

Veränderung der Energiebilanz und Kompostqualität durch Vorschaltung einer Vergärungsanlage

Jürgen Roth

Zusammenfassung

Im Dezember 2007 wurde die neue Vergärungsstufe, als Ergänzung zur bestehenden Kompostierung, im Humus- und Erdenwerk Ilbenstadt in Betrieb genommen. Bei dem Verfahren handelt es sich um eine Trockenfermentationsanlage der Fa. KOMPOGAS mit einem liegenden Pfropfenstromfermenter. Nach Warminbetriebnahme und Probetrieb wurde die Anlage im Juli 2008 abgenommen und wird seither im Dauerbetrieb durch Gesellschaften des Wetteraukreises geführt.

Die Betriebserfahrungen der ersten beiden Jahre zeigen, dass sich die Energiebilanz der Anlage deutlich verbessert hat. Die Veränderung der Kompostqualität vor und nach Einführung der Vergärungsstufe ist deutlich feststellbar und bringt insbesondere im Hinblick auf die Erdenproduktion durch verminderte Salzgehalte wesentliche Vorteile. Der Düngewert der Kompostprodukte ist seither jedoch niedriger anzusetzen.

1 Einleitung

Im Wetteraukreis werden bereits seit 1990 Bioabfälle getrennt gesammelt und kompostiert. Im Laufe der Jahre wurde aus einem dezentralen Konzept mit mehreren kleineren Kompostanlagen ein Konzept mit einem zentralen Kompostwerk entwickelt, das in Niddatal-Ilbenstadt im Jahr 2000 für einen Durchsatz von 22.000 Jahrestonnen verwirklicht wurde.

Aufgrund weiter steigender Bioabfallmengen, gelegentlicher Geruchsimmissionen im Umfeld der Anlage und der Klimadiskussion wurden weitergehende Standortentwicklungsüberlegungen angestellt, die in den Bau der Vergärungsstufe mündeten.

Nach Vorversuchen im Frühjahr 2006 erfolgte im Sommer 2006 eine europaweite Ausschreibung zur Integration einer Vergärungsanlage für einen Teilstrom von 18.000 Jahrestonnen am Kompostwerk Ilbenstadt. Nach der Auftragsvergabe im November 2006 folgten Genehmigungsverfahren und die Ausführungsplanung, so dass im April 2007 die Baumaßnahmen anliefen. Planungsgemäß erfolgte die erste Einspeisung von Strom im Dezember 2007.

Der Abfallwirtschaftsbetrieb des Wetteraukreises ist als Eigenbetrieb Träger der Abfallwirtschaft im Wetteraukreis. Daneben existieren verschiedene Tochtergesellschaften

ten, die Aufgaben als Investitionsgesellschaft und als operative Gesellschaften übernehmen. Für das bestehende Kompostwerk und die Erweiterung mit der Vergärungsstufe ist die Wetterauer Entsorgungsanlagen GmbH (WEAG) als Investitionsgesellschaft tätig. WEAG tritt als Energieproduzent auf und refinanziert maßgebliche Anteile der Kapitalkosten über die Stromerlöse.

Für den Betrieb der Anlage ist die Beteiligungsgesellschaft Kompostierung Wetterau GmbH verantwortlich, in der neben dem Wetteraukreis als Mehrheitsgesellschafter verschiedene landwirtschaftliche Organisationen beteiligt sind. Mit dieser Gesellschafterstruktur wird landwirtschaftliches Know-how im Betrieb der Anlage implementiert und die langfristige Sicherung der landwirtschaftlichen Vermarktung sowohl der erzeugten Frischkomposte als auch der flüssigen Gärreste erreicht.

2 Anlagenbeschreibung

Nach der Verwiegung im Eingangsbereich der Anlage fahren die Anlieferfahrzeuge zum Entladen in die geschlossene Anlieferungs- und Aufbereitungshalle. Eine Anlagenübersicht ergibt sich aus Abb. 1. Die detaillierte Ansicht der Aufbereitung, Vergärung und Intensivrotte ist in Abb.2 dargestellt.

Mit Hilfe eines Radladers werden die Bio- und die Grünabfälle auf einen langsamlaufenden Zweiwellenzerkleinerer aufgegeben. Das Abwurfband des Zerkleinerers bedient ein Steigband, das an einem Magnetscheider vorbei ein 7 Meter langes Sternsieb beschickt. Der Abwurf des Unterkorns (< 60 mm) aus dem Sternsieb erfolgt in eine Box, aus der das aufbereitete Material mittels Radlader entnommen und auf den Vorlagebunker des Fermenters aufgegeben wird. Der Siebüberlauf (ca. 4%), der den überwiegenden Anteil der Störstoffe enthält, wird der thermischen Verwertung zugeführt.

Die Beschickung des Fermenters erfolgt aus einem Vorlagebunker per Förder- und Stopfschnecke. Bei dem Vergärungsverfahren handelt es sich um eine Trockenfermentationsanlage der Fa. KOMPOGAS mit einem liegenden Pfropfenstromfermenter. Der Fermenter wird im thermophilen Temperaturbereich betrieben. Der TS-Gehalt der Ausgangsmaterialien liegt zwischen 40 und 60%, je nach Materialzusammensetzung und Jahreszeit. Es erfolgt eine Animpfung durch Rückführung von Gärrest im Fermentereintragsbereich. Der TS-Gehalt im Eintragsbereich wird damit auf ca. 30% eingestellt. Die Prozesstemperatur von ca. 55°C wird durch im Fermenter befindliche Heizlanzen aus der Abwärme des BHKW sichergestellt.

Die Vergärung erfolgt dynamisch mit einer mechanischen Entgasungshilfe. Der Ausstrom aus dem Fermenter erfolgt zeitlich getaktet mit einer Feststoffpumpe. Anschließend wird das Material über zwei Schneckenpressen entwässert. Der Überschuss an flüssigem Gärrest gelangt über zwei Absetzbecken und Zwischenspeicherbecken in einen Flüssigdüngerbehälter.

Der feste Gärrest wird mittels Radlader aufgenommen und zwei Konditionierungstunneln mit insgesamt vier voneinander getrennten Intensivbelüftungsfeldern zur Aerobisierung zugeführt. Dabei erfolgt eine Vermischung mit den überschüssigen Bioabfällen aus der Voraufbereitung und mit frischem Grünschnitt zur Sicherstellung der besseren Durchlüftbarkeit. Nach ca. zwei Tagen wird das vorkonditionierte Material per Radlader dem Altbestand übergeben und den Rottetunneln zugeführt. Dort erfolgt eine etwa 10-tägige Intensivrottephase.

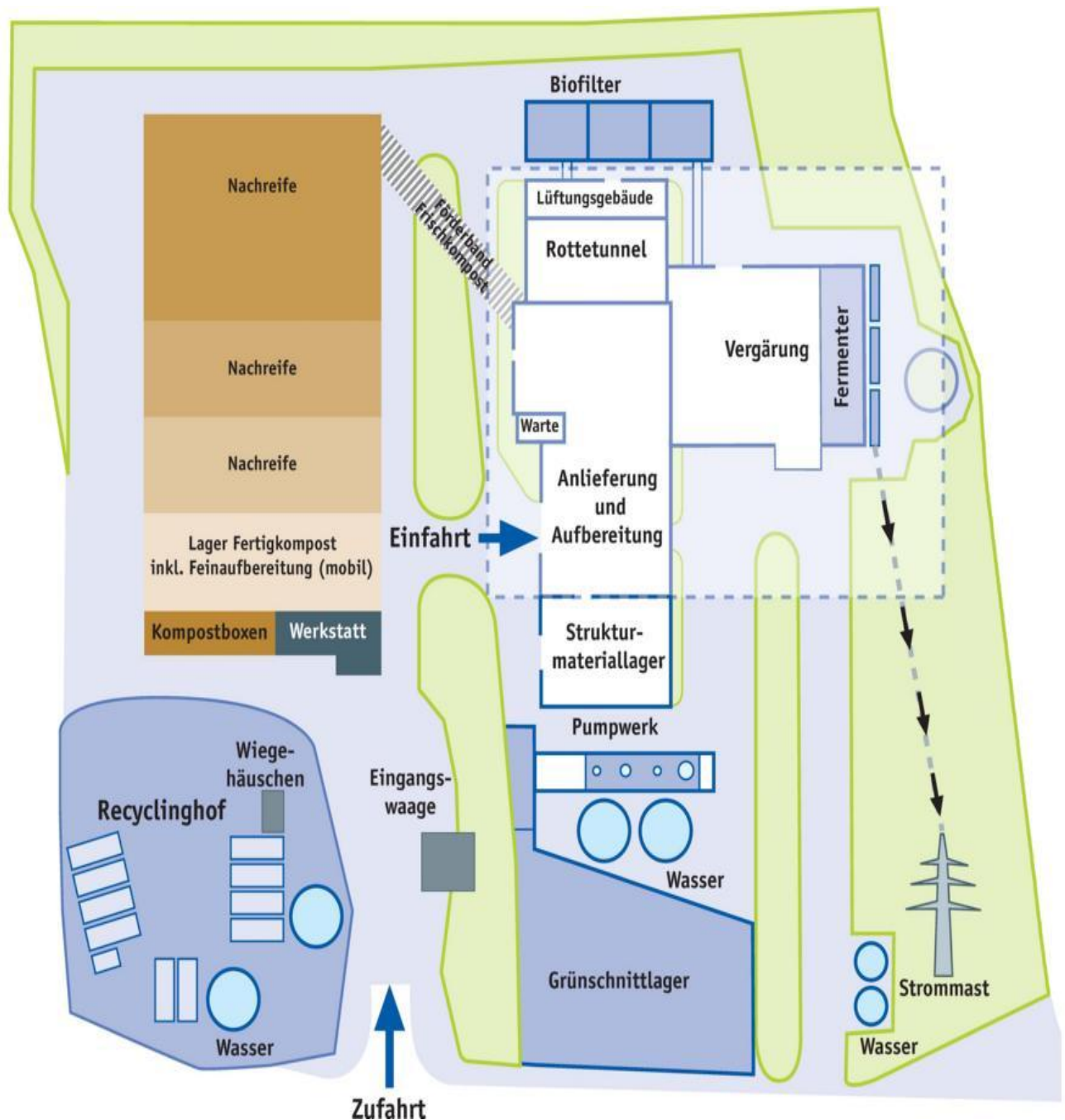


Abb. 1: Standortübersicht

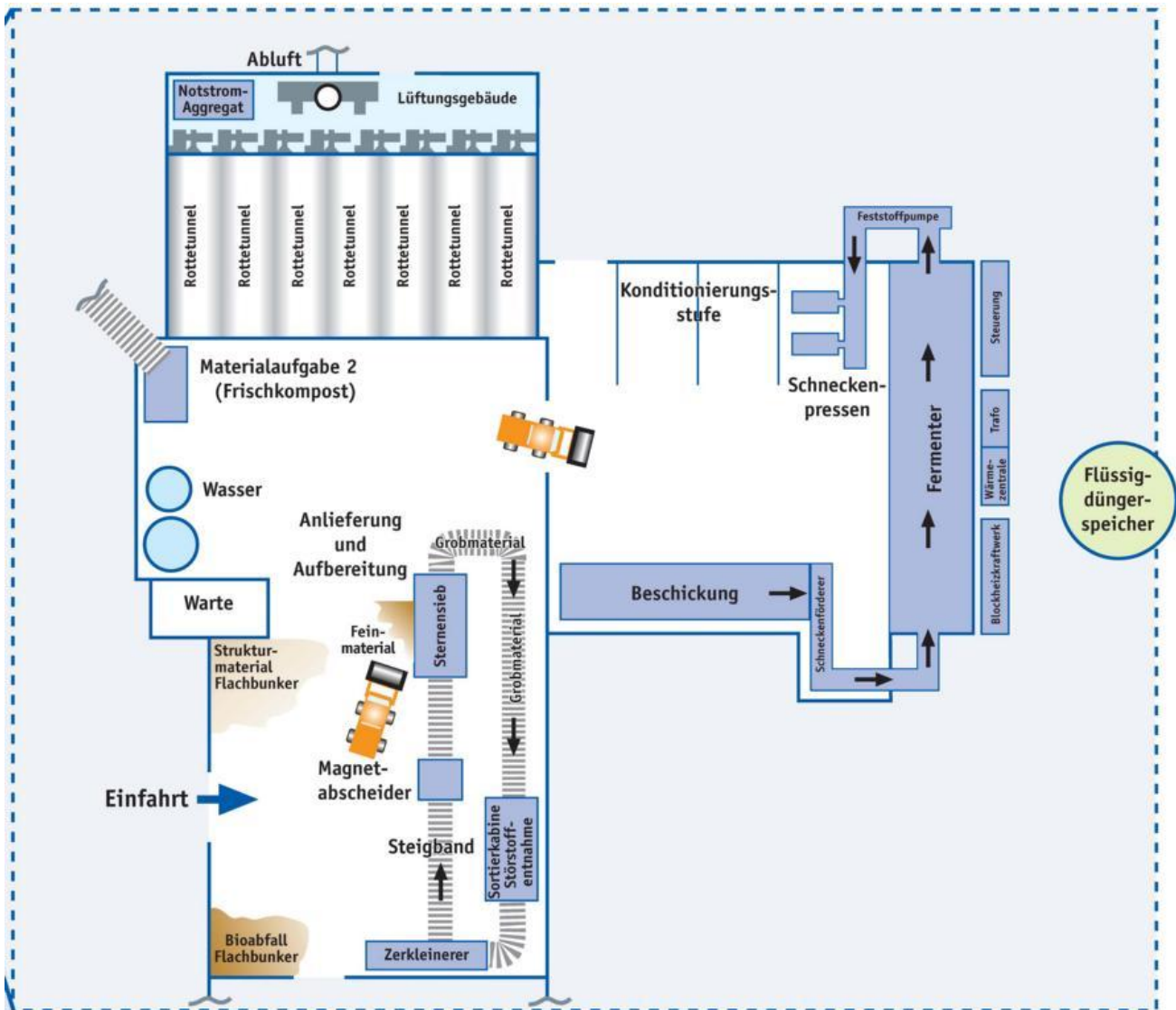


Abb. 2: Detaillierte Ansicht der integrierten Vergärungsstufe

Anschließend wird das Material der Konfektionierung zur Frischkompostherstellung bzw. der weiteren Nachreife und späteren Konfektionierung für die Fertigkompostherstellung übergeben. Der Verfahrensablauf ist in Abb.3 dargestellt. Der holzige Siebüberlauf wird mit einem Windsichter gereinigt und thermisch verwertet.

Die Abluft aus dem neuen Hallenbereich und der Konditionierungsstufe wird einem neben den beiden bestehenden Biofilterbeeten neu gebauten Biofilterbeet zugeführt und desodoriert.

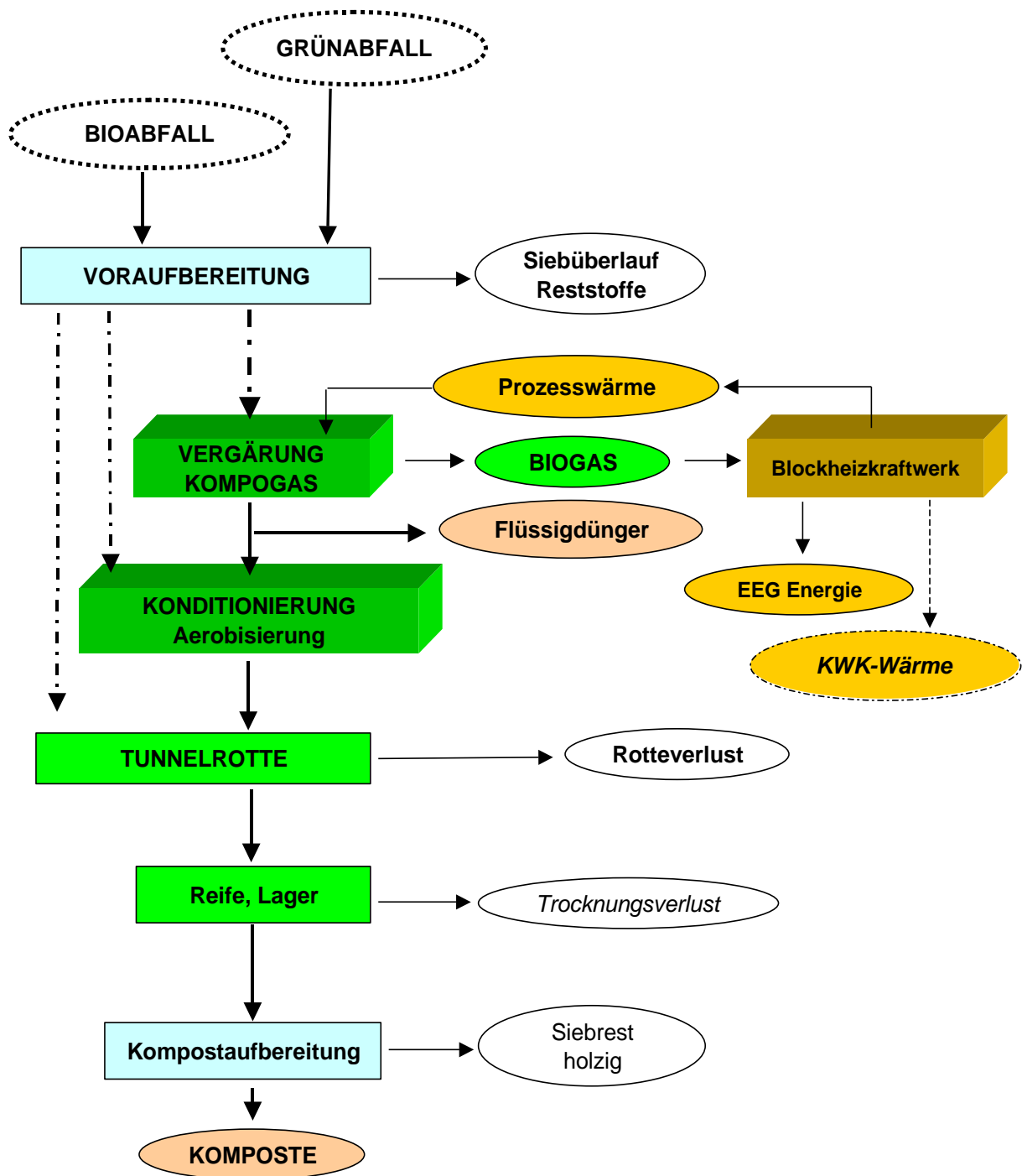


Abb. 3: Verfahrensablauf nach der Nachrüstung der Vergärungsstufe

3 Technische Daten der Anlage

- Genehmigter Gesamtdurchsatz: 29.500 t/a
- Kapazität Vergärungsstufe: 20.000 t/a
- Vergärungsverfahren: Kompogas Trockenfermentation
im Pfropfenstrom
- Reaktortemperatur: 55°C (thermophil)
- Tagesinput Vergärung: 40 bis 60 t
- Fermentervolumen: 1.600 m³
- Füllvolumen Fermenter: 1.300 m³
- Hydraulische Verweildauer: 14 – 16 Tage
- Faulraumbelastung: ca. 8 kg/m³
- Gasertrag: ca. 120 m³ / t
- Methangehalt: 56 bis 62 %
- Schwefelgehalt (H₂S): 200-500 mg/m³
- Erzeugte elektrische Energie: ca. 4.500.000 bis 4.800.000 kWh/a
- BHKW: Jenbacher 625 kW_{el.}
- Überschusswasser (Flüssigdünger): ca. 5000 m³/a

4 Betriebserfahrungen

Durch die Ergänzung der Vergärungsstufe konnte die genehmigte Durchsatzleistung der Anlage um 35% erhöht werden.

Der Betreuungsaufwand für die Gesamtanlage ist durch die Integration der Vergärungsstufe mit neuer Technik (Eintragssystem mit Leiterförderer und Schneckenförderern und Fermenteraustrag mit Kolbenpumpe und Schneckenpressen) und mit neuer Biologie, beides benötigt eine Rund-um-die-Uhr Betreuung, deutlich erhöht. Allerdings erfordert die Nachbehandlung einen im Vergleich zu dem vorherigen reinen Kompostierungsbetrieb deutlich geringeren Aufwand, so dass bei einem Mehrbedarf an Arbeitsstunden von etwa 7% der um 35% erhöhte Durchsatz der Anlage geleistet werden kann.

Vor der Inbetriebnahme der Vergärungsstufe waren im direkten Umfeld des Kompostwerks, besonders nach Umsetzarbeiten, Kompostgerüche zeitweise wahrnehm-

bar. Gelegentlich kam es zu Beschwerden von Anwohnern, insbesondere bei Inversionswetterlagen im Sommer und damit verbundenen Kaltluftabflüssen.

Seit der Inbetriebnahme der Vergärungsstufe sind keinerlei Geruchsbeschwerden aus den umliegenden Ortschaften eingegangen. Auch im direkten Umfeld der Anlage sind die Gerüche trotz des insgesamt erhöhten Durchsatzes deutlich reduziert. Dieser positive Effekt ist auf den erheblich verlängerten Zeitraum der Behandlung der Abfälle im geschlossenen System und den intensiven Abbau in der Vergärungsstufe zurückzuführen.

In den folgenden Kapiteln werden die Aspekte Energiebilanz und Produktqualität einer genaueren Betrachtung unterzogen.

4.1 Energieproduktion

Das im Planungs- und Entscheidungsprozess implementierte Ziel war die Erzeugung von Energie durch die Integration einer Vergärungsstufe mit einer möglichst hohen Energieausbeute. Dieses Ziel wurde im Rahmen der Ausschreibung beschrieben und ist bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in die Auswertung eingeflossen. Den Berechnungen zugrunde gelegt wurde eine erwartete Stromproduktion von 4.400.000 kWh pro Jahr. In den ersten beiden Betriebsjahren wurde der Erwartungswert um ca. 7% deutlich überschritten, was insbesondere auch auf die gute Verfügbarkeit des BHKW mit über 98% zurückzuführen ist. Rechnerisch ergeben sich dabei rund 7.500 Volllaststunden.

Die Abwärme des BHKW aus dem Wasserkreislauf beträgt ca. 2.500.000 kWh. Durch die Installation eines Abgaswärmetauschers könnten weitere 2.500.000 kWh gewonnen werden.

Der Energiebedarf für den thermophilen Vergärungsprozess beläuft sich auf jährlich etwa 1.100.000 kWh, so dass der extern nutzbare Wärmeüberschuss derzeit bei ca. 1.400.000 kWh liegt. Dieser wird zur Beheizung und Warmwasserbereitung der Betriebsgebäude und soll in Kürze in einer Trocknungsanlage genutzt werden.

4.1.1 Veränderung der Energiebilanz

Bei der Betrachtung der Energiebilanzen vor und nach Ergänzung der Vergärungsstufe ist festzustellen, dass dabei wesentliche Effekte auf die veränderten Massenbilanzen zurückzuführen sind. Neben der Erhöhung des Anlagendurchsatzes spielen dabei auch die geänderte Voraufbereitung mit der Umstellung von Trommelsieb- auf Sternsiebtechnik und die veränderten Korngrößenanforderungen sowie die spätere Aufteilung in Flüssig- und Festphase eine Rolle.

In Tab.1 sind die wesentlichen Stoffströme im Vergleich der Situation vor und nach Inbetriebnahme (IBN) der Vergärungsstufe aufgelistet.

	Vor IBN Vergärung	Nach IBN Vergärung
Input (Bio + Grün) (t/a)	23.000	29.500
Reststoffe (t/a)	600	1.200
Brennstoff holzig (t/a)	2.300	2.000
Fertigkompost (m³/a)	3.000	3.000
Frischkompost (m³/a)	11.000	11.000
Flüssigdünger (m³/a)	0	6.000

Tab. 1: Input und Output aus Vor- und Nachaufbereitung

Vor der Inbetriebnahme der Vergärungsstufe wurde keine Energie produziert. Seit der Inbetriebnahme der Vergärungsstufe wird das erzeugte Biogas im Blockheizkraftwerk verstromt und Überschusswärme genutzt (Tab. 2).

	Vor IBN Vergärung (kWh)	Mit Vergärung (kWh)
Stromproduktion	0	4.600.000
Wärmeüberschuss	0	1.400.000
Summe	0	6.000.000
kWh/ t Input	0	204

Tab. 2: Energiegewinn innerhalb der Anlage Ilbenstadt

Der Gesamtenergieverbrauch aus dem Anlagenbetrieb vor und nach der Ergänzung der Vergärungsstufe ist Tab.3 zu entnehmen.

	Vor IBN Vergärung (kWh)	Mit Vergärung (kWh)
Verbrauch elektrisch	570.000	950.000
Verbrauch Kraftstoff	840.000	730.000
Verwertung Kompost	110.000	110.000
Verwertung Flüssigdünger	0	60.000
Summe	1.520.000	1.850.000
kWh/ t Input	66	63

Tab. 3: Gesamtenergieverbrauch im Anlagenbetrieb

Bei der Zusammenstellung der Verbrauchsdaten und der Gegenüberstellung zur Energieproduktion ergibt sich die in Tab.5 dargestellte Bilanz. Zu berücksichtigen ist, dass in der Vergärungsstufe nur rund 20.000 t Bioabfall behandelt werden, während die Energieerzeugung auf den Gesamtinput (29.500 t/a) bezogen ist.

	Vor IBN Vergärung (kWh/t Gesamtinput)	Nach IBN Vergärung (kWh/t Gesamtinput)
Energieerzeugung	0	204
Verbrauch elektrisch	- 25	- 32
Verbrauch Kraftstoff	- 36	- 25
Verwertung Kompost	- 5	- 4
Verwertung Flüssigdünger	0	- 2
Energiebilanz	- 66	141

Tab. 5: Energiebilanz der Anlage Ilbenstadt vor und nach Inbetriebnahme der Vergärungsstufe ohne Einbeziehung der gewonnenen Brennstoffe

Festzustellen ist, dass die Energiebilanz nach Ergänzung der Vergärungsstufe deutlich positiv ausfällt, während vor der Ergänzung ein Energiebedarf feststellbar war.

Bei einer zusätzlichen Bewertung der Outputmaterialien in Anlehnung zu den Berechnungen der regionalen Gütegemeinschaft Kompost Bayern (Schmidt, 2009) ergeben sich folgende Energieinhalte der Outputmaterialien (Tab.6). Dabei ist den holzigen Brennstoffen nach Einführung der Vergärungsstufe wegen des höheren Wassergehaltes ein um 10% geringerer Heizwert zugeordnet.

	Vor IBN Vergärung (kWh)	Mit Vergärung (kWh)
Reststoffe	600.000	1.200.000
Brennstoff holzig	3.910.000	3.116.667
Summe	4.510.000	4.316.667
kWh/ t Input	196	146

Tab. 6: Energiegewinn aus den Outputmaterialien (Brennstoffe)

Die nachfolgende Energiebilanz (Tab.7) berücksichtigt die zusätzliche Einberechnung der erzeugten Brennstoffe. Wegen der Veränderungen in der Massenbilanz und bei den Heizwerten sinkt zwar der Energiegewinn aus den Brennstoffen, insgesamt bleibt es jedoch bei der deutlichen Verbesserung der Energiebilanz.

	Vor IBN Vergärung (kWh/t Gesamtinput)	Nach IBN Vergärung (kWh/t Gesamtinput)
Energiebilanz ohne Bewertung Brennstoffe	-66	141
Energie Brennstoffe	196	146
Energiebilanz	130	287

Tab. 7: Energiebilanz der Anlage Ilbenstadt vor und nach Inbetriebnahme der Vergärungsstufe unter Berücksichtigung der Energie der Brennstoffe

Für die Anlage Ilbenstadt wurde damit das Ziel der wesentlichen Verbesserung der Energiebilanz durch die Ergänzung der Vergärungsstufe in jedem Fall voll erreicht.

4.2 Produktqualität

Seit der Inbetriebnahme der neuen Vergärungsstufe wird das neue Produkt „flüssiger Gärrest“ erzeugt und die festen Gärreste werden im Bestand des Kompostwerks zu Kompost weiterverarbeitet. Durch eine direkte Prozessprüfung wurde die Hygienisierung der Gärprodukte nachgewiesen.

4.2.1 Flüssige Gärreste (Flüssigdünger)

Nach dem Abpressen gelangt der im Verfahren hygienisierte flüssige Gärrest in ein Absetzbecken und wird teilweise wieder dem Fermenter zugeführt. Der überschüssige Gärrest mit einem TS-Gehalt von ca. 16% wird dem Flüssigdüngerspeicher zugeführt. Mit einem Wasserüberschuss von ca. 220 bis 250 Litern je Tonne Fermenterinput liegt dieser Wert deutlich unter den Prognosen der Planungsphase. Dies ist einerseits auf den TS-Gehalt der Inputmaterialien und andererseits auf die Einstellung der Pressen zurückzuführen. Insbesondere durch den Pressendruck lässt sich die Überschussmenge gestalten und gleichzeitig der Verschleiß und der Wartungsaufwand an der Presse beeinflussen.

Ziel war es zunächst, den Wasserüberschuss zu minimieren und erste Erfahrungen mit Ausbringung und Akzeptanz bei den Anwendern zu sammeln.

Nach den ersten beiden Betriebsjahren kann eine durchweg positive Bilanz gezogen werden:

- Der Flüssigdünger ist sehr gut ausgegoren. Die Geruchsbonitur in den Probe-nahmeprotokollen lautet durchgehend „Neutral“ bzw. „Angenehm“.
- Der Nährstoffgehalt ist sehr hoch mit einem erheblichen Anteil an verfügbarem Stickstoff, so dass der Flüssigdünger als Volldünger Anwendung finden kann.

- Die Schwermetallgehalte bewegen sich im Bereich der aus dem vorherigen Kompostierungsbetrieb bekannten Werte und erfüllen die Anforderungen der Bioabfallverordnung deutlich.
- Bei der Ausbringung mit Prallteller treten zwar keinerlei technischen Probleme auf. Jedoch kommt es zu einer erhöhten Ammoniakfreisetzung, die sich im Vergleich zur bodennahen Ausbringung an einer höheren Geruchsfreisetzung bemerkbar macht. Daher wird die bodennahe Ausbringung bevorzugt.
- Bei der bodennahen Ausbringung im Schleppschlauchverfahren über die im Wetteraukreis vorhandene landwirtschaftliche „Gülleketten“ ist es trotz der größeren Empfindlichkeit dieses Systems und trotz der hohen TS-Gehalte ebenfalls zu keinen technischen Problemen gekommen. Die Geruchsfreisetzung bei dieser Ausbringung ist extrem gering. Insbesondere ist Geruch im Anschluss an die Ausbringung nicht nachhaltig wahrnehmbar.

4.2.2 Kompostprodukte

Nach dem Abpressen der festen Gärreste auf einen TS-Gehalt von 32 bis 36% werden diese mit den überschüssigen Bioabfällen aus der Voraufbereitung und mit frischem Grünschnitt vermischt und für ca. zwei Tage der Konditionierungsstufe zugeführt. Die Konditionierungsstufe dient der Aerobisierung der festen Gärreste. Das Umlagern in die Rottetunnel der Altanlage ist ein weiterer Mischungsvorgang und fördert die Aerobisierung der Materialien und die anschließende weitere Rotte. Nach der 10-tägigen Intensivrotte in den Rottetunneln wird das Material mit mindestens Rottegrad 3 bis 4 der Nachreife- und Lagerhalle im Außenbereich zugeführt. Dort wird das Material zur Einstellung des optimalen Feuchtegehalts für die Konfektionierung nachbehandelt. Ebenso erfolgt dort die Nachreife der Fertigkomposte für den Garten- und Landschaftsbau und den Privatgarten und für die Herstellung der Pflanz- und Gartenerden.

4.2.3 Veränderung der Kompostqualitäten

Nach der Inbetriebnahme der Vergärungsstufe sind Veränderungen an den Kompostprodukten aufgetreten. Nach der Auswertung der Daten aus den ersten beiden Betriebsjahren der Vergärungsstufe können folgende Feststellungen bei dem Vergleich der Kompostprodukte vor und nach der Inbetriebnahme getroffen werden:

- Optisch und olfaktorisch unterscheiden sich die Fertigkomposte nach der Inbetriebnahme der Vergärungsstufe nicht von den zuvor im reinen Kompostierungsbetrieb erzeugten Produkten.
- Der Salzgehalt der Kompostprodukte nach Inbetriebnahme der Vergärungsstufe ist im Vergleich zur reinen Kompostierung um ca. 30% deutlich abgesunken. Diese Salze finden sich im flüssigen Gärrest wieder, was durch den hohen

Salzgehalt belegt wird. Der verminderte Salzgehalt in den Kompostprodukten stellt einen deutlichen Vorteil für die Erdenproduktion dar, da höhere Mengen an Biokompost eingemischt werden können.

- Die Nährstoffgehalte der Komposte sind insbesondere bei den „mobilen“ Nährstoffen (N_{ges} , K_{ges}) analog zu den Salzgehalten deutlich reduziert. Dies ist bei der Anwendung der Komposte und den damit verbundenen Berechnungen zu berücksichtigen. Der Düngewert ist dementsprechend niedriger anzusetzen.
- Bei den Schwermetallen zeigt sich keine einheitliche Veränderung der einzelnen Elemente. Insgesamt sind weder wesentliche positive noch negative Veränderungen feststellbar.

5 Quellen

Schmidt, Manfred (2009): Energiebilanz von Kompostierungsanlagen-Energetische Verwertung von holzigen Materialien aus der Kompostierung; in: M.Kern, T.Raussen, E.Apel (Hrsg.): Energetische und stoffliche Verwertung von Abfallbiomasse; Tagungsband 2009; S.219-222