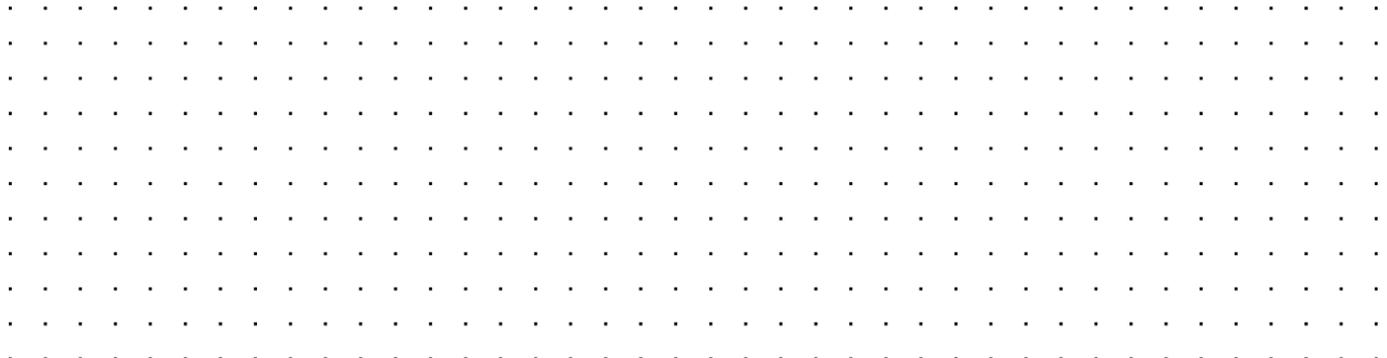


# Biomassekonzept Kanton Thurgau: Grundlagen

Schlussbericht  
18. Januar 2013



**Projektteam Ernst Basler + Partner**

Sommerhalder, Markus  
Henzen, Clea  
Märki, Alexandra  
Steiner, Reto  
Wolfensberger, Maya  
Seyler, Christina  
Bernath, Katrin  
Angele, Hans-Christian

**Begleitgruppe**

Eugster, Martin (Amt für Umwelt)  
Hertz, Jürg (Amt für Umwelt)  
Dubochet, Bernard (Energiefachstelle im Departement für Inneres und Volkswirtschaft)  
Eggenberger, Christian (Berufs- und Bildungszentrum Arenenberg)  
Harder, Markus (Landwirtschaftsamt)

Ernst Basler + Partner AG  
Zollikerstrasse 65  
8702 Zollikon  
Telefon +41 44 395 11 11  
info@ebp.ch  
www.ebp.ch

## **Vorwort**

Herr Josef Gemperle (CVP, Fischingen) hat im Mai 2011 beim Regierungsrat einen Antrag eingereicht, ein Konzept zur optimalen energetischen und stofflichen Nutzung biogener Abfälle und Hofdünger im Kanton Thurgau vorzulegen. Am 24. Januar 2012 wurde der Antrag vom Regierungsrat genehmigt und am 29. Februar 2012 vom Grossen Rat als erheblich erklärt. Das Amt für Umwelt wurde vom Regierungsrat zur Ausarbeitung eines solchen Konzeptes angewiesen. Mit den Arbeiten am Konzept Biomasse Thurgau wurde im März 2012 begonnen. Der vorliegende Bericht enthält die zentralen Erkenntnisse und leitet mögliche Massnahmen ab.



---

# Zusammenfassung

## Ausgangslage und Aufgabenstellung

Der Kanton Thurgau strebt bei seiner Energieversorgung die Vision der 2000-Watt-Gesellschaft an. Um dies zu erreichen, fördern Kanton und Gemeinden eine umweltschonende, diversifizierte und sichere Energieversorgung. Im Jahr 2008 hat Ernst Basler + Partner dazu die Potenziale zur energetischen Nutzung von Biomasse (ohne Holz) detailliert analysiert. Josef Gemperle (CVP, Fischingen) hat daraufhin im Jahr 2011 einen Antrag eingereicht, der die Regierung auffordert ein Konzept zur optimalen energetischen und stofflichen Nutzung von biogenen Abfällen und Hofdüngern auszuarbeiten. Am 24. Januar 2012 wurde der Antrag vom Regierungsrat genehmigt und am 29. Februar 2012 vom Grossen Rat als erheblich erklärt. Das Amt für Umwelt wurde vom Regierungsrat zur Ausarbeitung eines solchen Konzeptes angewiesen. Ernst Basler + Partner wurde beauftragt, ein entsprechendes Konzept für die Biomasse-Abfälle für den Kanton Thurgau auszuarbeiten. Als Resultat wird das verbleibende, nutzbare Potenzial ausgewiesen sowie konkrete und umsetzbare Massnahmen zur optimierten Nutzung der Biomasse-Abfälle im Kanton Thurgau. Die Analysen orientieren sich an den Biomasse-Stoffströmen im Jahr 2010 sowie eigenen Modellierungen. Der Anteil aus Holzabfällen wird in diesem Bericht nicht berücksichtigt, da das Potenzial im Bereich Holz im Kanton Thurgau durch den Bericht „Nutzung Energieholz“ (2011) analysiert und abgehandelt wurde.

## Biomasse-Fractionen und Anlagen zur Verwertung der Biomasse

Betrachtet werden biogene Abfälle (biogene Abfälle aus Haushaltungen im Kehricht, Grüngut und halmartige Biomasse aus der Landschaftspflege, Abfälle aus der Milchproduktion sowie der Obst- und Gemüseverarbeitung, Rüstabfälle aus der Gemüseernte, Fette und Öle aus der Lebensmittelindustrie, Abfälle von Detailhändlern, Gastronomieabfälle, Tierische Nebenprodukte und Fleischverarbeitungsabfälle, Klärschlamm) sowie landwirtschaftliche Biomasse (Gülle und Mist, Ernterückstände und Zwischenfrüchte). Es werden folgende Anlagentypen untersucht:

- reine landwirtschaftliche Biogasanlagen (Vergärung von feuchter Biomasse unter anaeroben Bedingungen in der Landwirtschaftszone mit Hofdünger, Ernteresten und Zwischenfrüchten)
- landwirtschaftliche Biogasanlagen (Vergärung von feuchter Biomasse unter anaeroben Bedingungen in der Landwirtschaftszone mit Hofdünger als Hauptsubstrat)
- gewerblich-industrielle Vergärungsanlagen (Vergärung von feuchter Biomasse unter anaeroben Bedingungen in der Gewerbe-/Industriezone mit biogenen Abfällen als Hauptsubstraten)
- Kompostieranlagen (Anlagen zur Umwandlung von organischem Material in Humus unter aeroben Bedingungen)
- Kehrichtverbrennungsanlagen

- kommunale Kläranlagen.

### **Aktuelle Nutzung biogener Abfälle im Kanton TG**

Im 2010 sind im Kanton TG 376'000 Tonnen (t) Frischsubstanz biogener Abfälle angefallen. Davon wird etwa die Hälfte stofflich oder energetisch verwertet (rund 25'000 t ausserhalb der Kantons Grenzen). Rund 10'000 t davon werden in landwirtschaftlichen Biogasanlagen vergärt. Das Aufkommen von Hofdünger aus der Landwirtschaft beträgt 1'200'000 t. Davon werden rund 98% als Dünger und Bodenverbesserer direkt aufs Feld ausgebracht. Rund 2% werden in landwirtschaftlichen Biogasanlagen energetisch genutzt.

In 2011 wurde die Biorender Anlage, die tierische Nebenprodukte und Fleischabfälle verarbeitet in Betrieb gesetzt. Zudem ist eine Kompogas Anlage mit Gaseinspeisung bewilligt.

Das Potenzial zur energetischen und stofflichen Nutzung im Kanton Thurgau wird erst teilweise und noch nicht optimal genutzt. Positiv ist, dass der grosse Teil der Biomasse im Kanton TG stofflich genutzt wird. Aus energetischer Sicht besteht jedoch noch ein deutlich höheres Nutzungspotenzial. Insbesondere bei der Verwertung der Produktionsabfälle aus der Lebensmittelindustrie (zum Beispiel Bierverarbeitungsindustrie, Teigwarenproduktion), den Gastroabfällen aber auch bei den Hofdüngern und den Zwischenfrüchten sowie bei Ernterückständen.

### **Leitsätze**

Der Kanton TG ist reich an verschiedenen Arten von Biomasse, die sich für unterschiedliche Anwendungen eignen. Dabei sollen folgende übergeordneten Leitsätze zur Entwicklung des Zielsystems beachtet werden:

- **Kaskadennutzung:** Bei der Nutzung von Biomasse soll eine optimale Wertschöpfung erzielt werden, indem gemäss dem Kaskadenprinzip Synergien genutzt und möglichst hochwertige Produkte hergestellt werden. Dabei wird aber strikt beachtet, dass Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion vermieden wird.
- **Maximaler Ersatz nicht erneuerbarer Energieträger:** Biomasse-Ströme werden so gelenkt, dass ein maximaler Ersatz an nicht erneuerbaren Energieträgern resultiert. Es werden keine nachwachsenden Rohstoffe für die energetische Nutzung angebaut.
- **Schliessen von Stoffkreisläufen:** Im Sinne einer nachhaltigen und vollständigen Nutzung der Biomasse sollen Stoffkreisläufe, wo möglich und sinnvoll, geschlossen werden.
- **Möglichst vollständige, effiziente und nachhaltige Nutzung der Biomasse:** Die vorhandene Biomasse wird möglichst vollständig genutzt. Die Nutzung, unabhängig davon ob stofflich oder energetisch, ist dabei immer effizient und orientiert sich am Prinzip der Nachhaltigen Entwicklung, d.h. ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Aspekte sollen berücksichtigt und gleich gewichtet werden.

### **Zielsystem**

Das Zielsystem für den Vergleich und die Beurteilung der Szenarien orientiert sich an den Grundsätzen der Nachhaltigkeit. Betrachtet werden folgende Kriterien:

- Entsorgungskosten (Fr./a)
- regionale Wertschöpfung (Fr./a)
- stoffliche Nutzung (qualitative Bewertung)
- Netto-Energielieferung (GWh/a)
- Treibhausgasemissionen (t CO<sub>2</sub>eq/a)
- Marktrisiken (qualitative Bewertung)
- Finanzierung (qualitative Bewertung)
- Standortakzeptanz (qualitative Bewertung)

### **Biomasseströme 2025**

Wenn alle Gemeinden in Kanton Thurgau eine Separatsammlung einführen würden, wenn die organischen Abfälle wo möglich erst energetisch und dann stofflich genutzt würden, wenn kurze Transportwege der Abfälle gefördert und die regionalen Stoffkreisläufe geschlossen würden, wäre es möglich im Jahr 2025 bis zu zusätzliche 48'000t/a Biomasse (ohne Hofdünger) für die Vergärung verfügbar zu machen.

Die resultierende neue Verteilung der gesamten Biomasse ist im unterstehenden Diagramm dargestellt.

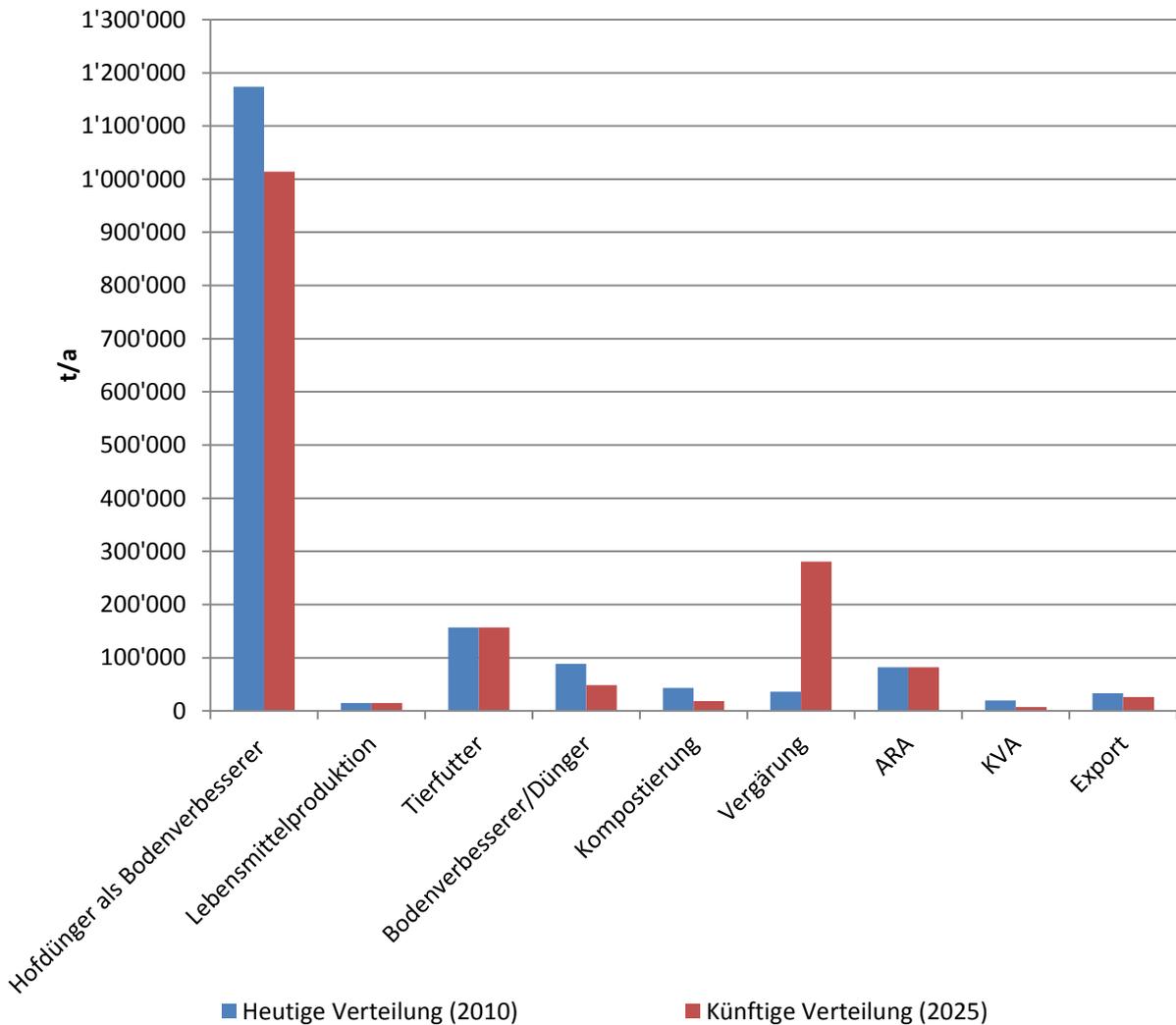


Abbildung 1: Verteilung der Biomasse nach Verwertungsweg 2010 und 2025.

In Kanton TG ist der Hofdünger kein limitierender Faktor für die Nutzung der organischen Abfälle sondern limitierend sind die restlichen biogenen Abfälle, wie Siedlungsabfälle, Grüngut und Abfälle aus der Lebensmittelindustrie, Gastronomieabfälle, Ernterückstände und Zwischenfruchten.

### Szenarien und Anlagepark

Basierend auf den Leitsätzen und der 2025 verfügbaren Biomasse-Menge zur Vergärung werden zwei Szenarien gebildet, die unterschiedliche Ziele verfolgen:

- Szenario 1 „Erzeugung von Strom und Wärme“: Szenario 1 hat eine maximale Produktion von Strom und Wärme zum Ziel. Das durch Vergärung gewonnene Biogas wird in Blockheizkraftwerken in Wärme und Strom umgewandelt.
- Szenario 2 „Erzeugung von Biomethan“: Szenario 2 orientiert sich an der maximalen Produktion von Biomethan und Treibstoffen. Das Biogas muss auf Erdgasqualität aufbereitet werden, was mit hohen Investitionskosten verbunden ist und deshalb aus wirtschaftlichen Gründen nur für grosse Biogasanlagen in Frage kommt.
- Referenzszenario: Das Referenzszenario zeigt die heutige Verteilung der Biomasseströme und ihre Verwertungswege.

Als Referenzanlagen werden sieben Typen Biogasanlagen definiert nämlich landwirtschaftliche und gewerblich-industrielle Anlagen mit unterschiedlicher Verarbeitungskapazität sowie Wirtschaftlichkeit und eine Kompostierungsanlage. Der Anlagepark in den drei Szenarien ist in untenstehender Abbildung anhand der Primärverwertung der Biomasse dargestellt.

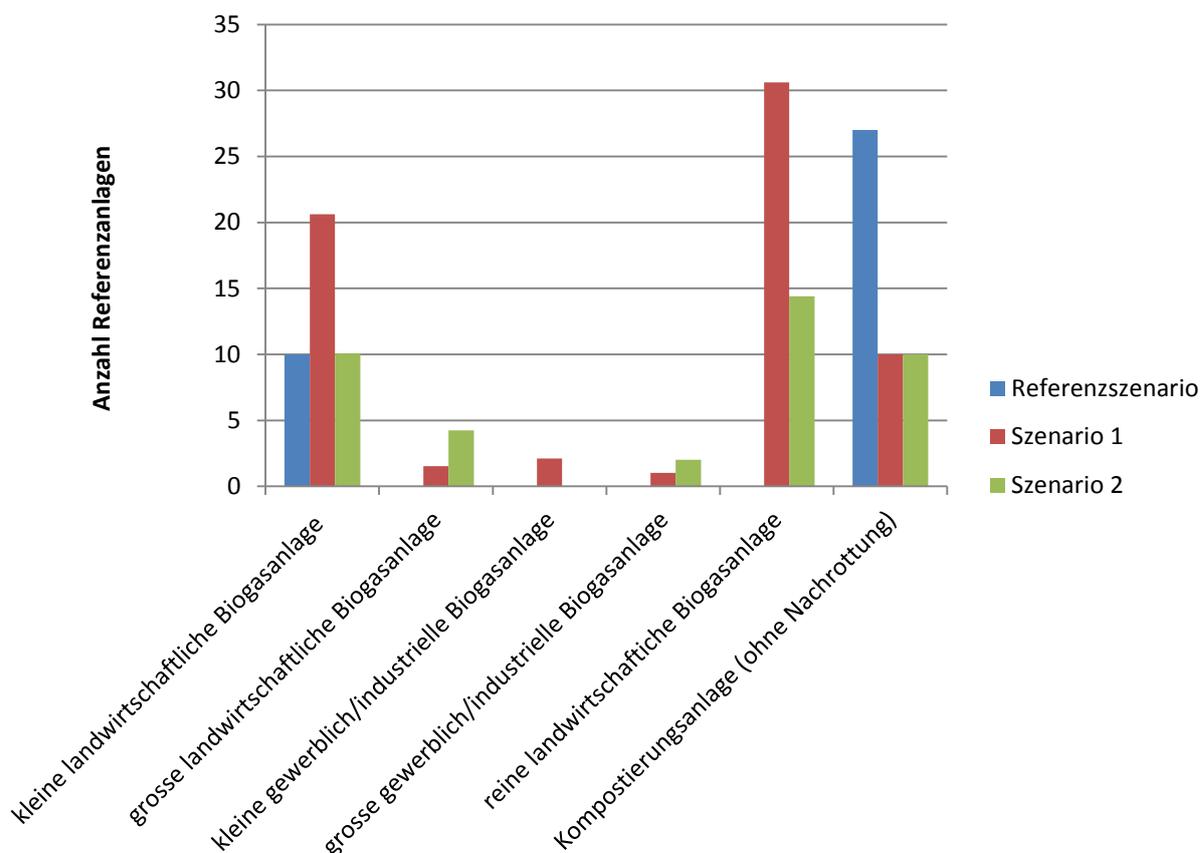


Abbildung 2: Anlagepark der drei Szenarien

## Bewertung der Szenarien

Um die Szenarien bewerten zu können und vergleichbar zu machen, wird die Nutzenkorbmethode angewandt. Bei dieser Methode wird die jeweils fehlende Energiemenge mit Ersatzprozessen kompensiert bzw. die zusätzlich produzierte Energie als Substitution für konventionell produzierten Strom, Wärme oder Erdgas angerechnet. Die Berücksichtigung der Nutzengleichheit ist insbesondere wichtig zur Berechnung der Gesamt-Treibhausgasemissionen der Szenarien. Folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse bei einem Vergleich der quantifizierbaren Kriterien des Zielsystems, die aus den Anlageparks der verschiedenen Szenarien resultieren.

		Referenzszenario	Szenario 1	Szenario 2
Entsorgungskosten	[Fr./a]	8'720'000	8'700'000	9'550'000
Regionale Wertschöpfung	[Fr./a]	3'760'000	8'330'000	6'830'000
Netto Energielieferung	[GWh/a]	15	41	50
Treibhausgasemissionen	[t CO2/a]	11'400	7'800	9'200

Tabelle 1: Ergebnisse der Analyse für die quantitativen Kriterien (gerundet).

Die weiteren Kriterien des Zielsystems, namentlich „stoffliche Nutzung“, „Marktrisiken“, „Finanzierung“ und „Standortakzeptanz“ werden qualitativ mit einer Note von 1 bis 3 bewertet (1 = schlechtestes Ergebnis, 3 = bestes Ergebnis).

Daraus ergibt sich folgende Gesamtbewertung über alle Kriterien für die Szenarien:

	Referenzszenario	Szenario 1	Szenario 2
Entsorgungskosten	3	3	1
Regionale Wertschöpfung	1	3	2
Stoffliche Nutzung	1	3	3
Netto Energielieferung	1	2	3
Treibhausgasemissionen	1	3	2
Marktrisiken	2	2	2
Finanzierung	3	1	2
Standortakzeptanz	3	2	2
<b>Total</b>	<b>1.7</b>	<b>2.4</b>	<b>2.0</b>

Tabelle 2: Bewertung des Zielsystems.

Die beiden Szenarien 1 und 2 schneiden besser ab als das Referenzszenario. Die energetische Verwertung von organischen Abfällen in Vergärungsanlagen bringt klare Vorteile bezüglich verschiedener Kriterien und Aspekte mit sich. Die Produktion von Strom und Wärme basierend auf biogenen Abfällen ist anhand des Zielsystems zu bevorzugen.

### Massnahmen zur Förderung der Szenarien

Es werden zwanzig Massnahmen definiert zur Förderung der Ausschöpfung der Potenziale von Szenario 1, Szenario 2 oder generell der Vergärung von Biomasse (Szenario 1 und 2). Diese werden nach ihrem Wirkungsgebiet gruppiert (Förderbeiträge, gesetzliche Rahmenbedingungen und Vorgaben sowie Information und Beratung).

Massnahme	Massnahmentyp			Wirkungsbereich			Kapitel im Bericht
	Förderbeiträge	gesetzliche Rahmenbedingungen und Vorgaben	Information und Beratung	Umlenkung	Szenario I	Szenario II	
1 Einführung der Separatsammlung in Gemeinden				x			8.1
2 Verankerung der energetischen Nutzung organischer Abfälle in der kantonalen Energiegesetzgebung				x			8.1
3 Verankerung möglichst kurzer Transportwege und regionaler Stoffkreisläufen im kantonalen Energiegesetzgebung				x			8.1
4 Kostendeckende Einspeisung für Strom	x				x		8.2
5 Verpflichtung zu erneuerbarem Strom-Mix		x			x		8.2
6 Investitionshilfen für reine landwirtschaftliche Biogasanlagen	x				x		8.2
7 Spezifische Beratung zur Nutzung landwirtschaftlicher Biomasse			x		x		8.2
8 Spezifische Beratung zum Thema Gasaufbereitung und -einspeisung			x			x	8.3
9 Investitionshilfen für Technologieförderung	x					x	8.3
10 Kostendeckende Einspeisetarife für Biomethan	x					x	8.3
11 Ausbau des Gas-Tankstellennetzes	x	x				x	8.3
12 Festlegung von Sondernutzungszone		x			x	x	8.4
13 Einführung vereinfachter Bewilligungsverfahren		x			x	x	8.4
14 Aktive Öffentlichkeitsarbeit			x		x	x	8.4
15 Förderung von Forschung und Entwicklung	x		x		x	x	8.4
16 Finanzielle Starthilfen für Biogasanlagen	x				x	x	8.4
17 Cluster-Bildung zur Biomassenutzung			x		x	x	8.4
18 Verpflichtung für Energiestädte		x			x	x	8.4

Tabelle 3: Übersicht über die im Bericht aufgeführten Massnahmen



# Inhaltsverzeichnis

1	Einführung .....	1
1.1	Ausgangslage .....	1
1.2	Aufgabenstellung .....	1
1.3	Projektbegleitung und Einbezug der relevanten Akteure.....	2
2	Grundlagen .....	5
2.1	Untersuchungsgegenstand .....	5
2.2	Definitionen.....	6
3	Heutige Verwertung biogener Abfälle im Kanton TG.....	11
3.1	Rechtliche Grundlagen und Rahmenbedingungen.....	11
3.2	Mengen und Anlagen .....	15
3.3	Beurteilung der heutigen Situation .....	17
4	Zielsetzungen und Grundsätze künftige Verwertung .....	19
4.1	Anforderungen aus Sicht der Akteure .....	19
4.2	Leitsätze .....	20
4.3	Zielsystem.....	21
5	Biomasseströme 2025 .....	25
5.1	Mengengerüst .....	28
6	Szenarienbildung und Analyse.....	33
6.1	Ausgangslage und Herleitung der Szenarien .....	33
6.2	Szenarienbewertung .....	36
6.3	Referenzanlagen .....	36
7	Ergebnisse der Szenarienanalyse.....	41
7.1	Anlagepark.....	41
7.2	Bewertung.....	42
8	Massnahmen zur Ausschöpfung der Potenziale.....	47
8.1	Massnahmen zur Umlenkung und Förderung der energetischen Verwertung der Biomasse .....	47
8.2	Massnahmen zur Förderung von Szenario I .....	48
8.3	Massnahmen zur Förderung von Szenario II .....	49
8.4	Massnahmen zur generellen Förderung der energetischen Nutzung von Biomasse .	50
9	Schlussfolgerung.....	53

## Anhänge

- A1 Literaturverzeichnis
- A2 Grundlagen
- A3 Heutige Stoffströme

- A4 Künftige Stoffströme
- A5 Daten für die Szenarienbewertung
- A6 Übersicht über die Massnahmen
- A7 Ergebnisse der Gemeindeumfrage

# 1 Einführung

## 1.1 Ausgangslage

Der Kanton Thurgau strebt bei seiner Energieversorgung die Vision der 2000-Watt-Gesellschaft an. Um dies zu erreichen, fördern Kanton und Gemeinden eine umweltschonende, diversifizierte und sichere Energieversorgung. Darin spielt die Nutzung von CO<sub>2</sub>-neutralen und erneuerbaren Energien eine bedeutende Rolle.

Die Potenziale der energetischen Nutzung von Biomasse (ohne Holz) im Kanton Thurgau wurde von Ernst Basler + Partner im Jahr 2008 detailliert analysiert. Die Untersuchung zeigte insbesondere im Bereich der Hofdünger ein grosses, noch ungenutztes Energiepotenzial. Eine Haupteckenerkenntnis war damals, dass die Nutzung des energetischen Potenzials von Hofdünger unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen nur dann wirtschaftlich ist, wenn in landwirtschaftlichen Biogasanlagen zusammen mit dem Hofdünger auch energiereiche biogene Reststoffe vergärt werden.

Herr Josef Gemperle (CVP, Fischingen) hat im Mai 2011 beim Regierungsrat einen Antrag eingereicht, ein Konzept zur optimalen energetischen und stofflichen Nutzung biogener Abfälle und Hofdünger im Kanton Thurgau vorzulegen. Am 24. Januar 2012 wurde der Antrag vom Regierungsrat genehmigt und am 29. Februar 2012 vom Grossen Rat als erheblich erklärt. Das Amt für Umwelt wurde vom Regierungsrat zur Ausarbeitung eines solchen Konzeptes angewiesen. Mit den Arbeiten am Konzept Biomasse Thurgau wurde im März 2012 begonnen. Der vorliegende Bericht enthält die zentralen Erkenntnisse und leitet mögliche Massnahmen ab.

## 1.2 Aufgabenstellung

Der Auftrag umfasst die Erarbeitung des Biomassekonzepts für den Kanton Thurgau. Damit soll künftig die optimale stoffliche und energetische Nutzung von biogenen Abfällen (ohne Holz), gewährleistet werden. Das Holzpotenzial im Kanton TG wurde im Bericht „Nutzung Energieholz“ (2011) analysiert. Als Ergebnis sollen akteurspezifische Handlungsempfehlungen und konkrete, umsetzbare Massnahmen formuliert werden. Mit der Untersuchung sollen die folgenden drei zentralen Fragen beantwortet werden:

1. Wie gross sind die Mengen biogener Abfälle im Kanton Thurgau, welche für die stoffliche und energetische Verwertung verfügbar sind?

2. Welches ist der Mix von Anlagen, damit die stoffliche und energetische Verwertung der biogenen Abfälle bestmöglich sichergestellt werden kann?
3. Mit welchen Massnahmen können die Stoffströme zu den Anlagen gelenkt werden und mit welchen Massnahmen kann der Bau und Betrieb dieser Anlagen gewährleistet werden?

### **1.3 Projektbegleitung und Einbezug der relevanten Akteure**

Die *Begleitgruppe* ist Auftraggeber und begleitet die Erarbeitung des Konzepts. Dadurch wird der fachliche Austausch innerhalb der Verwaltung zu einem frühen Zeitpunkt gewährleistet. Die Begleitgruppe trägt auch dazu bei, dass die Konzeptergebnisse mitgetragen werden. Die Begleitgruppe auf Seite des Auftraggebers besteht aus folgenden Stellen:

- Amt für Umwelt (Martin Eugster, Leiter Abteilung Abfall und Boden und Jürg Hertz, Amtsleiter),
- Energiefachstelle im Departement für Inneres und Volkswirtschaft (Bernard Dubochet),
- Berufs- und Bildungszentrum Arenenberg (Christian Eggenberger),
- Landwirtschaftsamt (Markus Harder),

Am 15. Juni 2012 wurde ein Workshop durchgeführt. Teilnehmer waren diverse Akteure und Experten der stofflichen und energetischen Verwertung von Biomasse im Kanton Thurgau, die von einer zukünftigen Gestaltung der Biomasseverwertung direkt betroffen sein werden. Ihre Bedürfnisse sind daher frühestmöglich in die Erarbeitung des Konzepts eingeflossen.

Folgende Personen haben am Workshop teilgenommen:

<b>Organisation/Amt</b>	<b>Name</b>	<b>Vorname</b>	<b>Adresse</b>	<b>PLZ</b>	<b>Ort</b>
Amt für Raumplanung TG	Gredig	Matthias	Verwaltungsgebäude	8510	Frauenfeld
Amt für Umwelt TG	Hertz	Jürg	Bahnhofstrasse 55	8510	Frauenfeld
Amt für Umwelt TG	Eugster	Martin	Bahnhofstrasse 55	8510	Frauenfeld
Amt für Umwelt TG	Peter	Christoph	Bahnhofstrasse 55	8510	Frauenfeld
Axpo-Kompogas AG	Stäubli	Andreas	Flughofstrasse 54	8152	Glattbrugg
BBZ Arenenberg	Eggenberger	Christian	Amriswilerstrasse 50	8570	Weinfelden
Biogasanlage	Sprenger	Jürg	Anetswilerstrasse 14	9545	Wängi
Biogasanlage auf dem Riethof	Müller	Michael	Riethof 4	8360	Eschlikon
Biorender AG	Haltner	Hanspeter	Sigenseestrasse 41	9542	Münchwilen
Bischofszell Nahrungsmittel AG	Hofer	Otmar	Industriestrasse 1	9220	Bischofszell
EKT AG	Stüssi	Daniel	Bahnhofstrasse 37	9320	Arbon
Energiefachleute TG	Honegger	Pierre	Am Rebberg 3	8535	Herdern
Energiefachstelle TG	Dubochet	Bernard	Verwaltungsgebäude	8510	Frauenfeld
Ernst Basler und Partner	Sommerhalder	Markus	Mühlebachstrasse 11	8032	Zürich
Ernst Basler und Partner	Steiner	Reto	Mühlebachstrasse 11	8032	Zürich
Gemüseverband TG /SH	Ott	Hans	Hansroren 6	8254	Basadingen
Grosser Rat TG	Gemperle	Josef	Buhwil 3	8376	Fischingen
Holzenergie TG	Neher	Lorenz	Rüedimoosstrasse 4	8356	Ettenhausen
Käserei Holzhof - Biogasanlage	Wartmann	Otto	Hüttlingerstrasse 22	8514	Amlikon-Bissegg
Köfo Ostschweiz	Santo	Joe	Klingenberg	8508	Homburg
Kompostierbetrieb	Daepf	Ruedi	Bleiche	9320	Arbon
KVA / KVAG	Hungerbühler	Peter	Rüteliholzstrasse 4	8570	Weinfelden
Landwirtschaftsamt TG	Harder	Markus	Promenadenstrasse 8	8510	Frauenfeld
Oekostrom CH	Mutzner	Stefan	Heerenbergstrasse 18	8500	Frauenfeld
PG Tägerwilen	Thalmann	Markus	Bahnhofstrasse 3 Postfach 141	8274	Tägerwilen
RICOTER Erdaufbereitung AG	Würsch	Herbert	Radelfingenstrasse	9370	Aarberg
Spowa Kompostierung	Osterwalder	Hansruedi	Wiesental	9545	Wängi
Strategiegruppe Landwirtschaft	Restle	Karl-Heinz	Holzäckerlistrasse 6	8280	Kreuzlingen
TMF Extraktionswerk AG	Lüling	Harald	Zwizach	9602	Bazenheid
Veterinäramt	Witzig	Paul	Spannerstrasse 22	8510	Frauenfeld
VTG	Baumann	Kurt	Hauptstrasse 22 Postfach 47	9555	Tobel
VTL	Strupler	Walter	untere Weinbergstrasse 1	8570	Weinfelden
ZAB / KIGO	Bianculli	Claudio	Zwizachstrasse 26	9602	Bazenheid

Tabelle 4: Teilnehmer des Workshops vom 15. Juni 2012.



## 2 Grundlagen

### 2.1 Untersuchungsgegenstand

Der Kanton Thurgau bildet die geografische Systemgrenze der Untersuchung. Importe und Exporte biogener Abfälle über die Kantonsgrenze werden berücksichtigt, soweit diese Stoffflüsse bekannt sind und deren Einbezug sinnvoll ist.

Basisjahr ist das Jahr 2010, wenn nichts anderes angegeben ist. Die Zielsetzungen werden für 2025 formuliert, der betrachtete Zeitraum umfasst somit rund 15 Jahre.

Das betrachtete Biomasse-Sortiment besteht aus den biogenen Abfällen und der landwirtschaftlichen Biomasse (Hofdünger, Ernterückstände und Zwischenfrüchte). Holzartige Biomassefraktionen sind nicht Bestandteil der Untersuchung.

Die folgende Darstellung (Abbildung 3) zeigt das Systembild für die Stoffströme im Kanton Thurgau.

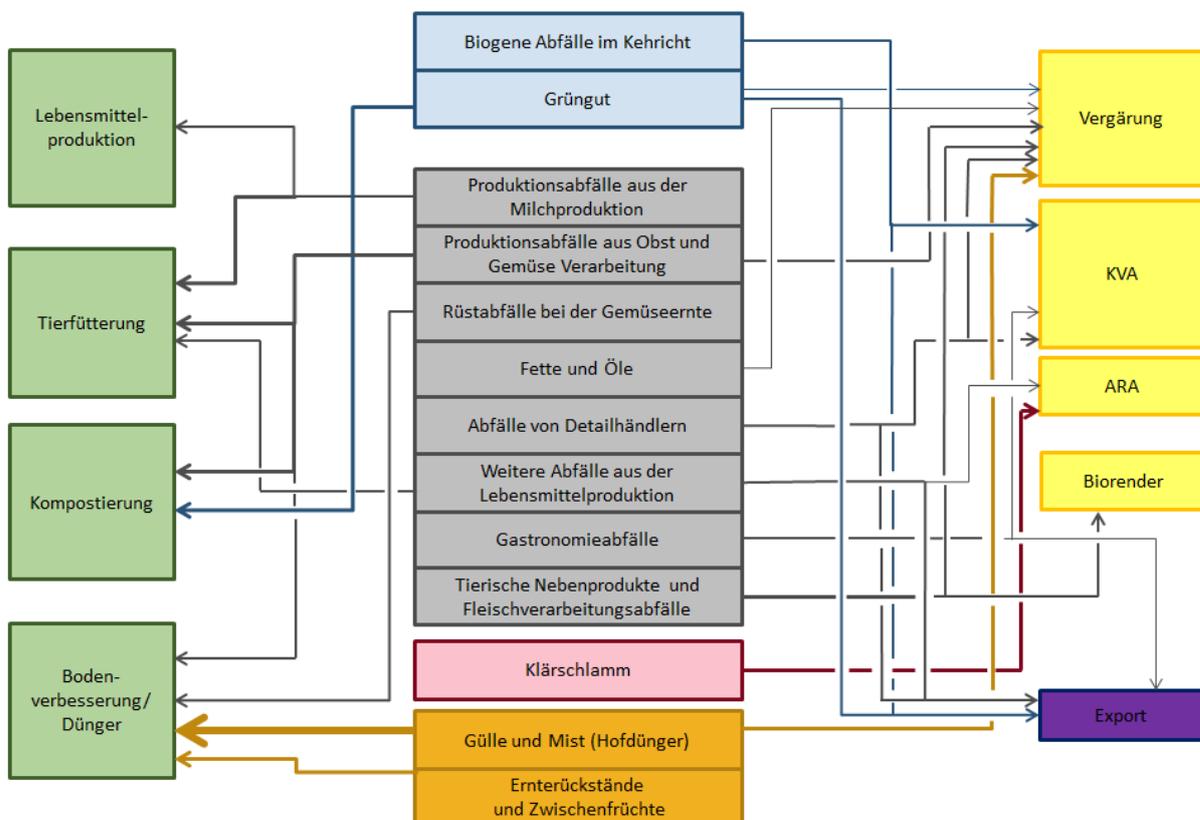


Abbildung 3: Systembild der Stoffströme im Kanton TG

## 2.2 Definitionen

### 2.2.1 Biomassefraktionen

Die vorliegende Untersuchung beschränkt sich auf die feuchten, biogenen Abfälle, die in den Haushalten, in Industrie und Gewerbe sowie in der Landwirtschaft anfallen und für die Vergärung geeignet sind. Holzartige Biomassefraktionen und Energiepflanzen sind nicht Bestandteil der Untersuchung. In den folgenden Ausführungen sind die relevanten biogenen Abfallfraktionen definiert.

**Biogene Abfälle** aus privaten Haushaltungen im Kehricht

Rüstabfälle sind ungekochtes Gemüse, Früchte und Schalen aus privaten Küchen. Speisereste sind gekochte Lebensmittelabfälle aus privaten Haushaltungen.

**Grüngut und halmartige Biomasse** aus der Landschaftspflege

Grüngut besteht im Wesentlichen aus Laub, Rasenschnitt und Baum- und Strauchschnitt (Gartenabraum). Es stammt aus privaten Haushalten, privaten und öffentlichen Gärten, Parkanlagen, Grünflächen wie Friedhöfen, Sportanlagen, Golfplätzen, Naturschutzflächen sowie Verkehrs- und Strassenböschungen. Beim Unterhalt und bei der Pflege von Ufer- und Strassenböschungen, Verkehrsflächen und Naturschutzgebieten fällt neben der holzartigen Biomasse auch halmartige Biomasse an, die energetisch genutzt werden kann.

**Abfälle aus der Milchproduktion sowie der Obst- und Gemüseverarbeitung, Rüstabfälle bei der Gemüseernte und Fette und Öle aus der Lebensmittelindustrie**

Reststoffe und biogene Abfälle entstehen in verschiedenen Bereichen der Lebensmittelproduktion bzw. Lebensmittelindustrie. Nennenswerte Abfälle fallen in der Obstwirtschaft, bei der Bierherstellung, Weinproduktion, in Brennereien, bei der Milchproduktion, in der Zuckerindustrie und bei der Produktion und Verarbeitung von Früchten an. Organische Rückstände in Industrieabwässern werden nicht berücksichtigt.

**Abfälle von Detailhändlern**

Früchte und Gemüse sowie weitere Lebensmittel, die von Lebensmittelhändlern nicht mehr verkauft werden können.

**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 als tierische Nebenprodukte<sup>1)</sup> an. 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.

## **Klärschlamm**

Klärschlamm ist ein Sammelbegriff für den bei Abwasserreinigungsanlagen ausgeschiedenen Schlamm, unabhängig von dem vorausgehenden Reinigungsprozess, handelt es sich dabei um eine mechanische, eine biologische oder eine physikalisch-chemische Reinigungsstufe (VSA Glossar). Der Klärschlamm wird auf den Kläranlagen mittels anaerober Vergärung stabilisiert. Ausgefaulter Klärschlamm verlässt ARA.

## **Gülle und Mist (Hofdünger)**

Gülle ist eine Mischung aus tierischen Exkrementen und Wasser und fällt vor allem bei der Haltung von Milchkühen, Mastrindern und Schweinen an. Mist besteht aus Stroh und Tierexkrementen, und entsteht vorwiegend bei der Haltung von Mutterkühen, Kälbern, Pferden und Geflügel bei welchen mehrheitlich Aufstallungssysteme mit viel Stroh üblich sind. Gülle und Mist werden zusammen als Hofdünger bezeichnet.

## **Ernterückstände und Zwischenfrüchte**

Ernterückstände fallen bei der Ernte von Ackerkulturen an, z.B. Stroh, Stängel, Blätter, Gras. Es besteht zudem Potenzial durch einen Putzschnitt im Spätherbst auf Naturwiesen und Weiden (Pflege von Ackerrandstreifen, Ausgleichsflächen, etc.) Biomasse zu produzieren, welche in die Vergärung geführt werden könnte. Als Zwischenfrüchte bezeichnet man Feldfrüchte, die zwischen anderen zur Hauptnutzung dienenden Feldfrüchten angebaut werden. Zwischenfrüchte sind beispielsweise Klee, Sonnenblumen, Ölrettich, Senf, etc.

### **2.2.2 Anlagen zur Verwertung von Biomasse**

Die Anlagen zur stofflichen und / oder energetischen Verwertung werden im Folgenden kurz charakterisiert.

#### **Biogasanlagen**

In Biogasanlagen wird unter anaeroben Bedingungen durch Vergärung von feuchter, homogener Biomasse Biogas erzeugt. Es werden zwei Typen von Biogasanlagen unterschieden: Gewerbe-

---

1) Unter tierischen Nebenprodukten versteht man „Tierkörper sowie nicht zur Verwendung als Lebensmittel bestimmte Schlachtierkörper und Erzeugnisse tierischen Ursprungs“, Art. 3 Verordnung über die Entsorgung von tierischen Nebenprodukten (VTNP)

lich/industrielle und landwirtschaftliche Biogasanlagen. Ihnen gemein ist, dass die Biomasse in einem Fermenter vergärt und das entstehende Biogas über ein Blockheizkraftwerk (BHKW) in Wärme und Strom umgewandelt oder zu Biomethan aufbereitet wird. Die Biogasmenge pro Tonne Ausgangsmaterial ist stark vom Inputmaterial abhängig.

Biogasanlagen werden nach dem Trockensubstanzgehalt des Gärguts im Fermenter unterschieden. Bei der Trockenfermentation hat das Gärgut einen Trockensubstanzgehalt (TS-Gehalt) von 20% bis 40%. Beim Nassverfahren liegt der TS-Gehalt unter 15%.

In gewerblich-industriellen Anlagen werden zum grössten Teil Grüngut und biogene Abfälle verarbeitet, während auf landwirtschaftlichen Biogasanlagen in erster Linie Hofdünger vergärt wird, der meist mit angelieferten Co-Substraten, normalerweise etwa 20% des Inputmaterials, ergänzt wird. Reine landwirtschaftliche Biogasanlagen, die nur mit Hofdünger und Abfällen aus der Landwirtschaft wie Ernteresten und Zwischenfrüchten beschickt werden, können auch betrieben werden. Im Moment werden allerdings aufgrund unter derzeitigen Bedingungen fehlender Wirtschaftlichkeit noch keine gebaut.

Die Kapazität von Biogasanlagen hängt stark ab von der Menge der Biomasse, die zur Verfügung steht. Kleine gewerbliche-industrielle Biogasanlagen mit Batch-Verfahren können bis 6'000 Tonnen frische Substrate pro Jahr verarbeiten, grosse gewerblich-industrielle Biogasanlagen können bis zu 20'000 Tonnen pro Jahr vergären. Landwirtschaftliche Biogasanlagen, die normalerweise mittels flüssiger Vergärung Biogas produzieren, können Kapazitäten im Bereich von 4'000 bis 12'000 Tonnen pro Jahr aufweisen. Es gibt allerdings in der Schweiz auch einige wenige Anlagen die mehr als 12'000 Tonnen Hofdünger und Co-Substraten pro Jahr vergären.

Auch die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Biogasanlagen ist unterschiedlich, reine Hofdüngeranlagen (Verarbeitung von nur Mist und Gülle) werden in diesem Projekt zum Beispiel nicht berücksichtigt, weil die Rentabilität dieser Anlagen auch mit finanziellen Forderungen mit Schwierigkeiten erreichen werden kann.

Das feste und flüssige Gärgut wird als Dünger stofflich verwertet. In gewerblichen-industriellen Biogasanlagen wird das feste Gärgut zudem noch nachgerottet für die Produktion von wertvollem Kompost.

### **Kompostieranlagen**

In Kompostieranlagen wird organisches Material aerob in Humus umgewandelt. Es können dezentrale und zentrale Kompostieranlagen unterschieden werden. In dezentralen Kompostieranlagen werden Grünabfälle, Rüstabfälle und Speisereste aus Privathaushalten in Höfen, Gärten und Quartieren verarbeitet. Zentrale Kompostieranlagen (Feldrandkompostierung, Platzkompostierung) sind grössere Kompostieranlagen, welche das in privaten Haushaltungen gesammelte oder direkt (mehrheitlich vom Gewerbe und den öffentlichen Diensten einer Gemeinde) angelie-

ferte Grüngut bzw. Speisereste und Rüstabfälle verarbeiten. Durch die grossen Mengen ist der Einsatz von Zerkleinerungs- und Wendemaschinen notwendig.

### **Kehrichtverbrennungsanlagen**

In Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA) werden nicht anders verwertbare, brennbare Abfälle aus Haushalten, Industrie, Gewerbe und Dienstleistung verbrannt. Die Abwärme wird zur Wärmeversorgung (Fernwärme) genutzt und teilweise auch in Elektrizität umgewandelt. In KVA fallen Rauchgasreinigungsrückstände und Schlacke an, die deponiert werden müssen. Die Nährstoffe in organischen Abfällen gehen verloren, der Stoffkreislauf kann nicht geschlossen werden.

### **Kommunale Kläranlagen**

In kommunalen Kläranlagen (ARA) wird Abwasser gereinigt und danach in einen Vorfluter geleitet. Der Rohschlamm wird mittels anaerober Vergärung stabilisiert (Faulung). Im Faulturm können (energiereiche) Co-Substrate zugegeben werden. Der ausgefaulte Klärschlamm muss verbrannt werden (in KVA, in Klärschlammverbrennungsanlagen oder als alternativer Brennstoff in Zementwerken). Wertvolle Stoffe, wie der in den Aschen der Klärschlammverbrennung enthaltene Phosphor, gehen dabei verloren. Die Stoffkreisläufe können gegenwärtig über die Verwertung in der ARA nicht geschlossen werden.



## 3 Heutige Verwertung biogener Abfälle im Kanton TG

### 3.1 Rechtliche Grundlagen und Rahmenbedingungen

In diesem Kapitel sind die wichtigsten rechtlichen Vorschriften, die heute für die Verwertung von Biomasse auf Bundes- Kantons- und Gemeindeebene massgebend sind, kurz zusammengefasst. Damit sollen die wichtigsten, verbindlichen Vorgaben rekapituliert werden.

#### 3.1.1 Bundesebene

Im Hinblick auf die Verwertung von Biomasse sind auf Bundesebene insbesondere folgende rechtliche und politische Rahmenbedingungen<sup>2)</sup> von Bedeutung:

**Bundesverfassung:** Die Bundesverfassung definiert in Art 73 die Aufgaben hinsichtlich der Nachhaltigkeit. Der Artikel besagt, dass Kantone ein auf Dauer ausgewogenes Verhältnis zwischen der Natur und ihrer Erneuerungsfähigkeit einerseits und ihrer Beanspruchung durch den Menschen andererseits anstreben.

**Raumplanungsgesetz:** Biogasanlagen in der Landwirtschaft sind dann zonenkonform, wenn die verarbeitete Biomasse einen engen Bezug zur Landwirtschaft und zum Standortbetrieb hat. Werden mehr als 50% Co-Substrate verarbeitet, dürfen die Anlagen nicht in der Landwirtschaftszone gebaut werden.

**Mineralölsteuergesetz:** Treibstoffe wie Biogas, Bioethanol und Biodiesel werden von der Mineralölsteuer befreit. Die Steuer auf Erd- und Flüssiggas als Treibstoff wird um 40 Rappen pro Liter Benzinäquivalent gesenkt. Damit soll der Ausstoss von CO<sub>2</sub>, Ozon und Feinstaub reduziert werden.

**CO<sub>2</sub>-Gesetz:** Das revidierte CO<sub>2</sub>-Gesetz sieht bis 2020 eine Verminderung der Treibhausgasemissionen um 20% gegenüber denen aus dem Jahr 1990 vor. Das revidierte CO<sub>2</sub>-Gesetz tritt am 1. Januar 2013 in Kraft. Die Förderung von erneuerbarer Energieerzeugung ist ein Bestandteil der Massnahmen für die Zielerreichung.

**Landwirtschaftsgesetz (LwG):** Weitere Fördermassnahmen auf nationaler Ebene sind die Investitionshilfen für Hofdüngeranlagen, die das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) zur Verfügung stellt und die Finanzhilfen, die im Rahmen der Agrarpolitik 2011 für die Förderung von

---

2) teilweise übernommen aus [www.biomasse.ch](http://www.biomasse.ch)

Projekten für die nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen in der Landwirtschaft geschaffen wurden (LwG Art. 77a und 77b).

**Energieverordnung (EnV):** Die EnV regelt unter anderem - gestützt auf Artikel 16 Absatz 1 des Energiegesetzes vom 26. Juni 1998 (EnG) - die Höhe und die Bedingungen für die kostendeckende Einspeisevergütung (KEV), die ein Produzent je nach Anlagentyp erhält. Neue Biogasanlagen oder solche, die nach dem 1. Januar 2006 gebaut wurden, können seit dem 1. Mai 2008 bei der nationalen Netzgesellschaft Swissgrid AG angemeldet werden, um den Strom zum fixen Tarif der KEV ins Netz einzuspeisen. Die Detailregelungen für alle Technologien für Anlagen, welche die kostendeckende Einspeisevergütung oder Mehrkostenfinanzierung (MKF) beanspruchen möchten, sind in den Richtlinien für die kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) und Mehrkostenfinanzierung (MKF) geregelt.

**Verordnung über die Entsorgung tierischer Nebenprodukte (VTNP):** Die Verfütterung von Speiseresten an Nutztiere ist seit dem 1. Juli 2011 verboten. Diese umfassen einerseits Speisereste aus Schweizer Restaurants und Grossküchen und tierische Abfälle aus dem Schlachthof. Als Alternative bietet sich die Vergärung der Speisereste in Biogasanlagen an. Je nach Kategorie müssen die Speiseresten vor der Vergärung sterilisiert werden.

**Düngerverordnung:** In der Düngerverordnung (DüV) werden Qualitätsanforderungen, Richtwerte, Anmeldepflicht von Dünger, Kennzeichnung und Aufgaben der Inhaber geregelt. Das Gärgut aus der Vergärung von Hofdünger mit einem maximalen Anteil von 20% Co-Substraten gilt als Hofdünger. Falls der Anteil 20% übersteigt, gilt das Gärgut als Recyclingdünger und muss die Grenzwerte gemäss ChemRRV einhalten. Ausgenommen davon ist das Ausbringen auf eigenen Flächen oder direkte Abgabe von Hofdüngern.

**Stoffverordnung und technische Verordnung über Abfälle:** Die Verwendung von Klärschlamm als Düngemittel in landwirtschaftlichen Betrieben ist seit 2008 in allen Kantonen verboten (StoV, SR 814.013). Statt der direkten Verwertung in der Landwirtschaft muss er nun in geeigneten Anlagen verbrannt respektive umweltverträglich thermisch behandelt werden. (Art. 11 TVA, SR 814.60D). Dies erfolgt in Anlagen zur Schlammverbrennung, in Kehrlichtverbrennungsanlagen (KVA) oder nach vorgeschalteter Trocknung als Zusatzbrennstoffe in Zementwerken. Die TVA wird gegenwärtig überarbeitet.

**Biomassestrategie Schweiz:** Mit der Vision einer nachhaltigen und optimalen Produktion, Verarbeitung und Nutzung von Biomasse haben die Bundesämter für Energie, Landwirtschaft, Raumentwicklung und Umwelt gemeinsam eine Strategie erarbeitet. Acht umfassende strategische Ziele dienen nun als Grundlage für die zukünftige Ausgestaltung der verschiedenen Politiken auf Bundesebene. Energie aus Biomasse spielt dabei eine wichtige Rolle. Im Hinblick auf die Nutzung von Biomasse spielt insbesondere das in der Biomassestrategie verankerte Kaskadenprinzip eine Rolle, die eine mehrfache stoffliche Nutzung der Biomasse und, wo sinnvoll, eine abschliessende energetische Nutzung vorsieht.

**Biomasse-Energiestrategie Schweiz:** Der Bund hat nach der Biomassestrategie Schweiz ergänzend eine Strategie für die energetische Nutzung von Biomasse im Zeithorizont 2035 ausgearbeitet. Sie sieht eine nachhaltige stoffliche und energetische Nutzung der Biomasse vor, bei der Anbauflächen quantitativ und qualitativ mindestens auf dem heutigen Niveau erhalten bleiben. Sie formuliert 10 strategische Ziele, darunter die vollständige nachhaltige Nutzung des inländischen Biomasse-Energiepotenzials, die Bereitstellung hochwertiger Energie und die Nutzung von Synergien.

**Vollzughilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft BLW:** Die Positivliste des Bundesamtes für Landwirtschaft (BLW) verschafft einen Überblick, welche organischen Materialien sich für die Vergärung und/oder die Kompostierung eignen und welche allfälligen Vorbehandlungsmassnahmen für die einzelnen Materialien getroffen werden müssen.

Fazit aus den rechtlichen Rahmenbedingungen auf nationaler Ebene:

- Nachhaltige Nutzung von Rohstoffen und Ressourcen. Dies bedeutet insbesondere die Schliessung von Stoffkreisläufen.
- Möglichst vollständige Nutzung des inländischen Biomasse-Energiepotenzials unter Berücksichtigung des Prinzips der Nachhaltigkeit und der Kaskadennutzung.
- Nachhaltigkeit gilt auch im Hinblick auf die künftige Entsorgung von Biomasse. Deshalb sind bei den Zielsetzungen und der Beurteilung der Szenarien die drei Dimensionen der nachhaltigen Entwicklung (Wirtschaft, Umwelt und Gesellschaft) gleichwertig zu berücksichtigen.
- Umweltverträgliche Abfallentsorgung, d.h. Schutz der Gesundheit und der Umwelt durch möglichst geringe Belastung von Luft, Wasser und Boden aus dem Umgang mit Abfällen.
- Beachten der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Anforderungen an eine nachhaltige Abfallentsorgung, d.h. eine ökologisch sinnvolle, effiziente und kostengünstige Abfallwirtschaft.
- Mit der VTNP Revision wurde eine Umlenkung von der Tierfütterung in die energetische Verwertung bewirkt.
- In der Biomassenutzung gibt es vermehrte Chancen für Klimaschutzprojekte.

### 3.1.2 Kantonsebene

Im Hinblick auf die Verwertung von Biomasse sind auf kantonaler Ebene insbesondere folgende rechtliche und politische Rahmenbedingungen<sup>9)</sup> von Bedeutung

**Kantonale Energiepolitik und kantonaler Richtplan:** Die kantonale Energiepolitik basiert auf dem Gesetz über die Energienutzung (RB 731.1) mit der entsprechenden Verordnung (RB 731.11). Die energetische Nutzung biogener Abfälle ist auch im kantonalen Richtplan verankert. Dort wird definiert, dass Energie möglichst nachhaltig unter Schonung von Landschaft und Umwelt zu gewinnen und zu nutzen sei. Darunter ist auch speziell die Förderung von erneuerbarer

Energie erwähnt. Insbesondere sind folgende Planungsgrundsätze für die Biomasseverwertung von Bedeutung:

1. Der Anteil der Elektrizität aus erneuerbaren und einheimischen Energiequellen soll erhöht werden.
2. Die Vergärung mit Nutzung der Energie ist der reinen Kompostierung vorzuziehen.
3. Hofdünger soll, soweit angemessen, energietechnisch genutzt werden.
4. Stoffkreisläufe sind wo immer möglich und sinnvoll zu schliessen.
5. Anlagestandorte sind möglichst gemeindeübergreifend zu realisieren, wobei zu beachten ist, dass kurze Transportwege und keine Überkapazitäten entstehen.
6. Auf die Produktion von Energie aus Biomasse (exklusive Abfallprodukte) ist zu verzichten, wenn die Anbauflächen auch zur Nahrungsmittelproduktion eingesetzt werden können.

**Energiestrategie Kanton TG:** Die energiepolitische Strategie des Kantons Thurgau setzt auf mehr Energieeffizienz und vermehrten Einsatz erneuerbarer Energien. Importierte, fossile Energie soll durch inländisch erzeugte Güter der Energieeffizienz und einheimische, erneuerbare Energie ersetzt werden. Damit soll ein Beitrag zur Senkung des CO<sub>2</sub>-Ausstosses und zur Minderung der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern geleistet werden. Der Kanton beteiligt sich daher mit Investitionsbeiträgen an landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Dabei sind nur reine Hofdünger-Biogas-Anlagen (ohne Co-Substrate) in landwirtschaftlichen Betrieben beitragsberechtigt. Der Kanton Thurgau verabschiedete zudem 1998 das Energieleitbild 2000+, das die Richtschnur für das Konzept zur verstärkten Förderung erneuerbarer Energien und der Energieeffizienz vorgibt. Mit diesem hat sich der Kanton Thurgau, als einer der ersten Kantone in der Schweiz, verbindliche Richtlinien zur Förderung der effizienteren Energienutzung und der erneuerbaren Energien gegeben.

Fazit aus den rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen auf kantonaler Ebene:

- Wo es als sinnvoll erachtet wird, soll vor der stofflichen eine energetische Verwertung vorgezogen werden.
- Biomasse soll nach Möglichkeit lokal verwertet werden (möglichst kurze Transportwege).
- Die energetische genutzte Menge an Hofdünger soll zukünftig steigen.

Diese Grundsätze determinieren zusammen mit dem Kaskaden-Nutzungs-Prinzip des Bundes (die energetische Nutzung von biogenen Abfällen kommt nach der vorherigen stofflichen Verwertung dieser Abfälle in Lebensmittelproduktion und Tierfütterung) die Vision für eine effiziente und nachhaltige Verwertung der organischen Abfälle im Kanton TG.

### 3.1.3 Gemeindeebene

Die kantonalen Richtplaninhalte sind auch für Gemeinden verbindlich. Viele Massnahmen im Bereich der Biomassenutzung werden den Gemeinden übertragen. Gemeinden mit dem Ener-

giestadt Label gehen zudem weitere Verpflichtungen ein. Die verstärkte Nutzung von Biomasse zur Energieversorgung spielt dabei eine wichtige Rolle.

Da die Abfall- und Gebührenreglemente vom Kanton an die Gemeinden übergeben wurden, entscheiden diese selbst, sie die Logistik und Verwertung ihrer Siedlungsabfälle optimieren möchten.

Fazit aus den rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen auf kommunaler Ebene:

- Die Gemeinden spielen bei der Umsetzung von Massnahmen eine Schlüsselrolle.
- Gemeindeübergreifende Lösungen sind anzustreben.

## 3.2 Mengen und Anlagen

Die Verwertung von Biomasse im Kanton TG im Jahr 2010 ist im folgenden Abschnitt beschrieben sowie in Tabelle 5 abgebildet. Organische Abfälle, die in der Lebensmittelproduktion und Tierfütterung wiederverwendet werden können, werden für die weitere Verwertung in Anlagen nicht berücksichtigt (nach dem Kaskade-Nutzungsprinzip).

Insgesamt fallen im Kanton TG 1'648'300 t Biomasse pro Jahr an. Heutzutage werden keine biogenen Abfälle importiert, etwa 25'500 t FS werden exportiert.

294'500 t FS biogene Abfälle fallen in Haushalten, öffentlichen Dienstleistungen und Lebensmittelindustrie an. Ein kleiner Teil davon (10'300 t FS) gelangt als Co-Substrate in die landwirtschaftliche Vergärung. In die Kompostierung gelangen 43'000 t FS.

Das Aufkommen von nutzbarem Hofdünger aus der Landwirtschaft beträgt 1'200'000 t. Ein grosser Teil davon wird als Dünger und Bodenverbesserer direkt auf die Felder ausgebracht (1'170'000 t), die restlichen etwa 30'000 t werden heute energetisch und stofflich in landwirtschaftlichen Biogasanlagen (29'900 t FS) oder stofflich in Kompostierungsanlagen (100 t FS) genutzt.

Seit 2011 ist die Anlage Biorender vollständig in Betrieb, welche in 2011 ungefähr 13'500 t tierische Nebenprodukte verarbeitet hat, davon etwa 7'500 t aus dem Kanton TG, der Rest wird importiert. Diese Menge ist in Tabelle 5 als separate Spalte angezeigt. Die Auswirkungen (Energieproduktion, Beitrag zur regionalen Wertschöpfung, Treibhausgasemissionen, ...) und die Verwertung dieser Biomassefraktion wird in der Studie allerdings nicht berücksichtigt, weil diese heute und in den zwei künftigen Szenarien gleich bleiben.

Die Zahlen für 2010 sind mit Unsicherheiten behaftet, sie stützen sich teilweise auf Angaben aus der Studie von Ernst Basler + Partner aus dem Jahr 2008, eigenen Recherchen und Annahmen sowie Angaben des Kantons TG.

	Aufkommen im Kanton TG	Lebensmittelproduktion	Tierfutter	Organische Bodenverbesserer	Hofdünger als Bodenverbesserer	Vergärung	Kompostierung	ARA	KVA	Export	Biorender
	(t FS)	(t FS)	(t FS)	(t FS)	(t FS)	(t FS)	(t FS)	(t FS)	(t FS)	(t FS)	(t FS)
<b>Haushaltungen</b>											
	60'500	0	0	0	0	50	38'550	0	13'500	8'400	0
<b>Öffentliche Dienste</b>											
	3'500	0	0	0	0	50	3'450	0	0	0	0
<b>Lebensmittelindustrie</b>											
Produktionsabfälle aus der Milchproduktion	115'000	15'000	100'000	0	0	0	0	0	0	0	0
Produktionsabfälle aus der Obst- und Gemüseverarbeitung	66'000	0	40'000	10'000	0	7'000	1'000	0	0	8'000	0
Fette und Öle	300	0	0	0	0	300	0	0	0	0	0
Rüstabfälle bei der Gemüseernte (Reinigung und Lagerung)	6'500	0	0	6'500	0	0	0	0	0	0	0
Überschüsse aus Detailhandel (abgelaufene/ unverkäufliche Lebensmittel)	4'300	0	0	0	0	1'400	0	0	1'800	1'100	0
Weitere	22'000	0	17'000	0	0	0	0	100	0	4'900	0
Gastronomieabfälle (Rüstabfälle und Speisereste)	7'400	0	0	0	0	0	0	0	4'300	3'100	0
Tierische Nebenprodukte und Fleischverarbeitungsabfälle	9'000	0	0	0	0	1'500	0	0	0	0	7'500
<b>Total biogene Abfälle</b>	<b>294'500</b>	<b>15'000</b>	<b>157'000</b>	<b>16'500</b>	<b>0</b>	<b>10'300</b>	<b>43'000</b>	<b>100</b>	<b>19'600</b>	<b>25'500</b>	<b>7'500</b>
<b>Kläranlagen</b>											
Klärschlamm	81'800	0	0	0	0	0	0	81'800	0	0	0
<b>Landwirtschaft</b>											
Hofdünger	1'200'000	0	0	0	1'170'000	29'900	100	0	0	0	0
Zwischenfrüchte, Ernterückstände und Putzschnitt	72'000	0	0	72'000	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL BIOMASSE</b>	<b>1'648'300</b>	<b>15'000</b>	<b>157'000</b>	<b>88'500</b>	<b>1'170'000</b>	<b>40'200</b>	<b>43'100</b>	<b>81'900</b>	<b>19'600</b>	<b>25'500</b>	<b>7'500</b>

Tabelle 5: Stoffströme der im Kanton TG anfallenden Mengen von biogenen Abfällen (in t FS)

### 3.3 Beurteilung der heutigen Situation

Das Potenzial zur energetischen und stofflichen Nutzung im Kanton Thurgau wird heute erst teilweise und noch nicht optimal genutzt.

Der Ist-Zustand weist folgende Stärken auf:

- Ein sehr grosse Teil der biogenen Abfälle, der Hofdünger und des Klärschlammes werden im Kanton TG verwertet und entweder als Dünger, Futter oder energetisch genutzt.
- Das Anliegen zur verstärkten Biomassenutzung im Kanton ist in den rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen fest verankert.
- In den letzten Jahren ist die energetische und stoffliche Biomassenutzung stark gestiegen.
- Der hohe Anteil verfütterter Biomasse, sowie die Nutzung als Vorprodukte in der Nahrungs- und Futtermittelherstellung ist ökologisch sinnvoll: das entspricht einer ressourcenschonenden und abfallminimierenden Verwertung.

Der Ist-Zustand weist folgende Schwächen auf:

- Aus energetischer Sicht besteht noch ein deutlich höheres Nutzungspotenzial. Insbesondere bei der Verwertung der Produktionsabfälle aus der Lebensmittelindustrie (Teigwarenproduktion, Gemüse- und Obstverarbeitung), den Gastroabfällen aber auch bei den Hofdüngern und den Zwischenfrüchten sowie bei Ernterückständen.
- Das exportierte Material geht der stofflichen und energetischen Nutzung innerhalb des Kantons verloren.
- Durch die Verbrennung von Biomasse in der KVA geht stofflich und energetisch nutzbare Biomasse verloren.
- Die stoffliche Verwertung von Grüngut und Produktionsabfällen in den Kompostierungsanlagen übersteigt die energetische Nutzung noch deutlich.



## **4 Zielsetzungen und Grundsätze künftige Verwertung**

### **4.1 Anforderungen aus Sicht der Akteure**

Verschiedene Akteure sind an der Gestaltung einer zukünftigen Verwertung von Biomasse beteiligt. Diese vertreten unterschiedliche Interessen. In Tabelle 6 sind die wichtigsten Akteurgruppen und deren Bedürfnisse und Interessen an eine zukünftige Lösung zusammengefasst.

<b>Akteurgruppe</b>	<b>Bedürfnisse und Interessen</b>
<b>Abfallinhaber</b> (private Haushalte, Industrie-, Gewerbe- und Dienstleistungsbetriebe, Gemeinden)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wollen Abfall möglichst bequem entsorgen (wenig Aufwand für Abfallentsorgung bzw. Abfallrecycling)</li> <li>• tiefe Gebühren</li> <li>• Min. Platzbedarf für Abfalltrennung und –bereitstellung</li> <li>• Dem Abfall wird üblicherweise kein Wert beigemessen</li> <li>• Möglichst tiefe Immissionen von Lärm- und Geruch</li> </ul>
<b>Abfallabnehmer/ Anlagebetreiber</b> (ARA, Kompostierer, energieproduzierende Landwirte, Betreiber von industriell-gewerblichen Biogasanlagen, KVA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gut ausgelastete Anlage</li> <li>• Planungssicherheit</li> <li>• Kostendeckender Betrieb</li> <li>• Energiereiche Substrate, homogene Qualität und Quantität angelieferter biogener Abfälle</li> <li>• kosteneffiziente Energieproduktion (BGA-Betreiber, ARA, KVA)</li> <li>• vertragliche Absicherung mit Abfallinhabern</li> </ul>
<b>Produkteabnehmer</b> (Wärmebeziehende Haushalte und Industrien, Bezüger von Ökostrom, Bezüger von festem und flüssigem Gärgut, Bezüger von Komposterde, Landwirte)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Qualität der Produkte</li> <li>• Tiefe Kosten der Produkte</li> <li>• Konstante Verfügbarkeit der Produkte</li> <li>• Ersatz Heizöl (Wärmebezüger)</li> <li>• Bessere Düngereigenschaften und geringere Geruchsemissionen als Rohgülle (Bezüger Gärgut)</li> <li>• Organische Substanz / Bodenverbesserer (Gartenbau)</li> </ul>
<b>Verbände, Fachstellen, Interessensvertreter</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zufriedene Mitglieder</li> <li>• gutes Image bei Ansprechgruppen</li> <li>• „Gleich lange Spiesse“ für alle</li> <li>• Angemessener Aufwand bzw. tiefe Kosten</li> </ul>
<b>Öffentliche Hand</b> Bund, Kantone, Gemeinden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ressourceneffizienz</li> <li>• Möglichst geringe Umweltbelastung</li> <li>• Förderung erneuerbarer Energien</li> <li>• Zufriedene Bürgerinnen und Bürger</li> <li>• Sauberkeit, geringe Geruchs- und Lärmemissionen (Gemeinden)</li> <li>• regionale, ökologische und kostengünstige Verwertung ihrer Grüngutabfälle (Gemeinden)</li> </ul>

*Tabelle 6: Charakterisierung der Akteurgruppen und Zusammenstellung wichtigster Bedürfnisse und Interessen im Hinblick auf eine künftige Verwertung von Biomasse.*

## 4.2 Leitsätze

Der Kanton Thurgau ist reich an verschiedenen Arten von Biomasse, die für unterschiedlichste Anwendungen genutzt werden. Dabei sollen folgende übergeordnete Grundsätze für die Entwicklung des Zielsystems beachtet werden:

### **Kaskadennutzung**

Bei der Nutzung von Biomasse soll eine optimale Wertschöpfung erzielt werden, indem gemäss dem Kaskadenprinzip Synergien genutzt und möglichst hochwertige Produkte hergestellt werden. Beachtet wird dabei das „Teller-Trog-Tank“-Prinzip. Es soll also ein möglichst hoher Anteil an Biomasse in die Verfütterung oder als Vorprodukt in die Nahrungs- und Futtermittelherstellung gehen und es sollen keine landwirtschaftlichen Flächen für Energiepflanzen genutzt werden. Ausnahmen sind zusätzlich angebaute Zwischenfrüchte, da sie nicht mit der Nahrungsmittelproduktion konkurrieren.

### **Maximaler Ersatz nicht erneuerbarer Energieträger**

Biomasse-Ströme werden so gelenkt, dass ein maximaler Ersatz an nicht erneuerbaren Energieträgern resultiert.

### **Stoffkreisläufe schliessen**

Im Sinne einer nachhaltigen und vollständigen Nutzung der Biomasse sollen Stoffkreisläufe, wo möglich und sinnvoll, geschlossen werden.

### **Vollständige und nachhaltige Nutzung und lokale Wertschöpfung**

Die vorhandene Biomasse wird möglichst vollständig genutzt. Die Nutzung, unabhängig davon ob stofflich oder energetisch, ist dabei immer effizient und orientiert sich am Prinzip der Nachhaltigen Entwicklung, d.h. ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Aspekte sollen berücksichtigt und gleich gewichtet werden. Dabei soll auch darauf geachtet werden, dass die Biomasse möglichst lokal verwertet wird, um Transportdistanzen möglichst kurz zu halten und die lokale Wertschöpfung zu stärken.

## **4.3 Zielsystem**

Tabelle 7 zeigt das vorgesehene Zielsystem, welches aus den vorgängigen Kapiteln abgeleitet werden kann. Es enthält die drei Dimensionen der Nachhaltigen Entwicklung, die Ziele mit den zugehörigen Kriterien und Indikatoren sowie der vorgesehenen Gewichtung.

Zielbereich der Nachhaltigen Entwicklung	Ziele: Die Verwertung von Biomasse soll möglichst ...	Kriterien	Indikatoren	Gewichtung
Wirtschaft 33%	kostengünstig sein	Entsorgungskosten	Mio. Fr./a	<b>16.5%</b>
		Regionale Wertschöpfung	Mio. Fr./a	<b>16.5%</b>
Umwelt 33%	Ressourcen schonend sein und die Umwelt minimal belasten	Stoffliche Nutzung	Note	<b>11%</b>
		Netto-Energielieferung	GWh/a	<b>11%</b>
		Treibhausgasemissionen	t CO <sub>2</sub> eq/a	<b>11%</b>
Gesellschaft 33%	von Akteurgruppen akzeptiert und umgesetzt werden	Marktrisiken	Note	<b>11%</b>
		Finanzierung	Note	<b>11%</b>
		Standortakzeptanz (Bewilligungsdauer, Lärm, Gerüche)	Note	<b>11%</b>

Tabelle 7: Zielsystem für den Vergleich und Beurteilung der Szenarien.

**Entsorgungskosten:** Jahreskosten (Betriebskosten + Kapitalkosten) minus allfällige Erträge aus dem Verkauf von Energie (Strom, Wärme, Biomethan, Treibstoffe) sowie Dünger / Bodenverbesserer (Gärgut, Kompost).

**Regionale Wertschöpfung:** Im Kanton TG generierte Bruttowertschöpfung in CHF.

**Stoffliche Nutzung:** Menge der organischen Abfälle, die direkt (als Nebenprodukt für Nahrungsmittelindustrie, Tierfutter, Dünger und Bodenverbesserer) oder indirekt (via Vergärung oder Kompostierung) dem natürlichen Kreislauf rückgeführt werden kann. Berücksichtigt wird dabei die unterschiedliche Qualität der verschiedenen Fraktionen als Bodenverbesserer.

**Netto-Energielieferung** (Brutto-Energiemengen – Eigenbedarf von Anlagen): Energiemenge, die Dritten zur Deckung des Energiebedarfs zur Verfügung steht. Bei der Wärme und beim Biomethan wird das als realistisch zu erwartende Absatzpotenzial berücksichtigt.

**Treibhausgasemissionen:** Es werden die durch den Betrieb der Anlagen und Aktivitäten ausgestossenen CO<sub>2</sub>- und CH<sub>4</sub>-Emissionen bilanziert (Einheit in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten).

**Marktrisiken:** Unter Marktrisiken wird hier der Einfluss von exogenen Faktoren auf die Verwertung der biogenen Abfälle im Kanton TG verstanden. Insbesondere geht es um diejenigen Faktoren, welche die Entgegennahme, Verwertung der biogenen Abfälle sowie den Absatz der Produkte durch Unternehmen der Privatwirtschaft mitbestimmen (Landwirte, Betreiber von Kompost- und v.a. Vergärungsanlagen). Folgende Faktoren werden bewertet: Separierungsquoten, Entwicklung der Energiepreise und Entsorgungsgebühren.

**Finanzierung:** Es geht um die Finanzierung der Investition in Anlagen und Ausrüstung im Zusammenhang mit der Verwertung organischer Abfälle. Die Finanzierung der Betriebskosten steht nicht im Fokus. Im Zentrum stehen folgende Fragen: Wer soll / muss die Investitionen finanzieren? Wie verändern sich die Abfallentsorgungsgebühren der privaten Haushaltungen?

**Standortakzeptanz:** Berücksichtigung von Aspekten, welche die Akzeptanz von Anlagen zur Verwertung biogener Abfälle beeinflussen können. Dazu gehören die Geruch- und Lärmemissionen, sowie die Dauer des Bewilligungsverfahrens solcher Anlagen.



## 5 Biomasseströme 2025

Basierend auf den in Kapitel 4.2 definierten Leitsätzen wäre es möglich, gewisse Anteile der Stoffströme verschiedener Biomassefraktionen aus ihrer heutigen Nutzung umzulenken, so dass diese Mengen für die Vergärung zur Verfügung stehen.

Kehrichtsäcke aus Privathaushalten enthalten zu rund einem Viertel biogenen Abfall. Diese Abfälle sind eine wichtige Energiequelle, die am besten in Biogasanlagen verwertet werden könnte. Wenn alle Gemeinden im Kanton Thurgau eine Separatsammlung einführen würden, könnten bis 50% von dieser Biomasse neu zur Verfügung gestellt werden.

Geschätzte Wirkung auf Biomasse-Stoffstrom <sup>3</sup>	Bemerkungen
50% weniger biogene Abfälle vom Kehricht zu der KVA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Biomasse-Fraktionen eignen sich sehr gut für die Vergärung.</li> <li>• Für die Veredelung des Endprodukts in einem zweiten Schritt ist die Kompostierung bestens geeignet.</li> <li>• Die direkte Verbrennung ist aufgrund des hohen Wassergehalts in der Biomasse ineffizient.</li> <li>• Die meisten Gemeinden haben bereits eine separate Sammlung für Grüngut, diese Menge wird deshalb nicht erhöht.</li> </ul>

Im Kanton TG gibt es noch Potenzial zur Umlenkung der biogenen Abfälle, welche zurzeit noch nicht optimal stofflich und energetisch genutzt werden. Zum Beispiel durch die Umlenkung eines Teils der biogenen Abfälle aus der Lebensmittelindustrie, des Grünguts, der abgelaufenen bzw. unverkäuflichen Lebensmittel etc.. Heutzutage werden solche organische Abfälle direkt zu den KVAs oder in der Kompostierung verwertet sowie als Bodenverbesserer genutzt. Diese Biomasse könnte für die Vergärung zur Verfügung stehen und dadurch stofflich und energetisch am effizientesten genutzt.

3) Expertenansatz: Annahmen erfolgen aufgrund Absprache mit internen und/oder externen Experten zu den jeweiligen Themengebieten.

Geschätzte Wirkung auf Biomasse-Stoffstrom <sup>4</sup>	Bemerkungen
60% weniger Grüngut, Rüstabfälle sowie Speisereste zur Kompostierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grüngut, Rüstabfälle und Speisereste aus der Separatsammlung eignen sich sehr gut für die Vergärung.</li> <li>• Für die Veredelung des Endprodukts in einem zweiten Schritt ist die Kompostierung bestens geeignet.</li> <li>• Rund 40% besteht jedoch aus holz-/halmartigem Material, das sich nicht für die Vergärung eignet und weiterhin direkt in die Kompostierung fließen kann.</li> </ul>
20% weniger Trester, Apfeltrub, und Rüstabfälle (Produktionsabfälle) zur Kompostierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trester, Apfeltrub aus der Saftherstellung, Rüstabfälle (Obst-/ Gemüseverarbeitung) eignen sich sehr gut für die Vergärung.</li> <li>• Für die Veredelung des Endprodukts in einem zweiten Schritt ist die Kompostierung bestens geeignet.</li> <li>• Es ist unrealistisch, den gesamten Stoffstrom umzulenken, da gewisse Mengen durch die Bearbeitung in der Saftherstellung verschmutzt sind und/oder verholzte Anteile enthalten.</li> </ul>
25% weniger Produktionsabfälle aus der Obst- / Gemüseindustrie für die direkte Bodenverbesserung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produktionsabfälle aus Obst und Gemüseindustrie eignen sich gut für die Vergärung.</li> <li>• Für die Veredelung des Endprodukts in einem zweiten Schritt ist die Kompostierung bestens geeignet. Dies kann anschliessend wieder als Bodenverbesserer / Dünger in die Landwirtschaft eingebracht werden.</li> </ul>
25% weniger Rüstabfälle der Abfälle aus der Gemüseernte für die direkte Bodenverbesserung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rüstabfälle bei der Gemüseernte (Reinigung und Lagerung) eignen sich sehr gut für die Vergärung.</li> <li>• Für die Veredelung des Endprodukts in einem zweiten Schritt ist die Kompostierung bestens geeignet.</li> </ul>
100% weniger Abfälle aus dem Detailhandel zur KVA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überschüsse aus dem Detailhandel (abgelaufene / unverkäufliche Lebensmittel) eignen sich gut für die Vergärung, insbesondere da Lebensmittelabfälle viel Energie enthalten.</li> <li>• Die direkte Verbrennung ist aufgrund des hohen Wassergehalts in der Biomasse ineffizient.</li> <li>• Das Spezielle an diesen biogenen Abfällen ist, dass sie im Normalfall verpackt sind. Es gibt jedoch bereits Anlagen, die diese Herausforderung gut und effizient lösen können.</li> <li>• Für die Veredelung des Endprodukts in einem zweiten Schritt ist die Kompostierung bestens geeignet.</li> </ul>

4) Expertenansatz: Annahmen erfolgen aufgrund Absprache mit internen und/oder externen Experten zu den jeweiligen Themenbereichen.

Geschätzte Wirkung auf Biomasse-Stoffstrom <sup>4</sup>	Bemerkungen
90% weniger Gastronomieabfälle zur KVA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gastronomieabfälle eignen sich sehr gut für die Vergärung. Nachdem es seit 2011 verboten ist, Speisereste in die Tierfütterung zu geben, ist diese Biomasse-Fraktion sehr einfach in die Vergärung umzulenken.</li> <li>• Die direkte Verbrennung ist aufgrund des hohen Wassergehalts in der Biomasse ineffizient.</li> </ul>

Wenn die Nutzung und Verwertung der organischen Abfälle möglichst nachhaltig durchgeführt würde und gleichzeitig möglichst kurze Transportwege und optimierte regionale Stoffkreisläufe bevorzugt würden, wäre es möglich, weitere Anteile der Biomasseflüsse im Sinne einer optimierten Gesamtnutzung umzulenken.

Geschätzte Wirkung auf Biomasse-Stoffstrom <sup>5</sup>	Bemerkungen
40% weniger Produktionsabfälle der Obst- / Gemüseindustrie für Export	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Biomasse-Fractionen eignen sich sehr gut für die Vergärung.</li> <li>• Für die Veredelung des Endprodukts in einem zweiten Schritt ist die Kompostierung bestens geeignet.</li> <li>• Transportwege werden durch die lokale Verwertung minimiert und regionale Stoffkreisläufe geschlossen.</li> </ul>
40% weniger biogene Abfällen aus der Industrie für Export	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Biomasse-Fractionen eignen sich sehr gut für die Vergärung.</li> <li>• Für die Veredelung des Endprodukts in einem zweiten Schritt ist die Kompostierung bestens geeignet.</li> <li>• Transportwege werden durch die lokale Verwertung minimiert und regionale Stoffkreisläufe geschlossen.</li> </ul>
40% weniger Gastronomieabfälle für Export	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Biomasse-Fractionen eignen sich sehr gut für die Vergärung.</li> <li>• Für die Veredelung des Endprodukts in einem zweiten Schritt ist die Kompostierung bestens geeignet.</li> <li>• Transportwege werden durch die lokale Verwertung minimiert und regionale Stoffkreisläufe geschlossen.</li> </ul>
40% weniger Detailhändlerabfälle für Export	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Biomasse-Fractionen eignen sich sehr gut für die Vergärung.</li> <li>• Für die Veredelung des Endprodukts in einem zweiten Schritt ist die Kompostierung bestens geeignet.</li> <li>• Transportwege werden durch die lokale Verwertung minimiert und regionale Stoffkreisläufe geschlossen.</li> </ul>

5) Expertenansatz: Annahmen erfolgen aufgrund Absprache mit internen und/oder externen Experten zu den jeweiligen Themengebieten.

## **5.1 Mengengerüst**

Mit den obengenannten Handlungen wäre es möglich, die wichtigen Biomasseströme im Sinne einer optimierten Gesamtnutzung umzulenken. In der Tabelle 8 sind die Mengen der neuen umgelenkten Stoffflüsse und ihre Verwertungswege in 2025 aufgezeigt.

	Aufkommen im Kanton TG	Lebensmittelproduktion	Tierfutter	Organische Bodenverbesserer	Herdünger als Bodenverbesserer	Vergärung	Kompostierung	ARA	KVA	Export	Biorender
	[t FS]	[t FS]	[t FS]	[t FS]	[t FS]	[t FS]	[t FS]	[t FS]	[t FS]	[t FS]	[t FS]
<b>Haushaltungen</b>											
	60'500	0	0	0	0	31'400	13'950	0	6'750	8'400	0
<b>Öffentliche Dienste</b>											
	3'500	0	0	0	0	50	3'450	0	0	0	0
<b>Lebensmittelindustrie</b>											
	115'000	15'000	100'000	0	0	0	0	0	0	0	0
	66'000	0	40'000	7'500	0	12'900	800	0	0	4'800	0
	300	0	0	0	0	300	0	0	0	0	0
	6'500	0	0	4'875	0	1'625	0	0	0	0	0
	4'300	0	0	0	0	3'640	0	0	0	660	0
	22'000	0	17'000	0	0	1'960	0	100	0	2'940	0
	7'400	0	0	0	0	5'110	0	0	430	1'860	0
	9'000	0	0	0	0	1'500	0	0	0	0	7'500
	<b>294'500</b>	<b>15'000</b>	<b>157'000</b>	<b>12'375</b>	<b>0</b>	<b>58'485</b>	<b>18'200</b>	<b>100</b>	<b>7'180</b>	<b>18'660</b>	<b>7'500</b>
<b>Total Biogene Abfälle</b>											
<b>Kläranlagen</b>											
	81'800	0	0	0	0	0	0	81'800	0	0	0
<b>Landwirtschaft</b>											
	1'200'000	0	0	0	1'010'000	189'900	100	0	0	0	0
	72'000	0	0	36'000	0	36'000	0	0	0	0	0
	<b>1'648'300</b>	<b>15'000</b>	<b>157'000</b>	<b>48'375</b>	<b>1'010'000</b>	<b>284'385</b>	<b>18'300</b>	<b>81'900</b>	<b>7'180</b>	<b>18'660</b>	<b>7'500</b>

Tabelle 8: Mengengerüst 2025 der biogenen Abfälle plus Erntereste und Zwischenfrüchte (in grün zunehmende Biomassemenge, in rot abnehmende Biomassemenge)

Abbildung 4 zeigt die Verteilung der biogenen Abfälle im Kanton Thurgau heute und im Jahr 2025. Eine Einführung der Separatsammlung, eine optimierte energetische und anschliessend stoffliche Nutzung und eine möglichst lokale Verwertung der organischen Abfälle, hätten zur Folge, dass die Vergärung um etwa 48'000 t FS/a zunehmen würde. Diese Zunahme beruht auf dem Abzug biogener Abfälle aus Kompostieranlagen (-24'800 t FS/a), aus KVAs, aus der Nutzung als Bodenverbesserer<sup>6)</sup> und aus dem Export.

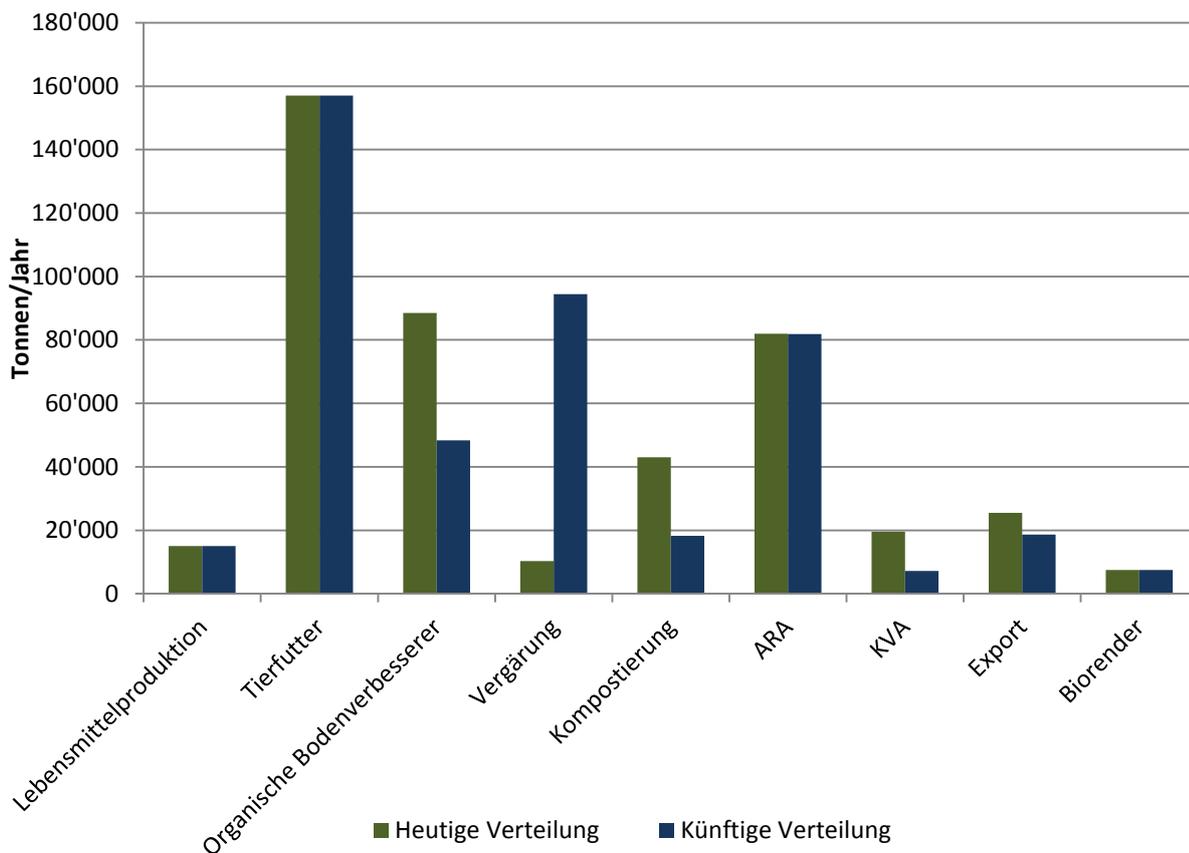


Abbildung 4: Verteilung der biogenen Abfälle nach Verwertungsweg 2010 und 2025 (ohne Hofdünger)

Tierabfälle, welche heute (2012) in der Biorender Anlage verwertet und vergärt werden, werden im Modell bei der Vergärung nicht berücksichtigt sondern als separater Verwertungsweg betrachtet<sup>7)</sup>.

Die Menge an Klärschlamm, die in den ARAs in Kanton TG bearbeitet wird, bleibt gleich. Diese Biomasse wird anderweitig nicht genutzt.

6) Nach der energetischen Nutzung stehen wieder als Dünger/Bodenverbesserer zur Verfügung.

7) Gemäss den Angaben des Betreibers der Biorender Anlage wurden 2011 etwa 7'500 t FS/a aus dem Kanton TG und etwa 6'000 t FS tierische Nebenprodukten aus den anderen Kantonen verarbeitet.

2010 werden energiereiche Abfälle, die z.B. aus der Milch- oder Teigwarenproduktion entstehen, in der Lebensmittelproduktion oder Tierfütterung weiter verwertet. Diese Stoffflüsse werden wegen des Kaskadennutzungsprinzips nicht umgelenkt.

Andere energiereiche biogene Abfälle, z.B. aus der Gastronomie oder Abfälle aus dem Detailhandel, werden zur Zeit in der KVA verbrannt. Hier ist die Umlenkung sehr sinnvoll, da das energetische Potenzial dieser Abfälle durch die Vergärung besser gewonnen werden kann als durch Verbrennung.



## 6 Szenarienbildung und Analyse

Mit Hilfe von Szenarien werden mögliche, künftige Situationen beschrieben. Die Szenarien erheben nicht den Anspruch, die aus heutiger Sicht wahrscheinlichste Entwicklung abzubilden. Die Szenarien sind somit keine Prognosen, sondern „was-wäre-wenn“ Betrachtungen.

### 6.1 Ausgangslage und Herleitung der Szenarien

Grundlage aller Szenarien bildet das Prinzip der Kaskadennutzung (eine mehrfache stoffliche Nutzung der Biomasse und, wo sinnvoll, eine abschliessende energetische Nutzung). D.h. die Nutzung von Nebenprodukten für die Verarbeitung in der Lebensmittelindustrie sowie die Verwertung und Aufbereitung als Tierfutter haben immer erste Priorität für die zugelassenen und geeigneten Stoffe. Eine weitere wichtige Maxime ist die Schliessung der Stoffkreisläufe. Aus diesem Grund wird die vermehrte Nutzung von organischen Stoffen in ARA und KVA zur Maximierung der Energieproduktion nicht betrachtet. Grundvoraussetzung für die Wahl von Verwertungswegen ist, dass im Kanton eine Nachfrage nach den jeweiligen Produkten besteht.

In einer ersten Überlegung sollten zwei Szenarien verglichen werden, die die maximale energetische Nutzung und die maximale stoffliche Nutzung der Biomasse beschreiben und analysieren. Es hat sich jedoch gezeigt, dass dieses Vorgehen keinen Sinn macht, wenn das Kaskadenprinzip beachtet werden soll (vgl. auch Vorstoss von Josef Gemperle zu diesem Thema). In den Szenarien wird deshalb von derselben zur energetischen Nutzung zur Verfügung stehenden Biomasse-Menge ausgegangen. Sie unterscheiden sich jedoch durch den Anlagenpark. Sie werden wie folgt hergeleitet:

- Es wird vereinfachend davon ausgegangen, dass die Gesamtmenge, d.h. das theoretische Potenzial an Biomasse im Kanton TG 2025 dem Jahr 2010 entspricht.
- Die biogenen Abfälle können im Hinblick auf die maximale Strom- und Wärmeproduktion oder eine maximale Biomethanproduktion verwertet werden. Für jede dieser Alternativen wird ein geeigneter Anlagenpark angenommen und für jeden Verwertungsweg eine verfügbare Menge. Um den heutigen Stand der Biomasseverwertung im Kanton TG darzustellen, wird auch ein Referenzszenario definiert.
- Für alle Szenarien wird von der gleichen verfügbaren Menge ausgegangen.
- Für die neue Verteilung der Biomasse wird auch das Potenzial für Zwischenfrüchte und Erntereste berücksichtigt. Damit auch das Referenzszenario von derselben Biomassemenge aus-

geht, werden diese zwei Biomassefraktionen im heutigen Stand als Bodenverbesserer eingesetzt.

Jede Fraktion des Biomasse-Sortiments durchläuft für die Herleitung der Szenarien die nachstehende Entscheidungsmatrix. Grundsätzlich sind zuerst die gesetzlichen Vorgaben und anschließend die Eignung und Qualität der Stoffe für die Verwertungsart massgebend. Die Hierarchie der Bestimmungsfaktoren zur Entscheidung der Verwertungsmöglichkeit(en) sind im Detail in folgender Tabelle 9 aufgeführt.

<b>Bestimmungsfaktor</b>	<b>Beispiele, Bemerkungen, ...</b>
1) Gesetzliche und bindende Vorgaben	Deponieverbot brennbare Abfälle (Klärschlamm, ..) / Verfütterungsverbot Lebensmittelabfälle an Schweine / ...
2) Nutzung als Nebenprodukt für Lebensmittelproduktion	Nährstoffe in geeigneter Form dem Kreislauf zuführen, z.B. Molke, ...
3) Nutzung als Tierfutter	Nährstoffe in geeigneter Form dem Kreislauf zuführen
4) Direkte Nutzung als Dünger und Bodenverbesserer	Wenn für Vergärung geeignet, dann zuerst in Vergärungsanlage verwerten und anschliessend als flüssiges und festes Gärgut als Dünger und Bodenverbesserer einsetzen
5) Vergärung mit energetischer und anschliessend stofflicher Nutzung	Verwertung in Trocken- oder Nassvergärungsanlagen
6) Reine stoffliche Verwertung	Kompostierung, z.B. von trockner, strukturierter Biomasse
7) Verbrennung, thermische Nutzung	In KVA die biogenen Abfälle verbrennen, die gemischt mit anderen Abfällen anfallen / Klärschlamm verbrennen (KVA, Zementwerk, Monoverbrennung / ...

*Tabelle 9: Nach Relevanz geordnete Bestimmungsfaktoren aus dem Kaskaden-Nutzungsprinzip für die Nutzung der Biomasse.*

Die aufgrund von Bestimmungsfaktoren 1 bis 4 abgezwigten Mengen für die direkte stoffliche Nutzung unterscheiden sich nicht zwischen den Szenarien. Diese sind in der Tabelle 8 zusammengestellt. Die für Anlagen verfügbare Menge, d.h. das verbleibende nutzbare Potenzial, beträgt für alle Szenarien rund 1'600'000 T FS (mit Hofdünger). Dieser Betrag wird für jedes Szenario je nach Eignung auf die verschiedenen Anlagen verteilt.

Es werden 3 Szenarien unterschieden: i) die maximale Strom- und Wärmeproduktion, ii) die maximale Biomethanproduktion und iii) das Referenzszenario.

Die drei Szenarien sind im Folgenden beschrieben:

### **Referenzszenario**

Das Referenzszenario zeigt die heutige Verteilung der Biomasseströme und ihre Verwertungswege. Die Anzahl der Anlagen entspricht nicht dem heutigen Stand, da die verschiedenen Biomassefraktionen anhand der Referenzanlagen verwertet werden (der Anlagepark ist aus der vorhandenen Biomasse mit berechnet). Somit sind alle drei Szenarien vergleichbar.

### **Szenario 1 „Erzeugung von Strom und Wärme“**

Szenario 1 orientiert sich an der maximalen Produktion von Strom und Wärme. Das durch die Vergärung gewonnene Biogas wird in Blockheizkraftwerken in Wärme und Strom umgewandelt.

Für die Nutzung des energetischen Potenzials im Hofdünger wird der Bau von landwirtschaftlichen Biogasanlagen mit Co-Substraten priorisiert (inkl. Erntereste und Zwischenfrüchte), die maximal 20% Co-Substraten vergären.

Die Energieproduktion in den KVA wird nicht bevorzugt, weil die stoffliche Nutzung der Biomasse fehlt (Nährstoffkreislauf nicht geschlossen).

Ein Teil der biogenen Abfälle der Haushalte wird trotzdem in den dezentralen Kompostierungen verwertet werden. Es wird unmöglich sein, die ganze Menge der biogenen Abfälle zu separieren und in Biogasanlagen zu vergären.

Ein wichtiger Faktor dieses Szenarios ist die Nutzung der Abwärme. Dies ist schlussendlich vom Standort der Vergärungsanlage abhängig. Diese Unsicherheit beeinflusst die Energiebilanz und auch die Wirtschaftlichkeit einer Anlage. Wir schätzen die heutige Abwärmenutzung im Kanton TG auf 30%. Deshalb wird für die Berechnung bei Vergärungsanlagen von einer 30%-Nutzung der Abwärme ausgegangen. Ab einer 20%-Abwärmenutzung (extern genutzte Abwärme) kann ein Anlagebetreiber den Wärmebonus der KEV beantragen. Bei der Planung einer neuen Anlage spielt die Nutzung der Abwärme deshalb eine wichtige Rolle.

Ein weiterer Faktor für die Ausgestaltung des Szenarios sind allfällige Fördermassnahmen. Eine aktuelle politische Diskussion ist die Förderung der reinen landwirtschaftlichen Biogasanlagen, die kein Co-Substrate verarbeiten. Falls diese Anlagen gefördert werden, wäre es möglich, weniger Co-Substrate in den landwirtschaftlichen Biogasanlagen zu nutzen und diese Mengen in industriell-gewerblichen Anlagen zu verwerten.

### **Szenario 2 „Erzeugung von Biomethan“**

Szenario 2 orientiert sich an der maximalen Produktion von Biomethan und Treibstoffen. Das Biogas muss auf Erdgasqualität aufbereitet werden, was mit hohen Investitionskosten verbunden ist und deshalb aus wirtschaftlichen Gründen nur für grosse Biogasanlagen in Frage kommt.

Aus diesem Grund werden in diesem Szenario grosse gewerblich-industrielle oder landwirtschaftliche Biogasanlagen priorisiert. Als zweite Verwertungsmöglichkeit werden landwirtschaftlichen Biogasanlagen mit Co-Substraten und drittens reine landwirtschaftliche Biogasanlagen gebaut.

Biogasanlagen mit Gaseinspeisung können nicht überall gebaut werden. Ein Faktor hierfür ist die Anwesenheit einer für die Einspeisung geeigneten Erdgasleitung in der Nähe der Anlage.

Deswegen können nicht die ganzen biogenen Abfälle für die Verwertung in Biogasanlagen mit Gaseinspeisung eingesetzt werden. Als Einschränkungsfaktor werden 90% angenommen

## **6.2 Szenarienbewertung**

Die Szenarien werden nach ökologischen, ökonomischen und sozialen Kriterien bewertet. Die ökologische Bewertung erfolgt anhand der Nutzenkorbmethode. Mit diesem Ansatz wird berücksichtigt, dass die in den verschiedenen Entsorgungsverfahren produzierten Produkte wie Strom, Wärme oder Biomethan im Wettbewerb mit Produkten aus herkömmlicher Produktion stehen. Beim Vergleich der Szenarien ist zu berücksichtigen, dass in allen Szenarien die „Nutzenkorbgleichheit“ herrschen muss. Wird beispielsweise in einem Szenario mehr Biomasse in die Kompostierung umgelenkt, muss berücksichtigt werden, dass die entsprechende Energieproduktion aus der KVA wegfällt und somit diese „fehlende“ Energiemenge über konventionell produzierten Strom abgedeckt werden muss. Für die Nutzenkorb-Betrachtung müssen im Vorfeld geeignete Ersatzprozesse definiert werden. Diese sind in Anhang A3 aufgeführt.

## **6.3 Referenzanlagen**

Damit die drei Szenarien verglichen werden können, wurden Referenzanlagen definiert, mit denen die verschiedenen Biomassefraktionen verwertet werden. In Tabelle 10 sind die Referenzanlagen aufgelistet und die entsprechenden verwerteten Biomasse-Mengen angegeben. Reine Hofdüngeranlagen (Anlagen die nur Gülle und Mist verarbeiten) werden in dieser Studie nicht berücksichtigt, ein wirtschaftlicher Betrieb dieser Anlagen ist auch mit grossen Förderungsbeiträgen sehr schwierig. Landwirtschaftliche Biogasanlagen, die neben Gülle und Mist auch Zwischenfrüchte und Ernterückstände vergären, sind heutzutage mit der KEV noch nicht rentabel, könnten aber mit einer zusätzlichen Förderung wirtschaftlich betrieben werden.

Anlage	Biomasse Fraktion und Menge
<b>Vergärung</b>	
Reine landwirtschaftliche Biogasanlage	Kapazität: 5'000 t/a davon 4'000 t/a Gülle und Mist, 1'000 t/a Zwischenfrüchte und Erntereste Art der Vergärung: Flüssige Vergärung Biogasproduktion: 200'000 m <sup>3</sup> /a Netto Stromproduktion: 360 MWh Netto Wärmeproduktion: 350 MWh Installierte elektrische Leistung: 65 kW
Kleine landwirtschaftliche Biogasanlage mit BHKW	Kapazität: 5'000 t/a mit 20% Co-Substraten Art der Vergärung: Flüssige Vergärung Biogasproduktion: 235'000 m <sup>3</sup> /a Netto Stromproduktion: 425 MWh Netto Wärmeproduktion: 400 MWh Installierte elektrische Leistung: 85 kW
Grosse landwirtschaftliche Biogasanlage mit BHKW	Kapazität: 20'000 t/a mit 20% Co-Substraten (4'000 t/a) und 4'000 t/a Zwischenfrüchte und Erntereste Art der Vergärung: Flüssige Vergärung Biogasproduktion: 1'130'000 m <sup>3</sup> /a Netto Stromproduktion: 2'200 MWh Netto Wärmeproduktion: 1'900 MWh Installierte elektrische Leistung: 400 kW
Grosse landwirtschaftliche Biogasanlage mit Gaseinspeisung	Kapazität: 20'000 t/a mit 20% Co-Substraten (4'000 t/a) und 4'000 t/a Zwischenfrüchte und Erntereste Art der Vergärung: Flüssige Vergärung Biogasproduktion: 1'130'000 m <sup>3</sup> /a Energie aus produziertem Biogas: 6'400 MWh

Kleine gewerblich/industrielle Biogasanlage mit BHKW	<p>Kapazität: 6'000 t/a Grüngut, biogene Abfälle aus Haushalten und Industrie</p> <p>Art der Vergärung: Trockene Vergärung mit Batch-Verfahren und anschliessend Nachrottung</p> <p>Biogasproduktion: 630'000 m<sup>3</sup>/a</p> <p>Netto Stromproduktion: 1'200 MWh</p> <p>Netto Wärmeproduktion: 1'100 MWh</p> <p>Installierte elektrische Leistung: 200 kW</p>
Grosse gewerblich/industrielle Biogasanlage mit BHKW	<p>Kapazität: 18'000 t/a Grüngut, biogene Abfälle aus Haushalten und Industrie</p> <p>Art der Vergärung: Trockene Vergärung mit kontinuierlichem Verfahren und anschliessend Nachrottung</p> <p>Biogasproduktion: 1'900'000 m<sup>3</sup>/a</p> <p>Netto Stromproduktion: 3'300 MWh</p> <p>Netto Wärmeproduktion: 3'000 MWh</p> <p>Installierte elektrische Leistung: 650 kW</p>
Grosse gewerblich/industrielle Biogasanlage mit Gaseinspeisung	<p>Kapazität: 18'000 t/a Grüngut, biogene Abfälle aus Haushalten und Industrie</p> <p>Art der Vergärung: Trockene Vergärung mit kontinuierlichem Verfahren und anschliessend Nachrottung</p> <p>Biogasproduktion: 1'900'000 m<sup>3</sup>/a</p> <p>Energie aus produziertem Biogas: 10'800 MWh</p>
<b>Kompostierungsanlage</b>	
Kompostierungsanlage	Kapazität: 1'500 t/a Grüngut und strukturiertes biogene Abfälle aus Haushalten
<b>KVA</b>	
<p>In Kanton TG steht eine KVA in Weinfelden. Diese Anlage verbrennt zusammen mit weiteren Abfällen auch biogene Abfälle aus Industrie, Gewerbe und Haushalt aus einem Teil der Gemeinden in Kanton TG. Die Menge dieser Fraktion ist in den Szenarien unterschiedlich, deswegen unterscheiden sich auch die Menge der Produkte wie Strom, Wärme aber auch die Kosten der Entsorgung. Die restlichen Gemeinden entsorgen ihre Abfälle in KVA ausserhalb der Grenzen vom Kanton TG.</p>	

**ARA**

Im Kanton TG sind 120 Abwasserreinigungsanlagen in Betrieb. In diesen Anlagen wird Klärschlamm energetisch verwertet. Für die Berechnung der Szenarien wird keine Referenzanlage für die ARA definiert. In allen drei Szenarien ist die Menge und Art der Biomasse, die in ARA verwertet wird, gleich. Deswegen ist dieser Verwertungsweg für die Schlussergebnisse der Bewertung nicht relevant.

*Tabelle 10: Referenzanlagen*



## 7 Ergebnisse der Szenarienanalyse

### 7.1 Anlagepark

Der Anlagepark der drei Szenarien unterscheidet sich besonders in den ausgewählten Vergärungsanlagen. Im Referenzszenario wird ein Teil der Biomasse über Export und KVA verwertet. Diese zwei Verwertungsmethoden sind in der Abbildung 5 nicht dargestellt. Basierend auf den definierten Referenzanlagen werden heute die biogenen Abfälle in 10 kleinen landwirtschaftlichen Biogasanlagen (heutzutage sind 6 landwirtschaftliche Biogasanlagen mit Co Substraten im Betrieb) und in 27 Kompostierungsanlagen verwertet. Das Szenario 1 hat das Ziel, Strom und Wärme zu produzieren und das energetische Potenzial, enthalten in Gülle und Mist, zu verwerten. In diesem Szenario ist die Anzahl kleiner landwirtschaftlicher Biogasanlagen sowie reiner Hofdüngeranlagen gross. Im Szenario 2 wird die maximale Menge an Biomethan produziert. Für diesen Prozess müssen die Biogasanlagen eine grosse Menge Biomasse verarbeiten, damit sie wirtschaftlich betrieben werden können. In diesem Szenario wird die Biomasse in grossen landwirtschaftlichen Biogasanlagen und in gewerblich/industriellen Biogasanlagen vergärt.

In der Abbildung 5 wird der Anlagepark in den drei Szenarien gemäss der primären Verwertung der Biomasse gezeigt.

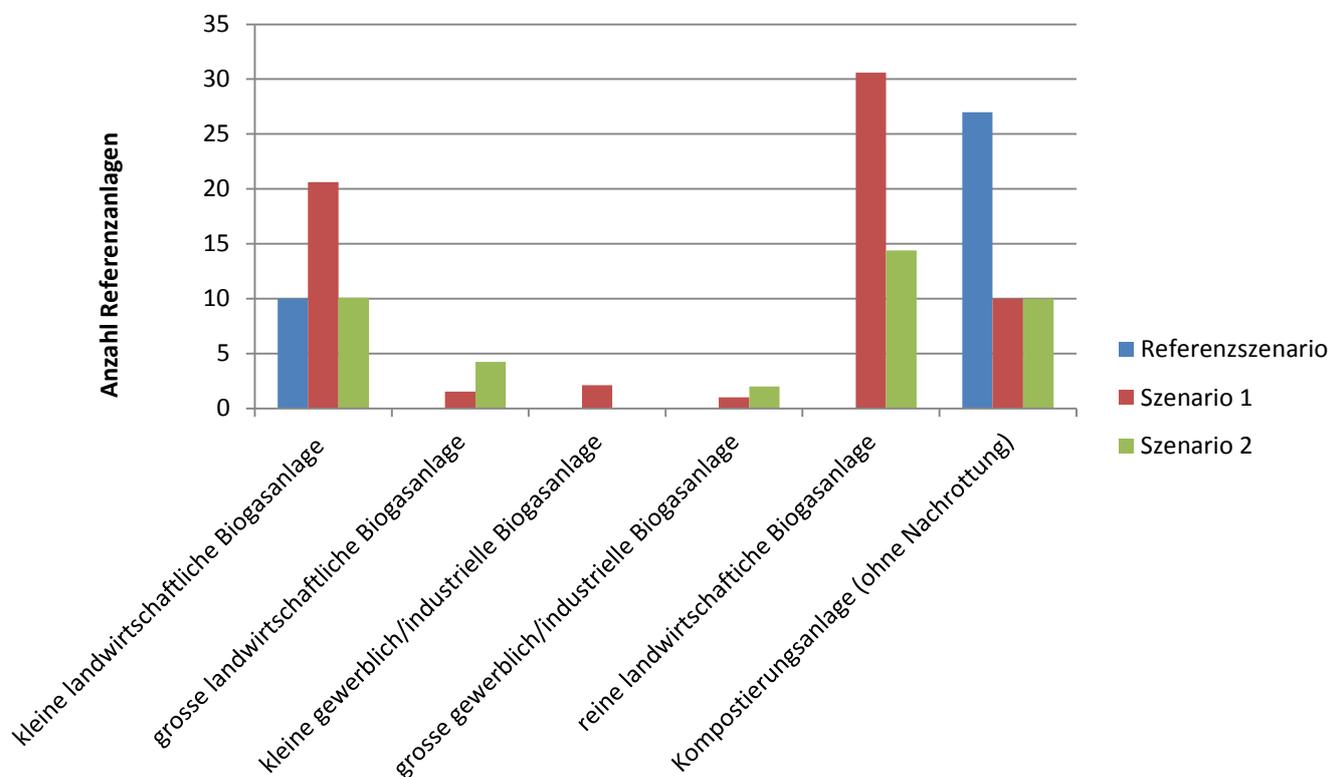


Abbildung 5: Anlagepark der drei Szenarien

## 7.2 Bewertung

Die Analyse der Szenarien erfolgt anhand der drei Kriterien des Zielsystems (vgl. Kapitel 4.3). Die Kriterien „Entsorgungskosten“, „regionale Wertschöpfung“, „Netto Energielieferung“ und „Treibhausgasemissionen“ werden quantitativ bewertet.

Wie schon in Kapitel 6.3 erwähnt, werden die Produkte und Kosten, die in den ARAs entstehen, in der Berechnung sowie in der Analyse nicht berücksichtigt, da die Menge Biomasse, die in diesen Anlagen verwertet wird, in allen drei Szenarien gleich bleibt.

### 7.2.1 Ergebnisse der quantitativen Bewertung

Die Tabelle 11 zeigt einen Überblick der quantitativen Kriterien.

		Referenzszenario	Szenario 1	Szenario 2
Entsorgungskosten	[Fr./a]	8'720'000	8'700'000	9'550'000
Regionale Wertschöpfung	[Fr./a]	3'760'000	8'330'000	6'830'000
Netto Energielieferung	[GWh/a]	15	41	50
Treibhausgasemissionen	[t CO <sub>2</sub> /a]	11'400	7'800	9'200

Tabelle 11: Ergebnisse der Analyse für die quantitativen Kriterien (abgerundet)

#### Entsorgungskosten

Im Referenzszenario und im Szenario 1 sind die Entsorgungskosten praktisch gleich. Im Szenario 2 sind sie ein wenig grösser wegen den höheren Entsorgungskosten in den gewerblichen-industriellen Biogasanlagen. Die Entwicklung der Entsorgungskosten ist sehr schwierig abzuschätzen und im Bereich der Biogasanlagen haben die Preise in den letzten Jahren wegen der zunehmenden Konkurrenz grosse Schwankungen erlebt.

#### Regionale Wertschöpfung

Der Bau von neuen Biogasanlagen fördert die regionale Wertschöpfung, neue Arbeitsplätze entstehen und neue Umsätze werden für Bau-, Logistik und Planungsunternehmen der Region geschaffen.

## Netto Energielieferung

Durch die Umlenkung der Biomasse in Biogasanlagen wird mehr Netto-Energie produziert. Die Vergärung von feuchter Biomasse ist energetisch sinnvoller als die Verbrennung, sowie die energetische Nutzung der Biomasse, gefolgt von einer stofflichen Veredelung durch Kompostierung.

Im Referenzszenario werden Strom und Wärme aus Biomasse hauptsächlich aus der KVA produziert. Mit der Umlenkung der Biomasse zu Gunsten der Vergärung und der Förderung der energetischen Nutzung von landwirtschaftlicher Biomasse wie Hofdünger, Zwischenfrüchten und Ernterückständen wird im Szenario 1 und 2 mehr Energie aus Vergärungsanlagen produziert. Im Szenario 1 ist die Stromproduktion bis zu 4-mal höher als im Referenzszenario. Im Szenario 2 steht die Biomethanproduktion im Zentrum. Deshalb ist die Wärmeproduktion geringer, die Biomethanproduktion jedoch deutlich höher als in den zwei anderen Szenarien.

Tabelle 12 zeigt eine Zusammenfassung der Energieproduktion aus Biomasse der drei Szenarien.

		Referenzszenario	Szenario 1	Szenario 2
Stromproduktion	[GWh/a]	7.4	30.2	10.6
Wärmeproduktion	[GWh/a]	7.7	10.6	5.1
Biomethanproduktion	[GWh/a]	0	0	34

*Tabelle 12: Energieproduktion der drei Szenarien*

In der gesamten Energieproduktion schneidet mit ungefähr 50 GWh produzierte Energie das Szenario 2 am besten ab. In dieser Analyse wurde Strom, Wärme und Biomethan als gleichwertig gewichtet. Würde der Strom doppelt gewichtet, wäre das Szenario 1 im Bereich Energieproduktion das beste Szenario. Die Möglichkeit, Biomethan zu speichern, ist ein Vorteil für das Szenario 2, dies wurde aber auch nicht gewichtet.

## Treibhausgasemissionen

Gemäss den Berechnungen werden im Referenzszenario am meisten Treibhausgasemissionen produziert. Diese Emissionen entstehen hauptsächlich durch die Kompostierung. Szenario 1 ist insgesamt noch etwas besser als Szenario 2. Das liegt daran, dass die Emissionen bei der Vergärung etwas tiefer sind. Zudem kann ein Teil der heutigen konventionellen Strom- und Wärmeproduktion eingespart werden. Bei Szenario 2 kommt es durch die Biomethanproduktion zu einer relativ hohen Einsparung von CO<sub>2</sub>-Emissionen, diese werden aber zum Teil wieder kompensiert durch den Wegfall der in der KVA erzeugten Wärme.

Es ist hier anzumerken, dass Strom aus Biogasanlagen in Bezug auf die emittierten Treibhausgase schlechter abschneidet als der aktuelle Strommix im Kanton Thurgau. Dies mag auf den ersten Blick kontra-intuitiv erscheinen, da es sich bei Strom aus Biogasanlagen um ein ökologisch wertvolles Produkt handelt. Da der Strommix im Kanton Thurgau aber hauptsächlich aus Atomstrom besteht, welcher insgesamt sehr tiefe Treibhausgas-Emissionen aufweist, stimmt diese

Betrachtung. Würde statt den Treibhausgasemissionen Umweltbelastungspunkte als Indikator verwendet, schnitte der Atomstrom schlechter ab, weil dann weitere ökologische Aspekte wie etwa der Verbrauch nicht-erneuerbarer Energieträger oder die Endlagerung von radioaktiven Abfällen ins Gewicht fallen würden.

Im Modell nicht berücksichtigt wurden Treibhausgasemissionen, die durch den Verbleib von Hofdünger und Zwischenfrüchten auf dem Feld entstehen. Ebenso wurden Emissionen nicht berücksichtigt, die durch die Vermeidung der Produktion von Kunstdünger eingespart werden können. Die Modellierungen für diese Prozesse sind sehr komplex und können nur in einer vertieften Ökobilanz-Studie analysiert und quantifiziert werden.

### **7.2.2 Ergebnisse der qualitativen Bewertung**

Die folgenden Kriterien „Stoffliche Nutzung“, „Marktrisiken“, „Finanzierung“ und „Standortakzeptanz“ werden mit einer Note von 1 bis 3 bewertet. Die Note 1 stellt das Szenario mit dem schlechtesten Ergebnis dar und die Note 3 das Szenario, welches am besten abschneidet.

#### **Stoffliche Nutzung**

Mit der neuen Verteilung der Biomasse werden dank der Vergärung wichtige Nährstoffe wieder in den Kreislauf eingeführt, welche als Kompost auf das Feld gebracht werden. Diese Nährstoffe werden im Referenzszenario in der KVA verbrannt oder exportiert und stehen deshalb für die stoffliche Nutzung dem Kanton nicht mehr zur Verfügung. Gemäss dieser Betrachtung schneidet das Referenzszenario am schlechtesten ab. In den Szenarien 1 und 2 wird die gleiche Menge Biomasse aus der KVA und dem Export direkt in die Vergärung umgelenkt, weshalb sich der Kreislauf schliesst.

Ein offener Punkt bleibt der Verlust von organischer Trockensubstanz durch die Vergärung von Hofdünger, Zwischenfrüchten und Ernteresten in den Biogasanlagen. Organische Trockensubstanz hilft dem Anreichern des Bodens. Auf diese Frage wird in der Bewertung nicht weiter eingegangen.

#### **Marktrisiken**

Der verstärkte Bau von Biogasanlagen erhöht die Nachfrage nach Co-Substraten und kann insbesondere dazu führen, dass die Entsorgungsgebühren sinken und die Preise für nicht entsorgungspflichtige Rohstoffe steigen. Damit steigt das wirtschaftliche Risiko für die Anlagenbetreiber. Andererseits kann davon ausgegangen werden, dass in Zukunft mittelfristig die Energiepreise steigen und die regionale Energieproduktion gefördert wird, weil sie die Abhängigkeit von Energieimporten verkleinert. Wegen der Unsicherheiten der schwankenden Rohstoffkosten bei Szenario 1 und Szenario 2 und der Unsicherheiten im Energiemarkt beim Referenzszenario werden alle drei Szenarien gegenüber Marktrisiken gleich beurteilt.

## Finanzierung

Die Finanzierung von Biogasanlagen ist teuer für den Kanton und die Gemeinden. Damit eine Anlage wirtschaftlich betrieben werden kann, sind Unterstützung oder Förderbeiträge nötig. Die Wirtschaftlichkeit von Hofdüngeranlagen ist heutzutage nicht gegeben. Deswegen müssen landwirtschaftliche Co-Substrate wie Zwischenfrüchte und Erntereste in diesen Anlagen vergärt und die Betreiber mit Subventionen unterstützt werden.

## Standortakzeptanz

Die Biogasanlagen sind weniger gut akzeptiert als Kompostanlagen oder bestehende KVA. Eine Änderung des Anlagenparks und der Bau neuer Anlagen werden von der Bevölkerung meistens als negativ empfunden. Besonders betroffen sind die Bewohner in der Nähe von Anlagen. Andererseits kann die regionale Produktion von erneuerbaren Energien und die Entstehung neuer Arbeitsplätze für die gesamte Bevölkerung des Kantons als positive Entwicklung gesehen werden. In Bezug auf die Akzeptanz haben wir keinen grossen Unterschied zwischen Szenario 1 und 2 festgestellt. Einerseits werden grosse industrielle Biogasanlagen in industriellen Gebieten geplant, andererseits werden kleine landwirtschaftliche Biogasanlagen meistens auf einem schon bestehenden landwirtschaftlichen Betrieb gebaut.

### 7.2.3 Synthese

Für die Auswertung der Szenarien im Zielsystem werden auch die quantitativen Ergebnisse, Entsorgungskosten, regionale Wertschöpfung, Netto Energielieferung und Treibhausgasemissionen auf einer Skala von 1 bis 3 benotet.

	Referenzszenario	Szenario 1	Szenario 2
Entsorgungskosten	3	3	1
Regionale Wertschöpfung	1	3	2
Stoffliche Nutzung	1	3	3
Netto Energielieferung	1	2	3
Treibhausgasemissionen	1	3	2
Marktrisiken	2	2	2
Finanzierung	3	1	2
Standortakzeptanz	3	2	2
<b>Total</b>	<b>1.7</b>	<b>2.4</b>	<b>2.0</b>

Tabelle 13: Bewertung des Zielsystems

Gemäss der Bewertung basierend auf dem definierten Zielsystem schneiden Szenario 1 und Szenario 2 besser als das Referenzszenario ab. Die Verwertung von organischen Abfällen in den Vergärungsanlagen würde für Kanton TG eine Verbesserung in verschiedenen Bereichen, wie erneuerbaren Energieproduktion, Treibhausgasemissionen und regionale Wertschöpfung bedeuten. Szenario 1 hat im Vergleich mit Szenario 2 eine höhere Anzahl Punkte, besonders die erhöhte regionale Wertschöpfung und die tiefen Entsorgungsgebühren sind ein Vorteil von diesem Szenario.

Zu beachten ist, dass solche Modellbetrachtungen immer mit hohen Unsicherheiten behaftet sind. Dies muss bei der Interpretation den Ergebnissen entsprechend berücksichtigt werden. Besonders sensitive Parameter sind vermutlich der angenommene Anteil der Abwärmenutzung (30%) und das eingespeiste Biomethan (90%). Eine Reduktion des Anteils der Abwärmenutzung führt dazu, dass sich die Auswertung der Szenarien einander annähern. Auch die Gewichtung der Energieformen spielt eine wichtige Rolle. Wenn Strom mehr gewichtet würde als Biomethan und Wärme würde Szenario 1 noch besser abschneiden.

## 8 Massnahmen zur Ausschöpfung der Potenziale

Um die organischen Abfälle im Kanton Thurgau effizient zu verwerten und die Umsetzung vom Szenario 1 oder Szenario 2 zu fördern, müssen entsprechende Massnahmen definiert und umgesetzt werden. Abhängig von ihrer Wirkung können die Massnahmen in vier verschiedene Kategorien unterteilt werden:

- Massnahmen zur generellen Umlenkung der Biomasse
- Massnahmen zur Förderung von Szenario I
- Massnahmen zur Förderung von Szenario II
- Massnahmen zur generellen Förderung der energetischen Nutzung von Biomasse

Die Massnahmen zur generellen Umlenkung der Biomasse wirken auf die Verteilung der heutigen Biomasse-Stoffströme. Sie führen dazu, dass gewisse Biomasse-Stoffströme umgelenkt bzw. aus einem bestehenden Prozess entnommen werden (z.B. Reduktion der Biomasse-Menge, die heute kompostiert wird) und somit insgesamt mehr Biomasse für die energetische Nutzung zur Verfügung steht. Dies bildet die Ausgangslage für die Szenarien.

Die restlichen Massnahmen, welche in diesem Kapitel ausgeführt werden, tragen dazu bei, dass die heute bestehenden sowie die zusätzlich verfügbar gemachten Biomasse-Mengen tatsächlich ausgeschöpft und energetisch genutzt werden. Sie wirken spezifisch fördernd auf Szenario 1 oder Szenario 2 oder sie fördern generell die energetische Nutzung von Biomasse (Szenario 1 und 2).

Eine Übersicht ist in der Massnahmenliste im Anhang A6 dargestellt.

### 8.1 Massnahmen zur Umlenkung und Förderung der energetischen Verwertung der Biomasse

#### **Massnahme 1: Einführung der Separatsammlung in Gemeinden**

Kehrichtsäcke aus Privathaushalten enthalten zur rund einem Viertel biogene Abfälle. Gemeinden werden verpflichtet, eine Separatsammlung für organische Abfälle aus Haushalten einzuführen. Dadurch werden biogene Abfälle verfügbar gemacht, die heute noch mit dem Hauskehricht verbrannt werden. Die Einführung der Separatsammlung ist aufwändig und nicht für alle Gemeinden sofort umsetzbar.

**Massnahme 2: Verankerung der energetischen Nutzung organischer Abfälle in der kantonalen Energiegesetzgebung**

Organische Abfälle, Grüngut, abgelaufene bzw. unverkäufliche Lebensmittel etc. werden zuerst energetisch und anschliessend stofflich genutzt. Dadurch werden Biomasse-Ströme, die direkt in die Kompostierung fliessen, reduziert. Die energetische Nutzung ist heute bereits in den strategischen Grundsätzen (RRB Nr. 744 vom 30.9.08) und ansatzweise auch im kantonalen Richtplan festgeschrieben.

**Massnahme 3: Verankerung möglichst kurzer Transportwege und regionaler Stoffkreisläufe im kantonalen Energiegesetz**

Im kantonalen Energiegesetz wird verankert, dass Biomasse möglichst lokal genutzt werden soll. Dadurch bleiben Transportdistanzen kurz und es wird ein Beitrag zur lokalen Wertschöpfung geleistet.

## 8.2 Massnahmen zur Förderung von Szenario I

**Massnahme 4: Kostendeckende Einspeisung für Strom**

Die Kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) des Bundes existiert und hat bereits viele positive Entwicklungen im Bereich der erneuerbaren Energieproduktion ausgelöst. Aufgrund der grossen Nachfrage und der Deckelung befinden sich jedoch viele Biogasanlagenprojekte auf der Warteliste. Dazu kommt, dass Anlagen, welche nicht über einen optimalen Standort verfügen, oft auch mit den Vergütungen der KEV nicht wirtschaftlich betrieben werden können. Eine kantonale Erhöhung des fixen Einspeisetarifs für Strom aus Biomasse entschärft diese Problematik und fördert den Anlagenbau auf effiziente Weise.

**Massnahme 5: Verpflichtung zu erneuerbarem Strom-Mix**

Der Kanton verpflichtet Gemeinden bzw. Energieversorger dazu, einen bestimmten Strom-Mix mit erneuerbaren Energien aus der Region anzubieten. Diese Verpflichtung könnte explizit auch den Strom aus Biomasse enthalten.

**Massnahme 6: Investitionshilfen für reine landwirtschaftliche Biogasanlagen**

Die Menge an ungenutztem Hofdünger sowie das darin enthaltene Potenzial zur Energieproduktion sind sehr hoch. Dieses Potenzial zu nutzen wird dadurch erschwert, dass ein wirtschaftlicher Betrieb insbesondere bei kleinen Hofdüngeranlagen kaum gegeben ist (u.a. aufgrund des hohen Wassergehaltes im Hofdünger, hohen Investitionskosten auch für Kleinanlagen etc.). Möglichkeiten reine Hofdüngeranlagen zu fördern sind beispielsweise zinslose Darlehen, Finanzierung eines Teils der Investitionskosten, Erhöhung der KEV-Beiträge oder Finanzierung von Machbar-

keitsstudien. Der Kanton Thurgaus ist in diesem Bereich bereits aktiv. Allenfalls sind die Beiträge zu erhöhen.

#### **Massnahme 7: Spezifische Beratung zur Nutzung landwirtschaftlicher Biomasse**

Der Kanton betreibt Beratungsstellen, die sich spezifisch auf dem Gebiet der Nutzung landwirtschaftlicher Biomasse zur Energieproduktion (Wirtschaftlichkeit, Potenziale, Standorte, gesetzliche Grundlagen, Bewilligungsverfahren, Förderinstrumente, Eignung, etc.) auskennen sowie mit den räumlichen und regionalen Gegebenheiten vertraut sind. Diese Beratung sollte intensiviert und ausgebaut werden. Das würde zu einer Optimierung bei der Substratbeschaffung sowie der Standort- und Anlageplanung führen.

### **8.3 Massnahmen zur Förderung von Szenario II**

#### **Massnahme 8: Spezifische Beratung zum Thema Gasaufbereitung und -einspeisung**

Der Kanton betreibt Beratungsstellen, die sich generell auf dem Gebiet der Nutzung von Biomasse-Reststoffen zur Energieproduktion auskennen. Da die Gasaufbereitung und -einspeisung in der Schweiz noch nicht weit verbreitet ist (es sind erst wenige Anlagen in Betrieb), stellt der Kanton sicher, dass die eingesetzten Berater die Technologien, Eigenheiten und wichtigen Faktoren zum Thema Gasaufbereitung und -Einspeisung kennen und über ein erweitertes Expertennetzwerk zu diesem Thema verfügen.

#### **Massnahme 9: Investitionshilfen für Technologieförderung**

Der Kanton unterstützt innovative Firmen bzw. Projekte im Bereich Biogasproduktion und Gasaufbereitung im Rahmen eines kantonalen „KTI-Programms“ finanziell oder bietet ihnen Standortvorteile. Nährstoff- sowie Gasaufbereitung haben positive Umweltwirkungen. Die Technologien sind jedoch noch nicht weit verbreitet und kostspielig. Der Kanton unterstützt diese kostensteigernden Anlagenelemente mit positiver Umweltwirkung daher finanziell über Investitionshilfen.

#### **Massnahme 10: Kostendeckende Einspeisetarife für Biomethan**

Anlagenelemente zur Biogas-Aufbereitung sind teuer und kommen deshalb erst selten zum Einsatz. Der Kanton fördert diese Technologie über einen kostendeckenden Einspeisetarif für auf Erdgasqualität aufbereitetes Biogas (Biomethan). Eine kostendeckende Einspeisevergütung für Biomethan könnte durch eine Abgabe auf dem im Kanton Thurgau verkauften Erdgas finanziert werden.

**Massnahme 11: Ausbau des Gas-Tankstellennetzes**

Förderung des Ausbaus des Gas-Tankstellennetzes durch vereinfachte Bewilligungsverfahren, Steuererleichterung oder Ähnlichem. Für den Konsumenten von Biogas-Treibstoff ist es zentral, dass er dieses über ein gut ausgebautes Verteilnetz beziehen kann. Grosse Umwege für das Erreichen einer Tankstelle oder der Eindruck, dass der Treibstoff ausgehen könnte und keine Tankmöglichkeiten in der Nähe zur Verfügung stehen, hemmt den Konsumenten daran, auf Biogas-betriebene Fahrzeuge umzusteigen.

**8.4 Massnahmen zur generellen Förderung der energetischen Nutzung von Biomasse****Massnahme 12: Festlegung von Sondernutzungszonen**

Durch raumplanerische Massnahmen wie einem kantonalen Sach- / Richtplan (Energie) kann der Kanton die energetische Nutzung der Biomasse vereinfachen und bis zu einem bestimmten Grad im Sinne einer Positivplanung steuern, ob eher landwirtschaftliche Einzel- bzw. Gemeinschaftsanlagen oder Grossanlagen mit Einspeisung des Biogases ins Erdgasnetz entstehen sollen. Es ist absehbar, dass die Kantone im Zusammenhang mit der Energiestrategie 2050 des Bundes in absehbarer Zeit zu dieser Massnahme verpflichtet werden.

**Massnahme 13: Einführung vereinfachter Bewilligungsverfahren**

Eine grosse Hürde für potenzielle Anlagenbetreiber sind die aufwändigen und langwierigen Bewilligungsverfahren für Biomasse-Projekte. Dies wirkt sich auch aufgrund der verringerten Investitionssicherheit negativ auf die Umsetzung der Projekte aus. Der Kanton könnte ein vereinfachtes bzw. verkürztes Bewilligungsverfahren einführen, beispielsweise für Anlagen innerhalb der vorgesehenen Zonen (Positivplanung) oder unter Einhaltung entsprechender Qualitätskriterien (z.B. gem. Qualitätsmanagement Biogas). Will der Kanton landwirtschaftliche Biogasanlagen mit Co-Vergärung fördern, ist es angezeigt, bei der Umsetzung der restriktiven Anforderungen der Raumplanungsverordnung den vorhandenen Ermessensspielraum zu nutzen.

**Massnahme 14: Aktive Öffentlichkeitsarbeit**

Die Öffentlichkeit ist erneuerbarer Energie aus Biomasse grundsätzlich positiv eingestellt. Jedoch ist das Thema komplex und einige in der Presse negativ erwähnte Anlagebeispiele schwächen das Vertrauen der Bevölkerung in Biomasse-Anlagen. Der Kanton wirkt diesem Trend aktiv entgegen, indem er für Information und Beratung der Öffentlichkeit sorgt. Das Einrichten einer Ombudstelle, die zwischen Anwohnern und potenziellen Anlagebetreibern vermittelt, fördert die Akzeptanz und das positive Image von Energie aus Biomasse. Damit die Biomasse-Nutzung von der Bevölkerung getragen wird, ist es wichtig, dass der Kanton das Thema ehrlich und umfas-

send kommuniziert (Klimaveränderungen, Treibhausgasemissionen, Kaskadennutzung, ausschliessliche Verwertung von Reststoffen, Emissionen von Anlagen, Ersatz für Erdgas zu Heizzwecken etc.). Eine Alternative zur Einrichtung einer eigenen Ombuds- und Beratungsstelle wäre eine enge Zusammenarbeit mit externen Experten (z.B. aus dem Netzwerk von Biomasse Schweiz). Weitere denkbare Aktionen im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit wären öffentliche Veranstaltungen und Podiumsgespräche, Tag der offenen Tür auf bestehenden Anlagen, Wettbewerb für innovative Projekte, etc.

### **Massnahme 15: Förderung von Forschung und Entwicklung**

Der Kanton fördert über Finanzierungshilfen und Einrichtung entsprechender Bildungsinstitutionen Grundlagenforschung und Demonstrationsprojekte und dadurch die Optimierung von Anlagen und die Einführung effizienter Technologien.

### **Massnahme 16: Finanzielle Starthilfen für Biogasanlagen**

Über finanzielle Starthilfen (beispielsweise Finanzierung von Standortabklärungen, Machbarkeitsstudien etc.) werden Biomasse-Projekte unterstützt und der Ausbau des Anlageparks gefördert.

### **Massnahme 17: Cluster-Bildung zur Biomassenutzung**

Für die Realisierung von Biogasanlagen zur energetischen Nutzung von Hofdünger könnte der Kanton Gebiete mit hohen Tierdichten ausscheiden und sichtbar machen (z.B. über ein interaktives Geoinformationssystem) und in ihnen die Cluster-Bildung fördern (Zusammenbringen verschiedener Landwirte, die sich zu einem Cluster zusammenschliessen und ihre gemeinsamen Interessen vertreten). Dies würde insbesondere die Entwicklung grosser gemeinschaftlicher Biogasanlagen fördern.

### **Massnahme 18: Verpflichtung für Energiestädte**

Städte mit Energiestadt-Label könnten dazu verpflichtet werden, die Errichtung einer Vergärungsanlage als Massnahme zu prüfen bzw. nachzuweisen, warum eine Umsetzung nicht möglich wäre.



## 9 Schlussfolgerung

Der Kanton Thurgau verfügt über hohe Potenziale zur energetischen Nutzung von Biomasse, insbesondere in der Landwirtschaft, aber auch bei den organischen Abfällen. Die Biomassenfraktionen werden heute noch nicht optimal ökologisch und ökonomisch verwertet, auch wenn sie fast vollständig stofflich verwertet werden. Durch ein Set von Massnahmen ist es möglich die Biomasseströme zu Gunsten der energetischen Nutzung (anaerobe Vergärung) umzulenken und so effizienter zu verwerten. Mit der Vergärung von Gülle und Mist sowie von biogenen Abfällen kann ein doppelter Beitrag für den Klimaschutz geleistet werden. Einerseits werden so fossile Energieträger durch erneuerbare Energien ersetzt, und andererseits können die Treibhausgasemissionen reduziert werden, die bei normaler Lagerung und Ausbringung von Gülle und Mist sowie in geringerem Ausmass auch bei der Kompostierung anfallen. Durch die Vergärung werden die Abfälle sowohl energetisch wie auch stofflich verwertet. Das bringt nicht nur Vorteile für die Umwelt sondern auch für die regionale Wertschöpfung im Kanton.

Die vorliegende Studie zeigt, dass mit entsprechenden Massnahmen wesentlich grössere Mengen an Biomasse energetisch effizient genutzt werden könnten. Grüngut und biogene Abfälle im Kehricht sollten soweit wie möglich in die Vergärung geleitet werden. Grobe Abschätzungen zeigen, dass knapp 31'000 t Frischmasse [FM] aus der Verwertung in der KVA bzw. vor allem aus der Kompostierung umgelenkt werden könnten. In Industrie und Gewerbe sind es rund 17'000 t FM. Das grösste Potenzial liegt in der Landwirtschaft. Hier könnten zusätzlich bis 250'000 t FM Hofdünger und Ernterückstände energetisch genutzt werden.

Für die Verwertung der organischen Abfälle definiert die Studie zwei Szenarien. Das eine Szenario, fördert den Bau eher kleiner Biogasanlagen, welche Strom und Wärme produzieren. Das Zweite setzt auf grosse Biogasanlagen, die Biomethan aufbereiten und ins Gasnetz einspeisen. Beide Varianten schneiden im Vergleich mit der heutigen Situation besser ab, sowohl aus ökonomischer, gesellschaftlicher als auch aus wirtschaftlicher Sicht. Wird mehr Biomasse in Vergärungsanlagen verwertet, dann wird auch mehr Energie produziert, werden die Treibhausgasemissionen reduziert, die stofflichen Kreisläufen bleiben geschlossen und die regionale Wertschöpfung wird erhöht.

Die abschliessende Bewertung der Szenarien zeigt leichte Vorteile für das Szenario 1 der Verwertung von organischen Abfällen in kleineren Vergärungsanlagen mit Strom- und Wärmeproduktion. Diese Aussage ist allerdings mit einer gewissen Vorsicht zu verwenden. Sie gilt für das hier angewandte Zielsystem. Mit anderen Zielen und einer anderen Gewichtung kann das Resultat auch anders aussehen. Generell sollte diese Szenarienbewertung nicht zu stark gewichtet werden. In der Umsetzung wird es zu einem Anlagenmix kommen, der sowohl Gross- als auch Kleinanlagen und sowohl Strom- und Wärmeproduktion als auch Gasaufbereitung umfasst.



## A1 Literaturverzeichnis

Amt für Umwelt 2011: Die Abwasserreinigungsanlagen im Kanton Thurgau 2010. Abteilung Abwasser und Anlagensicherheit.

Bundesamt für Energie 2004: Oettli, B. et al. 2004: Potentiale zur energetischen Nutzung von Biomasse in der Schweiz, Bern

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

ecoinvent Centre 2010: ecoinvent data v2.2, ecoinvent reports No. 1-25. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf ().

Ernst Basler + Partner 2008: Potenziale der energetischen Nutzung biogener Abfälle im Kanton Thurgau. Studie im Auftrag des Kantons Thurgau - Departement für Inneres und Volkswirtschaft – Energie

ESU Services: Frischknecht R. und Tuchschnid M. 2008: Primärenergiefaktoren von Energiesystemen, Uster.

Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment (VROM) and Centre of Environmental Science (CML): Guinée et al. 2001, Life cycle assessment; An operational guide to the ISO standards; Parts 1 and 2. Den Haag and Leiden, The Netherlands.

VSA Glossar: [www.vsa.ch](http://www.vsa.ch)

## A2 Grundlagen

### Anlagenverzeichnis 2010; Quelle: Kanton

Anlage	Anlagentyp
Tägerwilen, ZV Abfallkompostierung Tägerwilen/Kreuzlingen	Boxenkompostierung mit Halle
Huber Umweltlogistik	k.A.
Georges Bleiker AG	k.A.
Jakob Bösch AG	k.A.
KVA Weinfeldern	Kehrichtverbrennungsanlage
Berg, Greencom GmbH	Kompostierplatz
Bürglen, Axpo Kompogas AG	Kompostierplatz
Erlen, Gartenbau Neubauer	Kompostierplatz
Eschenz, Axpo-Kompogas AG	Kompostierplatz
Eschlikon, Egli Grün	Kompostierplatz
Felben-Wellhausen, Gerber Gemüsebau Hans Gerber	Kompostierplatz
Schönenberg, Holderegger René	Kompostierplatz
Steckborn, Ortsgemeinde Steckborn	Kompostierplatz
Wängi, SPOWA	Kompostierplatz
Weinfeldern, Greencom GmbH	Kompostierplatz
Wuppenau, Felix Gartenbau	Kompostierplatz
Bichelsee-Balterswil, Urban Schwager	Kompostierplatz mit FRK
Homburg, Santokom	Kompostierplatz mit FRK
Münchwilen, Schmucki Franz	Kompostierplatz mit FRK
Münsterlingen, Kompostieranlage Scherzingen Nef Konrad	Kompostierplatz mit FRK
Diverse (k.A.)	KVA mit Co-Vergärung
Amlikon-Bissegg, Otto Wartmann	landw. Biogasanlage
Eschlikon, öko-energie GmbH riethof	landw. Biogasanlage
Frauenfeld-Osterhalden, Biogasgemeinschaft Büchi-Rohner-Burgdorfer	landw. Biogasanlage
Graltshausen, Hansjürg Gansner	landw. Biogasanlage
Wagerswil, Fillingner Ernst	landw. Biogasanlage
Wängi, Sprenger Bioenergie-Gewinnung	landw. Biogasanlage
Frauenfeld, Axpo-Kompogas AG	Sammel und Aufbereitungsplatz
Diessenhofen - Etwilen, Daniel Vetterli / Ueli Küng	Sammel- und Aufbereitungsplatz mit FRK
Hefenhofen - Amriswil, KVA Thurgau	Sammel- und Aufbereitungsplatz mit FRK
Sirnach, Alfons Scherrer	Sammel- und Aufbereitungsplatz mit FRK
Aadorf, SPOWA	Sammel/Aufbereitungsplatz
Berlingen, c/o Axpo Kompogas AG	Sammel/Aufbereitungsplatz
Dussnang - Schatt Urs Tiefbau AG	Sammel/Aufbereitungsplatz
Matzingen, Axpo-Kompogas AG	Sammel/Aufbereitungsplatz
Stettfurt, Axpo-Kompogas AG	Sammel/Aufbereitungsplatz
Arbon, Kompostieranlage Arbon	Sammelplatz mit FRK
Bischofszell, Mathias Fröhlich	Sammelplatz mit FRK
Biorender AG	Verwerter von Tierabfällen für die Biogasproduktion
TMF Extraktionswerk AG Bazenhaid	Verwerter von TNP zur Produktion von Tiermehl und Extraktionsfett

## A3 Heutige Stoffströme

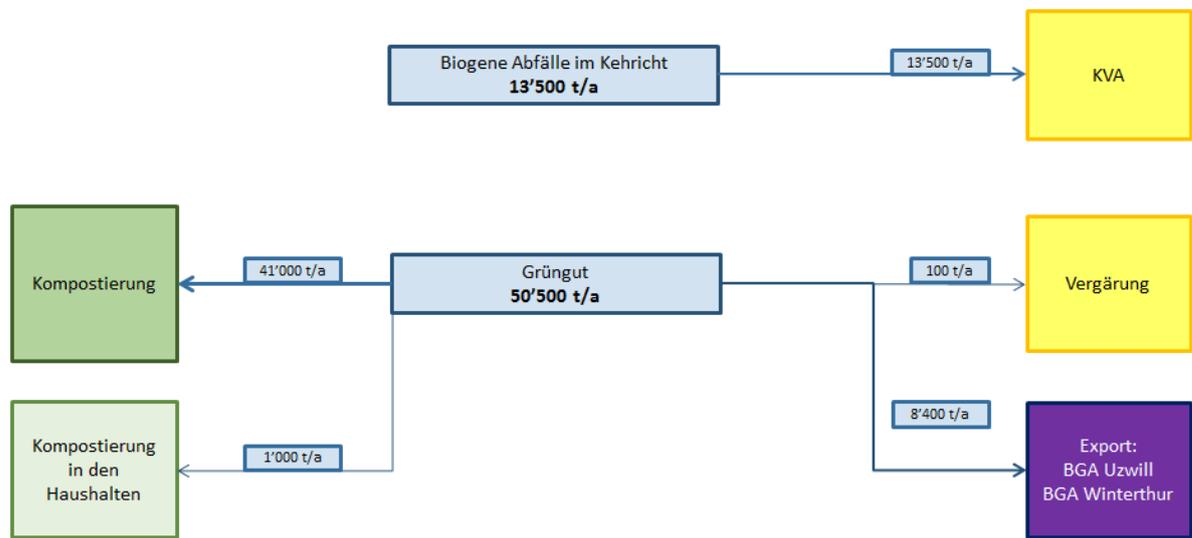


Abbildung 6: Stoffströme im Bereich Haushalten und öffentlichen Diensten

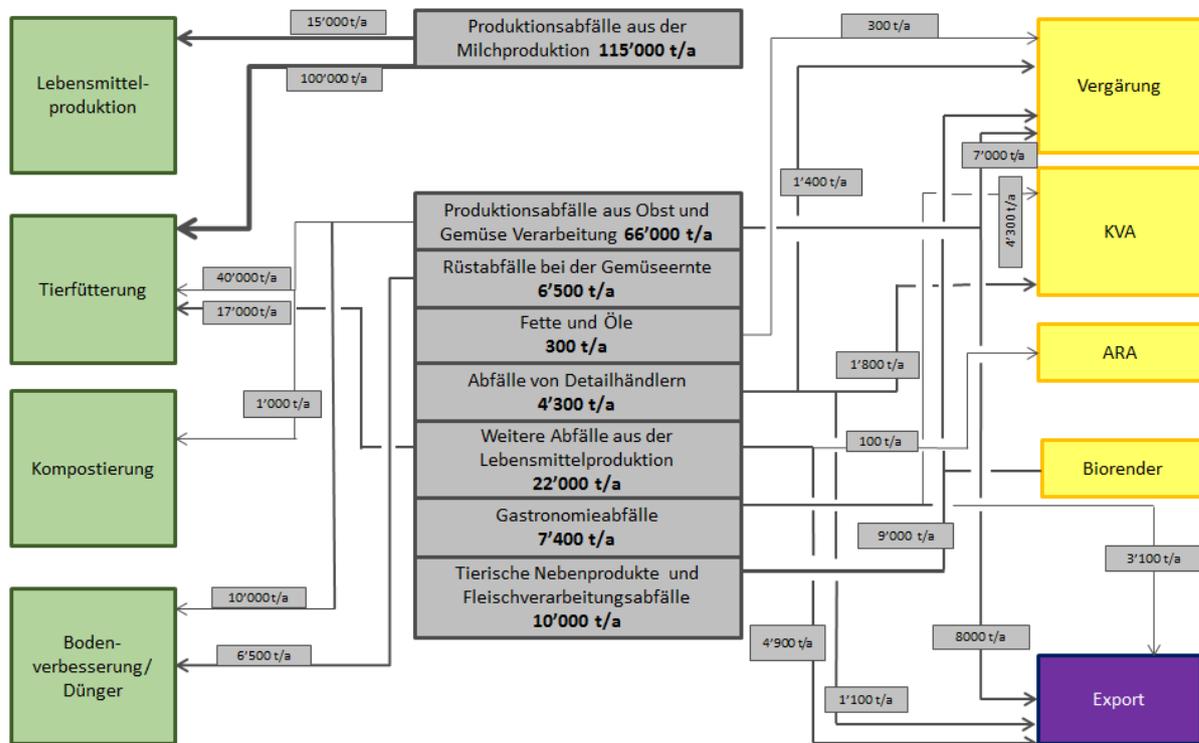


Abbildung 7: Stoffströme im Bereich Industrie und Gewerbe

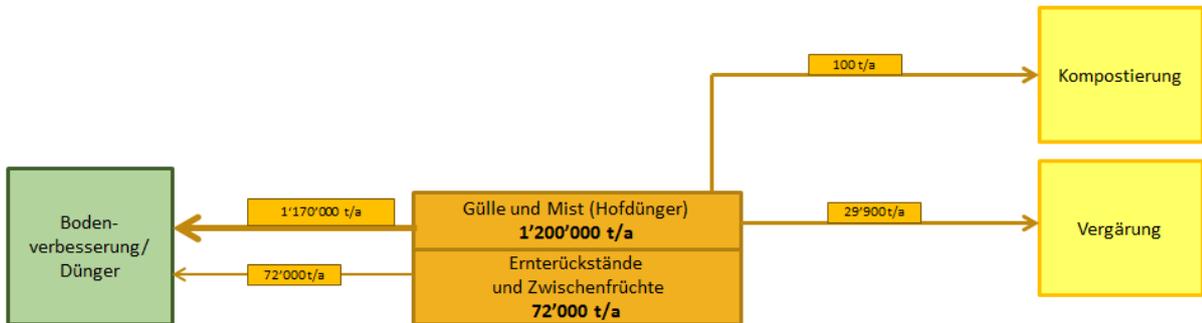


Abbildung 8: Stoffströme im Bereich Landwirtschaft

## A4 Künftige Stoffströme

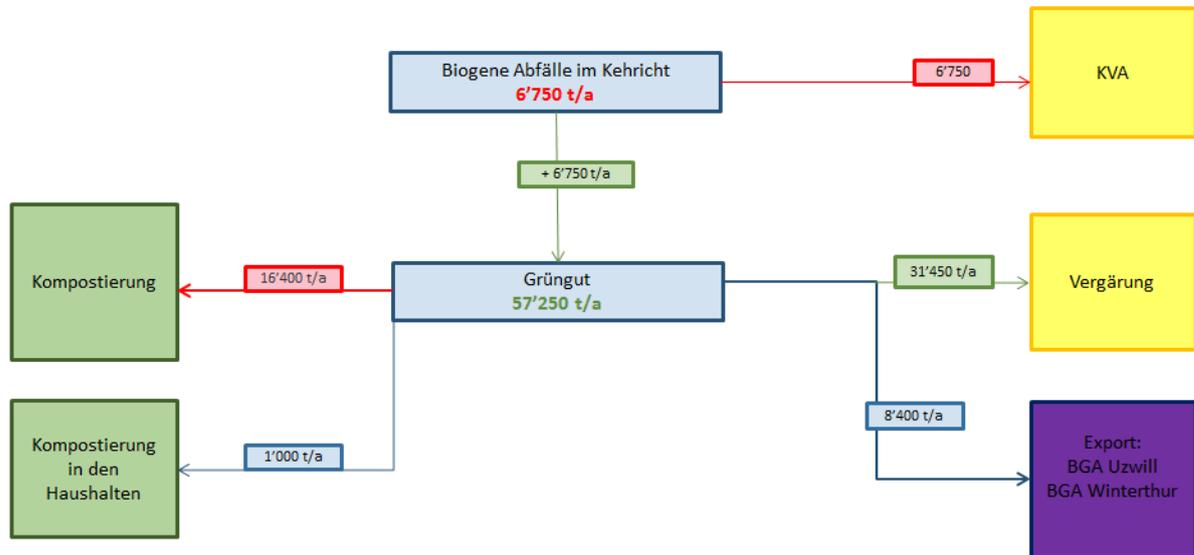


Abbildung 9: Stoffströme im Bereich Haushalten und öffentlichen Diensten

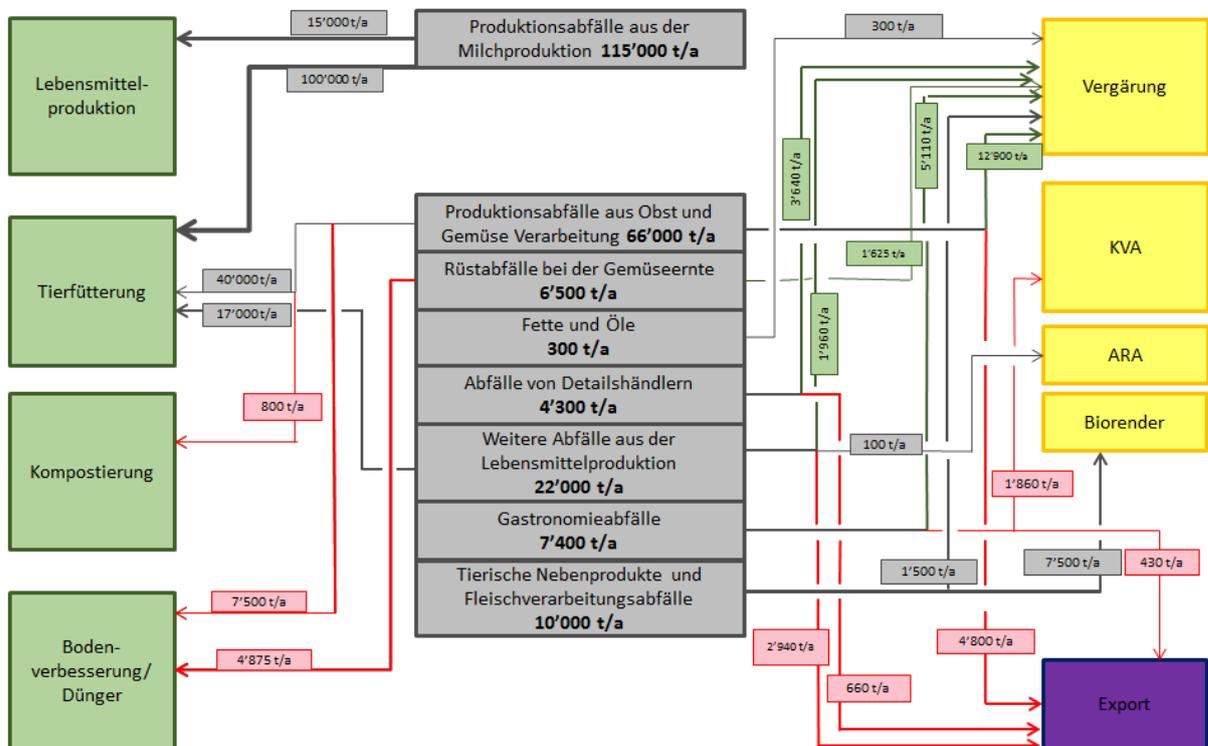


Abbildung 10: Stoffströme im Bereich Industrie und Gewerbe:

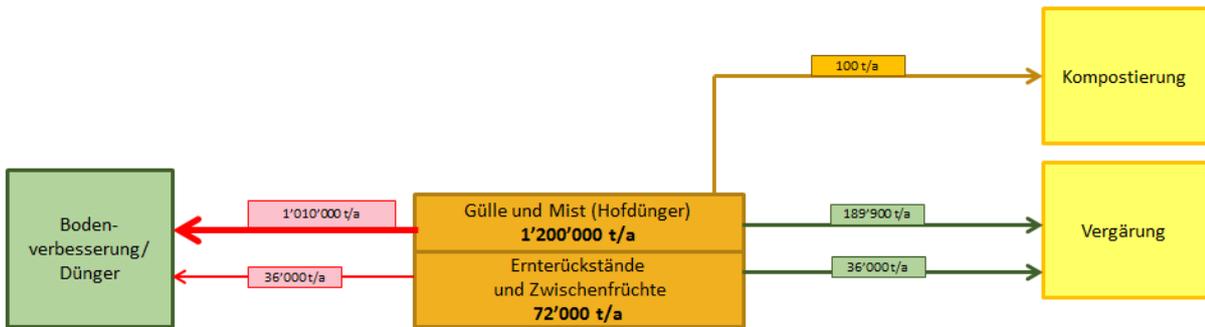


Abbildung 11: Stoffströme im Bereich Landwirtschaft:

## A5 Daten für die Szenarienbewertung

### Entsorgungskosten

<b>Referenzanlage</b>	<b>Entsorgungskosten [Fr. t FS biogene Abfälle]</b>
Hofdünger Biogasanlage	Keine Co-Substrate verwertet
Kleine landwirtschaftliche Biogasanlage mit BHKW	30
Grosse landwirtschaftliche Biogasanlage mit BHKW	30
Grosse landwirtschaftliche Biogasanlage mit Gaseinspeisung	30
Grosse gewerblich/industrielle Biogasanlage mit BHKW	100
Grosse gewerblich/industrielle Biogasanlage mit Gaseinspeisung	100
Kleine gewerblich/industrielle Biogasanlage mit Batch-Verfahren	100
Kompostierungsanlage	55
KVA	140
Kosten Export	100

Tabelle 14: Entsorgungskosten für die Referenzanlagen (Daten aus interner EBP Datenbank)

## Regionale Wertschöpfung

Referenzanlage	Regionale Wertschöpfung
Hofdünger Biogasanlage	0.25 Fr/ kWh Strom
Kleine landwirtschaftliche Biogasanlage mit BHKW	0.25 Fr/ kWh Strom
Grosse landwirtschaftliche Biogasanlage mit BHKW	0.25 Fr/ kWh Strom
Grosse landwirtschaftliche Biogasanlage mit Gaseinspeisung	0.1 Fr/ kWh Biomethan
Grosse gewerblich/industrielle Biogasanlage mit BHKW	0.25 Fr/ kWh Strom
Grosse gewerblich/industrielle Biogasanlage mit Gaseinspeisung	0.1 Fr/ kWh Biomethan
Kleine gewerblich/industrielle Biogasanlage mit Batch-Verfahren	0.25 Fr/ kWh Strom
Kompostierungsanlage	48 Fr./t FS
KVA	25 Fr./t FS
Kosten Export	0.00

Tabelle 15: regionale Wertschöpfung (Daten aus interner EBP Datenbank)

## Treibhausgasemissionen

### Datengrundlage

Die ökologische Bewertung der Szenarien erfolgt anhand von Referenzprozesse. Für jeden Verwertungsweg wird ein Referenzprozess definiert und für diesen die Umweltbelastungen ausgewiesen. Als Indikator für die Umweltbelastung wird die *Klimaänderung* betrachtet, der entsprechende Indikator ist das *Treibhauspotential* gemäss Guinée et al. Die Einheit für das Treibhauspotential ist *kg CO<sub>2</sub>eq/t Edukt*.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit können keine eigenen Modellierungen durchgeführt werden. Daher werden für die Referenzprozesse Werte aus der Literatur verwendet. Wo immer möglich werden die Prozesse aus der Ökoinventardatenbank ecoinvent verwendet (ecoinvent Centre 2010). Diese Datenbank stellt die konsistenteste Datenbasis in der Schweiz dar. Für Prozesse, die nicht in der Datenbank ecoinvent abgebildet sind, werden Werte aus der Literatur herangezogen.

### Unsicherheiten

Das Verwenden von Referenzprozessen zur Abbildung von realen Prozessen ist naturgemäss mit Unsicherheiten verbunden. So kann eine konkrete Anlage z.B. einen höheren oder tieferen Wir-

kungsgrad aufweisen als der verwendete Referenzprozess, der in der Regel auf schweizerischen Durchschnittswerten basiert. Ebenso können Unsicherheiten entstehen, wenn kein passender Referenzprozess in der Datenbank vorhanden ist und der Prozess daher mit einem ähnlichen Prozess angenähert werden muss<sup>8)</sup>. Da es sich bei diesen Unsicherheiten um sogenannte *Modellunsicherheiten* handelt, muss realistischer Weise von einer Unsicherheit von  $\pm 100\%$  ausgegangen werden. Die Ergebnisse der ökologischen Bewertung müssen daher mit grosser Vorsicht interpretiert werden. Sie sind mehr als Richtungsweiser, denn als absolute Aussagen zu verstehen.

### Referenzprozesse für die ökologische Bewertung

In Tabelle 16 sind die in der vorliegenden Arbeit verwendeten Referenzprozesse aufgeführt.

Prozess	Referenzprozess	Treibhauspotential	Quelle
<b>Vergärung</b>			
„Landwirtschaftliche Biogasanlage“	„Entsorgung, landwirtschaftliche Bioabfall, in Kovergärung, mit Abdeckung“	0.036 kg CO <sub>2</sub> eq/kg Bioabfall	ecoinvent v2.2
„Gewerblich-industrielle Biogasanlage“	„Verwertung von 1 Tonne Bioabfall in der Kompogas Anlage“	0.0865 kg CO <sub>2</sub> eq/kg Bioabfall	Umweltdeklaration Kompogas Anlage Otelfingen, Axpo 2010
<b>Kompostierung</b>			
„Mieten-Kompostanlage Offen“	„Kompost, ab Werk“, umgerechnet auf 1 Tonne Substrat, mit der Annahme, dass aus 1 t Substrat 0.5 t Kompost entstehen (Rotteschwund von 50%)	0.17	ecoinvent v2.2
<b>Kehrichtverbrennung</b>			
„KVA“	„Entsorgung, Bioabfall, 60% H <sub>2</sub> O, in Kehrichtverbrennung, Zukunft, Allok. Preis“	0.031	ecoinvent v2.2

Tabelle 16: Quellen und Annahmen zur Modellierung der Umweltbelastung für die im Modell verwendeten Referenzprozesse.

8) Die hier verwendeten Modelle erlauben keine Detailbetrachtung nach der Zusammensetzung der Edukte. Es wird daher immer von einem Edukt mit einer für den Prozess typischen Zusammensetzung und Wassergehalt gerechnet.

## Ersatzprozessen für die Berechnung der Treibhausgas-Emissionen

Die im Modell verwendeten Ersatzprozesse sind in *Tabelle 17* aufgeführt.

Prozess	Referenzprozess	Treibhauspotential	Quelle
<b>Strombereitstellung konventionell</b>			
„Strommix Thurgau“	Kanton „Strommix aus 75% Kernkraft und 25% Wasserkraft <sup>9)</sup> “	0.011 kg CO <sub>2</sub> eq/MJ Strom	EKT Thurgau / Primärenergiefaktoren von Energiesystemen
<b>Wärmebereitstellung konventionell</b>			
„Erdgasfeuerung“	„Nutzwärme, Erdgas, ab Heizkessel kond. mod. <100kW“	0.07 kg CO <sub>2</sub> eq/MJ Wärme	ecoinvent v2.2
<b>Erdgasbereitstellung konventionell</b>			
„Erdgasproduktion“	„Erdgas, ab Fernleitung“	0.36 kg CO <sub>2</sub> eq/Nm <sup>3</sup> Erdgas	ecoinvent v2.2

*Tabelle 17: Quellen und Annahmen zur Modellierung der Umweltbelastung für die im Modell verwendeten Ersatzprozess.*

9) Da keine genauere Angab seitens der EKT vorlag, wurde davon ausgegangen, dass der Strom aus Wasserkraft zur Hälfte mit und zur Hälfte ohne Pumpspeicherung produziert wurde.

## A6 Übersicht über die Massnahmen

Im Folgenden sind die im Bericht aufgeführten Massnahmen zusammengefasst dargestellt. Die Massnahmen sind verschiedenen Kriterien zugeordnet. Die Einflussbereiche / Wirkung „Förderbeiträge“, „gesetzliche Rahmenbedingungen und Vorgaben“ sowie „Information und Beratung“ geben an, wo die entsprechenden Massnahmen zu treffen sind bzw. wo sie wirken. Das Kriterium „Förderung“ gibt zusätzlich an, ob sie zur Förderung der Biomasse-Umlenkung, Szenario I oder Szenario II beitragen. Die Spalte „Kapitel im Bericht“ gibt an wo in diesem Bericht die jeweilige Massnahme beschrieben ist.

Massnahme	Massnahmentyp			Wirkungsbereich			Kapitel im Bericht
	Förderbeiträge	gesetzliche Rahmenbedingungen und Vorgaben	Information und Beratung	Umlenkung	Szenario I	Szenario II	
1 Einführung der Separatsammlung in Gemeinden				x			8.1
2 Verankerung der energetischen Nutzung organischer Abfälle in der kantonalen Energiegesetzgebung				x			8.1
3 Verankerung möglichst kurzer Transportwege und regionaler Stoffkreisläufen im kantonalen Energiegesetzgebung				x			8.1
4 Kostendeckende Einspeisung für Strom	x				x		8.2
5 Verpflichtung zu erneuerbarem Strom-Mix		x			x		8.2
6 Investitionshilfen für reine landwirtschaftliche Biogasanlagen	x				x		8.2
7 Spezifische Beratung zur Nutzung landwirtschaftlicher Biomasse			x		x		8.2
8 Spezifische Beratung zum Thema Gasaufbereitung und -einspeisung			x			x	8.3
9 Investitionshilfen für Technologieförderung	x					x	8.3
10 Kostendeckende Einspeisetarife für Biomethan	x					x	8.3
11 Ausbau des Gas-Tankstellennetzes	x	x				x	8.3
12 Festlegung von Sondernutzungszone		x			x	x	8.4
13 Einführung vereinfachter Bewilligungsverfahren		x			x	x	8.4
14 Aktive Öffentlichkeitsarbeit			x		x	x	8.4
15 Förderung von Forschung und Entwicklung	x		x		x	x	8.4
16 Finanzielle Starthilfen für Biogasanlagen	x				x	x	8.4
17 Cluster-Bildung zur Biomassenutzung			x		x	x	8.4
18 Verpflichtung für Energiestädte		x			x	x	8.4

Tabelle 18: Übersicht über die im Bericht aufgeführten Massnahmen. Diese sind nach Massnahmentyp „Förderbeiträge“, „gesetzliche Rahmenbedingungen und Vorgaben“ sowie „Information und Beratung“ sortiert.

## A7 Ergebnisse der Gemeindeumfrage

Im Juni und Juli 2012 wurde eine Umfrage in den Gemeinden zum Thema „Die separate Sammlung von Grüngut oder organischen Abfällen“ durchgeführt. 75 von 80 Gemeinden im Kanton Thurgau haben an der Umfrage teilgenommen.

### Definitionen

**Grüngut** Als Grüngut werden im Wesentlichen Laub, Rasenschnitt und Baum- und Strauchschnitt (Gartenabraum) bezeichnet. Grüngut stammt aus privaten Haushalten und Gärten aber auch aus öffentlichen Gärten, Parkanlagen, Grünflächen wie Friedhöfe, Sportanlagen, Golfplätze, Naturschutzflächen sowie Verkehrs- und Strassenböschungen.

**Organische Abfälle:** als organische Abfälle werden hier Rüstabfälle und Speisereste aus privaten Haushalten bezeichnet. Rüstabfälle sind ungekochtes Gemüse, Früchte und Schalen aus privaten Küchen. Speisereste sind gekochte Lebensmittelabfälle aus privaten Haushalten.

### Separatsammlung von Grüngut und organischen Abfällen

In dem ersten Teil der Umfrage wurden Fragen zur separaten Sammlung bei den **privaten Haushalten** den Gemeinden gestellt, d.h. die separate Sammlung von Grüngut und organischen Abfällen, die in den Haushalten anfallen.

Für die Auswertung wurden die 75 Gemeinden in drei Kategorien unterteilt:

- Grosse Gemeinden: mehr als 3000 Einwohner: Anzahl 7
- Mittlere Gemeinden: 1000 bis 3000 Einwohner: Anzahl 14
- Kleine Gemeinden: weniger als 1000 Einwohner: Anzahl 54

16 Gemeinden haben die separate Sammlung von Grüngut und von organischen Abfällen eingeführt (4 grosse Gemeinden, 3 mittlere Gemeinden und 9 kleine Gemeinden).

44 Gemeinden bieten ihrer Bevölkerung nur die separate Sammlung von Grüngut (3 grosse Gemeinden, 7 mittlere Gemeinden und 34 kleine Gemeinden).

Nur 15 Gemeinden haben keine separate Sammlung (4 mittlere Gemeinden und 11 kleine Gemeinden).

### Sammlung bei den grossen Gemeinden

In allen grossen Gemeinden wurde die separate Sammlung für das Grüngut eingeführt. Die Abbildung 1 zeigt die Antwort zu der Frage „Wird in Ihrer Gemeinde das Grüngut von privaten

Haushaltungen separat gesammelt?“

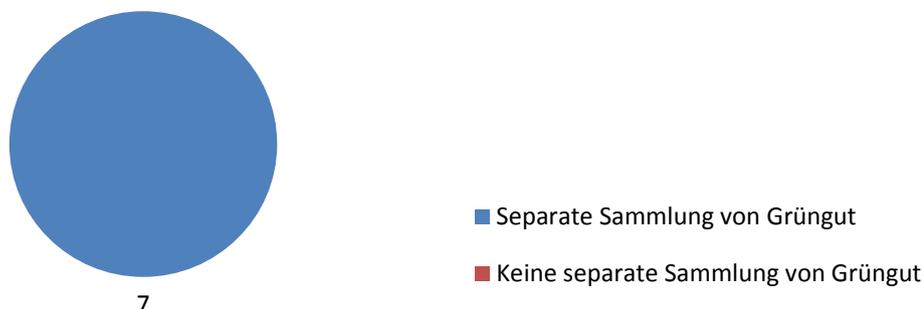


Abbildung 12: separate Sammlung von Grüngut (Anzahl Gemeinden)

Vier der grossen Gemeinden sammeln neben dem Grüngut auch andere organische Abfälle, wie Rüstabfälle, Speisereste und Kaffeesatz separat. Diese vier Gemeinden sind Aadorf, Frauenfeld, Weinfelden und Romanshorn.

Die Abbildung 2 zeigt die Antwort auf die Frage „Werden in Ihrer Gemeinde neben dem Grüngut auch andere organische Abfälle von privaten Haushaltungen separat gesammelt (Rüstabfälle, Speisereste, Kaffeesatz)?“



Abbildung 13: Sammlung von organischen Abfällen (Anzahl Gemeinden)

Alle Gemeinden bieten eine Sammeltour; drei von diesen sieben Gemeinden haben auch einen Sammelstelle, in welcher die Einwohner ihr Grüngut oder ihre organischen Abfälle bringen können.

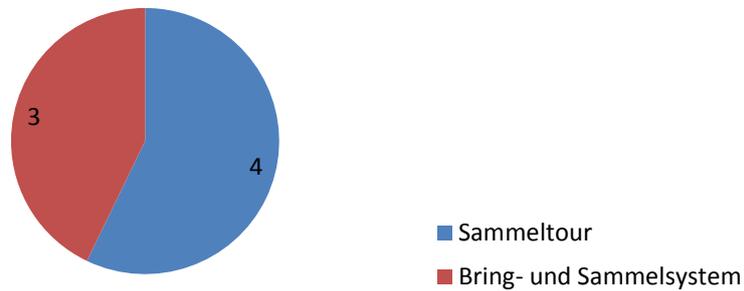


Abbildung 14: Sammlungssystem (Anzahl Gemeinden)

Im Mittelwert werden 32 Sammeltouren für das Grüngut oder die organischen Abfälle pro Jahr angeboten.

### Sammlung bei den mittleren Gemeinden

In 10 der 14 mittleren Gemeinden wurde die separate Sammlung für das Grüngut eingeführt.

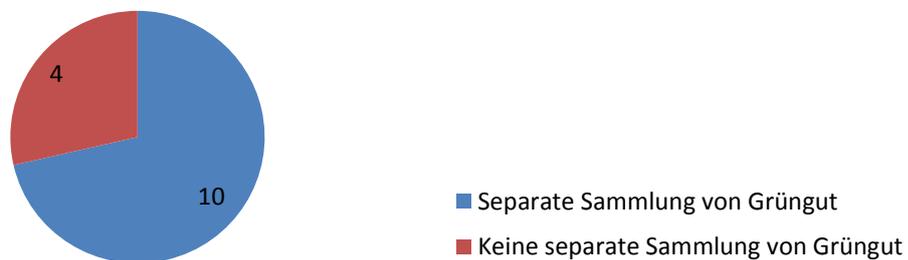


Abbildung 15: Separate Sammlung von Grüngut bei mittleren Gemeinden (Anzahl Gemeinden).

Die 10 Gemeinden, welche eine separate Sammlung von Grüngut anbieten sind Berg, Bischofszell, Diessenhofen, Egnach, Eschlikon, Gachnang, Kradolf-Schönenberg, Münchwilen, Tägerwilen und Wängi.

Diessenhofen, Gachnang und Kradolf-Schönenberg bieten neben der separaten Sammlung von Grüngut auch die separate Sammlung von organischen Abfällen in den Haushalten (Abbildung 5).

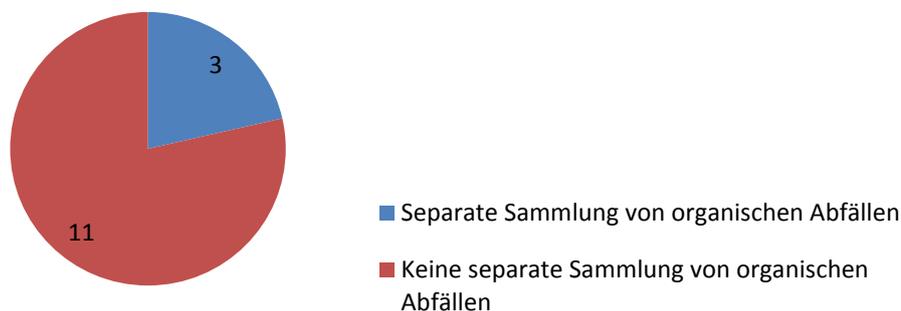


Abbildung 16: Separate Sammlung organischer Abfällen (Anzahl Gemeinden)

Vier Gemeinden bieten ein Bring-System für die separate Sammlung, drei bieten Sammeltouren und zwei bieten beide Möglichkeiten.

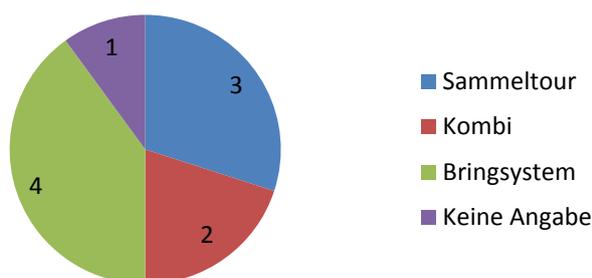


Abbildung 17: Sammlungssystem (Anzahl Gemeinden)

In Mittelwert werden 24 Sammeltouren pro Gemeinde und Jahr organisiert.

### Sammlung bei den kleinen Gemeinden

In 43 der 54 kleinen Gemeinden wurde die separate Sammlung für das Grüngut eingeführt.

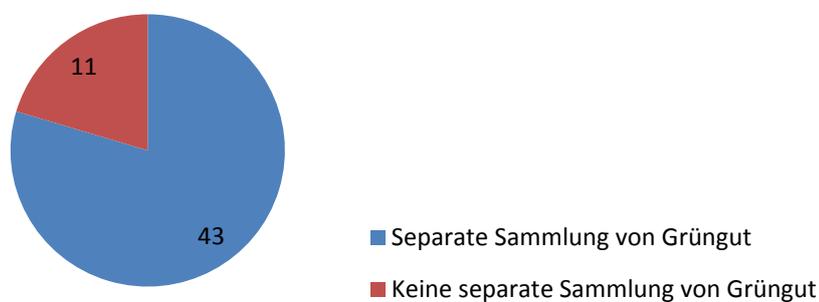


Abbildung 18: Grüngutsammlung bei kleinen Gemeinden (Anzahl Gemeinden)

Die Gemeinden Affeltrangen, Eschenz, Hohentannen, Hüttwilen (nur mit Bring-System), Tobel-Tägerschen (nur mit Bring-System), Salmsach, Wigoltingen (nur mit Bring-System), Altnau,

Matzingen sammeln neben Grüngut auch andere biogene Abfälle. Die anderen 45 kleinen Gemeinden bieten keine separate Sammlung für organische Abfälle in den Haushalten.

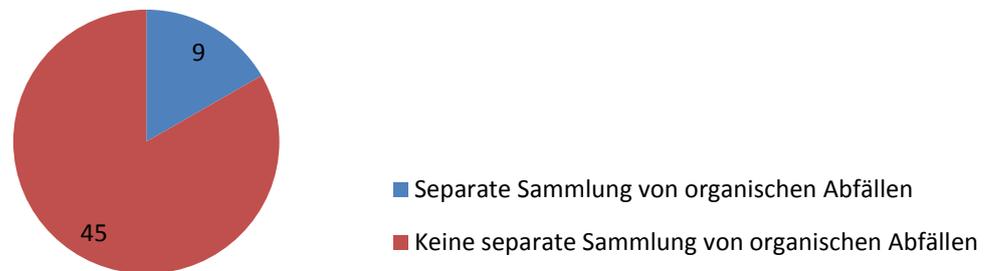
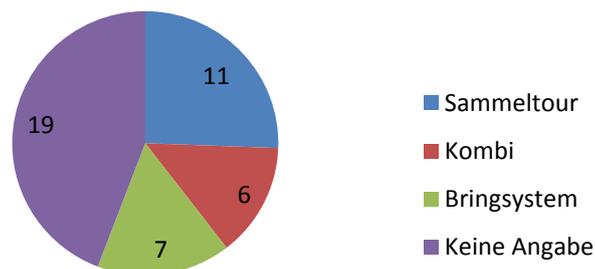


Abbildung 19: Sammlung von organischen Abfällen (Anzahl Gemeinden)

17 Gemeinden bieten eine Sammeltour, 6 davon haben zusätzlich einen Platz zur Abgabe von biogenen Abfällen.



In Mittelwert werden 22 Sammeltouren pro Gemeinde und Jahr organisiert.

## Gesammelte Menge und Verwertung

Nach Angaben der Gemeinden werden im Kanton Thurgau durch die separate Sammlung von Grüngut und organischen Abfällen etwa 25'000 Tonnen pro Jahr aus **privaten Haushalten** aufgenommen. Der grössten Teil dieser Abfälle ist Grüngut (etwa 19'000 t/a), der Rest setzt sich aus organischen Abfällen (zum Beispiel Küchenabfälle) oder nicht spezifizierte Abfälle zusammen.

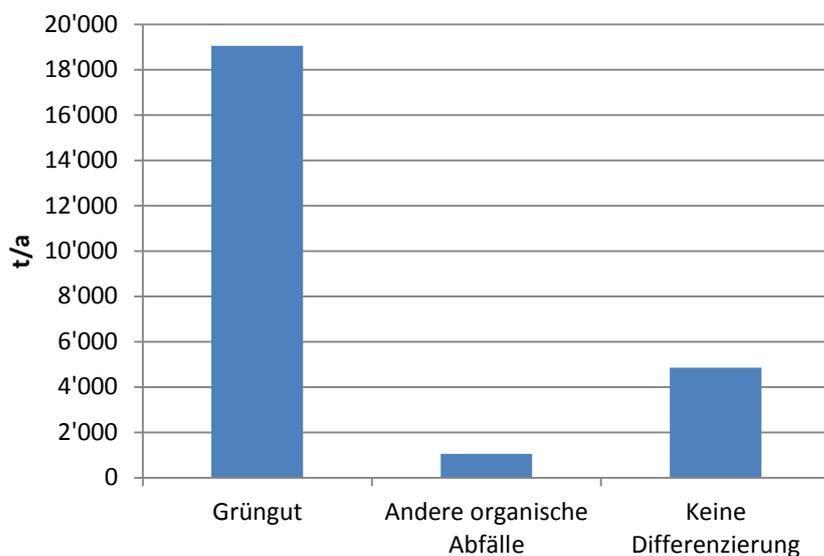


Abbildung 20: gesammelte Biomasse in Kanton Thurgau

Etwa 20'000 t/a der gesammelten Biomasse werden in Kompostierungsanlagen und 4'000 t/a in industriellen/gewerblichen Biogasanlagen verwertet. Nur 60 t/a werden nach Angaben der Gemeinden in landwirtschaftlichen Biogasanlagen verwertet.

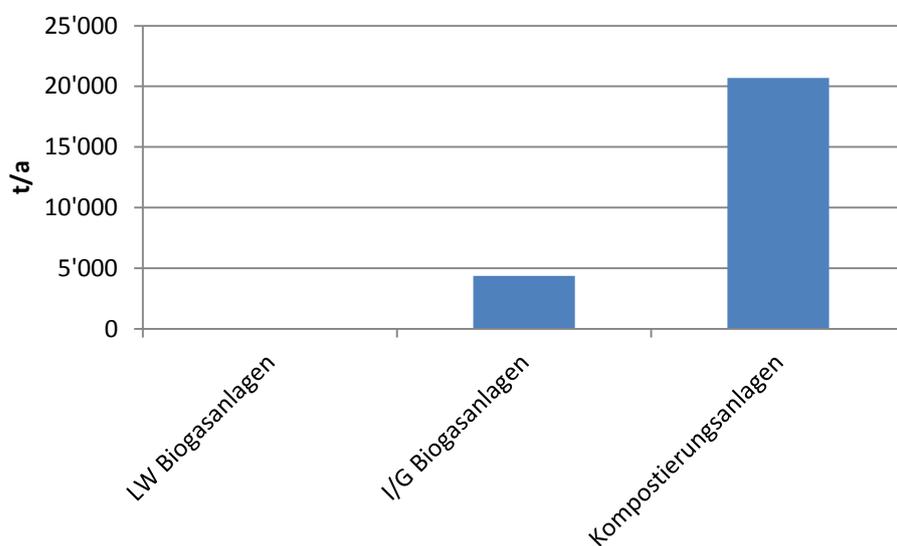


Abbildung 21: Verwertung der Biomasse von privaten Haushalten

Aus den **öffentlichen Flächen** werden etwa 4'500 t/a Grüngut gesammelt, die hauptsächlich in Kompostierungsanlagen verwertet werden.

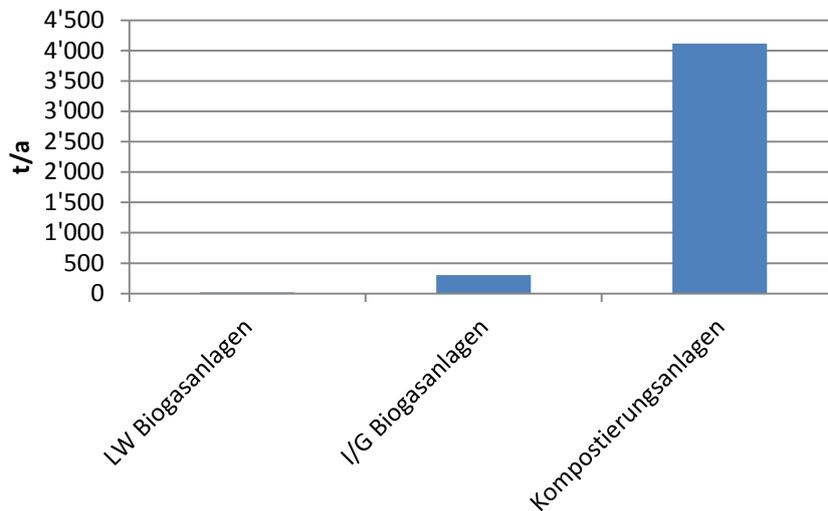


Abbildung 22: Verwertungswege für Grüngut aus öffentlichen Flächen

## Qualitative Aussage

Ein Teil der Umfrage besteht aus qualitativen Aussagen über die separate Sammlung bei privaten Haushalten.

Die 16 Gemeinden, welche separate Sammlung für Grüngut und separate Sammlung für organische Abfälle bei den Haushalten eingeführt haben, geben eine positive Rückmeldung über das System. In einigen Fällen wäre die separate Sammlung nicht mehr wegzudenken und entspricht den Wünschen der Kunden. Zwei Gemeinden, welche nur das Bring-System anbieten, planen die Einführung von Sammeltouren.

Als negativer Punkt bei den Gemeinden mit separater Sammlung für Grüngut und organische Abfälle wurden die hohen Kosten und die Finanzierung genannt.

Auch bewerten die meisten der 44 Gemeinden mit separater Sammlung für Grüngut dieses System als positiv und nennen als einzigen negativen Punkt die Finanzierung, welche nicht kostendeckend ist. Nur zwei von diesen 44 Gemeinden haben Pläne für die Einführung einer separaten Sammlung von organischen Abfällen.

Von den 15 Gemeinden ohne separate Sammlung haben nur zwei bereits Pläne für die Einführung einer separaten Sammlung von Biomasse aus privaten Haushalten.

