Departement für Inneres und Volkswirtschaft
Energie

Thurgau

Potenziale der energetischen Nutzung biogener Abfälle im Kanton Thurgau

Schlussbericht 30. September 2008

Ernst Basler + Partner AG

Ernst Basler + Partner AG
Mühlebachstrasse 11 8032 Zürich
Telefon 044 395 16 16 Fax 044 395 16 17
E-Mail info@ebp.ch

Internet www.ebp.ch
Bericht-Nr. 207'185-1, Roman Bolliger, Markus Sommerhalder, Richard Meyer, Roger Walther
1. Oktober 2008

Vorwort

In der vorliegenden Studie wurden die Potenziale der energetischen Nutzung aus biogenen Abfällen für den Kanton Thurgau ermittelt. Die Arbeiten wurden im Zeitraum Herbst 2007 bis Frühling 2008 durchgeführt. Folgende Personen haben die Untersuchung begleitet:

- Bernard Dubochet, Energiefachstelle Kanton TG; Auftraggeber.
- Christoph Högger, Landwirtschaftsamt
- Adrian Leutenegger, Amt für Umwelt
- Michael Dubach, Bildungs- und Beratungszentrum Arenenberg
- Stefan Mutzner, Oekostrom Schweiz

Die Daten zum Grüngut hat uns Adrian Leutenegger zugestellt. Die Zahlen zu Tierbeständen und entsprechende GVE-Zahlen für die Landwirtschaftsbetriebe im Kanton Thurgau stammen von Christoph Högger und die Angaben zur bestehenden Verwertung in Biogas- und Kompostieranlagen von Adrian Leutenegger und Stefan Mutzner. Die Daten zur Kehrichtverbrennungsanlage Thurgau hat uns Dieter Nägeli (KVA Thurgau) zur Verfügung gestellt. Die Angaben zu den ARA erhielten wir von Thomas Müller (Amt für Umwelt), für Grüngut von Verkehrsflächen von Markus Stamm (Tiefbauamt). Für die Abschätzung zu den tierischen Nebenprodukte und Schlachtabfälle haben wir Angaben von Frau Barbara Leis (Veterinäramt), Jaques Hunziker (Hunziker Food Recycling AG), Thomas Wallig (Wick AG) und Rolf Gautschi bekommen. Daten zum Gasnetz hat uns Hubert Frömelt geliefert (Amt für Raumplanung). Michael Dubach und Michael Raduner vom Bildungs- und Beratungszentrum Arenenberg übermittelten uns Daten zu Biomasseabfällen aus dem Thurgauer Gemüsebau. Mit telefonisch durchgeführten Interviews wurden weitere Daten aus Industrie und Gewerbe zwischen Oktober 2007 und Februar 2008 von der Ernst Basler + Partner AG erhoben.

Die Autoren danken den verschiedenen an dieser Studie beteiligten Personen herzlich für die kooperative Zusammenarbeit.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung ... 1
1.1 Ausgangslage ... 1
1.2 Auftrag ... 1
2 Grundlagen ... 3
2.1 Potenzialbegriffe ... 3
2.2 Definition der biogenen Abfallarten ... 4
2.3 Systemgrenzen ... 6
2.4 Hauptmerkmale Kanton Thurgau ... 9
3 Aufkommen und Verwertung biogener Abfälle im Kanton Thurgau heute ... 10
3.1 Anteil biogener Abfälle im Kehricht ... 10
3.2 Grüngut ... 11
3.3 Halmartige Biomasse aus der Landschaftspflege ... 14
3.4 Biogene Abfälle und Rückstände aus der Lebensmittelindustrie ... 14
3.5 Gastronomieabfälle ... 16
3.6 Tierische Nebenprodukte und Fleischverarbeitungsabfälle ... 16
3.7 Biogene Abfälle aus der Landwirtschaft ... 18
3.8 Klärschlamm aus kommunalen Kläranlagen ... 20
3.9 Zusammenstellung ... 21
4 Künftig energetisch nutzbares Potenzial ... 23
4.1 Verfügbare Mengen biogener Abfälle ... 23
4.2 Geografische Verteilung verbleibendes Potenzial ... 29
4.3 Technische Anlagevarianten ... 32
4.4 Kombination verschiedener Vergärungsanlagetypen ... 38
5 Potenzielle Standortregionen für zusätzliche Vergärungsanlagen ... 43
5.1 Vorgehen bei der Standortevaluation ... 43
5.2 Resultate ... 44
6 Diskussion und Fazit ... 1
6.1 Angebot biogener Abfälle (Aufkommen, Eignung, Verfügbarkeit) ... 1
6.2 Energetische Nutzung biogener Abfälle in Vergärungsanlagen ... 2
6.3 Potenzielle Standortregionen für Vergärungsanlagen ... 3
6.4 Quervergleich mit anderen Studien ... 4
6.5 Gedanken zum weiteren Vorgehen ... 5
7 Literaturverzeichnis ... 6

Anhänge

A1 Energiepflanzen ("Nachwachsende Rohstoffe")
A2 GIS-Modellierung
A3 Umrechnungsfaktoren
A4 Anlagenverzeichnis

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Die aktuelle Schweizer Energiepolitik strebt an, den Beitrag der erneuerbaren Energien an der Energieproduktion zu erhöhen. Der Bundesrat will gemäss seinem Entscheid vom 21. Februar 2008 den Ausstoss von Treibhausgasen bis 2020 um mindestens 20 Prozent und bis 2050 um 50 Prozent senken (gemessen am Stand von 1990).[1)] Den erneuerbaren Energien kommt zur Erreichung dieser Klimaschutzziele neben der Energieeffizienz eine Schlüsselrolle zu.

Die Ziele von EnergieSchweiz sehen vor, dass die erneuerbaren Energien im Jahr 2010 gegenüber dem Jahr 2000 bei der Deckung des Elektrizitätsverbrauchs um 500 GWh (ohne Wasserkraft) und bei der Deckung des Wärmeverbrauchs um 3'000 GWh mehr beitragen. Bis ins Jahr 2030 sollen aus erneuerbaren Energien zur Deckung des Elektrizitätsbedarfs zusätzlich 5'400 GWh[2)] gewonnen werden (inkl. Wasserkraft). Umgerechnet auf die Bevölkerungszahl des Kantons Thurgau entspricht dies ungefähr einer zusätzlichen Elektrizitätsproduktion aus erneuerbaren Energien von ca. 16 GWh bis 2010 und ca. 173 GWh bis 2030 sowie einer zusätzlichen Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energien von 96 GWh.

1.2 Auftrag

In der vorliegenden Untersuchung geht es um die biogenen Abfälle, die mittels anaerober Vergärung energetisch genutzt werden können. Im Vordergrund stehen somit nasse und homogene biogene Abfälle. Das mittels anaerober Vergärung gewonnene Biogas kann in Elektrizität und Wärme umgewandelt oder aufbereitet und ins Erdgasnetz eingespeist werden.

Mittels einer Potenzialabschätzung will der Kanton abklären lassen, welchen Beitrag die energetische Nutzung biogener Abfälle in Zukunft zur Energieversorgung leisten kann. Mit der Untersuchung sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- Wie gross ist das Aufkommen an biogenen Abfällen im Kanton Thurgau?
- Wie werden die biogenen Abfälle gegenwärtig verwertet und entsorgt?
- Welche Abfallmengen sind für die Vergärung geeignet und stehen für die energetische Nutzung zur Verfügung?

1) UVEK (2008) Pressemitteilung vom 21. Februar 2008, http://www.uvek.admin.ch/dokumentation/00474/00492/index.html?lang=de&msg-id=17400 [2008-03-03]
2) Schweizerischer Bundesrat (2004), Botschaft zur Änderung des Elektrizitätsgesetzes und zum Stromversorgungsgesetz vom 3. Dezember 2004, BBl *2005* 1611

- Welche technischen Verfahren stehen für die Vergärung im Kanton Thurgau im Vordergrund?
- Wie viele Vergärungsanlagen sind aus heutiger Sicht zusätzlich noch sinnvoll und welches sind die potenziell günstigen Standortregionen für diese neuen Anlagen?

2 Grundlagen

2.1 Potenzialbegriffe

Für die Schätzung der Potenziale zur energetischen Nutzung von biogenen Abfällen im Kanton Thurgau werden folgende Begriffe benutzt (vgl. Abbildung 1):

Abbildung 1: Potentialbegriffe und Herleitung des Angebots biogener Abfälle. (Die Länge der grünen Balken ist nicht mengenproportional. Die Darstellung dient alleine zur Erläuterung der Begriffe).

Aufkommen biogener Abfälle

In der vorliegenden Untersuchung versteht man unter dem Aufkommen das gesamte physikalische Angebot der heute anfallenden biogenen Abfälle im Kanton Thurgau.

Für die Vergärung geeignete biogene Abfälle

Im Rahmen dieser Studie werden nur biogene Abfälle betrachtet, die aufgrund ihrer Zusammensetzung für eine Vergärung geeignet sind. Es sind dies homogene und strukturarme biogene Abfälle. Holzartige Abfälle wie Papier oder Karton sind für die Vergärung nicht geeignet.

Für die Vergärung verfügbare biogene Abfälle

Ein Teil der biogenen Abfälle ist zwar vorhanden, steht jedoch unter Umständen für eine energetische Nutzung mittels Vergärung nicht zur Verfügung. Beispielsweise enthält der Kehricht zu rund 27% biogene Abfälle, die für eine Vergärung geeignet wären. Durch Anreize und Massnahmen lässt sich die Separat-Sammelquote der biogenen Abfälle bei den Siedlungsabfällen steigern. Trotzdem ist nicht davon auszugehen, dass der gesamte im Kehricht anfallende biogene Abfall für die Vergärung verfügbar gemacht werden kann. Einer Verfügbarkeit entgegenstehen kann ebenfalls die Konkurrenznutzung, zum Beispiel wenn organische Abfälle weiterhin kompostiert oder Rüstabfälle und Speiseresten Tieren verfüttert werden. Ein anderer Grund, der die Verfügbarkeit ausschliessen kann, sind gesetzliche Regelungen.

Verbleibendes Angebot biogener Abfälle

Das verbleibende Angebot biogener Abfälle für die Vergärung wird hergeleitet aus dem Aufkommen biogener Abfälle abzüglich die ungeeigneten sowie die nicht verfügbaren Anteile und unter Berücksichtigung der bereits heute vergärten Mengen.

2.2 Definition der biogenen Abfallarten

Die vorliegende Untersuchung beschränkt sich auf die feuchten, biogenen Abfälle, die in den Haushalten, Industrie und Gewerbe und in der Landwirtschaft anfallen und für die Vergärung geeignet sind. Holzartige Biomassefraktionen sind nicht Bestandteil der Untersuchung.

In den folgenden Ausführungen sind die relevanten biogenen Abfallarten illustriert, die für die Vergärung energetisch genutzt werden können.

Biogene Abfälle im Kehricht

Der Anteil des biogenen Abfalls im Kehricht beträgt in der Schweiz durchschnittlich 27%[3)]. Es handelt sich dabei um a) Rüstabfälle wie Schalen von Kartoffeln, Karotten, Gurken oder Salatblätter etc., b) Speisereste wie Früchte, Gemüse, Teigwaren, Reis, Brot, Fleisch etc., c) übrige Küchenabfälle wie verdorbene Lebensmittel, noch verpackte Lebensmittel, Teebeutel, volle Kaffeefilter etc., d) Topfpflanzen mit Erde, Äste, Reisig und e) Gartenabfälle wie Rasenschnitt, Laub, Blumen, Strauchschnitt etc.. Ein grosser Anteil dieser Abfälle ist grundsätzlich für die Vergärung geeignet. Nicht zu den biogenen Abfällen werden gezählt Papier, Zeitungen, Karton, Holz, Knochen, Leder und anderes mehr.

3) BUWAL (2003)

Grüngut

Das Grüngut besteht im Wesentlichen aus Laub, Rasenschnitt und Baum- und Strauchschnitt (Gartenabraum). Es stammt aus privaten Haushalten, privaten und öffentlichen Gärten, Pärken, Grünflächen wie Friedhöfe, Sportanlagen, Golfplätze, Naturschutzflächen sowie Verkehrs- und Strassenböschungen. Ebenfalls zum Grüngut hinzugezählt werden kompostierbare Rüstabfälle (ungekochtes Gemüse, Früchte und Schalen, die in Küchen anfallen) und Speisereste (gekochte Lebensmittelabfälle), die in privaten Haushaltungen gesammelt und kompostiert werden.

Halmartige Biomasse aus der Landschaftspflege

Als halmartige Biomasse aus der Landschaftspflege wird Gras bezeichnet, das an Uferböschungen und andren Verkehrsflächen als Strassenböschungen anfällt.

Biogene Abfälle und Rückstände aus der Lebensmittelindustrie

Reststoffe und/oder Abfälle biogener Herkunft entstehen in verschiedenen Bereichen der Lebensmittelindustrie. Nennenswerte Beiträge an Abfällen fallen in der Bierherstellung, Weinproduktion, in Brennereien, bei der Milchproduktionsherstellung, Zuckerindustrie und bei der Produktion und Verarbeitung von Früchten an. Früchte und Gemüse, die nicht mehr verkauft werden können, fallen auch in diese Kategorie.

Gastronomieabfälle

Als Gastronomieabfälle werden Speisereste und Rüstabfälle bezeichnet, die in Restaurants, Hotels, Kantinen oder anderen Grossküchen anfallen. Auch Frittierfett, das in Restaurants anfällt, wird zu den Gastronomieabfällen gezählt.

Tierische Nebenprodukte und Fleischverarbeitungsabfälle

Ein nennenswerter Anteil an Reststoffen und/oder Abfällen fällt in Schlachthöfen und in der Fleischverarbeitungsindustrie an. Unter tierischen Nebenprodukten versteht man „Tierkörper sowie nicht zur Verwendung als Lebensmittel bestimmte Schlachttierkörper und Erzeugnisse tierischen Ursprungs".[4] Auch von dem bei der Schlachtung für Lebensmittelzwecke bestimmten Teil fällt noch ein erheblicher Teil als Fleischverarbeitungsabfall weg, der stofflich oder energetisch genutzt werden kann.

Gülle und Mist

Gülle fällt vor allem bei der Haltung von Milchkühen, Mastrindern und Schweinen an. Bei der Haltung von Mutterkühen, Kälbern, Pferden, Schafen und Ziegen sind mehrheitlich Aufstallungen mit viel Stroh üblich, wobei vorwiegend *Mist* anfällt. Gülle und Mist werden zusammen als Hofdünger bezeichnet.

4) Art. 3 Verordnung über die Entsorgung von tierischen Nebenprodukten (VTNP)

Klärschlamm

Klärschlamm ist ein Sammelbegriff für den bei Abwasserreinigungsanlagen ausgeschiedenen Schlamm, unabhängig von dem ihn erzeugenden Reinigungsprozess, handle es sich dabei um eine mechanische, eine biologische oder eine physikalisch-chemische Reinigungsstufe [VSA, Glossar]. Seit Mai 2003 darf Klärschlamm nicht mehr auf Futter- und Gemüseflächen ausgebracht werden. Seit 2006 auch nicht mehr auf den übrigen düngerbaren Flächen in der Landwirtschaft.

2.3 Systemgrenzen

Die vorliegende Studie konzentriert sich auf das Aufkommen und die energetische Verwertung biogener Abfälle mittels Vergärung innerhalb der Grenzen des Kantons Thurgau.

Importe und Exporte biogener Abfälle über die Kantonsgrenzen bei Verwertungsverfahren werden berücksichtigt, so weit diese Stoffflüsse bekannt sind und deren Einbezug sinnvoll ist.

Nicht Gegenstand dieser Untersuchung ist die Verwendung von Energiepflanzen, das heisst von Pflanzen, die speziell für eine energetische Nutzung angebaut werden. In Anhang A1 findet sich dazu eine grobe Abschätzung, in welcher Grössenordnung der Beitrag dieser Pflanzen für die Energieversorgung etwa sein könnte.

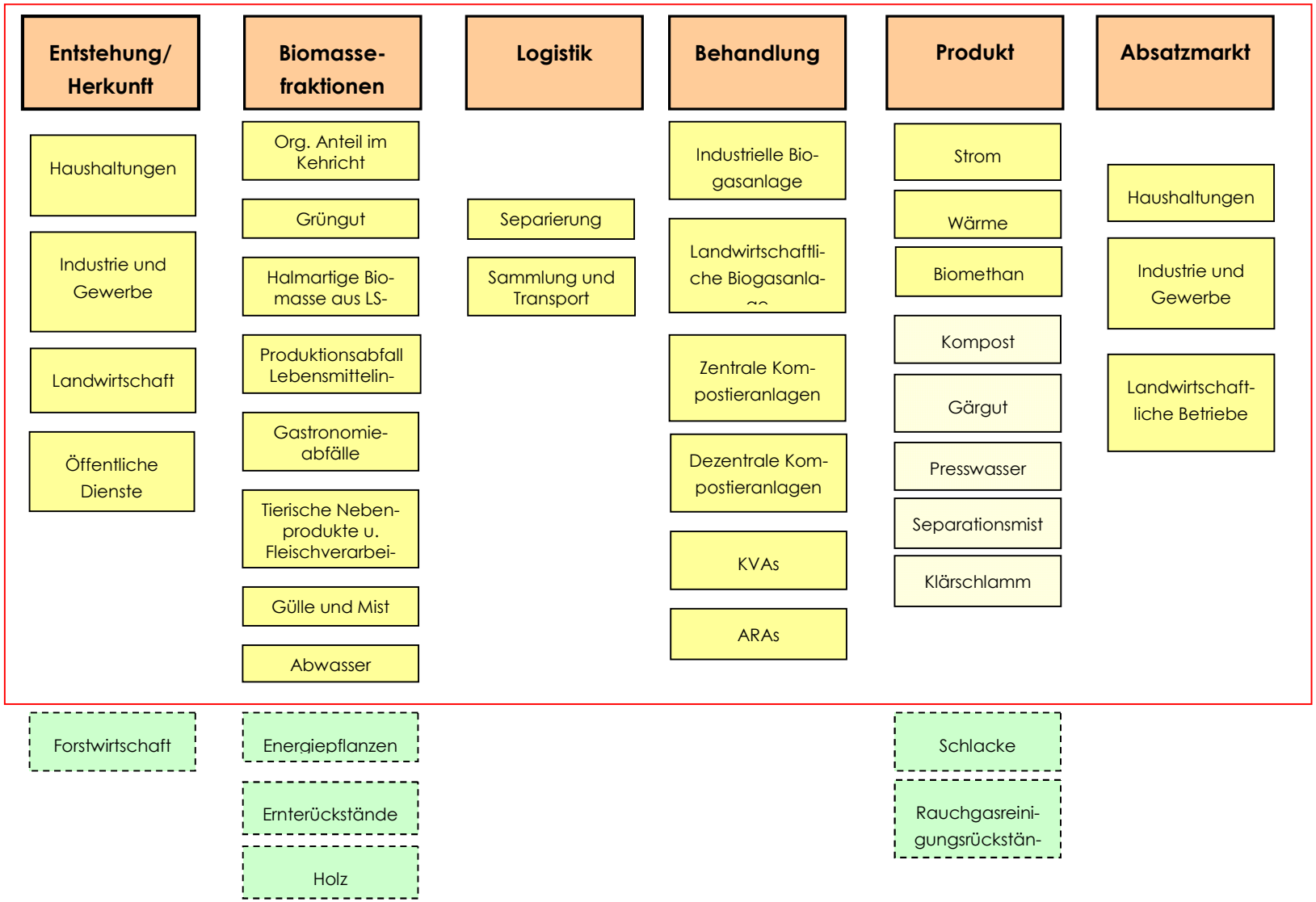


Abbildung 2: Systemgrenze dieser Untersuchung

2.4 Hauptmerkmale Kanton Thurgau

Der Kanton Thurgau ist in 8 Bezirke und 80 politische Gemeinen gegliedert. Der Hauptort ist Frauenfeld. Im Jahr 2007 betrug die Einwohnerzahl 237'514.

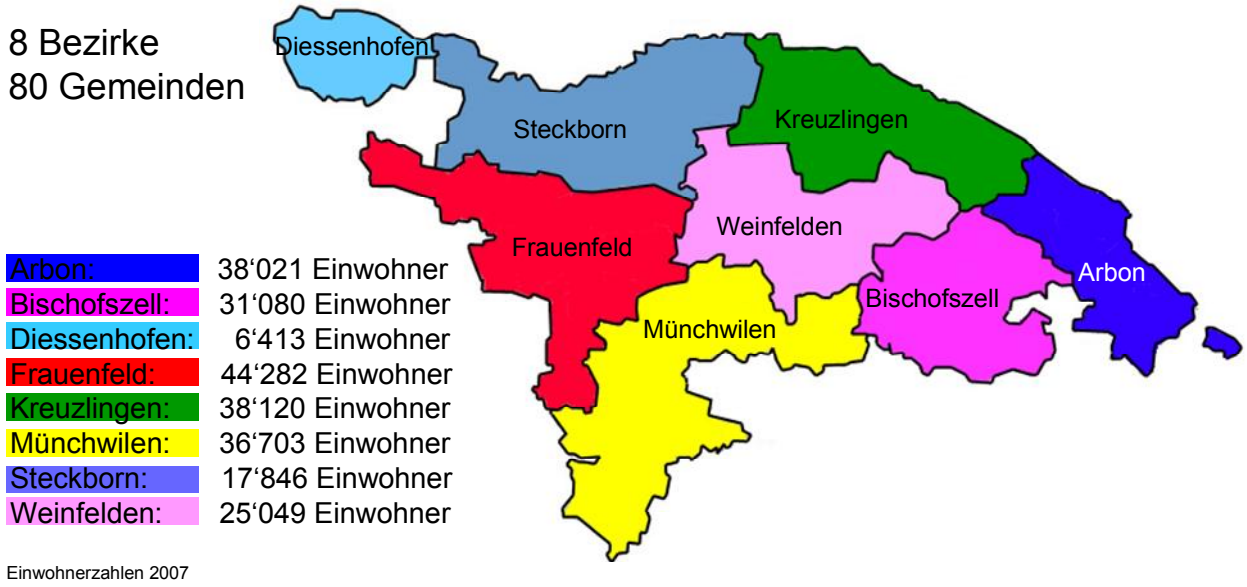


Abbildung 3: Kanton Thurgau.

3 Aufkommen und Verwertung biogener Abfälle im Kanton Thurgau heute

3.1 Anteil biogener Abfälle im Kehricht

3.1.1 Struktur der Kehrichtentsorgung

Der grösste Teil des Kehrichts aus dem Kanton Thurgau wird in der KVA Thurgau in Weinfelden entsorgt. Der Rest wird grösstenteils in die KVA nach Bazenheid gebracht. Es handelt sich dabei um den Kehricht aus den südlichen Gemeinden des Kantons. Der Kehricht von Horn, einer Gemeinde ausserhalb des übrigen Kantonsgebiets, wird in der KVA der Stadt St. Gallen verbrannt.

Im Einzugsgebiet der KVA Thurgau wohnen 190'000 der 230'000 Einwohner des Kantons.[5] Das Sammelgebiet war bis Ende 2006 in 9 Lose aufgeteilt. Auf Anfang 2007 wurden die Lose Weinfelden Nord und Weinfelden Süd zusammengelegt und die Zahl der Lose somit auf 8 reduziert.

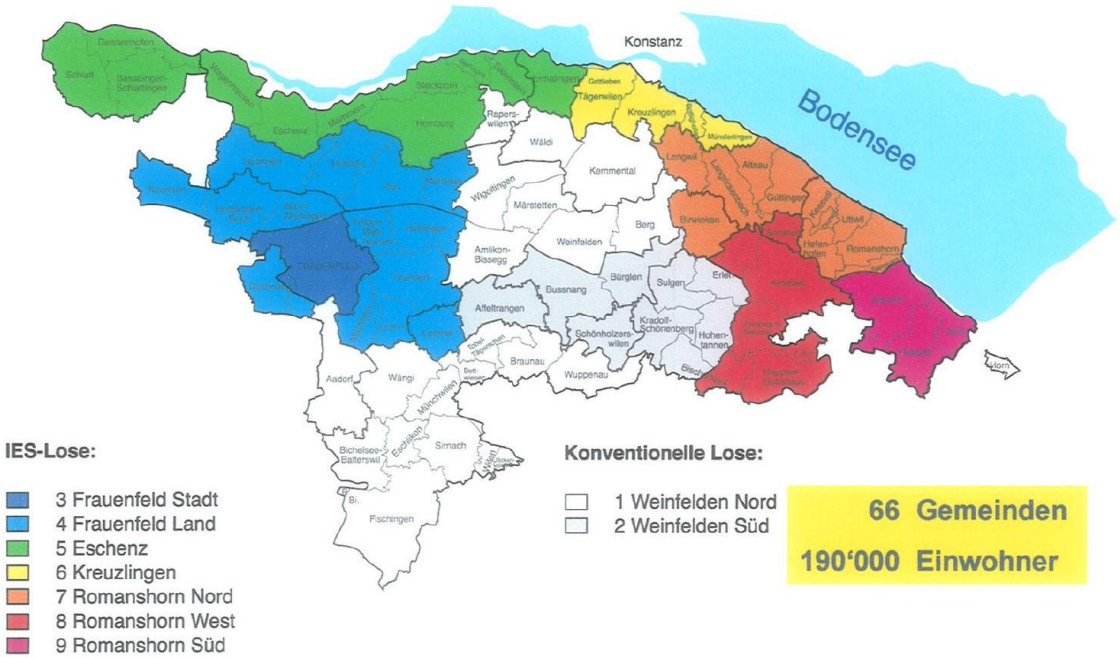


Abbildung 4: Verband KVA Thurgau – Sammelgebiete Kehrichtfahrzeuge 2006. Quelle: KVA Thurgau

5) Website der KVA Thurgau, http://www.kvatg.ch/logistik-ies-001-040202-de.htm, 2007-11-01

Neben der Kehrichtsammlung besteht im Entsorgungsgebiet der KVA Thurgau auch die Möglichkeit der Direktanlieferung in die KVA Thurgau. Der Kehricht gelangt auch via der drei regionalen Annahmezentren (RAZ) Frauenfeld, Kreuzlingen und Hefenhofen in die KVA Thurgau. Gemäss Auskunft der KVA Thurgau enthalten die Direktanlieferungen jedoch kaum Grünabfall und werden hier nicht weiter berücksichtigt.

3.1.2 Kehrichtmenge und biogener Anteil im Kehricht

Laut dem Abfallbericht 07 des Kantons Thurgau betrug die Kehrichtmenge pro Einwohner 170 kg im Jahr 2006 oder im Kanton insgesamt **39'900 Tonnen FS Kehricht**.

Der für die Schweiz ermittelte Anteil biogener Abfälle im Kehricht beträgt 27%.[6] Es wird angenommen, dass dieser Wert aufgrund der in den letzten Jahren angestiegenen Separat-Sammelquote[7] für den Kanton Thurgau leicht tiefer liegt. Es wird deshalb hier von einem biogenen Anteil von 25% ausgegangen. Der **biogene Anteil im Kehricht** im Kanton Thurgau wird demzufolge auf **9'983 Tonnen FS** geschätzt.

Aufkommen		**Verwertung**	
Biogener Abfall im Kehricht	9'983 t FS	Kehrichtverbrennungsanlagen	9'983 t FS

Tabelle 1: Aufkommen und heutige Verwertung/Entsorgung biogener Abfall im Kehricht in der Übersicht (Anteil, der noch nicht separiert wird).

3.2 Grüngut

3.2.1 Grüngut aus privaten Haushaltungen

In 26 von den 80 Gemeinden im Kanton Thurgau existiert eine Grünabfuhr. Im Jahr 2006 wurden 23'199 t FS auf diese Weise gesammelt.

Hinzu kommen 15'578 t FS Grüngut, die hauptsächlich aus professionell bedienten Hausgärten stammen.

Ein Teil der biogenen Abfälle wird von Haushaltungen direkt dezentral in Gärten und Quartieren kompostiert. Neben dem eigentlichen Grüngut sind dies auch Rüstabfälle. In der Schweiz schätzt man, dass aus privaten Haushaltungen pro Einwohner ca. 41 kg jährlich dezentral

6) BUWAL (2003)
7) Kanton Thurgau (2003) Biomassesströme

kompostiert werden[8]. Im Kanton TG werden ungefähr 9'500 t FS biogenes Material aus privaten Haushaltungen dezentral kompostiert.

Total wird für das Jahr 2006 mit einer **Grüngutmenge aus privaten Haushaltungen** von **48'277 Tonnen FS** gerechnet.

3.2.2 Grüngut der öffentlichen Dienste

Die Grüngutmenge aus der Bewirtschaftung von öffentlichen Flächen beträgt gemäss Angaben des Kantons im Jahr 2006 **838 Tonnen FS**. Die relativ deutliche Abnahme gegenüber dem Jahr 2004 (4'005 Tonnen FS) ist vermutlich auf geänderte rechnerische Aufteilungen der Betriebe zu den verschiedenen Herkunftsorte von Grüngut zurückzuführen.

20 Tonnen FS davon werden von Strassengrünflächen sowie eine unbekannte Menge Grüngut von Radstreifen der Grüngutsammlung zugeführt.

3.2.3 Weitere Grüngutmengen

Schätzungsweise 1'000 t FS Grüngut werden auf kleineren Anlagen mit einem Jahresumsatz unter 100 t entsorgt. Diese Anlagen brauchen keine Bewilligung und sind somit statistisch nicht erfasst. Es wird angenommen, dass diese Menge in den Zahlen zu den gesammelten Grüngutmengen noch nicht enthalten ist, und wird deshalb hier hinzugezählt.

Nicht berücksichtigt sind hier Grüngutmengen, die in illegalen Anlagen entsorgt werden, zum Beispiel in Gruben, im Wald, oder in grösseren Kompostierungen, die keine Bewilligung haben. Für Inhaber von Grünabfällen ist es einfach, diese illegal zu entsorgen, aber dazu eine Zahl zu erfassen, ist schwierig.

3.2.4 Zusammenfassung Aufkommen Grüngut

Der Grüngutanfall im Kanton Thurgau wird für das Jahr 2006 auf total 49'115 Tonnen FS geschätzt. Diese Gesamtmenge gliedert sich wie folgt auf:

8) BUWAL (2003)

Herkunft	Mengen in t FS
Grüngut-Separatsammlungen in Gemeinden	23'199
Grüngut aus professioneller Gartenpflege Haushalte	15'578
Organischer Abfall aus privaten Gartenpflege Haushalte	9'500
Grüngut öffentliche Dienste	838
Unbekannt, (Entsorgung auf Anlagen mit einem Jahresumsatz unter 100 t)	1'000
Total	50'115

Tabelle 2: Aufkommen Grüngut im Kanton Thurgau im Jahr 2006.

Nicht berücksichtigt sind hier in Kompostier- und Vergärungsanlagen verwendete biogene Abfälle aus der Industrie, sie fallen gemäss der hier verwendeten Definition unter die Abschätzungen zu den Lebensmittelabfällen aus der Industrie.

3.2.5 Heutige Verwertung Grüngut

Der grösste Teil des Grünguts wird heute kompostiert. Gemäss Angaben des Kantons Thurgau wurde im Jahr 2006 180 t FS separat gesammelter Grüngut vergärt; 3'077 t FS Grüngut wurden zudem in andere Kantone zur Verwertung in Biogasanlagen gebracht. Eine Liste der Kompostierbetriebe sowie bestehender landwirtschaftlicher Biogasanlagen ist im Anhang angefügt.

Verwertungsart	Mengen in t FS
Kompostiert	46'858
Vergärt in Kanton Thurgau	180
Vergärt ausserhalb des Kantons Thurgau	3077
Total	50'115

Tabelle 3: Grüngutverwertung im Jahr 2006.

3.2.6 Für Vergärung geeignete Mengen

Ein Teil des Grünabfalls ist verholzt und nur teilweise für eine energetische Verwertung geeignet. Es wird hier angenommen, dass 40% der insgesamt 50'115 t FS Grüngut für eine energetische Nutzung durch Vergärung geeignet wären. Dies entspricht **20'046 Tonnen FS**.

3.3 Halmartige Biomasse aus der Landschaftspflege

Der Zuwachs von halmartiger Biomasse auf Uferböschungen (ohne Holz) und andern Verkehrsflächen als Strassenböschungen wird auf **2'720 Tonnen FS** geschätzt (Basis GIS-Modellierung).

Strassengrün und Autobahngrün wird teilweise heute bereits unter den separat gesammelten Grüngutmengen erfasst (in der Kategorie der öffentlichen Dienste ausgewiesen) und werden deshalb hier nicht nochmals berücksichtigt.

Die Menge Grüngut von Naturschutzflächen ist nicht bekannt und wird hier nicht berücksichtigt.

3.4 Biogene Abfälle und Rückstände aus der Lebensmittelindustrie

In dieser Kategorie sind Rückstände und Abfälle aus der Milchverarbeitung, der Saftherstellung, Obst- und Gemüseverarbeitung sowie Lebensmittelproduktion enthalten. Nicht berücksichtigt ist Abwasser aus der industriellen Produktion, das auch grössere Mengen organische Fracht aufweisen kann.

Mit Hilfe der GIS-Modellierung wurde in einem top-down-Ansatz die Menge Lebensmittelindustrieabfälle für das ganze Kantonsgebiet ermittelt, unter Einbezug von per Umfrage erfassten Zahlen für sechs grössere Betriebe. Insgesamt hat sich aufgrund der durchgeführten Berechnungen eine jährlich anfallende Menge von etwa **155'666 Tonnen FS** Lebensmittelindustrieabfällen ergeben.

Diese Lebensmittelindustrieabfälle können etwa wie folgt den verschiedenen Branchen zugeordnet werden (Zahlen in t Trockensubstanz [TS] zur besseren Vergleichbarkeit der verschiedenen Produkte trotz ihrer unterschiedlichen Trockensubstanzanteile; das Total von 155'666 t FS entspricht insgesamt 31'133 t TS, unter Annahme eines durchschnittlichen TS-Anteils von 20%[9]):

9) Angenommener TS-Gehalt 20%. Schätzwert aufgrund der Angaben in Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (2005), dass Speisereste und Lebensmittel zwischen 9 und 37% Trockensubstanz enthalten.

Branchen	Firmennamen und Ort	Biogene Abfälle	Mengen Pro Jahr	Gegenwärtige Verwertung	Datenquelle
Milchverarbeitung	60 Dorfkäsereien Strähl Käse AG, Siegershausen Molkerei Biedermann AG, Bischofszell Milchpulverproduktion Betriebe ausserhalb des Verbandsgebietes (<10% d. Milchmengen)	Molke bei Käseherstellung	6900 t TS	Tierverfütterung an Schweine, Trocknung zu Molkepulver und anschliessende Verwendung in Lebensmittelindustrie (Export)	Verband Thurgauer Milchproduzenten (2007)
		Rinde oder Käsestaubabfälle	150 t TS	Tierverfütterung an Schweine, Verbrennung in KVA	Verband Thurgauer Milchproduzenten (2007)
		Milchpulverabfall, Fette und Schlamm bei Milchverarbeitung	200 t TS	Milchpulver hauptsächlich zu Tierfutter, kleine Mengen in KVA. Rest unbekannt.	Umfrage 2007
		Produktionsausschuss	unbekannt	Wahrscheinlich hauptsächlich Tierverfütterung	Umfrage 2007
Obst- und Gemüseverarbeitung	Saftherstellung Thurella und andere Betriebe	Trester, Apfeltrub	13'000 t TS	Tierverfütterung oder Kompostierung	Umfrage 2007, Kanton Thurgau (2003)
	12 Obst- und gemüseverarbeitende Betriebe, insbesondere BINA Bischofszell	Rüstabfälle	3270 t TS	1080 t TS Kompostierung, 2200 t TS Viehfutter, 10 t TS Verbrennung	Kanton Thurgau (2003), Umfrage 2007
		Fette und Öle	300 t TS	Vergärung	Umfrage 2007
	Wein- und Bierproduktion	Trester	unbekannt	unbekannt	
Rüstabfälle bei Gemüseernte	Gemüseproduzenten	Gemüseabfälle bei Reinigung und Lagerung	1'100 t TS	Gründüngung, Feldrandkompostierung	Kanton Thurgau (2003)
Lebensmittelabfälle bei Verkauf	Migros, Coop, und andere Verkaufsstellen	Gemüse, das nicht verkauft werden kann	720 t TS	unbekannt	BBZ Arenenberg (2007)
Weitere, nicht zugeteilt			5'493 t TS		Differenz zu top-down-Analyse
Total			**31'133 t TS (entspricht 155'666 Tonnen FS)**		

Gemäss Angaben des Kantons Thurgau wurden im Jahr 2006 4'214 t FS Abfälle aus der Lebensmittelindustrie vergärt, davon 2'214 t FS in Biogasanlagen im Kanton Thurgau. Die Menge, die ausserhalb des Kantons vergärt wurde, wird auf 2'000 t FS geschätzt. Weitere 6'416 t FS wurden kompostiert. Die verbleibende Menge von 145'063 t FS wurde anderweitig verwertet (ein Teil direkt auf den Feldern als Dünger von den Obst- und Gemüse verarbeitenden Betrieben, ein anderer Teil Tieren verfüttert, ein Teil in Kehrichtverbrennungsanlagen entsorgt und ein anderer Teil in Kläranlagen).

Verwertung / Entsorgungsweg	Menge in t FS
Biogasanlagen im Kanton TG	2'214
Biogasanlagen ausserhalb Kanton TG	2'000
Kompostieranlagen	6'416
Andere (Tierfütterung, KVA, direkt auf Feldern, ARA)	145'036
Total	**155'666**

Tabelle 4: Entsorgung der Abfälle aus der Lebensmittelindustrie im Jahr 2006.

3.5 Gastronomieabfälle

Die Mengen Gastronomieabfälle wurden mittels Top-Down-Ansatz abgeschätzt. Dabei wurde ausgehend von der Angabe, dass in der Schweiz etwa 300'000 t FS Gastronomieabfälle pro Jahr gibt[10)], die im Kanton Thurgau anfallende Menge basierend auf der Zahl der Arbeitsplätze in Gastronomiebetrieben nach Betriebsstatistik abgeschätzt. Daraus ergibt sich eine geschätzte Menge **Gastronomieabfälle** im Kanton Thurgau von **7'390 Tonnen FS** pro Jahr. Mindestens 2'600 t FS Gastronomieabfälle werden aus dem Kanton Thurgau in andere Kantone zur Vergärung gebracht; insgesamt wird die bereits vergärte Menge Gastronomieabfälle auf 3'000 t FS geschätzt.

Aufkommen		Verwertung	
Gastronomieabfälle	7'390 t FS	Vergärung	3'000 t FS
		Tierfutter, KVA, Biodiesel	4'390 t FS

Tabelle 5: Übersicht zum Aufkommen und zur Verwertung der Gastronomieabfälle aus dem Kanton Thurgau im Jahr 2006.

3.6 Tierische Nebenprodukte und Fleischverarbeitungsabfälle

3.6.1 Aufkommen und Verwertung

Für den Kanton Thurgau wird aufgrund der Fleischkontrollstatistik und Angaben des kantonalen Veterinäramtes für das Jahr 2006 von folgenden Zahlen der geschlachteten Tiere ausgegangen:

10) Oettli et al. (2004), S. 72.

Tiergattung	Kälber *	Rinder	Schweine	Schafe	Ziegen	Pferde
Anzahl geschlachtete Tiere	2'864	3'299	29'656	6'309	500	267

Tabelle 6: Im Jahr 2006 geschlachtete Tiere im Kanton Thurgau
** = Kälber < 6 Monate*

Aufgrund der durchschnittlichen Schlachtgewichte der beschauten Tiere gemäss der Statistischen Erhebung des Bauernverbandes sowie Angaben zum Schlachtabgang als Anteil des Lebendgewichts gemäss Angaben von Binzegger (2000, zitiert in Scheurer 2001) und Gautschi (2008) wurde das Lebendgewicht der geschlachteten Tiere abgeschätzt[11)].

Grosse Mengen von tierischen Nebenprodukten und Zerlegereiabfällen (4'400 t FS) entstehen zusätzlich im Kanton Thurgau durch die Schlachtung von Geflügel. Dieses Aufkommen wird separat betrachtet und hinzugezählt.

Es wird geschätzt, dass insgesamt im Kanton Thurgau ca. 8'450 t FS tierische Nebenprodukte und Fleischverarbeitungsabfälle pro Jahr anfallen.

Kategorie 1 Abfälle gemäss der Verordnung über die Entsorgung tierischer Nebenprodukte sind zu einem grossen Teil nicht für eine Vergärung geeignet. Eine Vergärung von Kategorie 1-Abfällen ist zwar nicht ausgeschlossen, doch wäre diese technisch aufwendig, da sie mit einer anschliessenden Verbrennung des Gärguts verbunden sein müsste, und würde spezielle Anlagen erfordern. Deshalb werden Kategorie 1 Abfälle hier insgesamt als nicht geeignet für die hier betrachteten Vergärungsanlagen im Kanton Thurgau betrachtet.

Tierkadaver (gefallene Tiere) werden für die Bestimmung des Aufkommens biogener Abfälle nicht berücksichtigt. Diese müssen gemäss der Verordnung über die Entsorgung tierischer Nebenprodukte als Kategorie 1 Abfälle entsorgt werden. Ebenfalls nicht berücksichtigt ist Blut, das zum Beispiel als industrielles Abwasser in eine ARA geleitet werden kann.

Biogasanlagen im Kanton Thurgau vergärten im Jahr 2006 820 t FS. 2'033 t FS tierische Nebenprodukte wurden zur Vergärung zusätzlich aus einem anderen Kanton importiert. Im Jahr 2006 wurden etwa 2'950 t FS tierische Nebenprodukte in der TMF Bazenheid entsorgt.[12)] Das heisst, dass schätzungsweise 4'680 t FS anderweitig verwertet oder entsorgt wurden.

11) Ca. 50% des Lebendgewichts von geschlachteten Rindern, Pferden, Schafen und Ziegen fällt bei der Schlachtung als tierisches Nebenprodukt an. Schätzungsweise ein Viertel davon muss als Kategorie 1-Abfall entsorgt werden und ist für eine Vergärung kaum geeignet (Füsse, Kopf, Nerven, teilweise Darm). Nach der Schlachtung fallen bei der Verarbeitung des Fleisches noch einmal etwa die Hälfte davon als Abfall an, der zu einem grossen Teil als Wertstoffe verkauft werden kann. Es handelt sich dabei vor allem um Knochen und Fett. Kälber haben einen etwas geringeren Anteil an tierischen Nebenprodukten bezogen aufs Lebendgewicht. Bei Schweinen ist der Schlachtabgang noch einmal tiefer.

12) 3'282 t FS inklusive Tierkörper (gefallene Tiere), Der Anteil Tierkörper von gefallenen Tieren wird hier auf 10% geschätzt. E-Mail, kantonales Veterinäramt, 13. Februar 2008

Aufkommen	Verwertung	
Tierische Nebenprodukte und Schlachtabfälle 8'450 t FS	Vergärung	820 t FS
	TMF Bazenheid (exkl. gefallene Tiere)	2'950 t FS
	Technische Zwecke, Tierfutter,	4'680 t FS

Tabelle 7: Übersicht zum Aufkommen und zur Verwertung der tierischen Nebenprodukte und Schlachtabfälle aus dem Kanton Thurgau im Jahr 2006.

3.6.2 Für Vergärung geeignete Mengen

Es wird geschätzt, dass insgesamt im Kanton Thurgau ca. 8'400 t FS tierische Nebenprodukte und Fleischverarbeitungsabfälle pro Jahr anfallen. Nach Abzug von Knochen und Kategorie 1-Abfällen verbleiben ca. **6'200 t FS**, die für eine Vergärung geeignet wären.

3.7 Biogene Abfälle aus der Landwirtschaft

3.7.1 Gülle und Mist

Im Kanton Thurgau wurden 2006 rund 85'820 Grossvieheinheiten (GVE) Nutztiere gehalten. Die Anzahl Tiere sowie die entsprechenden GVE-Zahlen der wichtigsten Tiergattungen sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt (siehe Tabelle 8). Diese produzieren ca. **112'000 t TS Hofdünger**, die im Stall anfallen. Dies entspricht etwa 1'070'000 t FS.

Tiergattung	Anzahl Tiere	Tiere %-Anteil	Umrechnungs-faktor	GVE	GVE %-Anteil
Kühe	41'736	4%	0.98	40'901	48%
Rindvieh ohne Kühe	29'407	3%	0.27	7'940	9%
Pferde	5'012	0%	0.57	2'857	3%
Schweine	204'425	19%	0.13	26'575	31%
Schafe	23'562	2%	0.09	2'121	3%
Ziegen	1'617	0%	0.12	194	0%
Nutzgeflügel	768'101	72%	0.005	3'841	5%
Total	1'073'860	100.0%		84'428	100.0%

Tabelle 8: Tierbestand 2006 im Kt. Thurgau

Tiergattung	Mist [t TS]	Gülle [t TS]
Kühe	30'100	42'500
Rindvieh ohne Kühe	5'300	7'500
Schweine	12'900	4'500
Übrige	4'100	4'700
Total	52'300	59'300

Tabelle 9: Hofdünger, der schätzungsweise im Stall anfällt.

Nicht berücksichtigt sind in diesen Zahlen 18'568 andere Tiere wie zum Beispiel andere Raufutter verzehrende Nutztiere, Wachteln, Kaninchen und Bienenvölker.

Für die Abschätzung der Menge Hofdünger wurden folgende Annahmen getroffen:

- Hofdüngeranfall pro GVE Kuh: 16.5 m^3/a Gülle, 5 t/a Mist, TS-Anteil Gülle: 9%, TS-Anteil Mist: 21%
- Hofdüngeranfall pro GVE Rindvieh ohne Kühe: 15 m^3/a Gülle, 4.5 t/a Mist, TS-Anteil Gülle: 9%, TS-Anteil Mist: 21%
- Hofdüngeranfall pro GVE Schweine: 7 m^3/a Gülle, 1.8 t/a Mist, TS-Anteil Gülle: 5%, TS-Anteil Mist: 27%
- Hofdüngeranfall pro GVE übrige Tiere: 14 m^3/a Gülle, 2 t/a Mist, TS-Anteil Gülle: 5%, TS-Anteil Mist: 30%

Zur Abschätzung des Hofdüngeranfalls im Stall wurde aufgrund von Weidegang und Sömmerung bei Rindern ein Stallanwesenheitsfaktor von 70% abgeschätzt, für andere Tiere ein Faktor 75%; für Schweine wurde kein Abzug bezüglich Weidegang gemacht.

Schätzungsweise 30'700 t FS Hofdünger (entspricht etwa 2'200 t TS) wurde pro Jahr 2006/2007 bereits von landwirtschaftlichen Biogasanlagen energetisch verwertet.

Damit ergibt sich

Aufkommen		**Verwertung**	
Gülle und Mist	1'070'000t FS	Vergärung	30'700 t FS
		Direkte Verwendung als Hofdünger	1'039'300t FS

Tabelle 10: Übersicht zum Aufkommen und zur Verwertung von Gülle und Mist im Kanton Thurgau pro Jahr 2006/2007.

3.8 Klärschlamm aus kommunalen Kläranlagen

Im Kanton Thurgau liegen für das Jahr 2006 die folgenden Angaben zu Abwasserreinigungsanlagen vor:

	Zufluss m3/a 06	Schlamm KVA t 2006	Schlamm KVA % TS 2006	Schlamm LW t 2006	Schlamm LW % TS 2006	Strom BHKW kWh 2006	Biogas m3 2006	Biogas Strom-erz. m3 2006	kWh/m3 Gas	Biogas Heiz. m3 2006	Erdgasprod. m3 2006	Co-Vergärung	Heizöl t 2006	Erdgas bezug m3 2006	Strombezug kWh 2006	Bem.
Amlikon	267'000	137	20.9	0	-	-	-	-		-	-	-	-	-	119'297	Ausserbetrieb Aug. 2008
Auwiese	2'893'767	630	29.8	1'566	3.6	237'079	136'793	136'793	1.73	42'668	-	teilweise	5.5	-	382'901	Gesamtsumme um 42668m3 höher ?
Bischofszell	3'460'781	3'241	22.0	0	-		923'375			310'399	ab 2007	in Vorb.	1.0	-	1'421'290	
Diessenhofen	838'029	121	29.5	0	-	76'713	52'661	52'018	1.47	643	-	-	-	-	221'477	
Frauenfeld	5'779'626	3'317	21.0	0	-	675'765	566'200	441'230	1.53	50'121	-	-	24.6	5'166	742'133	
Halden	181'238	293	2.6	116	2.0	-	4'765	-		4'313	-	-	-	-	156'669	
Kemmental	389'493	0	-	1'181	4.9	-	-	-		-	-	-	-	-	unbekannt	
Märstetten	502'581	156	21.5	150	3.8	-	16'135	-		unbekannt	-	-	2.2	-	unbekannt	
Matzingen	3'237'925	2'003	23.3	0	-	673'567	361'703	382'925	1.76	6'803	-	teilweise	2.7	-	486'050	verwertete Gasmenge über Gas-Gesamtmenge: Gaszähler haben Messfehler bis 10%
Moos	3'844'034	1'853	24.5	0	-	217'463	284'033	180'836	1.20	126'521	-	-	8.5	-	1'053'243	verwertete Gasmenge über Gas-Gesamtmenge: Gaszähler haben Messfehler bis 10%
Müllheim	1'038'076	280	25.1	619	3.5	-	36'015	-		36'015	-	-	-	-	377'530	
Münchwilen	3'178'641	934	21.6	816	29.2	538'135	230'651	158'275	3.40	66'569	-	-	10.6		771'840	BAZ
Kesswil	808'375	275	26.3	408	5.5	121'312	77'745	77'745	1.56	-	-	-	-	875	136'839	
Paradies	-	0	-	582	6.7	-	-	-		-	-	-	-	-	unbekannt	
Pfyn	609'100	0	-	1'495	4.6	42'533	43'179	43'179	0.99	-	-	-	-	-	179'220	
Rietwiesen	2'141'036	214	23.0	2'247	6.8	123'556	122'385	86'721	1.42	35'315	-	-	1.1	-	447'280	
Romanshorn	2'141'586	2'334	26.4	0	-	6'773	44'558	3'763	1.80	76	23'345	-	-	-	1'112'406	Umbau ARA
Seebachtal	524'709	31	20.9	641	5.0	-	20'000	-		20'000	-	-	-	-	174'839	
Steckborn	672'000	236	26.4	86	4.9	76'094	42'838	42'772	1.78	-	-	-	7.3	-	159'570	
Tägerwilen	545'270	435	26.4	0	-	-	-	-		-	-	-	-	-	unbekannt	
Uesslingen	105'924	50	23.6	0	-	-	7'504	-		7'504	-	-	-	-	65'426	
Untersee	734'845	277	26.4	124	7.0	26'025	75'265	29'966	0.87	45'299	-	-	0.8	-	240'366	
Weinfelden	4'293'000	2'848	21.4	3'832	4.3	745'531	462'000	404'000	1.85	54'000	-	-	0.7	-	524'495	
Summen	**38'187'036**	**19'665**		**13'863**		**3'560'546**	**3'507'805**	**2'040'223**		**806'246**	**23'345**		**65.0**	**6'041**	**8'772'871**	

Abbildung 5: Mengenangaben zu gereinigtem Abwasser und Energieproduktion und –bezug in ARAs

Insgesamt werden 38.2 Mio. m^3 Abwasser in den 23 grösseren ARAs gereinigt. Dazu gehören auch die teilweise vorgereinigten industriellen Abwässer aus Lebensmittelindustrie- und Schlachtbetrieben. Mit 97% des Abwassers wird bereits Biogas erzeugt, im Jahr 2006 insgesamt 3.5 Mio m^3; dessen Energie wird je nach ARA unterschiedlich ausgenutzt. Die Hälfte der ARAs verfügt über ein BHKW zur Stromproduktion.

Die ARA Romanshorn und neu auch die ARA Bischofszell speisen Biogas ins Erdgasnetz ein. Somit wird in diesen ARAs die Energie im Biogas vollständig energetisch verwertet.

In zwei ARAs findet Co-Vergärung statt und in einer wurde sie in Betracht gezogen:

- In der ARA Auwiese (Aadorf) wurden im Jahr 2006 17 t TS Speiseöl co-vergärt. Im Winter kann mit der zusätzlichen Abwärme aus dem BHKW der Wärmebedarf der Gebäude gedeckt werden, im Sommer kann hingegen die Abwärme nicht vollständig genutzt werden.
- Die ARA Matzingen verwendete im Jahr 2006 ca. 89 t TS Sirup (Zuckerwasser) sowie 8 t TS Schlamm mit ca. 81% org. Anteil für Co-Vergärung.
- Die ARA Bischofszell führt Co-Vergärung durch. Mengen werden derzeit ermittelt. Aufgrund des Faulprozesses in der ARA wäre diese auf flüssige Co-Substrate angewiesen, solche stehen jedoch nicht in grosser Menge zur Verfügung.

Im Kanton TG wird der Klärschlamm nach der Faulung und der Produktion von Klärgas grösstenteils getrocknet und in Zementwerken als alternativer Brennstoff eingesetzt. Eine spezielle Verbrennung in Bazenheid ist in Prüfung.[13)]

3.9 Zusammenstellung

Im Kanton Thurgau fallen rund 234'326 Tonnen FS biogene Abfälle (ohne Hofdünger) und 1'070'000 Tonnen FS Hofdünger im Stall an. Davon sind grundsätzlich rund 201'967 Tonnen FS biogene Abfälle (ohne Hofdünger) sowie aller Hofdünger für die Vergärung geeignet.

Fraktion	**Aufkommen im Kt. TG**	**Für Vergärung geeigneter Anteil**	
	[Tonnen FS]	[%]	[Tonnen FS]
Biogener Anteil im Kehricht	9'983	100%	9'983
Grüngut	50'115	40%	20'046
Nicht-Holz aus Landschaftspflege	2'720	100%	2'720
Abfälle und Rückstände Lebensmittelindustrie	155'666	100%	155'666
Gastronomieabfälle	7'390	100%	7'390
Tierische Nebenprodukte und Schlachtabfälle	8'453	73%	6'195
Hofdünger (Gülle und Mist) in Stall	1'070'000	100%	1'070'000
Total	**1'304'326**	**98%**	**1'271'967**

Tabelle 11: Aufkommen biogener Abfälle und für Vergärung geeignetes Potenzial.

Im Jahr 2006 wurden schätzungsweise 30'700 t FS Hofdünger, 2'214 t FS Lebensmittelindustrieabfälle, 180 t FS Grüngut und 819 t FS tierische Nebenprodukte und Fleischverarbeitungsabfälle aus dem Kanton Thurgau in Biogasanlagen des Kantons Thurgau verwertet. Weitere 3'077 t FS Grüngut, 2'000 t FS Lebensmittelindustrieabfälle und 2'600 t FS Gastronomieabfälle wurden zu Biogasanlagen ausserhalb des Kantons exportiert, 2'088 t FS tierische Nebenprodukte wurden für die Verwertung in Biogasanlagen importiert.

13) Kanton Thurgau (2007) Abfallbericht 07

4 Künftig energetisch nutzbares Potenzial

4.1 Verfügbare Mengen biogener Abfälle

4.1.1 Einflussfaktoren

Die künftige Verfügbarkeit der biogenen Abfälle zur energetischen Nutzung hängt von verschiedenen Faktoren ab. Einige davon sind in nachstehender Tabelle aufgeführt.

System	Einflussfaktoren
Angebotsseite: Entstehung und Separierung biogener Abfälle Energetische Verwertung biogener Abfälle	• Akzeptanz der Bevölkerung zur Separierung von Speiseresten, Rüstabfall und Gartenabraum • Höhe der verursachergerechten Entsorgungsgebühr • Informations- und Kommunikationsaktivitäten • Angebot an Separatsammlungen für biogene Abfälle aus privaten Haushalten • Regelungen betreffend Verfütterung von Speiseresten an Schweine (Anpassung Tierseuchenverordnung – TSV) • Regelungen betreffend Verfütterung von Schlachtabfällen: Verbot der Verfütterung von tierischen Nebenprodukten innerhalb der gleichen Tiergattung • Vorgaben aus dem Raumplanungsrecht bezüglich Produktion von Energie aus Biomasse auf landwirtschaftlichen Betrieben (neues Raumplanungsgesetz und –verordnung, kantonale Umsetzung) • Ausgestaltung der kostendeckenden Einspeisevergütung für Strom aus erneuerbaren Energieträgern (Stromversorgungsgesetz/Änderung Energiegesetz) • Steigende Futtermittelpreise. • Bei steigenden Stickstoffdüngerpreisen steigt Interesse an Gärgut. • Direkte Marktabräumung: Verwendung von Ueberschüssen in Biogasanlage? • Sinkende KVA-Gebühren, Kehrichtsack wird günstiger.
Nachfrageseite: Energie- und Produkteabsatz	• Akzeptanz und Nachfrage nach ökologischen Produkten mit Mehrwert gegenüber konventionellen Produkten (Strom, Wärme, Treibstoff aber auch Nebenprodukte wie Kompost) • Höhe der CO_2-Abgabe auf fossilen Brennstoffen (relative Verteuerung von Heizöl und Erdgas als Konkurrenzenergieträger zu Biogas bzw. Strom und Wärme daraus) • Mögliche Einführung einer CO_2-Abgabe auf Treibstoffen • Vergütungen zur Einspeisung von Biogas ins Erdgasnetz (bisher Rahmenvereinbarung Erdgasbranche) • Unterstützung von CO_2-Reduktionsprojekten durch Zertifikatehandel (inklusive Klimarappen sowie beispielsweise myclimate) • Ausgestaltung der Steuerbefreiung von Treibstoffen aus erneuerbaren Energien werden(Mineralölsteuergesetz): Kriterien für Nachweis der ökologischen Gesamtbilanz

Tabelle 12: Einflussfaktoren auf die künftige Verfügbarkeit biogener Abfälle zu deren energetischen Nutzung mittels Vergärung.

Das geänderte *Mineralölsteuergesetz* sieht eine Senkung der Besteuerung von Erd- und Flüssiggas um 40 Rappen pro Liter Benzinäquivalent vor, wenn diese Energieträger als Treibstoff verwendet werden. Treibstoffe aus erneuerbaren Rohstoffen werden von der Mineralsteuer ganz befreit, wenn sie die Mindestanforderungen an die positive ökologische Gesamtbilanz erfüllen: mindestens 40 % weniger Treibhausgasemissionen als fossiles Benzin, keine höhere Belastung der Umwelt als durch fossiles Benzin, und keine Gefährdung der Erhaltung der Regenwälder und der biologischen Vielfalt. Bei nach dem Stand der Technik produzierten Treibstoffen aus biogenen Abfällen oder Rückständen aus der Produktion oder Verarbeitung von land- oder forstwirtschaftlichen Erzeugnissen wird angenommen, dass diese Bedingungen in jedem Fall erfüllt sind. Der Bundesrat hat die entsprechende Verordnung am 30. Januar 2008 verabschiedet; diese wird auf den 1. Juli 2008 in Kraft treten.[14)] Die Steuerbefreiung gilt zunächst für bis zu zwölf Jahre. Das Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation sowie das Volkswirtschaftsdepartement werden in Verordnungen noch die Einzelheiten für die Nachweise der positiven ökologischen Gesamtbilanz und der sozialen Produktionsbedingungen regeln.

Das Parlament hat zur Erhöhung der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien eine *Änderung des Energiegesetzes* beschlossen, dass für solchen Storm kostendeckende Einspeisevergütungen vorsehen. Der Verordnungstext sieht für Biogasanlagen, die einen hohen Anteil Hofdünger verwenden, einen speziellen Landwirtschaftsbonus vor, der die Verwendung von viel Hofdünger attraktiv macht (max. 20% Co-Substrat).

Der Bundesrat hat in seiner neuen *Energiestrategie* anfangs dieses Jahres die Einführung von kostendeckenden Einspeisevergütungen auch für die Einspeisung von Biogas ins Erdgasnetz ohne Verstromung vorgeschlagen.

Gemäss dem neuen *Raumplanungsrecht* gelten Biogasanlagen in der Landwirtschaft als zonenkonform, wenn die verarbeiteten Substrate zu mehr als der Hälfte ihrer Masse vom Standortbetrieb oder aus Landwirtschaftsbetrieben stammen, "die innerhalb einer Fahrdistanz von in der Regel 15 km liegen. Dieser Teil muss mindestens 10 Prozent des Energieinhalts der gesamten verarbeiteten Substrate ausmachen. Die Quellen der restlichen Substrate müssen innerhalb einer Fahrdistanz von in der Regel 50 km liegen. Ausnahmsweise können längere Fahrdistanzen bewilligt werden." (Raumplanungsverordnung, Art. 34a). Die Kantone können jedoch einschränkende Bestimmungen erlassen (Art. 27a).

Auf den 1. April 2008 sind die Änderungen zur *Verordnung über die Entsorgung tierischer Nebenprodukte (VTNP)* in Kraft getreten. In der EU ist das Verfüttern von so genannter Schweinesuppe verboten (Richtlinie 2001/89/EG). Ein Verbot zur Verfütterung von Speiseresten wurde auch auf Bundesebene diskutiert, die Verfütterung von Küchen- und Speiseresten an Schweine ist jedoch unter strengeren Auflagen als bisher weiterhin möglich. Küchen- und Speisereste aus privaten Haushalten, die der öffentlichen Grüngutsammlung übergeben werden, fallen

14) EFD (2008), Pressemitteilung vom 31.1.2008, http://www.efd.admin.ch/dokumentation/medieninformationen/00467/index.html?lang=de&msg-id=17092 [2008-03-03]

hingegen nicht unter die Regelungen der VTNP. Keine Bewilligung nach VTNP ist zudem notwendig für das Verwerten von Speiseresten in Biogas- oder Kompostierungsanlagen, auf deren Areal sich keine Tierhaltung befindet. Eine Hygienisierung (70° C während einer Stunde) ist nicht zwingend notwendig für Biogasanlagen, stattdessen ist auch eine thermophile Vergärung (53° C während 24 Stunden) erlaubt oder ein Verfahren, welches nachweislich die gleiche Wirkung aufweist.

Das Verbot der Verfütterung von tierischen Nebenprodukten innerhalb der gleichen Tiergattung wird die Verfütterung von Schlachtabfällen erschweren, da eine speziesgetrennte Verarbeitung dafür notwendig wird.

Auf den 1. Januar 2008 sind *Änderungen zur Düngerverordnung* in Kraft getreten. Damit wurden die Bedingungen für die Herstellung und Abgabe von Gärgut geklärt.

Die *CO_2-Abgabe* auf fossilen Brennstoffen ist seit dem 1. Januar 2008 in Kraft, in der Höhe von 12 Franken pro Tonne CO_2.[15] Der Abgabesatz wird in zwei Schritten erhöht bis 36 Franken pro Tonne CO_2, wenn die Reduktionsziele weiterhin verfehlt werden. Der Preis des Heizöls würde sich beim maximalen Abgabesatz von 36 Fr./ Tonne CO_2 um 0.9 Rp. pro kWh erhöhen, der Preis von Erdgas um 0.7 Rp. pro kWh.

4.1.2 Szenarien

Unter Berücksichtigung unterschiedlicher Möglichkeiten, wie sich die Rahmenbedingungen verändern können, werden drei Szenarien unterschieden. Die Szenarien beschreiben mögliche, für eine energetische Nutzung von Biomasse mittels anaerober Vergärung, verfügbare Abfallmengen, als Prozentangabe in Bezug auf das vorhandene, für Vergärung geeignete Aufkommen.

- **Szenario A: Keine zusätzlichen politischen Anreize**: Business-as-usual; starke Konkurrenz um Abfallbiomasse. Sehr knapp bemessene kostendeckende Einspeisetarife. Rückgang des Ölpreises. Keine zusätzlichen Klimaschutzziele für die Schweiz und keine entsprechenden Massnahmen.
- **Szenario B: Zusätzliche, aber eingeschränkte politische Anreize**: Relativ knapp bemessene kostendeckende Einspeisetarife; leicht steigender Ölpreis; leicht erhöhter Erlös für Einspeisung von Biogas ins Erdgasnetz oder eine direkte Abgabe als Treibstoff; zusätzliche Klimaschutzziele für die Schweiz und entsprechende Massnahmen, zusätzliche Förderung von Hofdüngeranlagen mit sehr wenig Co-Substraten; hohe Konkurrenz mit Abfallbiomasse.
- **Szenario C: Maximale politische Anreize:** Grosszügige kostendeckende Einspeisetarife; Erhöhung der insgesamt für solche Einspeisetarife zur Verfügung stehenden Geldmittel; starke Liberalisierung der Raumplanungsgesetzgebung; hohe Akzeptanz der Bevölkerung für Separatsammlungen; Nachfrage nach ökologischen Produkten steigt; stark steigender Ölpreis; stark erhöhter Erlös für Einspeisung von Biogas ins Erdgasnetz oder eine direkte Abgabe als Treibstoff; Konkurrenz um Abfallbiomasse entschärft, da auch Vergärung mit hohen Anteilen von Hofdünger gut wirtschaftlich.

15) UVEK (2007), Pressemitteilung vom 28.6.2007, http://www.news.admin.ch/message/?lang=de&msg-id=13369 [2007-11-02]

Fraktion	Aufkommen im Kt. TG	Für Vergärung geeigneter Anteil		Für Vergärung verfügbares Potenzial Szenario A		Szenario B		Szenario C		Bereits vergärt	Für Vergärung verbleibendes Potenzial (für Szenario B)
	in t FS	in %	in t FS	in %	in t FS	in %	in t FS	in %	in t FS	in t FS	in t FS
Biogener Anteil im Kehricht	9'983	100%	9'983	30%	2'995	50%	4'991	70%	6'988	0	**4'991**
Grüngut	50'115	40%	20'046		14'137		18'146		18'906	3'257	**14'889**
Grüngut	40'615	40%	16'246	80%	12'997	100%	16'246	100%	16'246		
Grüngut dez. kompostiert	9'500	40%	3'800	30%	1'140	50%	1'900	70%	2'660		
Nicht-Holz LS-Pflege	2'720	100%	2'720	50%	1'360	70%	1'904	90%	2'448	0	**1'904**
Lenbensmittelindustrieabfälle	155'666	100%	155'666		15'567		51'069		77'833	4'214	**46'855**
TG exkl. 6 Grossbetriebe	123'888	100%	123'888	10%	12'389	33%	41'380	50%	61'944		
6 Grossbetriebe	31'778	100%	31'778	10%	3'178	30%	9'689	50%	15'889		
Gastronomieabfälle	7'390	100%	7'390	60%	4'434	80%	5'912	100%	7'390	3'000	**2'912**
Tierische Nebenprodukte u. Fleischverarbeitungsabfall	8'453	73%	6'163		5'002		5'618		5'890	819	**4'799**
kleinere Betriebe	2'672	76%	2'034	70%	1'424	80%	1'627	90%	1'831		
Grossbetrieb 1	1'381	50%	689	70%	482	80%	551	90%	620		
Grossbetrieb 2	4'400	78%	3'440	90%	3'096	100%	3'440	100%	3'440		
Hofdünger	1'070'000	100%	1'070'000	30%	321'000	50%	535'000	70%	749'000	30'717	**504'283**

Tabelle 13: Übersicht zu den Annahmen für die 3 Szenarien.

Verbleibendes Potenzial biogener Abfälle

Die Potenziale für Verwendung von biogenen Abfällen in Biogasanlagen gemäss Szenario B sind in den beiden folgenden Abbildungen dargestellt. Vom verfügbaren Potenzial wird die bestehende energetische Verwertung in Vergärungsanlagen subtrahiert, um das verbleibende Potenzial zu ermitteln.

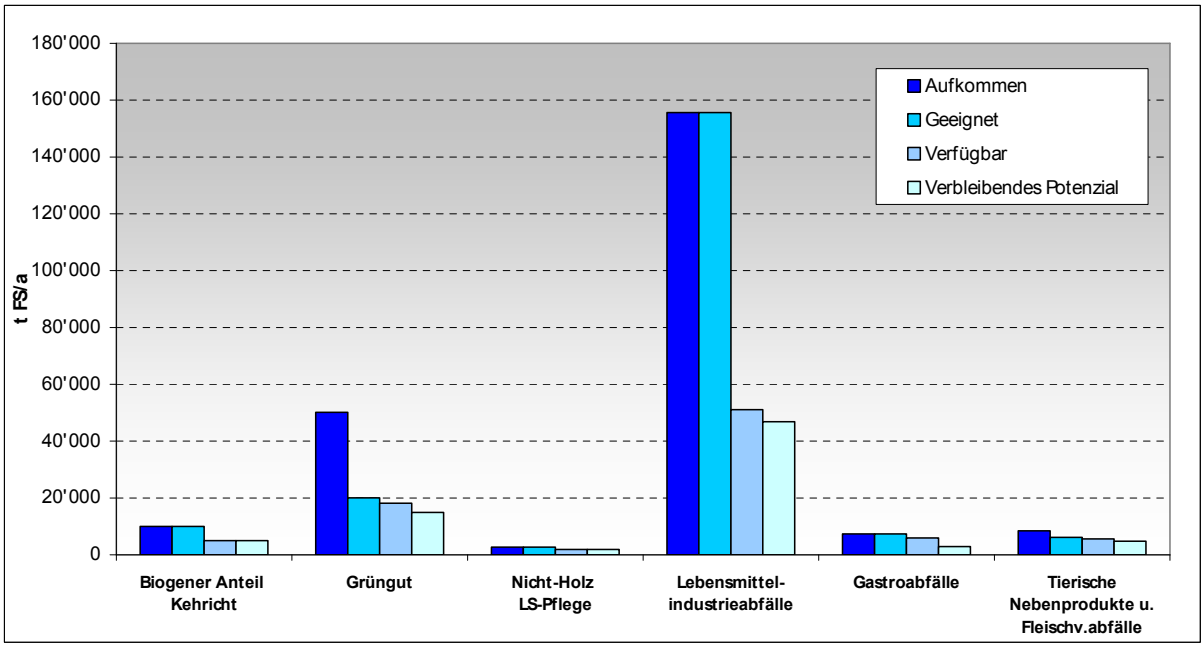


Abbildung 6: Potenziale für Vergärung von biogenen Abfälle, basierend auf Szenario B.

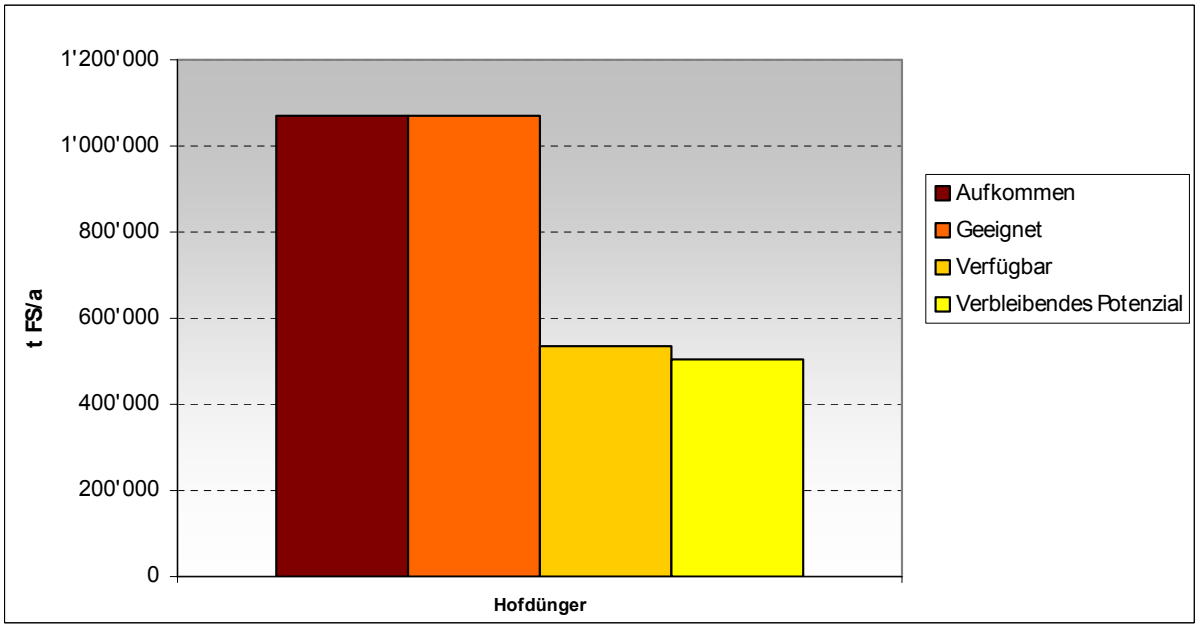


Abbildung 7: Potenziale für Vergärung von Hofdünger im Kanton Thurgau, basierend auf Szenario B.

Fraktion	**Aufkommen im Kt. TG** in t FS	**Für Vergärung geeignet** in t FS	**Für Vergärung verfügbar** In t FS	**Bereits vergärt** in t FS	**Verbleibendes Potenzial** in t FS
Biogener Anteil aus Kehricht	9'983	9'983	4'991	0	4'991
Grüngut	50'115	20'046	18'145	3'257	14'889
Nicht-Holz LS-Pflege	2'720	2'720	1'904	0	1'904
Lebensmittelindustrieabfälle	155'666	155'666	51'069	4'214	46'855
Gastronomieabfälle	7'390	7'390	5'912	3'000	2'912
Tierische Nebenprodukte u. Fleischverarbeitungsabfall	8'453	6'195	5'644	820	4'825
Hofdünger	1'070'000	1'070'00	535'000	30'700	504'300

Tabelle 14: Datentabelle zu den Potenzialen, basierend auf Szenario B.

	Aufkommen im Kt. TG	Für Vergärung geeigneter Anteil	Für Vergärung verbleibendes Potenzial (für Szenario B)
	in GWh	in GWh	in GWh
Biogener Anteil im Kehricht	10	10	5
Grüngut	45	18	13
Nicht-Holz LS-Pflege	3	3	2
Lenbensmittelindustrieabfälle	130	130	39
Gastronomieabfälle	130	6	2
Tierische Nebenprodukte u. Fleischverarbeitungsabfall	4	3	2
Hofdünger	505	505	238
total	825	674	302

Tabelle 15: Übersicht zu den (theoretischen) Energieinhalten für Aufkommen, für Vergärung geeigneten Anteil und Szenario B bezüglich des verbleibenden Potenzials

Insgesamt verbleibt ein Potenzial für die energetische Nutzung mittels Vergärung von:

- Szenario A: 32'200 t FS biogene Abfälle sowie 290'300 t FS Hofdünger.
- Szenario B: 76'400 t FS biogene Abfälle sowie 504'300 t FS Hofdünger.
- Szenario C: 108'200 t FS biogene Abfälle sowie 718'300 t FS Hofdünger.

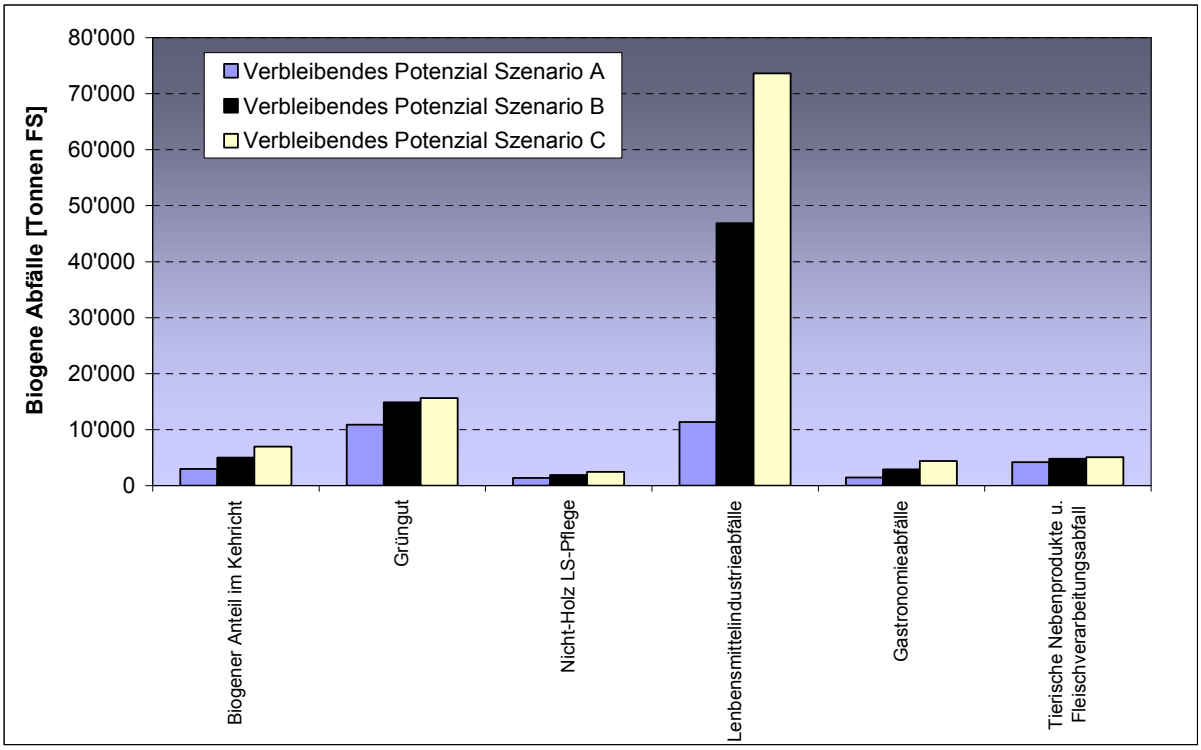


Abbildung 8: Verbleibend Mengenpotenziale für die energetische Nutzung mittels Vergärung gemäss den drei Szenarien A, B und C.

4.2 Geografische Verteilung verbleibendes Potenzial

4.2.1 Geografische Verteilung verbleibendes Potenzial biogener Abfälle

Im folgenden sind die Ergebnisse der GIS-Modellierung des zusätzlich verfügbaren (=verbleibenden) Potenzials **gemäss Szenario B** dargestellt.

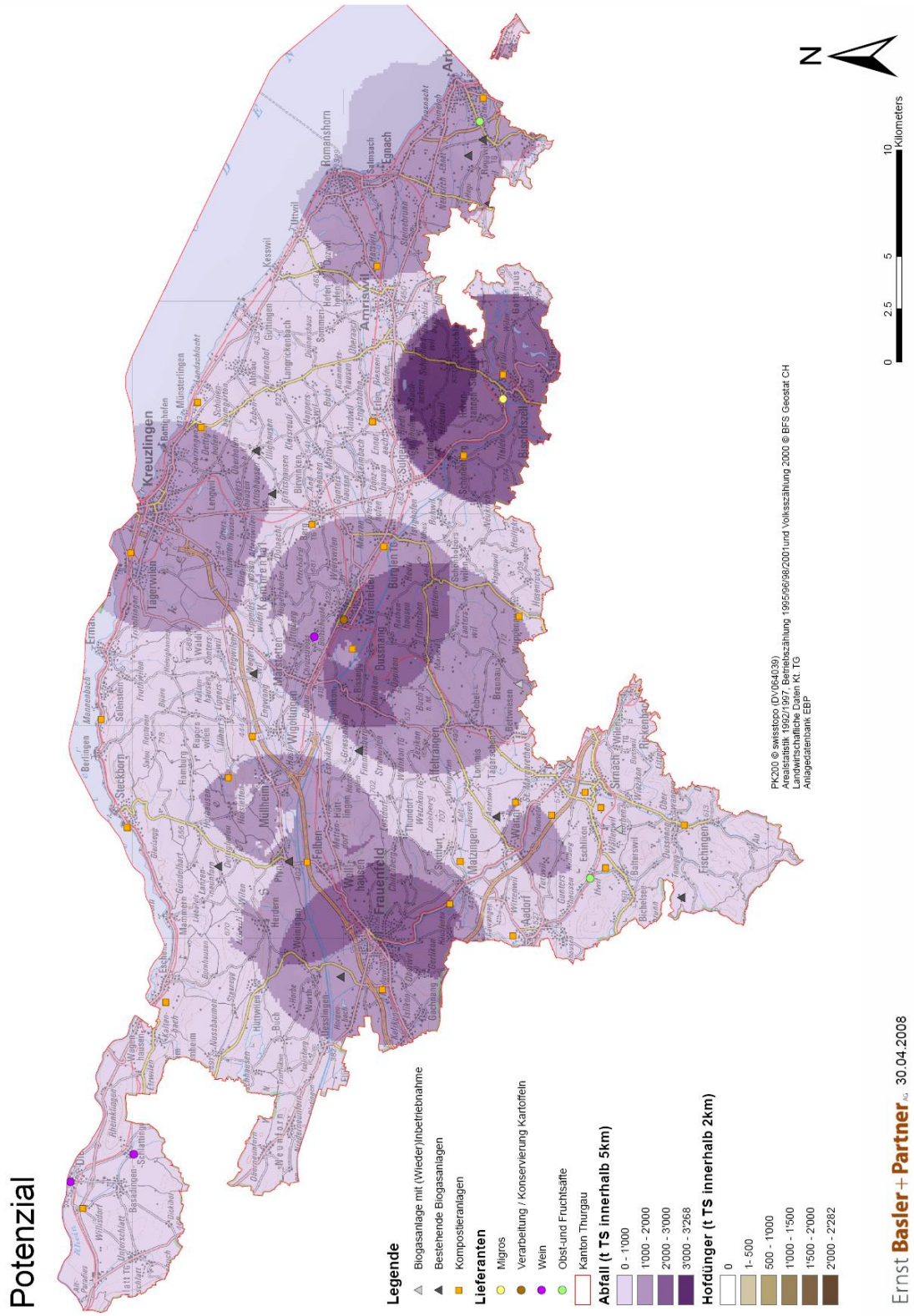


Abbildung 9: Potenzialkarte des für Vergärung verbleibenden Potenzials an biogenen Abfällen im Kanton Thurgau gemäss Szenario B. "Bestehende Biogasanlagen" bezieht sich auf Stand Ende 2006; seither neu in Betrieb genommene, geplante oder nach Stilllegung wieder in Betrieb genommene Anlagen sind als "Biogasanlage mit (Wieder)Inbetriebnahme" bezeichnet.

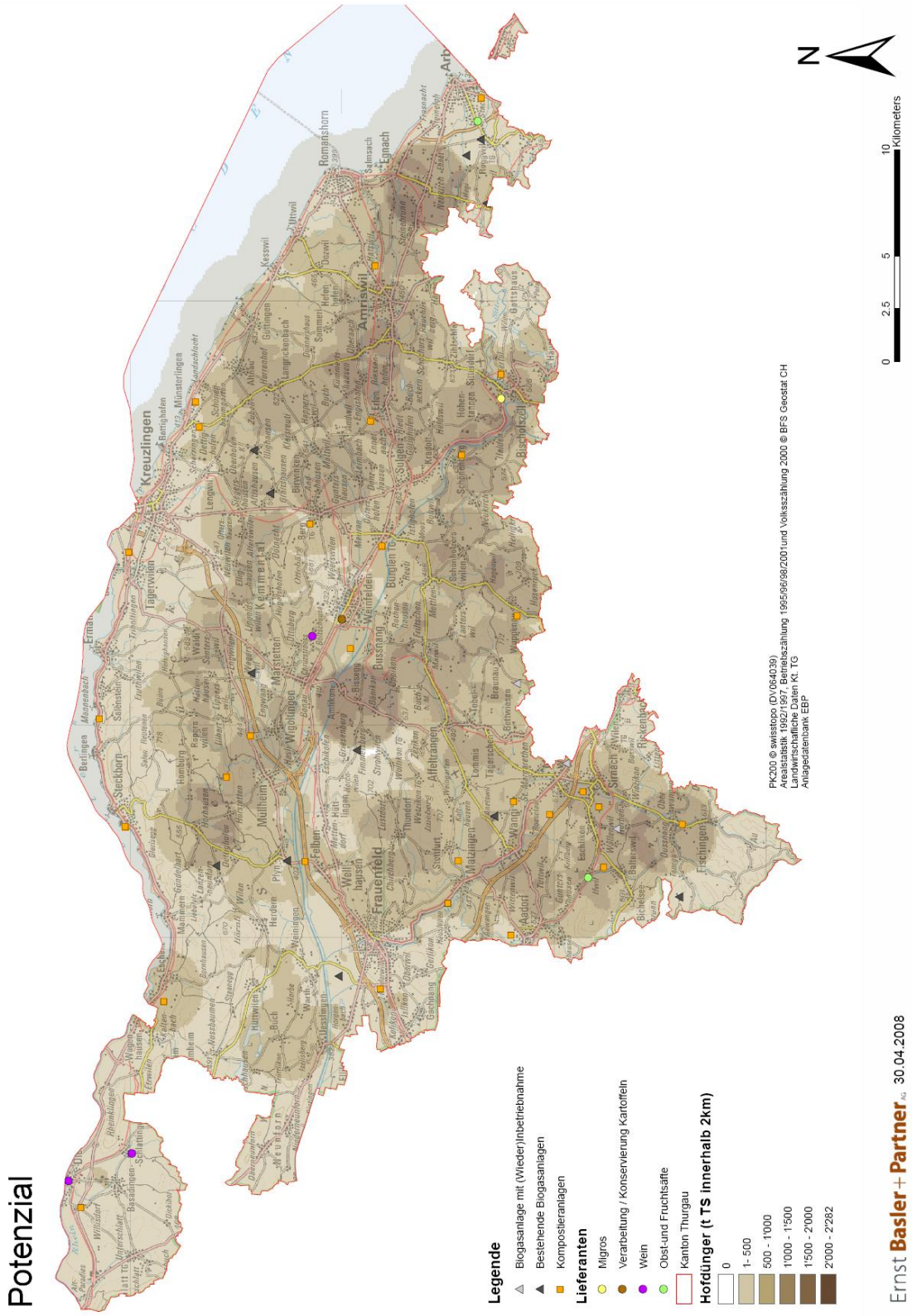


Abbildung 10: Potenzialkarte des für Vergärung verbleibenden Potenzials an Hofdünger im Kanton Thurgau gemäss Szenario B. "Bestehende Biogasanlagen" bezieht sich auf Stand Ende 2006; seither neu in Betrieb genommene, geplante oder nach Stilllegung wieder in Betrieb genommene Anlagen sind als "Biogasanlage mit (Wieder)Inbetriebnahme" bezeichnet.

4.3 Technische Anlagevarianten

4.3.1 Überblick über die Anlagetypen

Die folgende Abbildung zeigt Anlagen, die für die Vergärung von biogenen Abfällen grundsätzlich in Frage kommen. Anlagen zur Behandlung und Nutzung industrieller Abwässer in Industriebetrieben sind hier nicht berücksichtigt. Anschliessend werden die verschiedenen Anlagetypen anhand repräsentativer Kennzahlen beschrieben.

a) Biogasanlage mit Hofdünger und 50% Co – Vergärung, Strom- und Wärmeproduktion
b) Biogasanlage mit Hofdünger und 20% Co – Vergärung, Strom- und Wärmeproduktion
c) Grosse Biogasanlage mit Hofdünger und 20% Co-Vergärung; Einspeisung von Gas ins Erdgasnetz
d) Biogasanlage mit Hofdünger ohne Co – Vergärung, Strom- und Wärmeproduktion
e) Biogasanlage Typ Gewerbe-Industrie, ("Kompogasanlage"), Strom- und Wärmeproduktion
f) Biogasanlage Typ Gewerbe-Industrie, ("Kompogasanlage"), Einspeisung Gas ins Erdgasnetz
g) Abwasserreinigungsanlage; Co-Vergärung biogener Abfälle, Strom- und Wärmeproduktion
h) Abwasserreinigungsanlage; Co-Vergärung biogener Abfälle, Einspeisung Gas ins Erdgasnetz

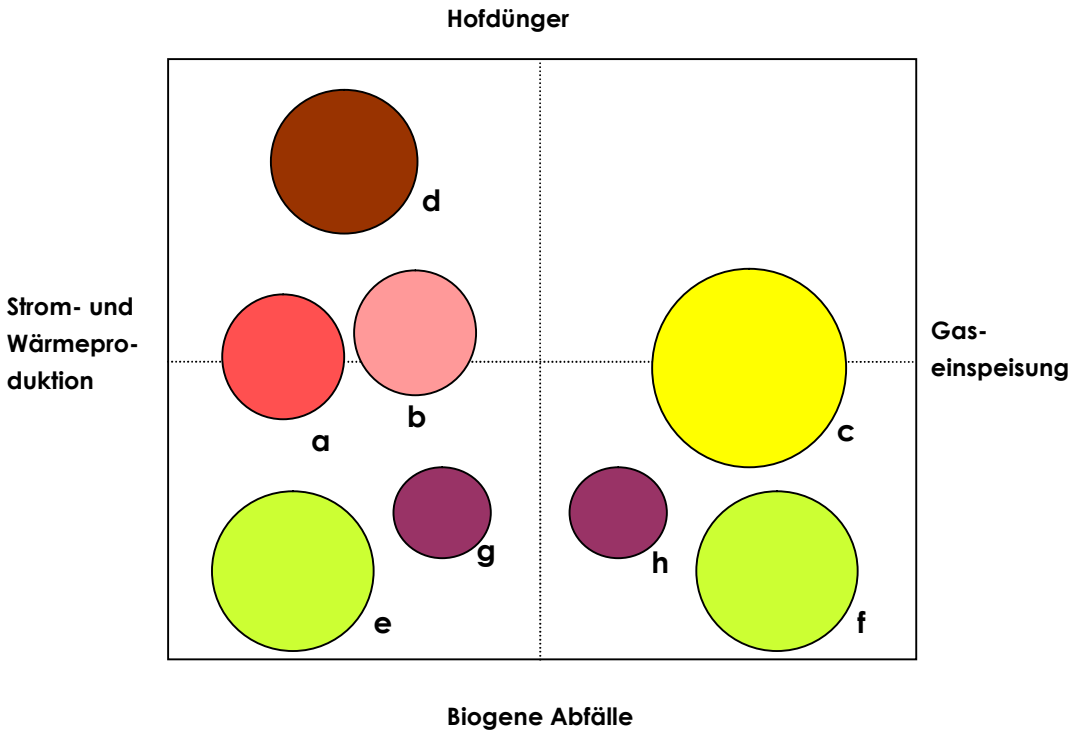


Abbildung 9: Anlagetypen für die Vergärung von biogenen Abfällen.
(Anlagen mit hoher Anlagenkapazität sind mit grösserem Kreis eingezeichnet als solche mit kleinerer Kapazität, Grössenverhältnisse allerdings nicht proportional)

4.3.2 Biogasanlagen mit Hofdünger und Co-Vergärung

Systemdaten	Biogasanlage mit Hofdünger und 50%-Cosubstrat [Anlagetyp a]	Biogasanlage mit Hofdünger und 20%-Cosubstrat [Anlagetyp b]	Grossanlage mit Hofdünger und 20%-Cosubstrat, Nährstoffseparation und Gaseinspeisung [Anlagetyp c]
Verarbeiteter Hofdünger	2'000 t FS /a (entspricht nach Verdünnung mit Wasser ca. 3100 t Frischmasse)	4'500 t FS /a (entspricht nach Verdünnung mit Wasser ca. 6'970 t Frischmasse)	16'000 t FS /a (entspricht nach Verdünnung mit Wasser ca. 24'800 t Frischmasse)
Verarbeitete Co-Substrate	3'100 t FS /a	1'742 t FS/a	6'000 t FS /a
Prozess	Vergärung	Vergärung	Vergärung; Nährstoffseparation
Verwertung Biogas	Thermisch und elektrisch	Thermisch und elektrisch	Einspeisung ins Erdgasnetz
Output Netto-Energie[16)]	Strom: 810 MWh/a Wärme: 790 MWh/a	Strom: 700 MWh/a Wärme: 680 MWh/a	Einspeisung von zu Erdgasqualität aufbereitetem Biogas ins Erdgasnetz,[17)] Nettoenergie ca. 6000 MWh/a
Output Nebenprodukte	Dünngülle, Kompost	Dünngülle, Kompost	Brauchwasser; Nährstoffkonzentrat
Investitionskosten	ca. 1.2 Mio. Fr.	ca. 1.6 Mio Fr.	ca. 5 Mio. Fr.
Kapazität Anlage	Hofdüngeranfall entspricht ca. **120 Grossvieheinheiten** (GVE), respektive 160 GVE bei Berücksichtigung Stallanwesenheit	Hofdüngeranfall entspricht ca. **270 Grossvieheinheiten** (GVE), respektive 360 GVE bei Berücksichtigung Stallanwesenheit	Hofdüngermenge entspricht **ca. 960 Grossvieheinheiten** (GVE), respektive 1300 GVE bei Berücksichtigung Stallanwesenheit
Bemerkungen	-	-	-

16) Strom- und Wärmemengen, die für Dritte zur Verfügung stehen. Also nach Abzug des Eigenbedarfs für den Betrieb der Anlage. Analoger Abzug bei Gaseinspeisung ins Erdgasnetz.
17) Denkbar wäre auch eine direkte Abgabe als Treibstoff.

4.3.3 Biogasanlage mit Hofdünger, ohne Co - Vergärung

Systemdaten	Biogasanlage mit Hofdünger, ohne Co - Vergärung [Anlagetyp d]
Verarbeiteter Hofdünger	9'000 t FS /a Gülle und Mist
Verarbeitete Co-Substrate	0 t FS /a
Prozess	Vergärung
Verwertung Biogas	Thermisch und elektrisch
Output Netto-Energie[18)]	Strom: 650 MWh/a Wärme: 640 MWh/a
Nebenprodukte	Gärgut und Dünngülle
Investitionskosten	ca. 1.5 Mio. Fr.
Kapazität Anlage	Hofdüngeranfall entspricht **ca. 540 Grossvieheinheiten** (respektive 710 GVE bei Berücksichtigung Stallanwesenheit). In der Regel entspricht diese Grösse rund 10 landwirtschaftlichen Betrieben.
Bemerkungen	Für einen wirtschaftlichen Betrieb reicht bei diesem Anlagentyp die kostendeckende Einspeisevergütung auch bei hohen Einnahmen aus der Abnahme von Co-Substraten (Entsorgungsgebühren) nicht aus.

18) Strom- und Wärmemengen, die für Dritte zur Verfügung stehen. Also nach Abzug des Eigenbedarfs für den Betrieb der Anlage.

4.3.4 Biogasanlage Typ Gewerbe- Industrie mit biogenen Abfällen

Systemdaten	Biogasanlage Typ Gewerbe- Industrie mit biogenen Abfällen [Anlagetypen e und f]
Verarbeitete Substrate	Biogene Abfälle: 10'000 t FS /a
Prozess	Vergärung
Verwertung Biogas	Thermisch und elektrisch oder Einspeisung ins Erdgasnetz
Output Netto-Energie[19)]	Strom: 1'500 MWh/a Wärme: 1'700 MWh/a oder: Einspeisung von zu Erdgasqualität aufbereitetem Biogas ins Erdgasnetz, Netto-Energie ca. 5'300 MWh/a[20)]
Nebenprodukte	Presswasser und festes Gärgut zur Nachrotte
Investitionskosten	Ca. CHF 6 Mio.
Bemerkungen	Damit ein wirtschaftlicher Betrieb einer solchen Anlage gewährleistet werden kann, sind üblicherweise Jahreskapazitäten von mehr als 5'000 t FS biogener Abfall erforderlich.

19) Strom- und Wärmemengen, die für Dritte zur Verfügung stehen. Also nach Abzug des Eigenbedarfs für den Betrieb der Anlage.
20) http://kompogas.ch, Kompogasanlage Engelhölzli/Jona [2007-11-08]

4.3.5 Abwasserreinigungsanlage (ARA) mit Co - Vergärung

Systemdaten	Abwasserreinigungsanlage (ARA) mit Co - Vergärung [Anlagetypen g und h]
Verarbeiteter Klärschlamm	415 t FS / a
Verarbeitete Co-Substrate	165 t FS / a biogene Abfälle aus Gastronomiebetrieben
Prozess	Vergärung
Verwertung Biogas	Thermisch und elektrisch oder Gaseinspeisung
Output Brutto-Energie	Strom: 145 MWh/a: • Aus Co – Substrat: 45 MWh/a • Aus Klärschlamm: 100 MWh/a Wärme 265 MWh/a: • Aus Co – Substrat: 85 MWh/a • Aus Klärschlamm: 180 MWh/a Oder: Gaseinspeisung
Nebenprodukte	Ausgefaulter Klärschlamm und Gärgut
Investitionskosten	ca. 0.5 Mio. Fr.[21)] Kosten ARA Sanierung inkl. Co – Vergärung: 6.2 Mio. Fr.
Bemerkungen	Co-Vergärung in ARA ist wirtschaftlich interessant, wenn die ARA bereits über eine Faulung und energetische Nutzung verfügt und die betreffenden Anlageteile noch genügend freie Kapazitäten aufweisen. Bei der Co-Vergärung in ARAs sind die Stoffkreisläufe nicht geschlossen, da der Klärschlamm anschliessend thermisch entsorgt wird.

21) Mündliche Auskunft: ARA Samnaun. 25. Januar 2007.
Hinweis: Die Investitionskosten für die Co – Vergärung in einer Abwasserreinigungsanlage variieren stark, je nach den spezifischen Voraussetzungen und Rahmenbedingungen, und sind deshalb für jede Anlage einzeln zu beurteilen.

4.3.6 Hauptmerkmale der verschiedenen Anlagetypen

Die verschiedenen Anlagetypen können wie folgt charakterisiert werden:

Landwirtschaftliche Biogasanlagen erhöhen den Anteil erneuerbarer Energien aus Stromproduktion. Die Vergärung von Hofdünger trägt wegen Biogasproduktion und dessen energetischer Nutzung, aber auch wegen Vermeidung Emissionen bei normalem Güllemanagement (Güllelager, direkte Ausbringung aufs Feld) zur Reduktion von Treibhausgasemissionen bei. Mit den kostendeckenden Einspeisetarifen, durch Vermarktung von Ökostrom oder als Quelle von Spitzenstrom sind solche Anlagen auch aus wirtschaftlicher Sicht interessant. Häufig besteht allerdings das Problem, dass ein wesentlicher Teil der Energie im Biogas nicht vollständig genutzt werden kann, wenn es nicht genug Möglichkeiten zur Nutzung der Abwärme gibt. Aufgrund ihres dezentralen Charakters bewirken kleinere landwirtschaftliche Biogasanlagen einen geringeren Transportaufwand als Grossanlagen. Landwirtschaftliche Biogasanlagen ohne oder mit wenig Co-Vergärung dürften auch mit den kostendeckenden Einspeisevergütungen Mühe haben, einen wirtschaftlichen Betrieb zu erreichen.

Industriell-gewerbliche Anlagen vergären biogene Abfälle, aber keinen Hofdünger. Diese Anlagen erhöhen ebenfalls den Anteil erneuerbarer Energien und profitieren von den oben genannten günstigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Industriell-gewerbliche Anlagen verfügen auch über die nötige Anlagengrösse, um Biogas zu Biomethan aufzubereiten und ins Erdgasnetz einzuspeisen, womit normalerweise mehr Energie genutzt wird, als wenn das Biogas verstromt wird. Allerdings sind biogene Abfälle zunehmend ein knappes Gut und limitieren die Zahl der unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten möglichen Biogasanlagen.

Landwirtschaftliche Grossanlagen mit Einspeisung von Biogas haben aus Sicht des Klimaschutzes Vorteile. Erstens wird die produzierte Menge Biogas in einem bestimmten Gebiet dadurch maximiert (Co-Substrate unterstützen Verwertung von Hofdünger, was die verfügbare erneuerbare Energie erhöht und Treibhausgasemissionen aus konventionellem Güllemanagement reduziert). Zweitens wird die Energie des Biogases vollständig genutzt, indem es Erdgas ersetzt, das sonst in Gebäuden oder Fahrzeugen verwendet wird. Grossanlagen haben auch den Vorteil, dass sich eher teure Anlagekomponenten einbauen lassen zur Separation von Nährstoffen. Dies macht es einfacher, die Nährstoffe wieder weiträumig zu verteilen und somit eine Konzentration von Nährstoffen zu vermeiden. Diese Nährstoffe können zudem als Düngerersatz dienen, was wiederum zur Reduktion von Treibhausgasemissionen beiträgt. Nachteil der Grossanlagen mit Einspeisung ist, dass diese unter den gegenwärtigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen nicht besonders attraktiv ist. Mit steigenden Erdölpreisen könnte sich dies allerdings ändern. In diesem Zusammenhang ist auch ein direkter Absatz des zu Erdgas aufbereiteten Biogases als Treibstoffs denkbar, um möglicherweise einen höheren Erlös zu erzielen. Eine Differenz zur Wirtschaftlichkeit kann unter Umständen auch via CO_2- Re-

duktionsgutschriften finanziert werden, falls die entsprechenden Bedingungen erfüllt werden können.

Auch die Nutzung von Co-Substraten in **ARAs** trägt zur Erhöhung der Nutzung erneuerbarer Energien bei. Ein Problem bei ARAs ist, dass sich Stoffkreisläufe nicht schliessen. Solange nur Fett oder Zucker verwendet ist, spielt dies jedoch keine Rolle, da diese ausser Kohlenstoff kaum Nährstoffe enthalten. Aus wirtschaftlicher Sicht ist die Co-Vergärung in ARAs dann interessant, wenn in der bestehenden Infrastruktur noch freie Kapazität für die Faulung verfügbar ist.

4.4 Kombination verschiedener Vergärungsanlagetypen

4.4.1 Kombinationen

Im Rahmen dieser Studie werden die folgenden Varianten für die Kombinationen von Anlagen untersucht.

Kombinationstyp	Wahl der Anlagen
Kombination 1	- **Schwergewicht auf kleineren landwirtschaftlichen Co-Vergärungsanlagen** - wenige landw. Grossanlage mit Nährstoffseparation und Gaseinspeisung - wenige industriell-gewerbliche Anlage mit Nährstoffseparation und Gaseinspeisung oder Strom/Wärmeproduktion
Kombination 2	- **Schwergewicht auf landw. Grossanlagen mit Nährstoffseparation und Gaseinspeisung** - wenige industriell-gewerbliche Anlage mit Nährstoffseparation und Gaseinspeisung - kleinere landwirtschaftliche Anlagen soweit noch Kapazitäten vorhanden.
Kombination 3	- **Schwergewicht auf industriell-gewerblichen Biogasanlagen,** die Hälfte davon mit Einspeisung von Erdgas ins Erdgasnetz, die Hälfte mit Stromproduktion - wenige landw. Grossanlage mit Nährstoffseparation und Gaseinspeisung - kleinere landwirtschaftliche Anlagen soweit noch Kapazitäten vorhanden.

In keiner der vorgeschlagenen Kombinationen kommen ARAs als wesentliche Abnehmer von Co-Substraten vor. Grund dafür ist das Problem der nicht geschlossenen Stoffkreisläufe für andere Co-Substrate als Oele, Fette und Zucker.

Unter Anwendung des Szenarios B resultieren in etwa die nachstehenden maximalen Anlagenzahlen. Bei der Berechnung der Energieproduktion werden neben dem Energietotal der Anlagen gemäss vorliegendem Szenario im Sinne einer Sensitivitätsanalyse noch zwei Varianten dargestellt (Total Energie ohne reine Hofdüngeranlagen, Total Energie ohne reine Hofdüngeranlagen und unter Berücksichtigung eines Abzugs bei der Wärme, da diese teilweise nur schwer nutzbar ist, vgl. Kapitel Diskussion).

Kombination 1: Schwergewicht auf kleineren landwirtschaftlichen Co-Vergärungsanlagen

	Anlagetypen	Anzahl Anlagen	Benötigte biogene Abfälle [t FS]	Benötigter Hofdünger [t FS]	Netto-Energieproduktion [GWh/a] Strom	Wärme	Bio-methan für Erdgas-netz	Total Energie	Sensitivitätsanalyse Total Energie ohne reine Hofdünger-Anlagen [GWh/a]	Total Energie ohne reine Hofdünger-Anlagen, Abzug für schwer nutzbare Wärme [GWh/a]
a	Biogasanlage mit Hofdünger und 50% Co-V	4	12391	8000	3	3		6	6	5
b	Biogasanlage mit Hofdünger und 20% Co-V	18	31364	81000	13	12		25	25	19
c	Grossanlage mit Hofdünger und Co-V, Gaseinspeisung	2	12000	32000			12	12	12	12
d	Biogasanlage mit Hofdünger ohne Co-V	42	0	378000	27	27		54		
e	Industriell-gew. Anlage, Gaseinspeisung	1	10000	0			5	5	5	5
f	Industriell-gew. Anlage, Strom/Wärme	1	10000	0	2	2		3	3	2
	total genutzt		**75'754**	**499'000**	**45**	**44**	**17**	**106**	**52**	**43**
	ungenutzt		596	5'283						

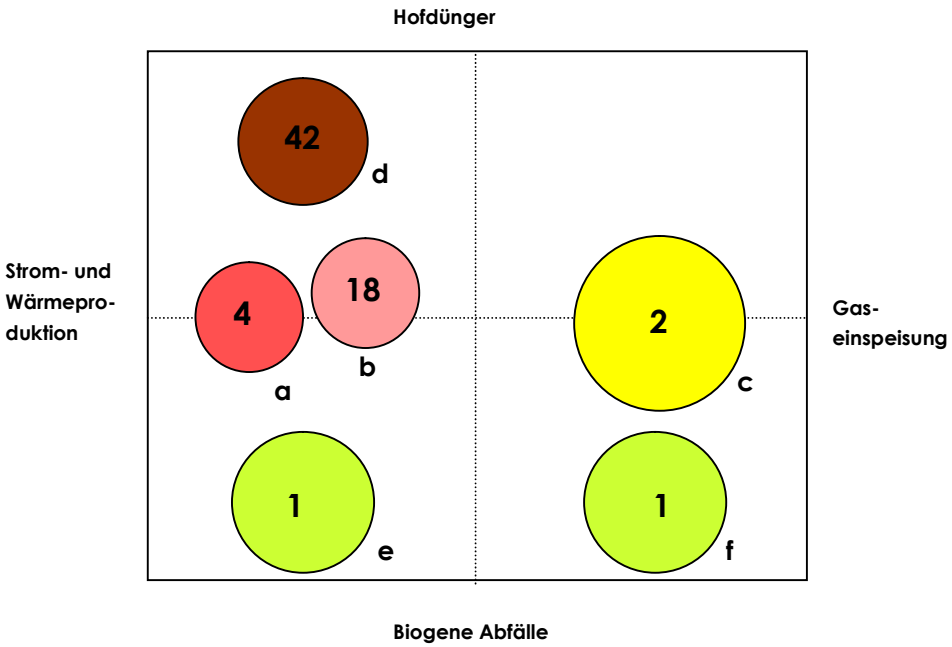


Abbildung 14: Anzahl Anlagen und nutzbares Energieproduktionspotential bei der Kombination 1: Schwergewicht auf kleineren landwirtschaftlichen Co-Vergärungsanlagen.

Legende: a) Biogasanlage mit Hofdünger und 50% Co – Vergärung, Strom- und Wärmeproduktion, b) Biogasanlage mit Hofdünger und 20% Co – Vergärung, Strom- und Wärmeproduktion, c) Grosse Biogasanlage mit Hofdünger und 20% Co-Vergärung; Einspeisung von Gas ins Erdgasnetz, d) Biogasanlage mit Hofdünger ohne Co – Vergärung, Strom- und Wärmeproduktion, e) Biogasanlage Typ Gewerbe-Industrie, ("Kompogasanlage"), Strom- und Wärmeproduktion, f) Biogasanlage Typ Gewerbe-Industrie, ("Kompogasanlage"), Einspeisung Gas ins Erdgasnetz

Kombination 2: Schwergewicht auf landw. Grossanlagen mit Nährstoffseparation und Gaseinspeisung

	Anlagetypen	Anzahl Anlagen	Benötigte biogene Abfälle [t FS]	Benötigter Hofdünger [t FS]	Netto-Energieproduktion [GWh/a] Strom	Wärme	Bio-methan für Erdgas-netz	Total Energie	Sensitivitätsanalyse Total Energie ohne reine Hofdünger-Anlagen [GWh/a]	Total Energie ohne reine Hofdünger-Anlagen, Abzug für schwer nutzbare Wärme [GWh/a]
a	Biogasanlage mit Hofdünger und 50% Co-V	1	3098	2000	1	1		2	2	1
b	Biogasanlage mit Hofdünger und 20% Co-V	12	20909	54000	8	8		17	17	12
c	Grossanlage mit Hofdünger und Co-V, Gaseinspeisung	7	42000	112000			42	42	42	42
d	Biogasanlage mit Hofdünger ohne Co-V	37	0	333000	24	24		48		
e	Industriell-gew. Anlage, Gaseinspeisung	1	10000	0			5	5	5	5
f	Industriell-gew. Anlage, Strom/Wärme	0	0	0	0	0		0	0	0
	total genutzt		**76'007**	**501'000**	**33**	**32**	**48**	**113**	**66**	**61**
	ungenutzt		344	3'283						

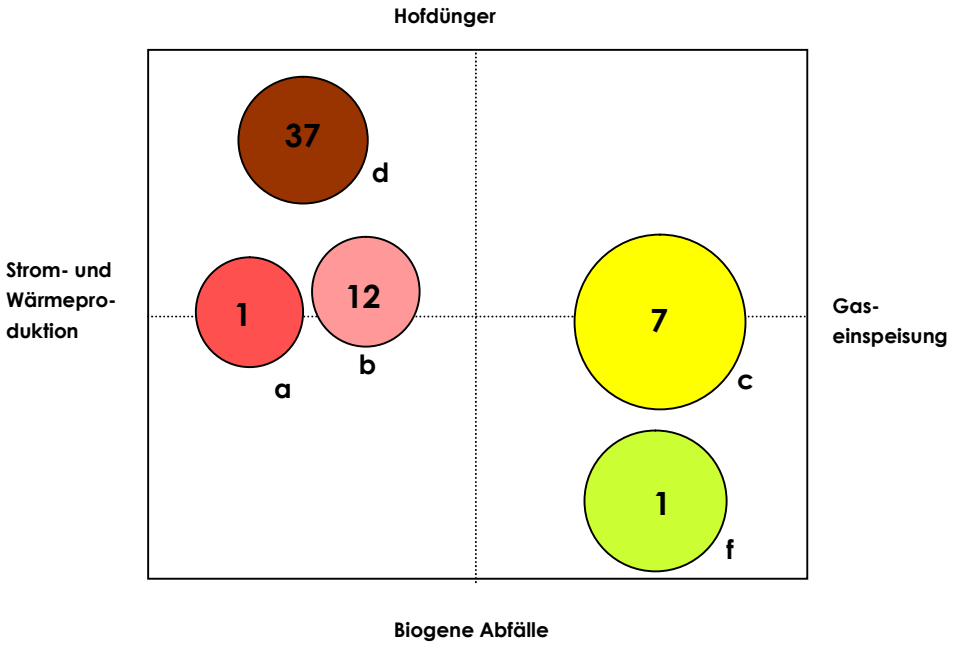


Abbildung 15: Anzahl Anlagen und nutzbares Energieproduktionspotential bei der Kombination 2: Schwergewicht auf landw. Grossanlagen mit Nährstoffseparation und Gaseinspeisung.

Legende: a) Biogasanlage mit Hofdünger und 50% Co – Vergärung, Strom- und Wärmeproduktion, b) Biogasanlage mit Hofdünger und 20% Co – Vergärung, Strom- und Wärmeproduktion, c) Grosse Biogasanlage mit Hofdünger und 20% Co-Vergärung; Einspeisung von Gas ins Erdgasnetz, d) Biogasanlage mit Hofdünger ohne Co – Vergärung, Strom- und Wärmeproduktion, f) Biogasanlage Typ Gewerbe-Industrie, ("Kompogasanlage"), Einspeisung Gas ins Erdgasnetz

Kombination 3: Schwergewicht auf industriell-gewerblichen Biogasanlagen

	Anlagetypen	Anzahl Anlagen	Benötigte biogene Abfälle [t FS]	Benötigter Hofdünger [t FS]	Netto-Energieproduktion [GWh/a] Strom	Wärme	Bio-methan für Erdgas-netz	Total Energie	Sensitivitätsanalyse Total Energie ohne reine Hofdünger-Anlagen [GWh/a]	Total Energie ohne reine Hofdünger-Anlagen, Abzug für schwer nutzbare Wärme [GWh/a]
a	Biogasanlage mit Hofdünger und 50% Co-V	1	3098	2000	1	1		2	2	1
b	Biogasanlage mit Hofdünger und 20% Co-V	4	6970	18000	3	3		6	6	4
c	Grossanlage mit Hofdünger und Co-V, Gaseinspeisung	1	6000	16000			6	6	6	6
d	Biogasanlage mit Hofdünger ohne Co-V	52	0	468000	34	33		67		
e	Industriell-gew. Anlage, Gaseinspeisung	3	30000	0			16	16	16	16
f	Industriell-gew. Anlage, Strom/Wärme	3	30000	0	5	5		10	10	7
	total genutzt		**76'067**	**504'000**	**42**	**42**	**22**	**106**	**39**	**34**
	ungenutzt		283	283						

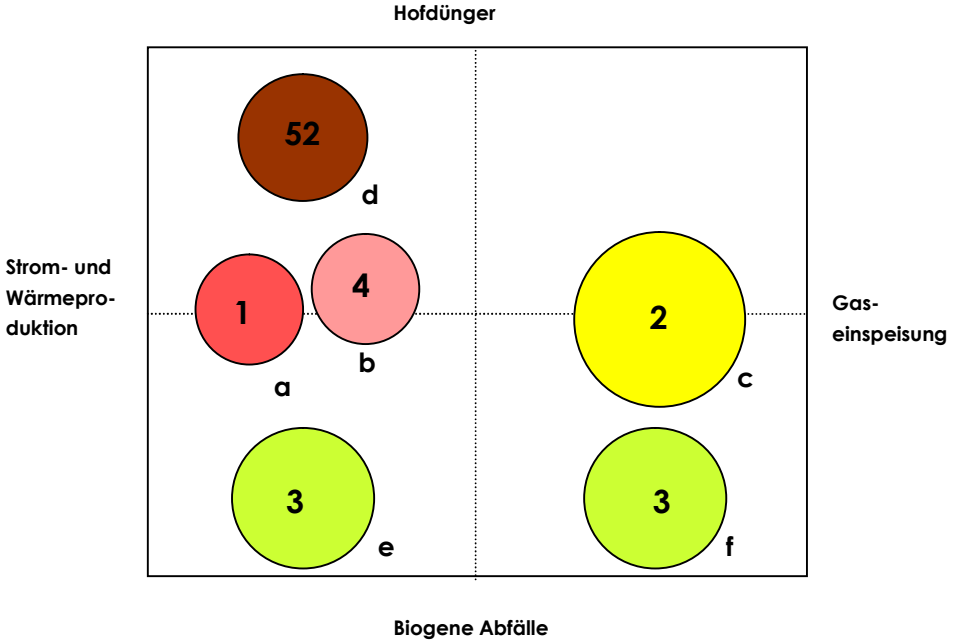


Abbildung 17: Anzahl Anlagen und nutzbares Energieproduktionspotential bei der Kombination 3: Schwergewicht auf industriell-gewerblichen Biogasanlagen.

Legende: a) Biogasanlage mit Hofdünger und 50% Co – Vergärung, Strom- und Wärmeproduktion, b) Biogasanlage mit Hofdünger und 20% Co – Vergärung, Strom- und Wärmeproduktion, c) Grosse Biogasanlage mit Hofdünger und 20% Co-Vergärung; Einspeisung von Gas ins Erdgasnetz, d) Biogasanlage mit Hofdünger ohne Co – Vergärung, Strom- und Wärmeproduktion, e) Biogasanlage Typ Gewerbe-Industrie, ("Kompogasanlage"), Strom- und Wärmeproduktion, f) Biogasanlage Typ Gewerbe-Industrie, ("Kompogasanlage"), Einspeisung Gas ins Erdgasnetz

5 Potenzielle Standortregionen für zusätzliche Vergärungsanlagen

5.1 Vorgehen bei der Standortevaluation

Für die Auswahl von potenziell geeigneten Standorten wurde wie oben erwähnt das Angebotsszenario B an zusätzlich nutzbaren biogenen Abfällen zu Grunde gelegt. Dazu wurde die Anlagenkombination 2, Schwergewicht auf landwirtschaftlichen Grossanlagen mit Nährstoffseparation und Gaseinspeisung gewählt.

Es ist wichtig festzuhalten, dass es sich bei den Anlagestandorten nur um potenziell geeignete Standortregionen aufgrund der Potenzialmodellierung handelt; im Einzelfall müssen weitere lokale Bedingungen berücksichtigt werden.

Die Ermittlung der potenziellen Anlagenstandorte erfolgte in fünf Schritten:

A) Potenzielle Standorte für grosse landwirtschaftliche Biogasanlagen mit Co-Vergärung und Biogaseinspeisung ins Gasnetz ermitteln (7Anlagen des Anlagetyps c): Mit Hilfe einer GIS-Modellierung wurden diejenigen Standorte bestimmt, wo das Einzugsgebiet für die Substratmengen (insbesondere Hofdünger) möglichst klein ist und eine Nähe zum Gasnetz gegeben ist.

B) Potenzielle Standorte für industriell-gewerbliche Anlage ermitteln (Typ Kompogas, 1 Anlage des Anlagetyps f): Für eine industriell gewerbliche Biogasanlage kommen verschiedene ähnlich gut geeignete Standorte in Frage. Als möglicher Standort wurde hier Weinfelden gewählt, wobei auf die Nähe zum Erdgasnetz geachtet wurde.

C) Potenzielle Standorte für kleinere landwirtschaftliche Biogasanlagen mit 20% Co-Vergärung ermitteln (12 Anlagen des Anlagetyps b): Optimierte Platzierung unter Berücksichtigung des verbleibenden Potenzials, bestehender grösserer Landwirtschaftsbetriebe und möglichst kleiner Radien zum Einholen des Hofdüngers. Mögliche Kriterien sind hier auch Abstand zu Wohngebieten und wenn möglich Nähe zu Industrie und Gewerbe (Abwärmenutzung).

D) Potenzieller Standort für eine kleinere landwirtschaftliche Biogasanlagen mit 50% Co-Vergärung ermitteln (1 Anlage des Anlagetyps a): Für diese Anlage wurde eine Region gewählt, in der sowohl viel Hofdünger als auch viel Co-Substrat vorkommt.

E) Potenzielle Standorte für kleinere landwirtschaftliche Biogasanlagen ohne Co-Vergärung ermitteln (maximal 37 Anlagen des Anlagetyps d): Optimierte Platzierung unter Berück-

sichtigung des verbleibenden Potenzials, bestehender grösserer Landwirtschaftsbetriebe und möglichst kleiner Radien zum Einholen des Hofdüngers.

5.2 Resultate

Die Resultate sind in der nachstehenden Abbildung dargestellt. Die Karte zeigt die ermittelten Standortregionen für zusätzliche Vergärungsanlagen im Kanton Thurgau basierend auf den oben beschriebenen Grundlagen und Annahmen sowie die bestehenden Biogasanlagen.

Es wird daran erinnert, dass es sich bei den Anlagestandorten um potenziell geeignete Standortregionen aufgrund der Potenzialmodellierung handelt. Zum Beispiel wäre es auch möglich, die industriell-gewerbliche Biogasanlage in der Region Frauenfeld oder im Dreieck Sulgen-Amriswil-Bischoffszell anzusiedeln.

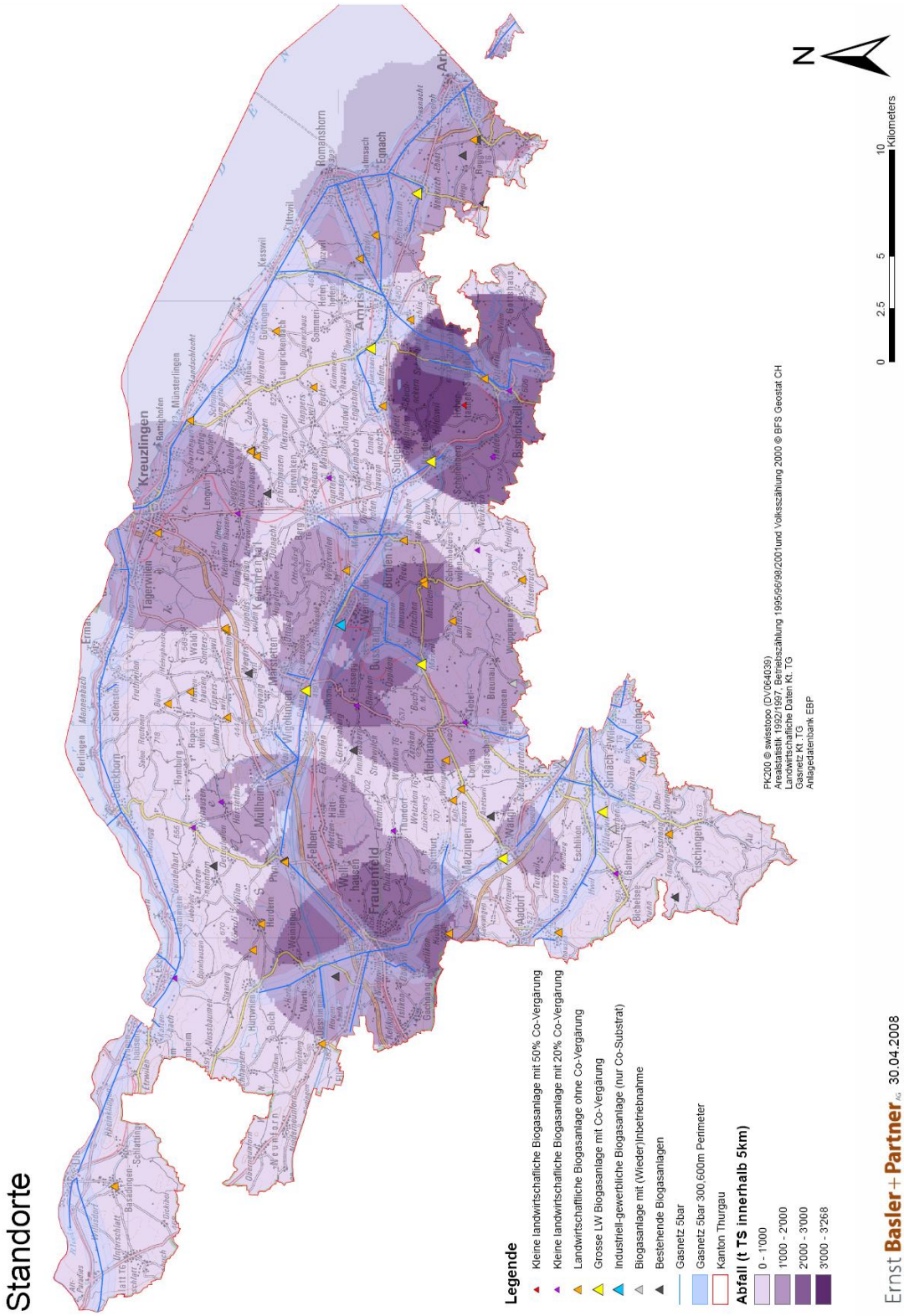
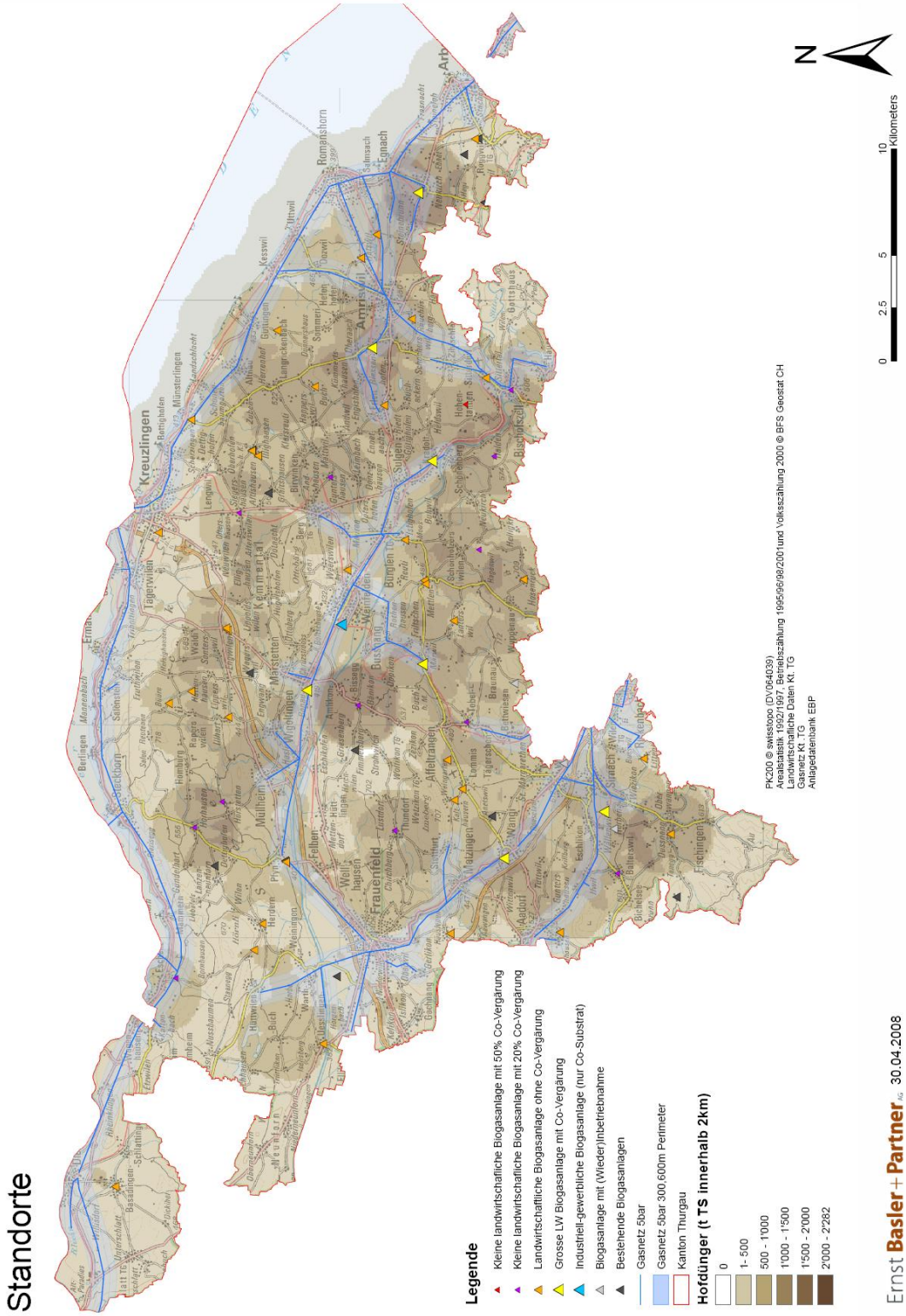


Abbildung 18: Potenzielle Anlagestandorte gemäss Szenario B und Anlagenkombination 2 (Hintergrund: Potenzial biogene Abfälle ohne Hofdünger)


Standorte
Legende
Kleine landwirtschaftliche Biogasanlage mit 50% Co-Vergärung
Kleine landwirtschaftliche Biogasanlage mit 20% Co-Vergärung
Landwirtschaftliche Biogasanlage ohne Co-Vergärung
Grosse LW Biogasanlage mit Co-Vergärung
Industriell-gewerbliche Biogasanlage (nur Co-Substrat)
Biogasanlage mit (Wieder)Inbetriebnahme
Bestehende Biogasanlagen
Gasnetz 5bar
Gasnetz 5bar 300,600m Perimeter
Kanton Thurgau
Hofdünger (t TS innerhalb 2km)
0
1- 500
500 - 1'000
1'000 - 1'500
1'500 - 2'000
2'000 - 2'282
Ernst Basler + Partner AG 30.04.2008
PK200 © swisstopo (DV064039)
Arealstatistik 1992/1997, Betriebszählung 1995/96/98/2001und Volkszählung 2000 © BFS Geostat CH
Landwirtschaftliche Daten Kt. TG
Gasnetz Kt. TG
Anlagedatenbank EBP
0 2.5 5 10 Kilometers
N
Kreuzlingen
Romanshorn
Egnach
Amriswil
Bischofszell
Sulgen
Bürglen
Weinfelden
Frauenfeld
Aadorf
Eschlikon
Sirnach
Fischingen
Müllheim
Pfyn
Felben
Wellhausen
Alterlangen
Tägerwilen
Gottlieben
Ermatingen
Berlingen
Steckborn
Salenstein
Mammern
Diessenhofen
Stein am Rhein
Eschenz
Münsterlingen
Bottighofen
Kesswil
Uttwil
Dozwil
Hefenhofen
Sommeri
Hohentannen
Hagenwil
Lengwil
Altnau
Güttingen
Langrickenbach
Tuttwil
Salmsach
Roggwil TG
Bischofszell
Hauptwil-Gottshaus
Erlen
Kalchrain
Hüttlingen
Wuppenau
Eschlikon
Braunau
Wängi
Tänikon
Tägerschen
Lanzenneunforn
Lommis
Nussbaumen
Uesslingen-Buch
Matzingen
Stettfurt
Thundorf
Wetzikon TG
Leutmerken
Hüttwilen
Uesslingen
Buch
Herdern
Weiningen
Hüttlingen
Gachnang
Neunforn
Gerlikon
Ettenhausen
Aadorf
Tuttwil
Guntershausen
Eschlikon
Braunau
Bettwiesen
Wuppenau
Hagenwil
Sommeri
Hohentannen
Hefenhofen
Dozwil
Kesswil
Uttwil
Romanshorn
Egnach
Sulgen
Bürglen
Weinfelden
Frauenfeld
Müllheim
Pfyn
Felben
Wellhausen
Alterlangen
Tägerwilen
Kreuzlingen
Bottighofen
Münsterlingen
Ermatingen
Berlingen
Steckborn
Salenstein
Mammern
Diessenhofen
Stein am Rhein
Eschenz
Gottlieben
Bischofszell
Sirnach
Fischingen
Eschlikon
Aadorf
Matzingen
Stettfurt
Thundorf
Wetzikon TG
Leutmerken
Hüttlingen
Uesslingen
Buch
Herdern
Weiningen
Gachnang
Neunforn
Gerlikon
Ettenhausen

6 Diskussion und Fazit

6.1 Angebot biogener Abfälle (Aufkommen, Eignung, Verfügbarkeit)

Bei der Herstellung von Produkten in Industrie- und Gewerbe sowie deren Nutzung und Konsum entstehen im Kanton Thurgau im Jahr 2006 rund 234'326 Tonnen (Frischsubstanz) biogene Abfälle und in der Landwirtschaft rund 1'070'000 Tonnen (Frischsubstanz) Hofdünger.

Für die energetische Nutzung wird von einer mittleren Menge von rund 87'640 Tonnen FS biogene Abfällen und 535'000 Tonnen FS Hofdünger ausgegangen, die sich für eine Vergärung eignen und verfügbar gemacht werden können und teilweise energetisch schon genutzt werden.

Ende 2006 wurden 9'291 Tonnen FS biogene Abfälle und 31'000 Tonnen FS Hofdünger im Kanton Thurgau in 12 landwirtschaftlichen Biogasanlagen genutzt. Eine unbekannte Menge biogener Abfälle wird in ausserkantonalen Anlagen vergärt. Diese Menge wird auf einige 1'000 Tonnen FS geschätzt.

Es existiert im Kanton Thurgau ein beträchtliches, ungenutztes Potenzial biogener Abfälle für die energetische Verwertung.

Das verbleibende, für eine Vergärung geeignete und verfügbare Angebot wird auf ***76'350 Tonnen FS biogene Abfälle*** und auf rund ***504'280 Tonnen FS Hofdünger*** geschätzt. Das Angebot an biogenen Abfällen besteht vor allem aus Rückständen und Abfällen aus der Lebensmittelproduktion (46'855 t FS) und aus Grüngut (14'899 t FS).

▶ Für die künftige Anlageplanung im Kanton Thurgau sind ebenfalls die exportierten bzw. importierten Mengen biogener Abfälle zu beachten. Bei den Exporten sind vor allem die grossen Vergärungsanlagen nahe der Kantonsgrenze in Uzwil und Herisau zu berücksichtigen. Bei den Importen bieten die tierischen Nebenprodukte und Schlachtabfälle an die Hunziker Food Recycling AG ein zusätzliches Potential für eine Vergärungsanlage.

▶ Mobilisierung der biogenen Abfälle und die „Lenkung" der Abfallströme zu den Vergärungsanlagen als künftige Herausforderung und Aufgabe.

6.2 Energetische Nutzung biogener Abfälle in Vergärungsanlagen

Eine maximale Energiegewinnung aus den biogenen Abfällen wird mittels gut ausgelasteter und zuverlässig funktionierender Vergärungsanlagen erreicht. Dies setzt die korrekte Anzahl Anlagen, mit angemessener Kapazität an bestmöglichen Standorten voraus. Die weitere Entwicklung hängt einerseits von Einflussfaktoren des Marktes wie Preise von Rohstoffen, Stickstoff und Oel ab, andererseits auch von den politischen Rahmenbedingungen.

Im Vordergrund stehen grundsätzliche folgende zwei Typen von Vergärungsanlagen:

- ***Vergärungsanlagen Typ Landwirtschaft*** (Verwertung von Hofdünger) mit Co- oder ohne Co-Vergärung anderer biogener Abfälle sowie mit Einspeisung des Biogases ins Erdgasnetz oder Umwandlung des Biogases in Elektrizität und Wärme.
- ***Vergärungsanlagen Typ Industriell-gewerblich*** *(*Verwertung biogener Abfälle ohne Hofdünger) mit Einspeisung des Biogases ins Erdgasnetz oder Umwandlung des Biogases in Elektrizität und Wärme.

Die Co-Vergärung biogener Abfälle in kommunalen Kläranlagen kann im Einzelfall eine weitere Möglichkeit sein. Da die Stoffkreisläufe jedoch bei der Verwendung von anderen Substraten als reinem Fett und Zucker nicht geschlossen werden (Verbrennung des Klärschlamms), wird diese Variante nicht prioritär weiterverfolgt.

Die durchgeführten Modellierungen zeigen, dass das energetische Potenzial biogener Abfälle mit einer Anlagenkombination mit Schwergewicht auf landwirtschaftlichen Grossanlagen (mit Nährstoffseparation und Gaseinspeisung) am besten genutzt wird. Dies liegt an folgenden Gründen:

1. Der limitierende Faktor für den Bau von Vergärungsanlagen ist die verfügbare Menge an festen biogenen Abfällen. ***Zur maximalen Nutzung des Energiepotenzials aus den biogenen Abfällen ist somit besonders wichtig, dass Anlagen, die viel Hofdünger vergären, ermöglicht werden.*** Die Nutzung des Hofdüngers in Biogasanlagen bringt neben der Energie des Biogases den zusätzlichen Vorteil mit sich, dass Emissionen der Treibhausgase Lachgas und Methan verringert werden können gegenüber normalem Güllemanagement (Lagerung, Ausbringung aufs Feld).
2. Durch Gaseinspeisung wird die Energie im Biogas am besten genutzt, da weniger Energieumwandlungsverluste entstehen als bei der Stromerzeugung; das Biogas ersetzt direkt Erdgas. Das Biogas kann dabei sowohl für das Heizen und Kochen oder auch als Treibstoff für Fahrzeuge eingesetzt werden. Eine effiziente Nutzung des zu Biomethan mit Erdgasqualität aufbereiteten Biogases setzt jedoch voraus, dass auch der Gasverbrauch an sich optimiert und unnötiger Verbrauch reduziert wird.

Im Kanton Thurgau wird das mittlere Potenzial an nutzbarer Energie aus biogenen Abfällen auf jährlich total 113 GWh geschätzt[22]. Für Dritte stehen dabei rund 33 GWh Elektrizität, rund 32 GWh Wärme und rund 48 GWh Biogas (zur Einspeisung ins Erdgasnetz) zur Verfügung.

Die Energiemengen variieren in den hier untersuchten Varianten von 34 bis 113 GWh, je nach Anlagenkombination und je nachdem, ob reine Hofdüngeranlagen und Abwärmenutzungsmöglichkeiten berücksichtigt werden.

▶ Der ***Wettbewerb um feste biogene Abfälle*** bzw. deren geschickte Allokation zu landwirtschaftlichen und industriell-gewerblichen Anlagen ist ein massgebender Faktor für die maximale Ausschöpfung des vorhandenen energetischen Potentials.

▶ ***Ob mit den biogenen Abfällen künftig mehr Elektrizität und Wärme oder mehr Biogas ins Erdgasnetz abgegeben wird, ist von den Rahmenbedingungen abhängig.*** Besonders wichtig wird in diesem Zusammenhang die konkrete Ausgestaltung der kostendeckenden Einspeisevergütung für Strom sein, die Entwicklung der Preise fossiler Energieträger (Erdöl und Erdgas) sowie die künftige Förderung von Energie aus Biomasse auf nationaler und kantonaler Ebene. Die künftigen Marktanteile für Elektrizität, Wärme und Biogas können von denen in diesem Bericht abgeschätzten Mengen abweichen.

▶ ***Zur umfassenden Nutzung des Energiepotenzials im Hofdünger sind zusätzliche Massnahmen nötig.*** Für den wirtschaftlichen Betrieb von reinen Hofdüngeranlagen, respektive Anlagen mit nur sehr wenig Co-Substrat, wären zusätzliche (finanzielle) Anreize notwendig. Eine möglichst gute Verteilung der vorhandenen Co-Substrate auf verschiedene Anlagen würde den Bedarf für entsprechende zusätzliche Fördermittel verringern.

6.3 Potenzielle Standortregionen für Vergärungsanlagen

Die nachfolgenden Überlegungen basieren auf dem oben erwähnten, mittleren Angebot an biogenen Abfällen und Hofdünger von 76'350 Tonnen FS biogene Abfälle und 504'000 Tonnen FS Hofdünger. Basierend auf diesen Mengen und deren geografischen Verteilung wurden Realisierungsmöglichkeiten für nachstehende Anlagen und Standortregionen aufgezeigt:

- Zusätzlich ***eine industriell-gewerbliche Vergärungsanlage*** mit einer angenommenen Kapazität von 10'000 Tonnen FS biogener Abfälle. Prioritäre, potenzielle Standortregionen für eine solche Anlage sind Weinfelden, Frauenfeld oder das Dreieck Bischofszell - Sulgen –

22) Dieser Wert von 113 GWh basiert auf einem mittleren, erwarteten Angebotspotential biogener Abfälle (Szenario B) sowie der Anlagenkombination mit Schwergewicht auf landwirtschaftlichen Grossanlagen mit Gaseinspeisung (Kombination 2).

Amriswil. Eher weniger in Frage kommen, aber nicht völlig ausgeschlossen, sind der Raum Tägerwilen – Kreuzlingen und Arbon.

- Zusätzlich rund ***sieben grosse landwirtschaftliche Biogasanlagen mit Co-Vergärung*** (angenommene Verarbeitungskapazität 16'000 Tonnen FS Hofdünger und 6'000 Tonnen Co-Substrate pro Anlage). Im Modell wurden diejenigen Standortregionen mit minimalem Einzugsgebiet für die Substratmengen und mit Nähe zum bestehenden Gasnetz ermittelt. Für potenzielle Standortregionen vergleiche Karte in *Abbildung 19*.
- Zusätzlich rund ***12 kleinere landwirtschaftliche Biogasanlagen mit 20% Co-Vergärung*** (angenommene Verarbeitungskapazität 2'000 Tonnen FS Hofdünger und 2'000 Tonnen Co-Substrate pro Anlage). Im Modell wurden diese Anlagen auf bestehenden Landwirtschaftsbetrieben platziert, mit minimalem Radius für das Einholen des notwendigen Hofdüngers. Für potenzielle Standortregionen vergleiche Karte in *Abbildung 19*.
- Zusätzlich etwa ***1 kleinere landwirtschaftliche Biogasanlagen mit 50% Co-Vergärung*** (angenommene Verarbeitungskapazität 2'000 Tonnen FS Hofdünger und 2'000 Tonnen Co-Substrate pro Anlage). Im Modell wurden diese Anlagen auf einem bestehenden Landwirtschaftsbetrieb, in dessen Nähe sowohl viel Hofdünger als auch viele Co-Substrate vorhanden sind.
- Zusätzlich maximal ***37 mittlere landwirtschaftliche Biogasanlagen ohne Co-Vergärung*** (angenommene Verarbeitungskapazität 9'000 Tonnen FS. Die Wirtschaftlichkeit der reinen Hofdünger Biogasanlagen ist stark von den standortspezifischen Voraussetzungen abhängig. Es ist anzunehmen, dass mit den kostendeckenden Einspeisetarifen allein diese Anlage nicht wirtschaftlich sind, da der Landwirtschaftsbonus so ausgelegt ist, dass er bei einer Verwendung von 20% Co-Substrat gerade knapp einen kostendeckenden Betrieb erlaubt. Die Ausnutzung des Energiepotenzials von reinen Hofdünger-Biogasanlagen muss deshalb zusätzlich gefördert werden. Für potenzielle Standortregionen vergleiche Karte in *Abbildung 19*.

6.4 Quervergleich mit anderen Studien

Im Konzept zur verstärkten Förderung erneuerbarer Energien des Kantons Thurgau zuhanden des Regierungsrates wird das Potenzial zur energetischen Nutzung aus Biomasse (ohne Holz) mit 620 GWh angegeben. Dieser Wert liegt höher als das hier ausgewiesene Potenzial. Dies könnte daran liegen, dass einerseits der Abfallbericht die in den Abfällen enthaltene Energie ausweist (ökologisches Potential[23]), hier jedoch die aus Vergärungsanlagen für Dritte nutzbare

23) „Die Schätzung des ökologischen Angebotspotenzials beruht auf den unter ökologischen Randbedingungen verfügbaren Inputströmen Biomasse (Inputperspektive). Für die Potenzialschätzungen wurde einerseits die Entwicklung der theoretischen Potenziale (abhängig von Anbaufläche, Anbauarten bzw. Anfall von Abfall und Reststoffen der Sekundärproduktion), andererseits der unter ökologischen Gesichtspunkten sinnvolle potenzielle

Energiemengen dargestellt wurden, d.h. die Umwandlungsverluste und der Eigenbedarf der Anlagen sind hier berücksichtigt. Ausserdem sind Ernterückstände (wie auch Energiepflanzen) hier nicht einbezogen. Eventuell bezieht sich der Wert zudem auf das für die Vergärung geeignete Potenzial, nicht wie hier auf die zusätzlich nutzbare Menge. Der im erwähnten Konzept angegebene Wert liegt etwa in der gleichen Grössenordnung wie der in diesem Bericht abgeschätzte für Vergärung geeignete Anteil des Potenzials (670 GWh).

6.5 Gedanken zum weiteren Vorgehen

Das oben gezeichnete Bild der „Vergärungslandschaft Thurgau" ist das Ergebnis der nach heutigem Wissensstand durchgeführten Modellberechnungen und der getroffenen Annahmen. Mit den im Laufe der Zeit effektiv realisierten Anlagen und deren Kapazitäten müsste dieses Bild periodisch nachgeführt werden, um eine neue Lagebeurteilung - vor allem im Hinblick auf mögliche Engpässe auf Seite Co-Substrate - vornehmen zu können.

Zur Beurteilung von konkreten Standorten für neue Biogasanlagen sind Untersuchungen vor Ort notwendig, welche die lokalen Verhältnisse berücksichtigen. Neben Abklärungen zur Technologie, der Wirtschaftlichkeit, den Umweltauswirkungen und der Logistik ist auch die Akzeptanz bei den relevanten Parteien (Nachbarschaft) zu berücksichtigen.

Für den Kanton geht es in einem nächsten Schritt um eine Meinungsbildung bezüglich der Bedeutung der energetischen Nutzung biogener Abfälle: Einerseits grundsätzlich im Vergleich zu den anderen erneuerbaren Energien und andererseits im speziellen um den Stellenwert der umfassenden, energetischen Nutzung von Hofdünger. Dazu gilt es die Interessen in den Bereichen Abfallentsorgung, Energie, Raumplanung und Landwirtschaft zu berücksichtigen und abzuwägen.

Um das energetische Potenzial beim Hofdünger umfassend zu nutzen, bedarf es aus heutiger Sicht zusätzlicher Massnahmen wie finanzielle Anreize, ein Beratungsangebot aber auch gesetzliche Regelungen. Die Mobilisierung der Hofdünger (Gülle und Mist) und die „Lenkung" der biogenen Abfallströme zu den Vergärungsanlagen ist dabei die zentrale Herausforderung. Gefördert werden sollen insbesondere diejenigen Anlagen, die hauptsächlich Hofdünger verwerten und somit das grosse Hofdünger-Potenzial möglichst gut nutzen und dabei eine Nährstoffseparation betreiben, um die Umweltauswirkungen zu minimieren. Via Raumplanung (Art. 27a des Raumplanungsgesetzes) könnte der Kanton sicherstellen, dass diejenigen Zonen, die sich besonders für einen optimalen Betrieb entsprechender Grossanlagen eignen, vorerst nicht durch kleinere Anlagen besetzt werden, sondern über eine gewisse Zeitdauer für solche Grossanlagen reserviert bleiben.

Nutzungsgrad geschätzt." Quelle: BfE: Potentiale zur energetischen Nutzung von Biomasse in der Schweiz. Bern, Dez. 2004.

7 Literaturverzeichnis

ARGE-Inspektorat (2005) Kompostier- und Vergärungsanlagen, Jahresbericht 2005, Inspektionsbericht der Kompostier- und Vergärbranche Schweiz 05

Bundesamt für Energie (2007) Datenbank Biogasanlagen in der Landwirtschaft, engeli engineering, Neerach, Dr. Eicher+Pauli AG, Liestal

BUWAL (2003): Erhebung der Kehrichtzusammensetzung 2001/2002. Schriftenreihe Umwelt Nr. 356. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern

EFD (2008), Pressemitteilung vom 31.1.2008, http://www.efd.admin.ch/dokumentation/medieninformationen/00467/index.html?lang=de&msg-id=17092 [2008-03-03]

Kanton Thurgau (2003) Biomasseströme im Kanton Thurgau

Kanton Thurgau (2007) Verstärkte Förderung erneuerbarer Energien und der Energieeffizienz – Schlussbericht der Arbeitsgruppen an den Regierungsrat, Departement für Inneres und Volkswirtschaft, Energie, Februar 2007

Kanton Thurgau (2007a) Abfallbericht 2007, Amt für Umwelt des Kantons Thurgau

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (2005) Handreichung Biogasgewinnung und -nutzungMembrez Y (1997). Aspects énergétiques des filières d'élimination et de valorisation des déchets animaux. EREP SA, Aclens.

Oettli B, Blum M, Peter M, Schwank O, Bedniaguine D, Dauriat A, Gnansounou E, Chételat J, Golay F, Hersener J-L, Meier U, Schliess K (2004) Potentiale zur energetischen Nutzung von Biomasse in der Schweiz, im Auftrag des Bundesamts für Energie, Bern.

Scheurer K und Baier U (2001), Biogene Güter in der Schweiz - Massen- und Energieflüsse, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Energie

Schweizerischer Bundesrat (2004), Botschaft zur Änderung des Elektrizitätsgesetzes und zum Stromversorgungsgesetz vom 3. Dezember 2004, BBl *2005* 1611

Thurgauer Milchproduzenten (2007) Website, http://www.milchthurgau.ch/zahlen/index.shtml [2007-10-25]

UVEK (2007), Pressemitteilung vom 28.6.2007, http://www.news.admin.ch/message/?lang=de&msg-id=13369 [2007-11-02]

UVEK (2008) Pressemitteilung vom 21. Februar 2008, http://www.uvek.admin.ch/dokumentation/00474/00492/index.html?lang=de&msg-id=17400 [2008-03-03]

A1 Energiepflanzen ("Nachwachsende Rohstoffe")

Unter Energiepflanzen (auch Nachwachsende Rohstoffe genannt) versteht man Pflanzen, die speziell zur energetischen Nutzung angepflanzt werden. Dazu gehören Raps, Zuckerrüben, mehrjährige Gräser wie Chinaschilf oder Rutenhirse, oder auch schnellwachsende Hölzer. Energiepflanzen können in Treibstoffe umgewandelt, zur Vergärung genutzt werden oder auch als Brennstoff dienen. Ebenfalls für energetische Zwecke genutzt werden können Ernterückstände, das heisst das, was bei der Ernte von den angebauten Pflanzen auf dem Feld bleibt.

Vielversprechende Energiepflanzen sind insbesondere mehrjährige Gräser wie Chinaschilf und Rutenhirse, da sie hohe Energieerträge liefern, eine Konkurrenz mit Nahrungsmittelproduktion vermeiden können, die CO_2-Speicherung im Boden begünstigen und nur wenig Dünger brauchen. Im Kanton Thurgau betrug die landwirtschaftliche Nutzfläche im Jahr 2007 50'747 ha.[24] Unter der Annahme, dass davon 15% der landwirtschaftlichen Flächen im Kanton Thurgau zur energetischen Nutzung verwendet werden, zu einem Drittel mit Kunstwiesen (Grassillage) zur Vergärung sowie zu je einem Drittel mit Chinaschilf und schnellwachsenden Hölzern für Heizzwecke oder für Biomass-to-Liquid Treibstoffe, könnten jährlich Erträge von ca. 12'000 t TS erzielt werden. Weiter können Ernterückstände teilweise für energetische Zwecke verwendet werden.

Substrat	**Ernteertrag**	**Flächenanteil**	**Erntemenge**	**Energieinhalt**
	t TS/ha	%	t TS	GWh
Kunstwiese	16	5%	4'000	19
Schnellwachsende Hölzer	16	5%	4'000	19
Chinaschilf	16	5%	4'000	19

Ein weiteres Potenzial zur Nutzung von Energiepflanzen sind Mischfruchtanbausysteme. So kann etwa der kombinierte Anbau von Getreide wie Weizen oder Gerste zusammen mit Leindotter bei gleichbleibender Weizenproduktion auch die Produktion von 80-150 l Leindotteröl pro ha ermöglichen.[25] Im Kanton Thurgau wurden im Jahr 2007 etwa auf 7'000 ha Weizen angepflanzt. Würde auf der Hälfte dieser Fläche Leindotter mit Weizen angepflanzt, könnte somit etwa 300 t Leindotteröl für energetische Zwecke gewonnen werden.

24) Landwirtschaftliche Betriebsstrukturdaten Flächennutzung der Landwirtschaftsbetriebe Kanton Thurgau,
25) Schrimpff E (2003) Reduziert der Anbau von Energiepflanzen den Anbau von Nahrungsmitteln? www.bv-pflanzenoele.de/pdf/ENERGIE_2.PDF [2008-02-26]

Zurzeit werden die folgenden Flächen mit Energiepflanzen im Kanton Thurgau bepflanzt (Daten für 2007):

Landwirtschaftliche Nutzfläche	**ha**
Sommerraps als nachwachsender Rohstoff	3.46
Winterraps als nachwachsender Rohstoff	73.31
Sonnenblumen als nachwachsender Rohstoff	2.13
Mehrjährige nachwachsende Rohstoffe	15.9

Die erntereichsten Regionen zum Anbau von Energiepflanzen sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

Abbildung 20: Potenziale für Energiepflanzen im Kanton Thurgau

A2 GIS-Modellierung

Potenzialkarten

Für die geographische Verteilung der Biomassemengen wurden folgende Datengrundlagen wurde verwendet:

Fraktion	Verteilung
Org. Anteil Kehricht	Bevölkerungsdichte
Grüngut	Bevölkerungsdichte
Nicht-Holz LS-Pflege	Arealstatistik
Lebensmittelindustrieabfälle	Betriebsstatistik (sechs grosse Betriebe spezifisch)
Gastronomieabfälle	Betriebsstatistik
Schlachtabfälle	Betriebsstatistik (zwei grosse Betriebe spezifisch)
Hofdünger	Landwirtschaftsbetriebe

A3 Umrechnungsfaktoren

Biomassefraktion	Trocken-substanz-anteil	Quelle für Trockensubstanz-anteil	Energie-inhalt (GJ/t TS)	Quelle für Energieinhalt
Organischer Anteil Kehricht	20%	Wellinger et al. (2006)	18	Wellinger et al. (2006)
Grüngut	20%	Eigene Schätzung	16	Schätzwert aufgrund von Angaben in Scheurer und Baier (2001)
Nicht-Holz aus Landschaftspflege	20%	Eigene Schätzung	17	Eigene Schätzung
Lebensmittelabfälle	20%	Schätzwert aufgrund der Angaben in Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (2005), dass Speisereste und Lebensmittel zwischen 9 und 37% Trockensubstanz enthalten.	15	Schätzwert aufgrund von Angaben in Scheurer und Baier (2001)
Fleischabfall	20%	Binzegger (2000), zitiert in Scheurer und Baier (2001)	7.6	Membrez (1997), zitiert in Oettli et al. (2004)
Gülle, Mist	je nach Tierart	Hersener und Meier (2003), zitiert in Oettli et al. (2004)	17	Schätzwert aufgrund Scheurer und Baier (2001)
Raps	20%	Eigene Schätzung	37	Hersener (1999), zitiert in Scheurer und Baier (2001)
Sonnenblumen	20%	Eigene Schätzung	18	Durchschnittswert für Energiepflanzen nach Scheurer (2001)
Chinaschilf, Gras	20%	Eigene Schätzung	17	Hersener (1999), zitiert in Scheurer und Baier (2001)
Schnellwachsende Hölzer			17	Schätzwert aufgrund von Angaben in Scheurer und Baier (2001)
Ernterückstände	85%	Hersener und Meier (2003), zitiert in Oettli et al. (2004)	17	Hersener (1999), zitiert in Scheurer und Baier (2001)

Tabelle 16: Umrechnungsfaktoren und Datenquellen für Trockensubstanzanteile und Energieinhalte

A4 Anlagenverzeichnis

Bestehende Landwirtschaftliche Biogasanlagen im Kanton Thurgau

Name	Adresse	PLZ	Ort	Kt
Burgdorfer	Erzenholz	8500	Frauenfeld	TG
Deutsch H.J.		9315	Neukirch	TG
Fillinger	Hinterdorf 14	8564	Wagerswil	TG
Gansner	Hauptstr. 17	8572	Graltshausen	TG
Graf AG (Moser)	Lärchrnhof	9325	Roggwil	TG
Jörg	Käserei	8505	Pfyn	TG
Kressibucher	Im Sulz	8506	Lanzenneunforn	TG
Oettli	Käserei	8574	Illighausen	TG
Rechsteiner	Speck	8374	Schurten	TG
KellroPorc AG		9325	Roggwil	TG
Sprenger	Anetswil	9545	Wängi	TG
Wartmann Otto	Holzhof	8514	Bissegg	TG

Biogasanlagen, die Ende 2006 im Kanton Thurgau im Betrieb waren. (Erhebung Frühling 2007).

Bestehende Kompostieranlagen im Kanton Thurgau (Stand Herbst 2007)

Nr.	Name	Ort	Telefon
01	Kompostieranlage Aadorf	Aadorf	052 368 48 25
02	Kompostieranlage, Ruedi Daepp	Arbon	071 446 86 23
03	Kompostieranlage mit FRK, Betriebsgemeinschaft Schwager	Balterswil	071 971 12 28
04	Kompostieranlage Berg	Berg	071 637 70 40
05	Kompostieranlage Abwasserverband Untersee	Berlingen	052 770 21 25
06	Feldrandkompostierung (FRK), Matthias Fröhlich	Bischofszell	071 422 35 88
08	Kompostieranlage Bürglen	Bürglen	071 634 60 10
09	Kompostieranlage Erlen	Erlen	071 648 13 32
10	Kompostieranlage, Gerber Gemüsebau	Felben-	079 406 62 26
12	Co-Vergärungsanlage Osterhalden	Frauenfeld	052 720 64 17
13	Kompostier- und Vergärungsanlage, R.O.M. AG	Frauenfeld	052 722 46 60
14	Kompostsammelplatz Hefenhofen	Hefenhofen	071 626 96 21
15	Kompostieranlage mit FRK, Jo Santo	Homburg	052 763 11 90
16	Kompostsammelplatz Matzingen	Matzingen	052 369 69 11
17	Kompostieranlage Müllheim	Müllheim	052 763 36 77
18	Kompostieranlage mit FRK, Franz Schmucki	Münchwilen	071 966 33 37
19	Kompostsammelplatz Sirnach	Sirnach	071 966 12 48
20	Kompostieranlage Steckborn	Steckborn	052 762 20 80
21	Kompostsammelplatz Stettfurt	Stettfurt	052 376 16 00
22	Boxenkompostieranlage Tägerwilen	Tägerwilen	071 666 80 18
24	Kompostieranlage Wängi	Wängi	052 721 69 74
25	Kompostieranlage Weinfelden	Weinfelden	071 626 83 19
26	Kompostsammelplatz, Holcim AG	Willisdorf	058 850 03 20

Entsorgung von pflanzlichen und tierischen Ölen und Fetten im Kanton Thurgau

Firmenname	Ort
Verband KVA Thurgau	Weinfelden
Tricycling Mittelthurgau AG	Frauenfeld
Bleiker Georges GmbH	Hefenhofen
Giftsammelstelle Frauenfeld	Frauenfeld
Giftsammelstelle Sulgen	Sulgen
Regionales Annahmezentrum Hefenhofen (RAZ)	Hefenhofen
InnoRecycling AG	Eschlikon
Bauverwaltung Kreuzlingen	Kreuzlingen
Schneider Protec	Aadorf

Tabelle 17: Entsorgungsanlagen für pflanzliche und tierische Öle und Fette gemäss www.abfall.ch [2007-10-31]

Betriebsnr	Firmenname	Strasse	PLZ	Ort
455100091	Abwasserzweckverband Lützelmurgtal	Kieswerkstrasse	8355	Aadorf
456600350	Biogasgemeinschaft Osterhalden	Unteres Auenfeld 16	8500	Frauenfeld
441600019	Bleiker Georges GmbH	Moos	8580	Hefenhofen
488100011	Otto Wartmann	Holzhof 2	8514	Bissegg
478100067	Sprenger Bioenergie-Gewinnung	Anetswilerstr. 14a	9545	Wängi
494600100	Verband KVA Thurgau	Rüteliholzstr. 5	8570	Weinfelden

Tabelle 18: Entsorgungsanlagen, die über eine Bewilligung verfügen zur Entsorgung von Abfällen der Kategorien 19 08 09 (Fett- und Ölmischungen aus Ölabscheidern, die ausschliesslich Speiseöle und -fette enthalten) und 20 01 25 (Speiseöle- und -fette, ohne diejenigen, die aus öffentlichen Sammelstellen stammen) gemäss Informatikprogramm für den Vollzug der Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVA) - Online Version, www.veva-online.ch [2007-10-31]

Gemeinden mit Separatsammlung von Grüngut (Grünabfuhr)

Gemeinde	Grünabfuhr		Gemeinde	Grünabfuhr
Arbon	ja		Langrickenbach	nein
Dozwil	nein		Lengwil	nein
Egnach	nein		Münsterlingen	nein
Hefenhofen	nein		Tägerwilen	ja
Horn	nein		Wäldi	nein
Kesswil	ja		Affeltrangen	ja
Roggwil (TG)	nein		Bettwiesen	ja
Romanshorn	ja		Bichelsee-Balterswil	ja
Salmsach	nein		Braunau	nein
Sommeri	nein		Eschlikon	ja
Uttwil	nein		Fischingen	nein
Amriswil			Lommis	nein
Bischofszell	ja		Münchwilen (TG)	ja
Erlen	ja		Rickenbach (TG)	ja
Hauptwil-Gottshaus	nein		Schönholzerswilen	nein
Hohentannen	nein		Sirnach	ja
Kradolf-Schönenberg	ja		Tobel-Tägerschen	nein
Sulgen	nein		Wängi	ja
Zihlschlacht-Sitterdorf	nein		Wilen (TG)	ja
Basadingen-Schlattingen	nein		Wuppenau	ja
Diessenhofen	nein		Berlingen	ja
Schlatt (TG)	nein		Eschenz	nein
Aadorf	ja		Herdern	nein
Felben-Wellhausen	nein		Homburg	ja
Frauenfeld	ja		Hüttwilen	nein
Gachnang	nein/Sammelplatz		Mammern	nein
Hüttlingen	nein		Müllheim	ja
Matzingen	nein/Sammelplatz		Pfyn	nein
Neunforn	nein		Raperswilen	nein
Stettfurt	nein/Sammelplatz		Salenstein	nein
Thundorf	nein		Steckborn	ja
Uesslingen-Buch	nein		Wagenhausen	nein
Warth-Weiningen	keine		Amlikon-Bissegg	nein
Altnau	ja		Berg (TG)	nein
Bottighofen	nein		Birwinken	nein
Ermatingen	nein		Bürglen (TG)	nein
Gottlieben	nein		Bussnang	nein
Güttingen	nein		Märstetten	?
Kemmental	nein		Weinfelden	ja
Kreuzlingen	Ja		Wigoltingen	?

Tabelle 19: Gemeinden mit und ohne Separatsammlung (Quelle: Kanton Thurgau, Amt für Umwelt, Herbst 2007)