



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Energie BFE

Schlussbericht 30. November 2008

Bestimmung der TS- und OS-Gehalte von Ausgangsmaterialien für die Feststoffvergärung

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE
Forschungsprogramm Biomasse
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Kofinanzierung:

-

Auftragnehmer:

arbi GmbH
Arbeitsgemeinschaft Bioenergie
Lättichstrasse 8
CH-6340 Baar
www.arbi.ch

Autoren:

Werner Edelmann, arbi GmbH, info@arbi.ch

BFE-Bereichsleiter: Sandra Hermle

BFE-Programmleiter: Sandra Hermle

BFE-Vertrags- und Projektnummer: 152631 / 102112

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

Bestimmung der TS- und OS-Gehalte von Ausgangsmaterialien für die Feststoffvergärung



BFE Projekt 102112 / 152631



November 2008

arbeitsgemeinschaft bioenergie
CH-6340 Baar, Lättichstr. 8; Tel.: 0041/41/7632121, Fax: 2133
Internet: <http://www.arbi.ch> E-Mail: info@arbi.ch

Bestimmung der TS- und OS-Gehalte von Ausgangsmaterialien für die Feststoffvergärung

Inhaltsübersicht:

Ausgangslage	3
Arbeitsvorgehen	3
Resultate	5
TS Anlage Rümlang	5
TS Anlage Otelfingen	5
TS Anlage Aarberg	6
TS Anlage Allmig	7
TS der Kompogasanlagen	8
OS Gehalt der Proben	10
Schlussfolgerungen	11
Anhang	13
Anhang 1: Daten der Kompogasanlagen sortiert nach TS	13
Anhang 2: TS- und OS-Daten der Anlage Allmig	18
Anhang 3: Anweisung zur Probenahme	20

Dank

Wir danken herzlich den Firmen Alfred Müller AG, Baar und Kompogas AG, Glattbrugg für die tatkräftige Unterstützung dieses Projekts. Insbesondere dankend seien erwähnt Basri Adili (Otelfingen), Edi Barmettler (Rümlang), René Bütkofer (Baar) und Andreas Utiger (Aarberg), die auf den einzelnen Anlagen für die TS-Messungen verantwortlich waren, sowie Prof. Urs Baier (ZHAW Wädenswil) für die Bestimmung der OS.

Bestimmung der TS- und OS-Gehalte von Ausgangsmaterialien für die Feststoffvergärung

Ausgangslage:

Obwohl seit über einem Jahrzehnt in der Schweiz feste biogene Kommunalabfälle vergoren werden, wurde bis anhin noch nie der Wassergehalt und der Gehalt an organischer Substanz der Ausgangsmaterialien systematisch erfasst. Den Betreiber der Anlage interessierte nur die Konsistenz des Materials, das in die Anlage eingespeist und entsprechend mit Presswasser oder Wasser verdünnt und angemaischt wird, um eine pumpfähige Masse mit der gewünschten Viskosität zu erhalten.

Ziel des vorliegenden Projekts ist, den Trockensubstanzgehalt von Ausgangsmaterialien für die Feststoffvergärung zu erfassen. Die Untersuchungen sollen statistisch klar abgegrenzte Bereiche für verschiedene Materialien, wie Grüngut, Haushaltsabfälle und Speisereste aus der Gastronomie liefern, wobei auch weitere Einflussfaktoren, wie Wetterlagen etc. berücksichtigt werden. Die Daten sollen Planungsgrundlagen liefern und unter anderem auch Klarheit verschaffen, mit welchen Werten im Fall der Erstellung von Ökobilanzen gerechnet werden kann.

Arbeitsvorgehen

Insgesamt wurden 366 Proben gezogen. Es wurden dabei folgende vier Anlagen während eines ganzen Jahres beprobt:

- Aarberg (Kompogas)
- Rümlang (Kompogas)
- Otelfingen (Kompogas)
- Allmig Baar (A. Müller AG / BRV)

Der Ort der Probenahme wurde auf den Anlagen mit den Betreibern festgelegt: Eine Probenahme vor Zerkleinerung ist nicht ideal, da zu grosse Streuungen auftreten würden. Bei Kompogasanlagen bietet sich die Beprobung an ab Band/Fördereinrichtung zum Zwischen speicher, bzw. bei Direkteintrag vor Eintrag in die Anlage. Auf der Anlage Allmig wird das Material nach Zerkleinerung und vor Eintrag zu einem Haufen aufgeschüttet.

Die Proben wurden wöchentlich erfasst. Es wurden pro Stichtag jeweils Doppelproben erhoben, wobei die Wochetage variiert wurden, um systematische Fehler möglichst auszuschließen (z.B. Anlieferung von beispielsweise besonders nassen Gewerbeabfällen an bestimmten Wochentagen).

Die Proben wurden zur Bestimmung des Trockensubstanzgehalts (TS) bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Das durchschnittliche Frischgewicht der vorzerkleinerten Proben betrug ~280 g, was einer Menge entspricht, die repräsentative Daten erwarten lässt.

Nach Trocknung sind die Proben stabil. Sie wurden an einem trockenen Ort aufbewahrt und periodisch eingesammelt zur Bestimmung des Glühverlusts (gleichzusetzen mit Gehalt an organischer Substanz OS) jeweils aus Mischproben, um so pro Monat – nach einer nochmaligen Trocknung - eine Bestimmung aus der Mischung/Zermörserung mehrerer TS-Proben zu ermöglichen. Die Proben der Anlage Allmig wurden durch die arbi aufbewahrt und anschließend extern an HSW Wädenswil bestimmt (Veraschung bei 550 °C).

Im Falle der Kompogasanlagen Otelfingen und Rümlang übernahm die Anlage Rümlang die Bestimmung der OS. Leider waren die Sammelproben bzw. die Daten nach Ablauf des Projekts nicht mehr auffindbar. Da die TS-Proben anscheinend entsorgt worden waren, war es nicht mehr möglich, die Daten zu rekonstruieren. Die OS-Werte stützen sich daher ausschliesslich auf die Werte der beiden Anlagen Allmig und Aarberg ab.

Die TS-Daten der Einzelproben der Anlage Aarberg betreffen den Feststoffanteil, der in die Anlage gelangt. Nasse angelieferte Chargen lässt man abtropfen, was neben den festen Anteilen zusätzlich zu einem Sickersaft führt, der ebenfalls in die Anlage gepumpt wird. Es wurden daher monatlich die absoluten Mengen an festen Abfällen und an Sickersaft erfasst und die TS-Werte dann anschliessend mit der Menge und der TS des Sickerafts entsprechend anteilmässig korrigiert. (Da mit den Monatsmittelwerten gerechnet wurde, kann es hier bei den einzelnen Tageswerten zu kleinen Abweichungen vom tatsächlichen Wert kommen, die sich jedoch statistisch aufheben).

Das Wetter am Tag der Probenerfassung wurde erhoben in den drei Kategorien „trocken“, „wechselhaft“ und „nass“. Zudem wurden die für die Probenahme Verantwortlichen angewiesen, das Substrat mit den drei Kategorien „wenig“, „mittelmässig“ und „viel“ gärbares Material zu charakterisieren und gegebenenfalls auch festzuhalten, wenn eine Substanz (Rasen, Strauchmaterial, Küchenabfälle etc.) in überdurchschnittlichem Anteil vorhanden waren. Der letztgenannte Punkt klappte allerdings nicht in allen Fällen gleich gut, da die Gärbarkeit anscheinend nicht von allen Angestellten gleich eingeschätzt wurde. Die Anweisung zur Probenahme findet sich im Anhang 3.

Von den TS-Daten der einzelnen Anlagen wie auch von der gesamten Datenmenge wurden die Mittelwerte mit Standardabweichung bestimmt. Wie erwartet wurde, streuen die Daten in einem sehr grossen Bereich. Bei Proben mit hohem Wassergehalt waren – sofern vorhanden – meist Bezeichnungen wie „Rasen“, „Speisereste“, „Küchenabfälle“, „Gemeinden“ aufgeführt. Bei hoher TS andererseits herrschten Begriffe wie „Strukturmaterial“, „verholzt“, „astiges Material“, „viel Übersieb“, „Christbäume“ oder „Laub“ vor, wobei bei der Anlage Otelfingen auch einige Proben mit sehr hoher TS Rasen enthielten (dieser war aber anscheinend schon vor Einsammlung stark eingetrocknet). Man ging daher von der Annahme aus, dass in den nassen 20% der Proben ein überdurchschnittlich grosser Anteil an leicht gärbaren Haushalts- und Gewerbeabfällen vorhanden war, während bei den 20% der Proben mit sehr hoher TS vorwiegend Strauchschnitt und Gartenabbaum angeliefert wurde. Daher wurde der Mittelwert der „nassen 20%“ und der „trockenen 20%“ jeweils ebenfalls mit Standardabweichung ermittelt.

Da das Grünzeug während der Vegetationsperiode mit mehr Zellsaft anfällt, wurden zudem die Durchschnittswerte der Monate Oktober-Februar mit jenen der Monate März-September verglichen.

Zusätzlich wurde von den Gesamtproben jeweils noch der Mittelwertabweichung (durchschnittliche absolute Abweichung vom Mittelwert) sowie der Medianwert errechnet, um im Vergleich zum Mittelwert abschätzen zu können, ob die Extremausschläge im oberen oder unteren Bereich grösser sind. Die Wetterlage bei Anlieferung wurde ebenfalls berücksichtigt. Hier konnte allerdings kein statistisch signifikanter Trend ermittelt werden.

Die Daten sind im Anhang 1 (Kompogas) bzw. 2 (Allmig) mit Farbmarkierungen wiedergegeben.

Resultate

TS Anlage Rümlang

Die Kompogasanlage Rümlang entsorgt vorwiegend biogene Abfälle der Gemeinden Rümlang, Wallisellen und Opfikon. Die Anlage nimmt – wegen der relativ kleinen Kapazität von 8'000 t/a – ausser etwas Abwasser aus der Fruchtsaft- und Margarineherstellung kaum Gewerbe- oder Gastroabfälle an. Das Abwasser wird direkt zur Befeuchtung des Inputs eingesetzt und ist daher in den TS-Werten nicht enthalten.

TS-Gehalt Input	Jahresdurchschnitt	Nasse 20%	Trockene 20%	Oktober-Februar	März-September
Mittelwert	34.4%	26.6%	43.4%	37.6%	32.2%
Standardabweichung	6.1%	1.2%	2.9%	4.4%	6.2%
Anzahl Proben (n)	112	22	22	46	66

Tab. 1 TS-Werte des Eingangsmaterials, Anlage Rümlang

Der Mittelwert der Proben lag bei trockenem Wetter bei 34,9 +/- 6,8%. Bei nassem Wetter war der Mittelwert nur unbedeutend tiefer bei 33,0 +/- 5,7%. Die Mittelwertabweichung liegt bei 5.5% und der Medianwert beträgt 33,3%, was bedeutet, dass die Abweichungen in den trockenen Bereich eher grösser sind. In Tabelle 1 wird nicht berücksichtigt, dass Sickersaft ab Annahmebunker zusammen mit Presswasser zum Anmaischen eingesetzt wird, was die tatsächlichen Werte um mindestens 1 bis 2 % reduziert (vgl. unten; Punkt Kompogasanlagen).

TS Anlage Otelfingen

Die Anlage Otelfingen entsorgt – neben diversen Gewerbeabfällen (Abfällen eines Grossverteilers, etc.) – vorwiegend Reststoffe aus den Gemeinden Dällikon, Regensdorf, Hüttikon, Boppelsen, Untersiggenthal, Erendingen, Neuenhof sowie der Stadt Baden, Wettingen und Würenlos.

TS-Gehalt Input	Jahresdurchschnitt	Nasse 20%	Trockene 20%	Oktober-Februar	März-September
Mittelwert	32.0%	22.9%	41.6%	37.0%	28.9%
Standardabweichung	6.5%	1.8%	2.7%	5.3%	5.1%
Anzahl Proben (n)	91	18	18	36	55

Tab. 2: TS-Werte des Eingangsmaterials, Anlage Otelfingen

Hier wurde an trockenen Tagen sogar durchschnittlich nasseres Material (30.5 +/- 7.3%) angeliefert gegenüber Anlieferung an Regentagen (34.3 +/- 4.4%). Die mag damit zusammenhängen, dass die nassen Tage bei dieser Anlage überdurchschnittlich oft in die Monate fielen, wo viel TS-reiches Strauchmaterial und Gartenabraum angeliefert wurde. Median: 31.4%; Mittelwertabweichung: 5.2%. In Tabelle 2 wird nicht berücksichtigt, dass Sickersaft ab Annahmebunker zusammen mit Presswasser zum Anmaischen eingesetzt wird (vgl. unten; Punkt Kompogasanlagen), was die Resultate um mindestens 1% bis 2% reduziert.

TS Anlage Aarberg

Die Kompogasanlage Aarberg entsorgt biogene Abfälle der Städte Bern und Biel (~30%), von deren Agglomerationsgemeinden (~30%) sowie Gewerbeabfälle von Grossverteilern und Gastrobetrieben wie auch etwas Getreideabgang.

TS Input Aarberg	Jahres-durchschnitt	Nasse 20%	Trockene 20%	Oktober-Februar	März-September
Mittelwert	30.3%	25.9%	34.9%	30.8%	29.9%
Standardabweichung	3.3%	1.7%	2.3%	3.0%	3.4%
Anzahl Proben (n)	80	18	18	36	44
Mittelwert fester Anteil	34.0%	29.2%	38.8%	34.5%	33.7%
Stdabw. fester Anteil	3.4%	1.0%	2.5%	2.9%	3.8%
Anzahl Proben (n)	80	18	18	36	44

Tab. 3: TS-Werte des Eingangsmaterials, Anlage Aarberg

Die Werte dieser Anlage wurden - wie oben beschrieben - mit den monatlichen Werten des Sickersafts korrigiert. Median: 30.3%; Mittelwertabweichung: 2.5%. Die Wetterlage zeigte keinen signifikanten Einfluss. (Beim festen Teilstrom war das Material an regnerischen Tagen leicht feuchter; die korrigierten Werte liegen jedoch alle beim Mittelwert von rund 30%, wobei hier die Sickersaftmengen für eine exakte Aussage hätten tageweise und nicht im Monatsmittel berücksichtigt werden müssen).

Der TS-Gehalt des flüssigen Anteils betrug 4.9%. Fester und flüssiger Input verteilten sich in Aarberg über das Jahr verteilt wie folgt:

Monat	Eintrag Grüngut	Eintrag flüssig	Eintrag total	Anteil flüssig	TS-Eintrag flüssig
	[kg]	[kg]	[kg]	[%]	[kg]
Jun. 07	1437698	319729	1757427	18.2	15667
Jul. 07	1354681	138778	1493459	9.3	6800
Aug. 07	1456526	225103	1681629	13.4	11030
Sep. 07	1214604	215266	1429870	15.1	10548
Okt. 07	1384207	166006	1550213	10.7	8134
Nov. 07	1309249	125794	1435043	8.8	6164
Dez. 07	686960	106583	793543	13.4	5223
Jan. 08	952031	196630	1148661	17.1	9635
Feb. 08	963733	128557	1092290	11.8	6299
Mrz. 08	1042279	151667	1193946	12.7	7432
Apr. 08	946358	171155	1117513	15.3	8387
Mai. 08	1478746	193291	1672037	11.6	9471
Jun. 08	1768110	276643	2044753	13.5	13556

Tab. 4: Verteilung von festem und flüssigem Eintrag auf der Anlage Aarberg

Werte mit hoher TS wurden vor allem im Herbst bei der Anlieferung von Laub und von Gartenabbaum erreicht. Allerdings sind die hier dargestellten TS-Werte aus verfahrenstechnischen Gründen allgemein etwas zu hoch: Verholztes Material wird nach der Vergärung ausgesiebt und einer kürzeren Kompostierung von rund 14 Tagen zwecks Aufschluss von Ligninstrukturen unterworfen. Dabei erhitzt sich das Material, das Wasser verdampft zum grossen

Teil und es wird praktisch staubtrocken ($TS > 50\%$), bevor es anschliessend unter dem Begriff „Übersieb“ ein zweites Mal dem Fermenter zugeführt wird. Dieses nun mürbe Material mit einem hohen TS-Gehalt wird dabei zu einer (nassen) Charge Frischmaterial gegeben und erhöht so („unerlaubterweise“) deren TS-Gehalt, weil es ein zweites Mal auf dem Förderband zur Anlage erscheint. So wurden auch im Sommer bei verschiedenen überdurchschnittlich hohen TS-Proben in der Rubrik Bemerkungen „viel Übersieb“ vermerkt.

Daten zur Beeinflussung der einzelnen Messwerte durch rückgeführtes „Übersieb“ konnten nicht erhoben werden, da es unter zumutbarem Aufwand nicht möglich ist, zu eruieren, wie gross der Anteil und der TS-Gehalt an Übersieb in einer einzelnen Probe gerade ist. Pro Jahr werden aber 1'000-1'200 t Übersieb zu den rund 16'000 t Frischmaterial gegeben und ein zweites Mal durch die Anlage geführt. In der folgenden Tabelle 5 werden Abschätzungen zum Einfluss des Übersiebs gemacht. Dabei wird werden Varianten von 1'000 und 1'200 Tonnen rückgeführtes Material mit TS-Gehalten von 50% bzw. 60% gerechnet und in Bezug gesetzt zum Jahresschnitt in Tabelle 3.

Anliefermenge Aarberg t/a	TS-Input gemessen %	Rückgeführte Übersiebmenge t/a	TS-Gehalt Übersieb %	TS-Menge Übersieb t/a	TS-Input tatsächlich %
16000	30.3	1000	50	500	27.2%
16000	30.3	1000	60	600	26.6%
16000	30.3	1200	50	600	26.6%
16000	30.3	1200	60	720	25.8%

Tab. 5: Einfluss der Rückführung von verholztem Material (Übersieb) auf die gemessenen TS-Werte der Anlage Aarberg unter verschiedenen plausiblen Annahmen.

Es muss daher davon ausgegangen werden, dass die in Tabelle 4 dargestellten Werte um **durchschnittlich mindestens 3-4% zu hoch sind**. Dabei werden eher die tiefen Werte etwas stärker zu hoch sein als die hohen, da das staubtrockene Übersiebmaterial eher überdurchschnittlich nassen Chargen beigemengt wird. Der **durchschnittliche TS-Gehalt** vom Input-Material Aarberg dürfte daher um **26,6%** liegen. Der TS-Gehalt der „nassen 20%“, die in Aarberg ggf. nur wenig Gartenanteile enthalten, wird sich im Bereich von 20-22% bewegen.

TS Anlage Allmig

Die Anlage Allmig ist ein kombiniertes Werk zur Kompostierung und zur Vergärung. Es werden knapp 20'000 t/a Abfälle ausschliesslich aus der kommunalen Sammlung (keine Gewerbe- oder Gastroabfälle!) aus dem ganzen Kanton Zug und aus einigen angrenzenden Gemeinden verwertet, wobei gut drei Viertel des Materials direkt kompostiert wird, bzw. nur der verbleibende Rest vor der Kompostierung einem Gärprozess unterworfen wird. Die Messwerte betreffen das gesamte angelieferte biogene Material.

Wie in Rümlang und Aarberg wurde an regnerischen Tagen mit durchschnittlich 37.9 +/- 5.3% tendenziell leicht feuchteres Material angeliefert als an trockenen Tagen (41.1 +/- 4.6%). Median: 38.0%; Mittelwertabweichung: 4.8%. Die relativ kleine Probenzahl in den Wintermonaten ist darauf zurückzuführen, dass einerseits eine Reparatur an der Gäranlage anstand, worauf die Probenahme ausgesetzt wurde, und andererseits noch der Trockenschrank ausfiel, nicht repariert werden konnte und der Ersatz einige Zeit in Anspruch nahm.

Diese Anlage weist ganz klar die höchsten TS-Werte auf. Dies kann mit der Tatsache erklärt werden, dass im Kanton Zug keine Gebühr für die Grüngutabfuhr besteht (Argumentation: Der Nutzen durch eine möglichst vollständige Erfassung der biogenen Abfälle und deren

Rückführung in die natürlichen Kreisläufe ist grösser, als Einnahmen bei gleichzeitig kleinerer Einsammelmenge). Dies hat zur Folge, dass in Zug bis zu mehr als 160 kg biogene Abfälle pro Einwohner und Jahr eingesammelt worden sind. So wird nicht nur überdurchschnittlich viel Gartenabbaum eingetragen - der an anderen Standorten ev. im Garten vor Ort kompostiert würde - sondern es werden sehr oft auch die gesamten Inhalte von Blumentöpfen und -kisten der Grünabfuhr mitgegeben. Das heisst, im biogenen Material sind auch überdurchschnittlich viel erdige Anteile mit einem entsprechend hohen mineralischen Gehalt vorhanden, was sich auch auf die OS-Gehalte auswirkt. Bei Kompogasanlagen werden zudem unter Umständen sehr grobe verholzte Anteile vor der Zerkleinerung aus dem Grüngut ausgesortiert.

TS Input Allmig	Jahres-durchschnitt	Nasse 20%	Trockene 20%	Oktober-Februar	März-September
Mittelwert	39.2%	31.6%	48.0%	42.9%	38.7%
Standardabweichung	6.0%	2.0%	3.4%	7.9%	6.1%
Anzahl Proben (n)	83	17	17	10	73

Tab. 6: TS-Werte des Eingangsmaterials, Anlage Allmig

Auf der Anlage Allmig werden, wie oben erwähnt, vorderhand noch mehr als drei Viertel des Eingangsmaterials direkt der Kompostierung zugeführt; eine Erweiterung des Anaerobteils ist jedoch in Planung. Der Kranführer unterscheidet visuell bei der Beschickung der aeroben und anaeroben Linien zwischen Eingangsmaterial mit viel gärbaren Anteilen und Material für die Kompostierung. Die TS-Angaben beziehen sich auf den Mittelwert des gesamten angelieferten Materials. Sie sind demzufolge für den Input in eine Gärwanlage nur beschränkt repräsentativ. Sie können jedoch als aussagekräftig für ein Kompostwerk betrachtet werden. Der Gärwanlage Allmig wird vorwiegend Material, das in etwa den nassen 20% entspricht, zugeführt.

Die Anlieferung erfolgt z.Zt. noch auf einem offenen, befestigten Platz, wo das Platzwasser gefasst und in ein Becken geführt wird, vom wo es zum Anmaischen des Gärkuchens benutzt wird. Es kann keine Aussage über die Menge gemacht werden, welche als Sickerwasser die offen aufgeschichtete Biomasse verlässt, da einerseits die Flüssigkeit nicht gepumpt wird (Gefälle) und sie andererseits bei Regen mit Platzwasser verdünnt wird. Es kann vermutet werden, dass unter Berücksichtigung dieses Sickerwassers die TS-Werte ebenfalls um durchschnittlich 1-2% tiefer sein dürften.

TS der Kompogasanlagen

Die folgende Tabelle 6 zeigt die zusammengefassten Resultate der drei Kompogasanlagen. Die einzelnen Daten sind im Anhang 1 sortiert nach aufsteigendem TS-Gehalt dargestellt. Die Werte der Anlage Otelfingen sind gelb, Rümlang grün und Aarberg blau hinterlegt.

Bei der Anlage Aarberg betrifft der TS den Wert, der ab Band gemessen wurde, das heisst, die geschätzte Reduktion von rund 3-4% (vgl. oben in Tabelle 5) wurde noch nicht in Abzug gebracht. Dasselbe gilt für die beiden Anlagen Otelfingen und Rümlang bzgl. Sickerwasser aus dem Annahmebunker, d.h. vor Zerkleinerung und Probenahme: Die beiden Annahmebunker haben am Grund ein Abzugrohr für abtropfende Flüssigkeit, die in einen Sammeltank geführt wird, von wo sie zusammen mit Presswasser zum Anmaischen des Ausgangsmaterials eingesetzt wird. In diesen Sammeltank läuft aber auch Wasser aus anderen Quellen (Waschbecken, Schacht etc.). Die Pumpe im Schacht laufen automatisch bei einem gewissen Füllstand und es ist technisch nicht möglich zu bestimmen, wie gross die gepumpten Mengen, bzw. die Anteile aus dem Annahmebunker sind. Bei nasser Witterung (verregneter Strauchschnitt) und/oder bei nassem Ausgangsmaterial (z.B. Charge mit verdorbenen Zitrusfrüchten) wird natürlich mehr abgepumpt als bei trockenem Material).

Wie gross diese Mengen sind und wie gross deren Einfluss auf die TS-Bestimmung ist, ist – wie vorgängig dargelegt – nicht exakt eruierbar. In Aarberg wird durch den separaten Flüssigeintrag der TS-Gehalt des festen Materials ab Band um durchschnittlich 3.7% zu hoch bewertet (vgl. Tab. 3; 34.0-30.3%). Unter der in Aarberg vorhandenen Zusammensetzung des Ausgangsmaterials sind aber die Mengen an Flüssigeintrag wahrscheinlich spürbar grösser als in Rümlang und Otelfingen. Man kann daher davon ausgehen, dass in Otelfingen und in Rümlang der gemessene TS-Gehalt um rund 1% bis 2% zu hoch ist.

Während in den Tabellen 1 und 2 (Rümlang und Otelfingen) der Einfluss des Sickersafts nicht exakt quantifiziert werden konnte, war dies in Tabelle 3 bei der Anlage Aarberg möglich. Dort wird aber – da mehr strukturarmes Material angeliefert wird – im Gegensatz zu Rümlang und Otelfingen Übersiebmaterial recyliert, was den TS-Wert des Eingangsmaterials immer noch um 3.7% zu hoch erscheinen lässt (mittlerer Wert der Tabelle 5). Wenn man für Aarberg mit diesem Wert und für die Anlagen Rümlang und Otelfingen (sicher konservativ!) mit 1% Reduktion für den Sickersaft unter Berücksichtigung der totalen Probenzahlen der einzelnen Anlagen rechnet, müssen die ab Förderband gemessenen Durchschnittswerte der Kompogasanlagen um durchschnittlich 1,8% reduziert werden. Dies ergibt die in der folgenden Tabelle 6 korrigierten Werte.

TS Input Kompogas	Jahres-durchschnitt	Nasse 20%	Trockene 20%	Oktober-Februar	März-September
Mittelwert ohne Korr.	32.5%	25.1%	41.6%	35.3%	30.5%
Standardabweichung	5.8%	2.0%	3.1%	5.3%	5.4%
Mittelwerte korrigiert	30.7%	23.3%	39.8%	33.5%	28.7%
Anzahl Proben (n)	283	57	57	117	166

Tab. 6: Durchschnittliche TS-Werte des Eingangsmaterials der drei Kompogasanlagen Rümlang, Otelfingen und Aarberg (Erläuterungen siehe Text).

In der Tabelle 1 im Anhang sind die effektiven Messwerte des Eingangsmaterials ab Band dargestellt. Nach Korrektur würden sich die Werte allgemein etwas in den nassen Bereich verschieben, wobei bei den Werten von Aarberg (blau) der Effekt stärker ausfällt (Übersiebmaterial) als bei Otelingen und Rümlang (Sickersaft).

Um in den Tabellen im Anhang 1 und 2 die TS-Werte mit den Jahreszeiten optisch in Verbindung zu bringen, wurden die Monate Oktober bis Februar mit „kalten“ Farben (Blautöne) und schwarzer Schrift, bzw. März bis September mit „warmen“ Farben und weisser Schrift dargestellt.

Bei den Monaten zeigt sich in der erwähnten Tabelle in Anhang 1 eine Verschiebung von vorwiegend warmen Farbtönen (Sommer) bei tiefer TS (feuchteres Material) hin zu kälteren Tönen (Winter) bei hoher TS.

„Nasse Witterung“ ist tendenziell etwas häufiger bei den feuchteren Substraten angekreuzt. Die Farbverteilung der Anlagen visualisiert die bereits in den einzelnen Tabellen bei den Standardabweichungen gewonnene Erkenntnis, das Otelfingen die grössten Schwankungen in der Zusammensetzung verarbeitet (sehr feucht bis sehr trocken), während die Abfälle von Aarberg die geringsten Schwankungen aufweisen, wahrscheinlich auch, weil mit dem Übersiebmaterial der TS-Gehalt des Eingangsmaterials etwas ausgeglichen werden kann (Zugabe von mehr Übersieb zu besonders nassen Anlieferungen).

OS-Gehalt der Proben

In der Anlage Aarberg wurden während eines Jahres monatlich Mischproben der trockenen Trockensubstanzproben gesammelt und auf den Gehalt an organischer Substanz untersucht: Die Proben wurden bei 550°C verglüht. Der Glühverlust wird als Gehalt an organischer Substanz gleichgesetzt. Tabelle 7 zeigt die Resultate; der Mittelwert des Glühverlusts liegt bei 73.9% +/- 6.6 % der TS. Zusätzlich wurde eine Nassveraschung mit Bichromat zur Bestimmung des Gehalts an organischem Kohlenstoff nach Blacke & Walkly durchgeführt. Unter Berücksichtigung der „Übersiebs“ (vgl. unten) kann beim Ausgangsmaterial in Aarberg mit einem **Gehalt an organischem C von rund 40%** gerechnet werden.

	Glühverlust [% der TS]	Nassveraschung [% org. C der TS]
Juli 07	57.0	31.4
Aug. 07	74.3	37.2
Sept. 07	70.7	36.7
Okt. 07	71.9	35.7
Nov. 07	77.7	41.6
Dez. 07	75.0	39.2
Jan. 08	78.1	39.6
Feb. 08	75.9	38.5
März 08	79.1	40.9
April 08	82.1	41.9
Mai 08	77.0	38.7
Juni 08	67.5	36.4
Mittelwert	73.9	38.2
Standardabweichung	6.6	2.9

Tab. 7: Durchschnittliche monatliche OS- und C-Gehalte der TS des Eingangsmaterials der Kompostanlage Aarberg (Erläuterungen siehe Text).

Beim Betrachten der Tabelle 7 fällt die relativ grosse Streuung auf, obwohl es sich bei den Proben um Mischproben von jeweils einem ganzen Monat handelte. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass zufälligerweise in einzelnen Monaten überdurchschnittlich viel Übersiebmaterial in den Proben vorhanden war. Dieses war schon einmal für einen ersten Abbau in der Anlage und durchlief anschliessend eine Rottephase, was den Kohlenstoffgehalt sicher bereits stark reduzierte. Dies könnte den tiefen Juli-Wert erklären, wo trotz Sommerzeit – wo das Material feuchter sein sollte – relativ hohe TS-Eingangswerte gemessen wurden. Der hohe Aprilwert stammt unter anderem von Proben mit der Bemerkung „viel Speisereste“ und möglicherweise von frischem Strukturmaterial (Strauchschnitte), was die Zugabe von „altem“ Übersieb nicht notwendig machte.

Die Trockensubstanz aus dem Übersieb machte im Jahresschnitt rund 14% der zugeführten TS aus. Wenn bei diesen 14% bei der ersten Vergärung und bei der anschliessenden Nachrotte rund 20% der OS abgebaut wurden, führt dies zu einer durchschnittlichen Reduktion des OS-Gehalts im Eingangsmaterial um rund 3%; bei 30% Abbau um rund 4.5%. Das heisst, es kann in Aarberg mit **einem mittleren OS-Wert von rund 77%** der TS gerechnet werden.

Auf der Anlage Allmig wurden 22 TS-Mischproben auf den OS-Gehalt untersucht (vgl. Anhang 2). Der Mittelwert der OS lag bei 66.7% der TS bei einer Standardabweichung von 6.3%. Die 20% der Proben mit tiefem OS-Gehalt lagen leicht unter 60% während die 20% der Proben mit hohen Werten bei rund 75% lagen (Dort wurde oft „Gärgut“ oder „Küche“ vermerkt). Ein Grund für die – auch im Vergleich mit der Literatur – tiefen OS-Werte dürfte der bereits oben erwähnte relativ hohe mineralische Anteil von Blumenerden etc. sein.

Schlussfolgerungen

Die vier hier untersuchten Anlagen Aarberg, Allmig, Otelfingen und Rümlang unterscheiden sich grundsätzlich im angelieferten Material. Sie können wie folgt umschrieben werden:

- **Aarberg:** Anlieferung ~30% aus städtischem Gebiet (Bern, Biel), 30% aus Agglomerationsgemeinden mit mehr Material aus Gärten und 40% aus dem Gewerbe und Gastronomie, deren Abfälle vorwiegend nass sind (Grossverteiler, Gastrobetriebe, wo u.U. nicht nur Pasta, sondern auch Suppe in den Grüngutcontainer geschüttet wird...!). (Ausnahme: etwas trockener Getreideabgang). Diese Anlage weist den tiefsten TS-Gehalt des Inputmaterials auf.
- **Otelfingen:** Verarbeitet ebenfalls Gewerbe- und Gastroabfälle. Die (z.T. ländlichen) Anliefergemeinden weisen aber eine Struktur mit weniger verdichtetem Bauen als Städte auf, was den Gartenanteil erhöht. Der durchschnittliche TS-Gehalt ist entsprechend etwas höher.
- **Rümlang:** Nimmt kaum grössere Mengen an nassen Gastro- und Gewerbeabfälle an (die Anlieferung von industriellem Abwasser zum Anmaischen wurde in der Messung der Grüngutanlieferung nicht berücksichtigt); der reichlich vorhandene Gartenabraum aus Agglomerationsgemeinden von Zürich erhöht den aus Küchenabfällen stammenden TS-Gehalt, was den durchschnittlichen TS-Gehalt weiter erhöht.
- **Allmig:** Die Anlage Allmig entsorgt ausschliesslich die Haushaltsabfälle im Kanton Zug; Gewerbeabfälle werden in eine landwirtschaftliche Co-Vergärungsanlage geliefert und die Entsorgung von Gastroabfällen erfolgt erst mit dem Ausbau der Biogasanlage. Im Gegensatz zu anderen Gegenden kann im Kanton Zug der Grünabfall gratis an die Strasse gestellt werden, was dazu führt, dass auch mehr mineralische Bestandteile mitgeliefert werden. Diese Anlage weist den höchsten TS-Gehalt bei gleichzeitig kleinstem OS-Gehalt im Input auf.

Es können aus den vorhandenen Daten daher folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- In **Mittellandgemeinden** mit ansässigen Gewerbe- und Gastrobetrieben, die ebenfalls den Abfall in die Biogasanlage entsorgen, kann mit einem mittleren TS des Eingangsmaterials von etwa **30-31%** gerechnet werden (Otelfingen korrig., Tab.2).
- Wenn aus dem Einzugsgebiet vorwiegend **nur Küchen und Gartenabfälle** mit wenig Gastro- und Gewerbeabfälle angeliefert werden, erhöht sich der mittlere TS-Gehalt auf rund **33-34%** (Bsp. Rümlang korrig., Tab.1).
- Bei intensiv geförderter Einsammlung ohne Entsorgungsgebühr, **ohne Gewerbe- und Gastroabfälle** und grossem Anteil an Gartenbesitzern (relativ viel wenig verdichtetes Bauen) kann der mittlere TS-Gehalt des Inputmaterials auf **rund 38%** ansteigen (Bsp. Allmig korrig., Tab. 6).
- In **Städten** und deren Agglomerationsgemeinden mit entsprechend **viel Gewerbe- und Gastrobetrieben** und verdichtetem Bauen in der Innenstadt, was zu einem kleineren Anteil des Gartenabraums führt, liegt der TS-Gehalt des Eingangsmaterials bei nur rund **26-27%** (Bsp. Aarberg, Tab. 5).
- Die Eingangswerte können innerhalb von Tagen und auch je nach Jahreszeit **sehr stark schwanken**.
- Chargen mit **Gartenabraum** (und ggf. mitgelieferten Erdbestandteilen) können durchaus Werte von **deutlich über 40%** erreichen.
- Der TS-Gehalt von Abfällen aus **Küche oder Gewerbe** mit nur wenig Strauchschnitt können **deutlich unter 25%** liegen (vgl. Tabelle im Anhang 1, bei welcher jedoch bei Otelfingen und Rümlang das Sickerwasser wie auch bei Aarberg der Siebüberlauf noch nicht berücksichtigt sind; die einzelnen Werte der Tabelle können real bis zu 4% tiefer liegen).
- Während der **Vegetationsperiode** liegen die **TS-Eingangswerte generell tiefer**.

- Im **Durchschnitt** der Kompogasanlagen beträgt der **Unterschied zwischen Sommer und Winter rund 5%** (Tab. 6). Während beim Ausgangsmaterial von Aarberg (eher städtische Agglomerationen; zudem Ausgleich von nassen Chargen mit trockenem Übersiebmaterial) die Schwankung nur gering ist (Tab. 3), zeigt Otelfingen einen sehr grossen Unterschied: Man kann sich fragen, ob in den dort vorherrschenden ländlichen Einzugsgebieten in der Vegetationsperiode der Gartenabbaum vermehrt vor Ort kompostiert wird, und die gröberen Strauchschnitte dann vorwiegend nur im Spätherbst / Winter über die Abfuhr in grösserem Ausmass in die Anlage gelangen.
- Die **nasse Witterung** scheint **keinen sehr grossen Einfluss auf den TS-Gehalt** des Eingangsmaterials zu haben. Zwar wurde eine leichte Tendenz zu feuchterem Material an Regentagen beobachtet; die Unterschiede sind aber innerhalb der sehr grossen materialbedingten Schwankungen nicht statistisch aussagekräftig. Allerdings wirken hier zudem die Abzugvorrichtungen für Sickersaft im Annahmebunker bzw. ab Annahmeplatz verzerrend auf das Resultat, da – wenn beispielsweise nasser Strauchschnitt angeliefert wird – Regenwasser zumindest teilweise vom Material abperlt und in den Pumpensumpf fliesst. Es scheint daher plausibel zu sein, von einem witterungsbedingten Unterschied von rund 2% auszugehen.
- Die **OS-Gehalte** (bestimmt als Glühverlust) weisen – wie die TS-Gehalte – auch bei Mischproben eine sehr grosse Schwankungsbreite auf.
- Bei Proben mit relativ viel Haushalts- und Gewerbeabfällen im Verhältnis zum Gartenabbaum (Aarberg) liegt der **OS-Gehalt durchschnittlich bei rund 77% der TS**. Reine Gewerbe- und Gastroabfälle können aber ohne weiteres OS-Gehalte von über 90% aufweisen. Wenn andererseits viel Gartenabbaum mit anhaftenden mineralischen Anteilen - wie Erde, Inhalte von Blumentöpfen etc. - der Abfuhr mitgegeben wird, sinkt der OS-Gehalt entsprechend.
- Der **Kohlenstoffgehalt** des Ausgangsmaterials liegt bei **rund 40% der TS**.
- Damit ist der als Glühverlust gemessene **OS-Gehalt** rund **1,9 mal grösser als der C-Gehalt**.

Bei verschiedenen Anlagen wurde die Gasausbeuten des Jahres 2004 verglichen [Edelmann W., Engeli H. (2005): *More than 12 years of experience with the commercial anaerobic digestion of the organic fraction of municipal solid wastes in Switzerland*, Key note lecture Congress Anaerobic digestion of solid Waste ADSW2005, Copenhagen, Aug. 31-Sept. 3; vgl. www.arbi.ch/ADsw.pdf, Tab.1]. Dabei zeigte sich, dass die Anlage Rümlang unter anderem dank des hohen TS-Gehalts die höchste Gasausbeute pro Tonne Inputmaterial aufweist (trotz viel Gartenabbaum!). Strauchschnitt ist als Ergänzung zu den leicht abbaubaren, nassen Fraktionen bei der Feststoffvergärung im Pfpfstromprozess erwünscht als Strukturbildner (u.a. beim Abpressen) und zur Verhinderung von zu rascher Versauerung. Dies ist der Grund, warum beim relativ nassen Ausgangsmaterial von Aarberg das Übersiebmaterial heute rückgeführt wird. (Die Anlage Aarberg war jedoch 2004 zum Zeitpunkt der erwähnten Publikation noch eine Dranco-Anlage und wurde damals in einer anderen Betriebsweise geführt).

Baar, 28. November 2008

Dr. Werner Edelmann
arbi GmbH

Anhang

Anhang 1: Daten der Kompogasanlagen sortiert nach TS

Otelfingen	kalte Farbe, schwarze Schrift: Oktober bis Februar							
Rümlang	warme Farbe, weisse Schrift: März bis September							
Datum	TS	Wetter			leicht gärbar			Bemerkungen
	%	tro	wech	nass	wen	mittel	viel	
14. 4. 08	20.2%			x		x		
10. 7. 08	20.8%	x						
24. 7. 08	20.8%			x				
10. 7. 08	21.0%	x						
25. 6. 08	21.1%	x						
14. 4. 08	21.4%			x		x		
17. 7. 08	21.8%	x						
25. 6. 08	21.9%			x				
03. 7. 08	22.5%	x						
17. 7. 08	23.2%			x				
11. 6. 08	23.3%			x				
24. 7. 08	23.5%			x				
15.7.08	23.6%	*			*			Heu u. Rasen
07. 9. 07	23.9%			*		*		Rasenschnitt
25.4.08	24.2%	x				x		Viele Speiseresten
30. 8. 07	24.3%			*		*		Rasenschnitt
4.3.08	24.7%	x				x		Viel Speiseresten
12.2.08	24.9%			x			x	Viel Speiseresten
11.4.08	25.0%		x			x		
27. 12. 07	25.0%	*				*		
15.7.08	25.1%	*			*			Heu u. Rasen
5.9.07	25.2%	x				x		
18.7.07	25.2%		*			*		Gemeinden
08. 4. 08	25.3%			x		x		
31.7.07	25.4%		*			*		von Gemeinden
8.1.08	25.5%	x				x		Viel Speiseresten
4.3.08	25.6%	x				x		Viel Speiseresten
12.2.08	25.6%			x			x	Viel Speiseresten
02. 4. 08	25.6%	*				*		
8.1.08	25.7%	x				x		Viel Speiseresten
15.5.08	25.8%			*		*		Speiseresten
10.7.07	25.8%			*		*		
11. 6. 08	25.9%			x				
25.4.08	26.0%	x				x		Viele Speiseresten
02. 4. 08	26.1%	x				x		viel Laub
21.7.08	26.1%	*			*			
7.8.07	26.1%	*				*		
23.7.07	26.2%	*				*		
21.8.07	26.3%	*				*		
10.7.07	26.3%			*		*		Rasen wenig
30.7.08	26.3%	*			*			
07. 9. 07	26.4%			*		*		Rasenschnitt
28.3.08	26.6%		x			x		
21.2.08	26.6%			x		x		
7.8.07	26.6%	*				*		
03. 7. 08	26.8%	x						
23. 9. 07	27.0%			*		*		Rasenschnitt
08. 4. 08	27.1%			x		x		Christbäume
12.3.08	27.1%		x			x		
23. 4. 08	27.2%			x				
2.6.08	27.2%	*				*		
18.7.07	27.3%		x			x		

Datum	TS %	Wetter			leicht gärbar			Bemerkungen
		tro	wech	nass	wen	mittel	viel	
26.5.08	27.4%		*			*		
12.3.08	27.4%		x			x		
5.9.07	27.5%	x					x	
18.3.08	27.5%		x			x		
18. 6. 08	27.5%			x				
21.7.08	27.5%	*			*			viel Rasen
8.7.08	27.6%	*			*			Heu u. Rasen
18.7.07	27.6%		x				x	
9.7.08	27.7%		x					
9.6.08	27.9%	*				*		
25.6.08	27.9%	*			*			Viel Rasen
15.5.08	27.9%			*		*		
16.1.08	28.0%	x			x			eher holzig
25.6.08	28.0%	*			*			Viel Rasen
2.6.08	28.2%	*				*		
11.3.08	28.3%			*		*		
07. 1. 08	28.3%	x						
30.1.08	28.4%		x		x			eher holzig
11.4.08	28.4%		x			x		
3.4.08	28.4%	x				x		
30.1.08	28.4%		x		x			eher holzig
23.7.07	28.5%	*				*		
8.7.08	28.7%	*			*			Heu u. Rasen
25.1.08	28.7%	x			x			eher holzig
18.7.07	28.8%		*			*		
30.7.08	28.9%	*			*			
25.1.08	28.9%	x			x			eher holzig
21. 8. 07	29.0%	x						
20.5.08	29.1%			*		*		
3.4.08	29.2%	x				x		
17.8.07	29.2%	x			x			Viel Übersieb
21.2.08	29.3%			x		x		
19.6.08	29.3%	x						
04. 12. 07	29.4%	*				*		Rasenschnitt
26. 3. 08	29.4%	*				*		
20.5.08	29.4%			*		*		
23.1.08	29.5%		*			*		
9.6.08	29.5%	*				*		
8.5.08	29.5%			*		*		
28.2.08	29.5%	x				x		
18.3.08	29.6%		x			x		
22.4.08	29.6%		*			*		
11.6.08	29.6%		x					
31.7.07	29.7%		*			*		wenig Speiseresten
11. 3. 08	29.7%			x				
5.7.07	29.9%	x				x		
21. 5. 08	29.9%	x						
21. 8. 07	29.9%	x						
5.7.07	29.9%	x				x		
18.12.07	30.0%		x			x		Laub
17. 7. 07	30.1%	x						
16.1.08	30.1%	x			x			eher holzig
28.3.08	30.1%		x			x		
12.9.07	30.2%		x			x		astiges Material
26.5.08	30.3%			*		*		
12.9.07	30.3%		x			x		astiges Material
28.2.08	30.3%	x				x		
23. 9. 07	30.3%			*		*		Rasenschnitt
19.6.08	30.3%	x						
1.10.07	30.3%		x			x		
17. 7. 07	30.3%			x				
21.9.07	30.4%		x			x		eher astiges Material
26. 3. 08	30.5%	*				*		

Datum	TS %	Wetter			leicht gärbar			Bemerkungen
		tro	wech	nass	wen	mittel	viel	
22.8.07	30.5%	x			x			Viel Übersieb
14.5.08	30.6%			x				
18.6.08	30.6%	x						
2.4.08	30.6%			*		*		
5.10.07	30.9%		x			x		
21.9.07	30.9%		x			x		eher astiges Material
17.8.07	31.0%	x			x			Viel Übersieb
18.3.08	31.0%	*				*		
07.5.08	31.0%			x				
24.10.07	31.0%	x				x		
22.8.07	31.0%	x			x			Viel Übersieb
15.1.08	31.0%		*			*		
21.2.08	31.1%	*				*		
11.12.07	31.1%		x		x			Laub
04.10.07	31.2%		*			*		Rasenschnitt
04.6.08	31.2%	x						
17.4.08	31.2%		x		x			
18.12.07	31.3%		x			x		Laub
04.3.08	31.3%			x				
21.2.08	31.4%	*				*		
31.1.08	31.4%			x				
25.7.07	31.4%	x						
3.10.07	31.5%		*		*			
11.6.08	31.5%		x					
26.11.07	31.6%	*			*			
5.7.07	31.7%			*		*		nur Rasen
9.7.08	31.7%		x					
28.5.08	31.7%	x						
1.10.07	31.8%		x			x		
19.6.08	31.8%	*			*			Viel Rasen
07.1.08	31.8%	x						
15.10.07	31.8%	x				x		
24.10.07	31.8%	x				x		
03.8.07	31.9%	x						
19.6.08	31.9%	*			*			Viel Rasen
21.5.08	31.9%	x						
15.10.07	32.0%	x				x		
19.11.07	32.2%	x			x			Viel Laub
5.10.07	32.2%		x			x		
8.1.08	32.3%		*			*		
2.11.07	32.3%	x	x			x		Laub
27.2.08	32.3%		*			*		
17.4.08	32.4%		x		x			
12.11.07	32.4%	*			*			
19.3.08	32.4%			*		*		
3.12.07	32.4%		x		x			Viel Laub
24.6.08	32.5%	x						
24.6.08	32.5%	x						
5.7.07	32.6%			*		*		
04.12.07	32.6%	*				*		Rasenschnitt
14.2.08	32.7%		*			*		
11.3.08	32.8%		*			*		wenig Speiseresten
04.6.08	32.9%	x						
4.7.08	32.9%	*			*			Heu u. Rasen
7.8.07	32.9%			x		x		
12.4.08	32.9%	*				*		
8.5.08	33.0%			*		*		
4.7.08	33.0%	*			*			Heu u. Rasen
17.12.07	33.0%		*		*			
15.10.07	33.1%	*			*			
30.1.08	33.1%	*				*		
25.7.07	33.1%	x						
9.7.07	33.2%	x				x		

Datum	TS %	Wetter			leicht gärbar			Bemerkungen
		tro	wech	nass	wen	mittel	viel	
20. 11. 07	33.2%	x						
11. 7. 07	33.3%			x				
2.11.07	33.3%	x	x			x		Laub
15.11.07	33.4%	x			x			Viel Laub
19. 12. 07	33.5%	*				*		
27. 12. 07	33.5%	*				*		Laub
21.8.07	33.5%	*				*		
8.1.08	33.6%			*		*		
03. 8. 07	33.6%	x						
11. 7. 07	33.6%			x				
04. 10. 07	33.8%		*			*		Rasenschnitt
14.8.07	34.0%	*				*		
3.12.07	34.2%		x		x			Viel Laub
7.8.07	34.3%			x		x		
3.12.07	34.3%		*		*			
15.11.07	34.4%	x			x			Viel Laub
14.8.07	34.5%	*				*		
9.7.07	34.9%	x				x		
7.9.07	34.9%	*			*			
2.4.08	35.2%			*		*		
3.12.07	35.4%		*		*			
21.2.08	35.4%	*				*		
11.12.07	35.6%		x		x			Laub
15.10.07	35.7%	*			*			
30.1.08	35.7%	*				*		
27.2.08	35.7%		*			*		
23. 4. 08	35.7%			x				
8.11.07	35.9%	x			x			Viel Laub
18. 3. 08	35.9%	*				*		
07. 5. 08	35.9%			x				
8.11.07	36.0%	x			x			Viel Laub
03. 1. 08	36.1%	*				*		
19.11.07	36.2%	x			x			Viel Laub
12.2.08	36.2%	*				*		
14. 2. 08	36.2%	*				*		
12. 12. 07	36.2%	*				*		Rasenschnitt
31.12.07	36.2%		*		*			
06. 2. 08	36.3%	*				*		
28. 5. 08	36.3%	x						
12. 12. 07	36.5%	*				*		Rasenschnitt
31.12.07	36.6%		*		*			
30. 8. 07	36.8%			*		*		Rasenschnitt
14. 5. 08	37.0%	x						
7.4.08	37.0%		*			*		
17.12.07	37.1%		*		*			
22.4.08	37.1%			*		*		
3.3.08	37.2%		*			*		
3.3.08	37.2%		*			*		
30. 10. 07	37.4%	*				*		Rasenschnitt
11. 3. 08	37.6%			x				
26.11.07	38.1%	*			*			
24.12.07	38.1%		*		*			
1.11.07	38.2%	*			*			
23. 1. 08	38.3%	x						
12.4.08	38.5%	*				*		
23.1.08	38.6%		*			*		
12. 11. 07	38.7%	*				*		Rasenschnitt
22.10.07	38.8%	*			*			
12.2.08	38.8%	*				*		
3.10.07	38.8%		*		*			
15.1.08	38.8%		*			*		
21. 2. 08	39.5%	*				*		
25.3.08	39.6%			*		*		

Datum	TS %	Wetter			leicht gärbar			Bemerkungen
		tro	wech	nass	wen	mittel	viel	
12.11.07	39.8%	*			*			
19.3.08	39.8%			*		*		
2.5.08	39.8%	x			x			holzig
24.12.07	39.8%		*		*			
06. 2. 08	40.0%		*			*		
04. 3. 08	40.0%			x				
7.4.08	40.0%		*			*		
26. 2. 08	40.1%			x				
25.3.08	40.2%			*		*		
2.5.08	40.2%	x			x			holzig
7.9.07	40.3%	*			*			
16. 1. 08	40.3%	x						
11. 10. 07	40.4%		*			*		Rasenschnitt
26. 2. 08	40.5%			x				
10.12.07	40.7%	*			*			
5.11.07	41.3%	*			*			
10.12.07	41.3%	*			*			
23. 1. 08	41.3%	x						
8.10.07	41.3%	*			*			
20. 11. 07	41.4%	x						
03. 1. 08	41.5%	x						
1.11.07	41.5%	*			*			
19.11.07	41.8%	*			*			
20.9.07	41.9%		*		*			Laub
3.1.08	42.5%			*	*			
31. 1. 08	42.5%			x				
29.10.07	42.6%	*			*			
12. 11. 07	42.6%	*				*		Rasenschnitt
29.10.07	42.7%	*			*			
29.8.07	43.5%	*			*			
29.8.07	43.7%	*			*			
5.11.07	43.7%	*			*			viel Laub
19.11.07	43.8%	*			*			
20.9.07	43.9%		*		*			
8.10.07	44.2%	*			*			
30. 10. 07	44.5%	*				*		Rasenschnitt
16. 1. 08	45.5%	x						
19. 12. 07	46.2%	*				*		
3.1.08	46.5%			*	*			Christbäume
22.10.07	46.8%	*			*			
11. 10. 07	49.7%		*			*		Rasenschnitt
10.9.07	50.0%	*			*			
10.9.07	51.1%	*			*			

Datum	TS %	Wetter			leicht gärbar			Bemerkungen
	%	tro	wech	nass	wen	mittel	viel	

Wetter: zum Zeitpunkt der **Anlieferung:** **tro:** trocken, **wech:** wechselhaft, **nass:** regnerisch

leicht gärbar: Anteile von leicht gärbaren Materialien, wie "nassen" Speiseresten und/oder Früchten und Gemüseabfällen aus Gewerbe etc.:

wen: wenig; **mittel:** viel

Die Daten der Anlage Aarberg sind in dieser Tabelle noch **nicht für die Rückführung von Übersieb korrigiert** (Reduktion der TS-Werte von Aarberg um durchschnittlich 3-4%)!

Die Daten der Anlagen Otelfingen und Rümlang sind **nicht für den Sickersaft ab Annahmebunker korrigiert** (Reduktion TS eher > 1%)!

Anhang 2: TS und OS-Daten der Anlage Allmig (ZG)

Datum	TS	Wetter			leicht gärbar			Bemerkungen
		%	tro	wech	nass	wen	mittel	
4.4.08	26.8%		x					Gärgut
3.7.07	28.4%			x			x	Küchenabfall
5.9.07	29.7%		x				x	viel Rasen
12.7.07	30.0%			x				
27.7.07	30.2%		x				x	Küchenabfall
5.9.07	31.1%		x				x	
5.6.08	31.7%			X				viel Gras
18.7.07	31.8%		x				x	
26.6.08	32.1%		X					Gärgut
23.7.08	32.2%		x					weing Struktur
17.6.08	32.4%		X					Gras
10.7.08	32.4%		x					Gärgut
21.4.08	33.2%		x					Gärgut
5.7.07	33.3%			x			x	
26.9.07	33.8%		x				x	
10.7.07	34.0%			x			x	Küchenabfall
15.7.08	34.2%			x				Gärgut
3.7.08	34.8%			x				Gärgut
7.5.08	34.8%	x						Gärgut
18.7.07	34.8%		x				x	Küchenabfall
11.6.08	35.1%			X				viel Gras
3.7.07	35.1%			x			x	grasig
3.7.08	35.1%			x				weing Struktur
5.6.08	35.3%			X				Gärgut
15.7.08	35.4%			x				Gras-Laub
26.9.07	35.6%		x				x	
11.6.08	35.8%		X					Gärgut
5.10.07	35.9%	x					x	Küchenabfall
30.7.08	36.1%	x						weing Struktur
16.5.08	36.7%			x				Gärgut
27.7.07	36.9%		x				x	
16.4.08	37.1%			x				Gärgut
3.7.08	37.1%			x				viel Struktur
10.7.08	37.2%	x						viel Gras
18.7.07	37.3%		x				x	viel Gras
21.4.08	37.3%			x				Gärgut
12.9.07	37.4%	x					x	viel Struktur
4.4.08	37.5%		x					wenig Struktur
18.6.08	37.6%			X				Gärgut
27.7.07	37.8%		x				x	
29.5.08	37.8%		x					Gärgut
10.4.08	38.0%		x					Gärgut
18.9.07	38.6%			x			x	
26.6.08	38.7%		X					wenig Struktur
20.5.08	38.9%		x					Gärgut
26.9.07	39.4%		x		x			Laub, trockenes Gras
5.9.07	39.6%		x		x			
10.7.08	39.6%	x						Gras-Laub
10.7.07	40.0%			x			x	viel Gras
21.4.08	40.2%	x						wenig Struk.
11.10.07	40.2%	x				x		
16.4.08	40.8%			x				wenig Struk.
7.5.08	40.9%	x						wenig Struk.
19.10.07	41.1%	x				x		
30.7.08	41.2%	x						viel Struktur
26.6.08	41.3%		X					viel Struktur
30.10.07	41.4%		x		x			viel Laub
15.7.08	41.6%			x				Gras-Laub

Datum	TS	Wetter			leicht gärbar		Bemerkungen	
	%	tro	wech	nass	wen	mittel	viel	
25.10.07	41.8%	x			x			Laub
12.9.07	42.0%	x			x			
25.10.07	42.7%	x			x			
4.4.08	42.9%		x					viel Struktur
16.5.08	43.1%			x				wenig Struk., trockenes Gras
11.10.07	43.1%	x			x			Gras
21.4.08	43.2%			x				wenig Struk.
20.5.08	43.5%		x					wenig Struk.
18.9.07	44.4%	x				x		
16.4.08	44.8%			x				viel Struk
10.4.08	45.1%		x					wenig Struk..
5.10.07	45.6%	x			x			z.T. Rasen
10.4.08	45.7%		x					viel Struk.
19.10.07	45.9%	x			x			Struktur / Gras
5.6.08	46.0%			X				geringe Struktur
16.5.08	46.3%			x				viel Struk.
7.5.08	48.1%	x						viel Struk.
29.4.08	48.2%	x						viel Struk.
20.5.08	48.4%		x					wenig Struk.
12.9.07	48.6%	x			x			
21.4.08	50.0%			x				viel Struk.
30.10.07	50.8%		x			x		
20.5.08	50.9%		x					viel Struk.
20.5.08	51.7%		x					viel Struk.
23.7.08	57.2%		x					viel Struktur

Wetter: zum Zeitpunkt der **Anlieferung**:

tro: trocken, **wech:** wechselhaft, **nass:** regnerisch

leicht gärbar: Anteile von leicht gärbaren Materialien, wie "nassen" Speiseresten und/oder Früchten und Gemüseabfällen aus Gewerbe etc.:

wen: wenig, **mittel;** **viel**

Name Probe	Organischer Anteil der TS [% Glühverlust]
19. Jan	75.3
25. Januar	74.1
Gärgut april	60.0
Gärgut Juli	78.0
Grüne Tonne	70.0
Grüne Tonne	63.4
Grüne Tonne Okt.	65.9
Grüne Tonne Sept.	66.6
Gärgut Sept.	72.5
Grüngut	73.5
Grüngut April	57.7
Hackgut Mai	53.9
Juli Gärgut	68.5
Juli grüngut	58.6
Juli Hackgut	64.0
Juli Küche	70.6
Juni gärgut	69.7
Juni Hackgut	64.0
Küche	64.2
Mai Gärgut	60.5
Woche 44+45	71.1
Woche 44+45 gr.T.	64.8

Anhang 3:

arbeitsgemeinschaft bioenergie
CH-6340 Baar, Läfflichstr. 8; Tel.: 0041/41/7632121, Fax: 2133
Internet: www.arbi.ch E- Mail: info@arbi.ch



TS- Messungen Eingangsmaterial Feststoffvergärung

Zusammenfassung der wichtigsten Punkte

Probenahmeort:

Nach Möglichkeit – wie vor Ort besprochen – nach Zerkleinerung ab Band/Fördereinrichtung zum Zwischenspeicher, bzw. bei Direkteintrag: vor Eintrag in die Anlage. Die Werte werden bei Anlagen, wo bei der Annahme Sickerwasser entsteht, das nicht erfasst werden kann, anhand von plausiblen Werten ab Anlage Aarberg korrigiert. In Aarberg werden aktuell 2 Ströme erfasst („trocken“ und „angeliefert feucht“ gemischt mit Sickersaft). Nach Umbau werden 3 Ströme inkl. Mengen erfasst („trocken“, „feucht“ und „Saft“).

Messdaten:

Einmal pro Woche, jeweils an unterschiedlichen Wochentagen, damit keine systematischen Fehler entstehen, sofern an bestimmten Tagen überdurchschnittlich nasses Material angeliefert wird.

Probenahme:

Jeweils zwei Proben (=Doppelproben) à mindestens 200 g in Aluschalen. Es sollen – sofern der Anlieferbunker stark gefüllt ist - wegen einem möglichen Feuchtigkeitsgradienten im Bunker die Proben beim Abarbeiten erst etwa in mittlerer Tiefe und von zwei verschiedenen Greiferinhalten genommen werden. Die Schale mit 3-4 kleineren Portionen ab Band füllen.

Probenverarbeitung:

Aluschale durch Einritzen einer Nummer in den Boden markieren. Wägen im leeren Zustand (= Tara; auf Messblatt eintragen). Wägen nach Füllung (Messblatt „Einwaage“) und trocknen bei 105°C bis zur Gewichtskonstanz („Auswaage“). Die Schalen können mehrmals verwendet werden (Tatra regelmässig messen).

Nach Trocknung sind die Proben stabil. Sie werden (z.B. in einem Plastiksack) an einem trockenen Ort aufbewahrt und periodisch eingesammelt zur Bestimmung des Glühverlusts jeweils aus Mischproben, um so pro Monat eine Bestimmung aus der Mischung/Zermörserung mehrerer TS-Proben zu ermöglichen. Der Glühverlust kann in Rümlang bei Edi Barmettler gemacht werden.

Wetter:

Ankreuzen, wie Wetterlage am Tag der **Anlieferung** war! (trocken, wechselhaft oder regnerisch = nass).

Charakterisierung Material:

Angeben, ob *relativ* wenig, mittelmässig oder viel leicht abbaubares, relativ nasses Material dabei ist. Leicht abbaubar sind Speisereste, Früchte oder frischer Rasen etc. im Gegensatz zu Laub und Gartenabbaum, der relativ trocken ist.

Bemerkungen:

z.B. „Bunker oben“ oder „Bunker unten“, sofern nicht in der Mitte, bzw. andere wichtige Kommentare, wenn beispielsweise sehr altes Material, das schon einige Tage in einem Zwischenlager lag, beprobt wird etc.