Stoffkonzentrationen im Pressfeststoff und Pressflüssigkeit sind nicht signifikant verschieden

Die An-/Abreicherung der Stoffkonzentrationen im Pressfeststoff bedeutet gleichzeitig eine Ab-/Anreicherung in der Trockensubstanz der Pressflüssigkeit. Insbesondere Cadmium, Kalium und Quecksilber werden stark angereichert (Abb. 7 bzw. Tab. 2).

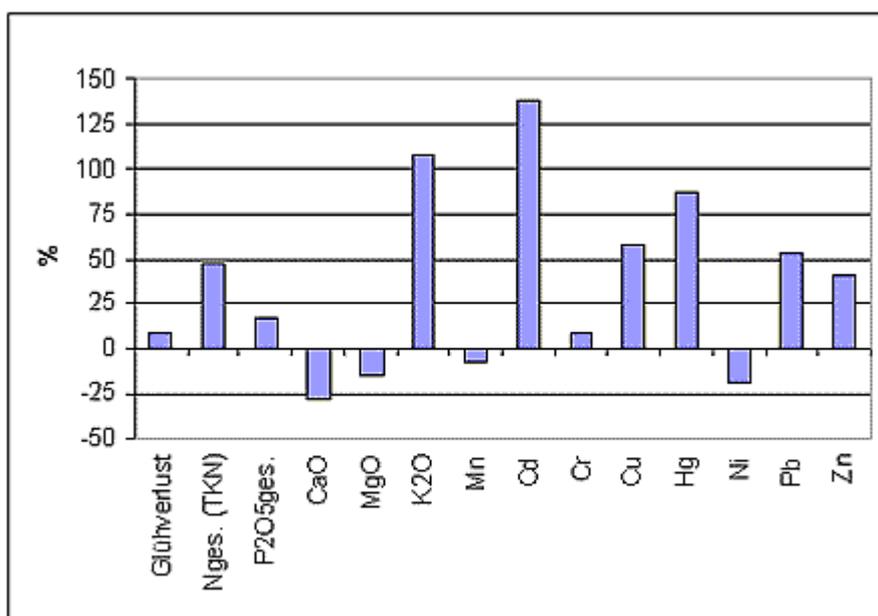


Abbildung 7: An- und Abreicherung von Stoffen in der Pressflüssigkeit bezogen auf die Trockensubstanz

Anreicherung								Abreicherung				
Cd	K <sub>2</sub> O	Hg	Cu	Pb	Nges	Zn	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cr(*)	Mn(*)	MgO(*)	Ni(*)	CaO
137,7	108,5	86,7	58,2	52,9	47,3	40,7	17,4	8,7	-6,5	-15,3	-19,1	-28,0

Tabelle 2: An- und Abreicherung von Stoffen in der Pressflüssigkeit bezogen auf die Trockensubstanz

\* Stoffkonzentrationen im Pressfeststoff und Pressflüssigkeit sind nicht signifikant verschieden

Der Mittelwert der Leitfähigkeit im Pressfeststoff beträgt 3,4 mScm<sup>-1</sup> und ist somit rund 25% niedriger als im Ausgangsmaterial. Die Leitfähigkeit der Pressflüssigkeit beträgt im Mittel 10,4 mScm<sup>-1</sup>.

Die CSB- und BSB5-Werte der Pressflüssigkeit liegen bei 71 - 97 g/l bzw. 39 - 52 g/l.

### 3. Vergärung

Ein Vergleich der über mehrere Tage gespeicherten Pressflüssigkeit mit den "fri-schen" Pressflüssigkeiten zeigt mit Ausnahme des pH-Wertes, der organischen Trockensubstanz oTS, dem CSB und dem BSB5-Wert, dass die Werte der gespeicherten Pressflüssigkeit innerhalb der Bandbreite der frischen Pressflüssigkeit liegen. Verglichen mit den Mittelwerten der frischen Pressflüssigkeit liegen die Metallwerte der gespeicherten Pressflüssigkeit bis max. 40% niedriger (Ausnahme: Zink liegt leicht darüber). Die Nährstoffgehalte sind in etwa gleich hoch (+/- 5 %).

Verglichen mit der zwischengespeicherten Pressflüssigkeit steigen durch den Abbau der Trockensubstanz in der Vergärung die Ni-, Cr- und Pb-Konzentrationen um 10 bis 20%, die Konzentrationen der anderen Stoffe um zumindest 35%. Am stärksten steigen dabei die Konzentrationen von K<sub>2</sub>O, Cu und Hg (jeweils ca. 70%), sowie von Zn (+93%).

	Gärwasser 1	Gärwasser 2	Mittelwert
<b>Nges. (TKN)</b>	<b>11,3</b>	<b>40,5</b>	<b>25,9</b>
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ges.</b>	<b>83,7</b>	<b>97,1</b>	<b>90,4</b>
<b>CaO</b>	<b>85,8</b>	<b>93,8</b>	<b>89,8</b>
<b>MgO</b>	<b>46,0</b>	<b>75,6</b>	<b>60,8</b>
<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>n.a.</b>	<b>4,7</b>	<b>4,7</b>
<b>Mn</b>	<b>93,8</b>	<b>98,5</b>	<b>96,2</b>
<b>Cd</b>	<b>53,9</b>	<b>82,2</b>	<b>68,0</b>
<b>Cr</b>	<b>92,2</b>	<b>97,2</b>	<b>94,7</b>
<b>Cu</b>	<b>94,5</b>	<b>96,0</b>	<b>95,3</b>
<b>Hg</b>	<b>93,8</b>	<b>99,5</b>	<b>96,7</b>
<b>Ni</b>	<b>88,8</b>	<b>94,8</b>	<b>91,8</b>
<b>Pb</b>	<b>94,4</b>	<b>97,9</b>	<b>96,1</b>
<b>Zn</b>	<b>97,8</b>	<b>99,3</b>	<b>98,5</b>

Tabelle 3: Analyseergebnisse des Gärwassers

Verglichen mit Konzentrationen von Klärschlämmen sind die Konzentrationen im Gärwasser (Tab. 3) bei Cd, Cu, Hg und Zn als niedrig, jene von Cr und Pb als mittel und die Ni-Konzentration als hoch zu bezeichnen.

Die Schwermetallkonzentrationen des Gärwassermittelwertes unterschreiten jedoch die Grenzwerte der Qualitätsklasse A der kommenden Kompostverordnung.

Das Gärwasser wurde auch dahingehend ausgewertet, welche Stoffe gelöst (im Filt-rat), und welche an die TS gebunden (im Retentat) vorliegen. Die Auswertung zeigt, dass im Mittel mit Ausnahme von N, MgO und Cd zumindest 90% der angeführten Stoffe an die TS gebunden vorliegen (Tab. 4). Bei Kalium konnte diese Auswertung bedingt durch die sehr geringe TS-Menge und dem hohen Anteil sich in Lösung befindenden Kaliums nur beim zweiten beprobten Gärwasser durchgeführt werden.

	Gärwasser 1	Gärwasser 2	Mittelwert
TS in g/l	35,9	96,8	66,3
Leitfähigkeit mS/cm	14,4	12,1	13,3
pH-Wert	7,8	7,6	7,7
Glühverlust in %	57,7	56,2	57,0
OTS in g/l	22,7	49,0	35,8
CSB g/l	3,3	3,3	3,3
BSB5 g/l	2,1	0,5	1,3
Nges % TS	5,8	3,3	4,0
NH <sub>4</sub> -N mg/l	1705	1674	1690
NO <sub>3</sub> -N mg/l	<1	<1	<1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ges %TS	1,47	1,48	1,48
PO <sub>4</sub> -P mg/l	11,8	13,2	12,5
CaO mg/kg TS	61050	46212	50224
MgO mg/kg TS	27228	19292	21438
K <sub>2</sub> O mg/kg TS	75702	35133	46104
Mn mg/kg TS	1211	898	983
Cd mg/kg TS	0,87	0,80	0,82
Cr mg/kg TS	51	50	50
Cu mg/kg TS	73	57	61
Hg µg/kg TS	232	270	260
Ni mg/kg TS	49	48	48
Pb mg/kg TS	42	45	44
Zn mg/kg TS	518	301	360

Tabelle 4: relative Stofffrachten im Retentat des Gärwassers

Durch Entziehen von Trockensubstanz aus dem Gärwasser (z.B. durch Zentrifugierung oder Siebbandpresse) könnte eine Flüssigkeit, die weniger Schwermetalle und Phosphor enthält, abgetrennt werden. Gleichzeitig enthielte diese Flüssigkeit jedoch einen großen Teil der N- und insbesondere der Kaliummenge. Daten aus dem Betrieb der Vergärung zeigten im Beobachtungszeitraums eine Abbauleistung der organischen Trockensubstanz von 72 %. Einer hohen Gasausbeute, 0,7 Nm<sup>3</sup>/kg oTS stand eine eher mäßige Gasqualität gegenüber.

#### 4. Kompostierungsvergleich

Beim Vergleich zwischen einer herkömmlichen, dem normalen Betriebsablauf der Fa. Mayer entsprechenden und einer BSFC- Miete, zeigte letztere einen geringeren Schadstoffgehalt.

Eine eindeutige Zuordnung des erzeugten Kompostes zum beprobten Pressfeststoff war nicht möglich, da das Kompostausgangsmaterial mit weiteren Chargen an Pressfeststoff vermischt wurde.

Die Konzentrationen im Kompost von Nges, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, CaO, MgO, K<sub>2</sub>O und Ni liegen zwischen 20 und 30% höher als im beprobten Ausgangsmaterial. Die Konzentrationen an Cd, Cu, Pb und Zn im Kompost liegen zwischen 125 und 260% höher als im Ausgangsmaterial Pressfeststoff. Eine Erklärung für diese hohe Abweichung konnte nicht gefunden werden. Hingegen sind die Konzentrationen an Cr und Mn im Kompost geringfügig niedriger als im Ausgangsmaterial.

In der Vergleichsvariante werden als Ausgangsmaterial Bioabfall, Sägespäne/Schleifstaub und Grünschnitt im Verhältnis von ca. 70 : 10 : 20 Masseprozent vermischt.

Die Sägespäne/Schleifstaub weisen bezogen auf den Mittelwert der beprobten Bioabfälle deutlich höhere Konzentrationen an Cd (+110 %), Cu (+ 556%), Zn (+ 818%) und Pb (+ 923%) auf. Deutlich geringer sind hingegen die Konzentrationen an P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, CaO, MgO, K<sub>2</sub>O, Mn und Ni. Der beigemischte Grünschnitt weist im Vergleich zum Bioabfall höhere MgO- (+ 126%) und vor allem Ni-Werte (+ 177%) auf.

Das Beimischen von Sägespäne/Schleifstaub hat im gegenständlichen Fall einen großen Einfluss auf die Metallkonzentrationen im Rotte-Ausgangsmaterial.

Die Stoffkonzentrationen (bezogen auf die TS) sind im Kompost der Vergleichsvariante bei P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, CaO, K<sub>2</sub>O, Mn, Cr, Cu, und Hg um 25 bis 55% höher, bei Cd, Pb und Zn um 75 bis 135% höher als im Ausgangsmaterial (Mischung von Bioabfall, Sägespänen und Grünschnitt).

Ein direkter Vergleich des Kompostes aus der Vergleichsvariante mit den Komposten aus Pressfeststoff ist nicht zielführend, da die Stoffkonzentration im Ausgangsmaterial stark durch die zugemengten Sägespäne, bzw. Grünschnitt mit bestimmt sind.

Die Tabelle 5 zeigt die (rechnerisch) aus den Einzelanalysen ermittelte Konzentration des Ausgangsmaterials sowie die Konzentrationen des Kompostes der Vergleichsvariante (Kompost Vergleich) und den Mittelwert der Komposte aus Pressfeststoff (Kompost BSFC MW).

	Ausgangsmaterial	Kompost Vergleich	Kompost BSFC MW
Wassergehalt in %	58,4	41	36,4
Leitfähigkeit mS/cm	3,4	2,9	2,1

pH - Wert	6,2	8,6	7,4
Glühverlust in %	63,6	52,0	49,5
Nges in % TS	1,8	1,9	2,0
NH <sub>4</sub> -N in mg/kg TS		1800	2140
NO <sub>3</sub> -N in mg/kg TS		<1	<1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ges in %TS	0,6	0,8	1,1
CaO mg/kg TS	36893	45800	55202
MgO mg/kg TS	17159	18139	21513
K <sub>2</sub> O mg/kg TS	11658	14283	10974
Mn mg/kg TS	770	1196	875
Cd mg/kg TS	0,47	0,82	0,50
Cr mg/kg TS	35	43,4	39,3
Cu mg/kg TS	40	59,5	53,7
Hg µg/kg TS	118	163	132
Ni mg/kg TS	70	67,0	83,0
Pb mg/kg TS	43	100,9	75,7
Zn mg/kg TS	223	467	351

Tabelle 5: Analysenergebnisse des Kompostes und der Vergleichsvariante

Von Bedeutung war auch der Verlauf des Rotteprozesses. In mehreren Testreihen wurde der mindestens notwendige zusätzliche Strukturanteil bestimmt, ein optimaler Umsetzrythmus festgelegt und über Gasmessungen und Bestimmungen der Carbon-säuren auf das Geruchspotential der Mieten geschlossen. Dabei erwies sich, dass eine annähernd geruchsfreie Kompostierung bei einer Mindestzugabe von 10-15 % an Strukturmaterial möglich ist. Die Miete ist jedoch zu Beginn des Rotteprozesses vor starken Niederschlägen zu schützen.

#### 5. Kultivationsversuche

Die Untersuchungen an der BAL Gumpenstein zeigten eine gute Vergleichbarkeit der Produkte Pressfeststoff mit Stallmist und Pressflüssigkeit mit Jauche, wenn man die Trockenmasse rechnerisch auf dieselbe Basis stellt.

#### Futterertrag

Der 1. Aufwuchs des Gefäßlysimeterversuches konnte aufgrund des verspäteten Versuchsbeginns erst am 19. 12. 2000 geerntet werden. Dies erklärt auch den relativ geringen Trockenmasseertrag, welcher in der normalen Vegetationsphase bei rund 3000 kg TM/ha liegen müsste. Der zweite Aufwuchs wurde am 13.3.2001 geerntet und lag mit Ø 1868 kg/ha mit + 300 kg TM/ha über dem Ertragsniveau des ersten Aufwuchses.

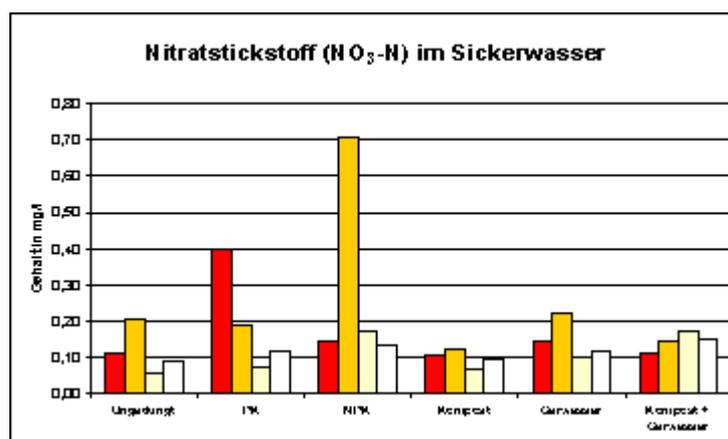


Abbildung 8: Trockenmasseertrag des 1. und 2. Aufwuchses

Die statistische Auswertung des Gesamtertrages ergab einen signifikanten Minderertrag der ungedüngten Variante, gegenüber den restlichen Versuchsvarianten. Den tendenziell höchsten Gesamtertrag lieferte die mineralisch gedüngte PK-Variante.

#### Futterqualität

Auch die Futterqualität wurde einer Bewertung unterzogen. Diese ist definiert über den Gehalt an wichtigen Rohnährstoffen, Mengen-, Spurenelementen und Vitaminen sowie der Verdaulichkeit der organischen Substanz (VOM) und dem Energiegehalt.

Hinsichtlich des Energiegehaltes wies die Kompostvariante den höchsten, die Gär-wasservariante den

niedrigsten Wert der untersuchten Proben auf. Bezüglich des Energieertrages liegt die Kompostvariante im Bereich der mineralischen NPK-Variante, die beiden anderen Kompost-Varianten fallen hier auf Grund des doch niedrigeren Energiegehaltes etwas ab.

### Botanische Zusammensetzung der Pflanzenbestände

Die Zusammensetzung des Pflanzenbestandes differierte im Anteil an Gräsern und Leguminosen jedoch recht deutlich. Die Varianten mit rasch wirksamem Stickstoff (NPK, Pressflüssigkeit und Pressfeststoff + Pressflüssigkeit) hatten mindestens 10 % mehr Gräser, wogegen die übrigen Varianten dies mit erhöhtem Leguminosenanteil ausglich, der Kräuteranteil war allgemein verschwindend.

### Analyse der Sickerwässer

Die Analysenwerte der Sickerwässer ergaben beim Nitratstickstoff (Abb.9) weder nach der Trinkwasser-Nitratverordnung (1989) noch nach der Grundwasserschwellenwertverordnung (1997) Überschreitungen von Grenzwerten. Die Bewertung der eigentlichen Belastung für das Grundwasser aus einer bestimmten Düngung wurde über die Ermittlung der Nährstofffrachten (Sickerwasserkonzentration x Sickerwassermenge) ermittelt.

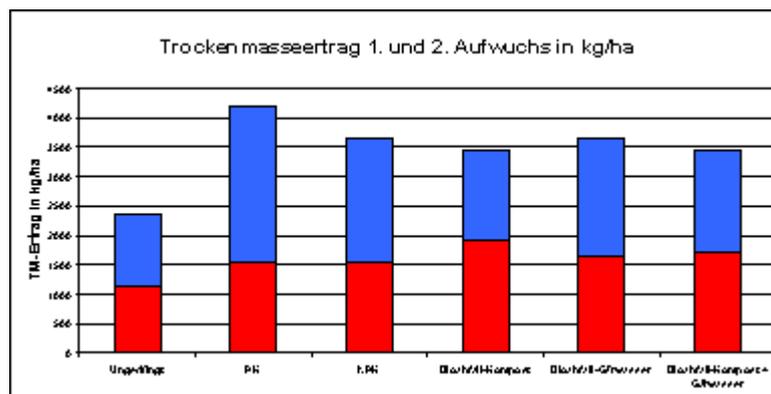


Abbildung 9: Nitratstickstoff (NO<sub>3</sub>-N) im Sickerwasser

Die Auswaschungswerte für Nitratstickstoff lagen insgesamt auf einem niedrigen Niveau und damit sogar unter den für den Standort Gumpenstein in Schwefelkulturen ermittelten Auswaschungsraten in Langzeitversuchen (PÖTSCH, 1997). Auch die Auswaschungswerte für Phosphor und Kalium mit nur marginalen Unterschieden zwischen den einzelnen Düngungsvarianten liegen im Bereich bekannter Werte in der Kultur Dauergrünland. Insgesamt sehr hoch erscheinen allerdings die Auswaschungszahlen für Calcium, wobei hier die untersuchten Substrate Kompost und Gärwasser sowie die Kombination der beiden Substrate zum Teil deutlich geringere Werte aufwiesen.

	kg NO <sub>3</sub> -N/ha	kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	kg K <sub>2</sub> O/ha	kg CaO/ha
Ungedüngt	2,57	0,69	21,05	2574,7
PK	2,65	0,87	24,11	2150,8
NPK	3,82	0,71	23,32	1733,7
Kompost	1,73	0,67	17,43	1686,0
Gärwasser	1,45	0,52	15,96	1090,9
Kompost + Gärwasser	1,17	0,54	25,28	897,5

Tabelle 6: Nährstoffaustrag in das Grundwasser im Kleinlysimeterversuch

Insgesamt zeigten sämtliche Varianten des Gefäßlysimeterversuches unbedenklich geringe Nährstofffrachten über das Sickerwasser. Diese Aussage gilt für die im Versuch angelegte Kulturart Grünland, da hier eine entsprechend dichte Grasnarbe und eine dichte Durchwurzelung des Oberbodens einen stärkeren Nährstoffaustrag verhindert.

### Diskussion

Beim B.S.F.C.-Verfahren kommt es zu einer An- bzw. Abreicherungen der Schwermetalle aus den biogenen Abfällen in die Phasen Pressflüssigkeit und Pressfeststoff wobei bei der Bezugsbasis Trockensubstanz ein Großteil der Schwermetalle nach der Aufbereitung im MASHSEPARATOR in der Pressflüssigkeit angereichert ist.

das Schwermetall Nickel eine Ausnahme darstellt; hier findet eine Anreicherung im Pressfeststoff statt. Die Ursache dürften geogen bedingte Nickeleinlagerungen in Pflanzenteile sein, die durch die Aufbereitung nicht in die flüssige Phase zu transferieren sind.

eine Abreicherung des Salzgehaltes im Pressfeststoff ebenfalls feststellbar ist.

Die Betrachtung der Wertstoffe zeigt, dass bei CaO, MgO und P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>es kaum eine An-/Abreicherung der Stoffkonzentration im Pressfeststoff feststellbar ist. Bei Stickstoff und Kalium findet eine Abreicherung im Pressfeststoff statt. Der aus dem B.S.F.C.-Verfahren stammende Kompost zeigt jedoch in bezug auf die enthaltenen Wertstoffe keine bemerkenswerten Verschiebungen.

Das aus dem B.S.F.C.-Verfahren resultierende Gärwasser unterschreitet trotz Anreicherung die gängigen Klärschlammgrenzwerte bzw. die Grenzwerte Qualitätsklasse A der kommenden Kompostverordnung. Eine landwirtschaftliche Verwertung des Gärwassers ist durch die Vergleichbarkeit mit flüssigem Wirtschaftsdünger möglich.

