

# Gutachten zu den technisch-ökonomischen Grundlagen der Biogasanlage Suluova



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit

**giz** Deutsche Gesellschaft  
für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Bu proje Uluslararası İklim Girişimi'nin bir parçasıdır. Federal Alman Çevre, Doğa Koruma ve Nükleer Güvenlik Bakanlığı bu girişimi Alman Parlamentosu kararı ile desteklemektedir.



## TÜRKISCH-DEUTSCHES BIOGAS PROJEKT

### **Impressum:**

Ressourceneffiziente und klimagerechte  
Nutzung tierischer Abfälle durch Biogas in der Türkei -  
Türkisch-Deutsches Biogas Projekt  
Türk-Alman Biyogaz Projesi  
T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 16.Kat B Blok  
Söğütözü Cad. 14E, 06560 Yenimahalle, Ankara, Türkiye  
T +90 312 207 56 03  
E [thomas.breuer@giz.de](mailto:thomas.breuer@giz.de)  
I [www.biyogaz.web.tr](http://www.biyogaz.web.tr)

### **Stand:**

September 2011

### **Autor:**

Dipl.-Ing. Helmut Berg  
Ingenieurbüro H. Berg & Partner GmbH  
Malmedyer Str. 30, 52066 Aachen, Germany

# Inhaltsverzeichnis

<b>Ausgangssituation und Projektziele</b>	<b>4</b>
<b>1 Sozio-ökonomischer Hintergrund</b>	<b>4</b>
<b>2 Gewässerverschmutzung und Umweltbelastung</b>	<b>7</b>
<b>3 Aufgabenstellung und Einzelziele</b>	<b>9</b>
<b>4 Integriertes Konzept zur energetischen und stofflichen Nutzung der Biomasse</b>	<b>9</b>
4.1 Getrennte Behandlung von kommunalem Abwasser und tierischen Abfällen	9
4.2 Energetische Nutzung der Biomasse	11
4.3 Stoffliche Nutzung der Biomasse	16
<b>5 Machbarkeitsuntersuchung der Biogasanlage Suluova</b>	<b>16</b>
5.1 Einspeisevergütung in der Türkei	16
5.2 Erfassung und Bewertung möglicher Substrate	17
5.2.1 Tierische Abfälle von Mastvieh	17
5.2.2 Tierische Abfälle von Hühnerfarmen	18
5.2.3 Tierische Abfälle der Schlachthöfe	19
5.2.4 Abfälle aus dem Ackerbau	19
5.3 Konzeption der Substratversorgung	19
5.4 Anlagenkonzeption und -größe	22
5.5 Nutzung der BHKW-Abwärme	24
5.6 Verwertung der Gärreste	24
5.7 Gestaltung der Ställe und Andienung der Gülle	29
5.7.1 Empfehlungen zum Entmistungssystem	29
5.7.2 Vorhandene Ställe und Möglichkeiten der Umgestaltung	31
5.7.3 Empfehlungen zum Bau von Mastställen in Suluova	34
5.7.4 Beschreibung der Stock Organized Industrial District (SOID)	35
<b>6 Machbarkeitsuntersuchung einer Düngemittelproduktion aus Gärresten</b>	<b>38</b>
6.1 Beschreibung des Verfahrens	38
6.2 Vordimensionierung und Abschätzung der erzielbaren Einnahmen aus der Düngemittelproduktion	41
<b>7 Wirtschaftlichkeitsuntersuchung der Biogasanlage und der Düngemittelproduktion</b>	<b>44</b>
7.1 Biogasanlage	44
7.2 Düngemittelproduktion	46
<b>8 Finanzierung und Betrieb</b>	<b>47</b>
8.1 Projektträgergesellschaft	47
8.2 Bau- und Betreibermodelle	47
8.2.1 Finanzierung und Betrieb durch die Projektträgergesellschaft	48
8.2.2 Finanzierung durch die Projektträgergesellschaft und Anfangsbetrieb durch externe Biogasanlagenbetreiber	48
8.2.3 Finanzierung und Betrieb durch das Modell Build-Operate-Transfer (BOT)	48
<b>9 Zusammenfassung und Fazit</b>	<b>48</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>51</b>
<b>Abbildungs- und Tabellenverzeichnis</b>	<b>53</b>

## Ausgangssituation und Projektziele

Der Projektantrag der giz definiert die Ausgangssituation und die Projektziele folgendermaßen:

Landwirtschaft und Abfall sind zwei der vier Hauptverursachersektoren von Klimagasen in der Türkei. 35 % der Landesfläche (27 Mio. ha) wird für Landwirtschaft genutzt. Der Viehbestand in der Türkei umfasst insgesamt ca. 10 Mio. Rinder, mehr als 30 Mio. Schafe und Ziegen sowie fast 300 Mio. Geflügel-tiere. 11 Mrd. Tonnen feste tierische Exkrememente entstehen jährlich. Hinzu kommen flüssige Reststoffe bzw. Abwässer aus der Tierhaltung (Gülle, Urin) und aus Schlachthöfen. Die unsachgemäße Einleitung bzw. Ablagerung dieser festen und flüssigen Reststoffe erzeugt in vielen Regionen der Türkei hohe Belastungen von Grundwasser und Gewässern, Geruchsbelästigungen sowie Hygieneprobleme. Weiterhin kommt es zu klimaschädlichen Stickoxyd- und Methanemissionen.

In der potentiellen Pilot-Region Amasya werden jährlich 150.000 Rinder gezüchtet, rd. 40.000 davon in 1.118 Tierhaltungsbetrieben im Distrikt Suluova. Der Ausbau der Rinderzucht seit den 60er und 70er Jahren ohne die Schaffung einer entsprechender Infrastruktur für die Verwertung der Reststoffe und des Abwassers führt zu einer erheblichen Belastung der lokalen Gewässer. In diese werden derzeit von ca. 1.000 viehhaltenden Betrieben (durchschnittlich ca. 3-4 Milchkühe und ca. 50-60 Bullen) die Reststoffe von ca. 20.000 Tieren direkt eingeleitet. Hinzu kommen die Verschmutzungen der umliegenden größeren Betriebe, die ebenfalls größtenteils in den Vorfluter eingeleitet werden.

Weiterhin wurde eine Industriezone eingerichtet, in der 1/3 der in der Stadt ansässigen Betriebe mit mehr als 50 Tieren angesiedelt werden sollen, so dass eine Verwertung der Reststoffe effizienter und umweltgerecht erfolgen kann. Die Industriezone kann das Problem der Verschmutzung durch die Kleinbetriebe nur reduzieren, jedoch nicht lösen. Für die Lösung ist daher ein integriertes Konzept notwendig, welches auch die Belange der Kleinbauern berücksichtigt und eine Problemlösung für die Umweltverschmutzung liefert. Näherungsweise 500 der Betriebe sind in einer Kooperative organisiert, die großes Interesse an einer Lösung signalisiert hat (Projektantrag der giz).

Die lokalen Behörden und die Provinzregierung sind sich des Problems bewusst und suchen dringend eine Lösung, welche den Umwelt- und Klimaschutz sowie die Nutzung erneuerbarer Energiepotenziale und die Chance zur Entwicklung der Landwirtschaft in einem Konzept vereint.

Das vorliegende BMU-giz Projekt zielt auf die Etablierung einer klimaschonenden Nutzung landwirtschaftlicher Abfälle in der Türkei ab. Ein ganzheitliches Konzept zur energetischen Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen durch Biogas führt zur Reduzierung von Klimagasemissionen und Umweltbelastungen für die Region Suluova. Unter dieser Zielsetzung wird daher der Bau und Betrieb einer technisch optimierten Biogasanlage in Suluova untersucht.

## 1 Sozio-ökonomischer Hintergrund

Bis in die fünfziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts bestanden die landwirtschaftlichen Flächen im Distrikt Suluova hauptsächlich aus Sumpfland und sie wiesen einen hohen Grundwasserstand sowie Probleme wegen des Salzgehaltes auf. Durch Drainagearbeiten, die vornehmlich von öffentlichen Institutionen durchgeführt wurden, konnte das Sumpfland in fruchtbares Ackerland umgewandelt werden.

Der Gebrauch moderner landwirtschaftlicher Ausrüstung und Maschinen, Mineraldünger, die Einführung neuer, moderner ackerbaulicher Techniken der Ackerbauern zusammen mit der Einführung des bewässerten Ackerbaus hat die ackerbauliche Produktion in der Region erheblich anwachsen lassen.



Im Distrikt Suluova sind jetzt ca. 26.100 ha Land ackerbaulich genutzt, wovon der bewässerte Ackerbau einen Anteil von etwa 60 % aufweist.

In Suluova hat die Fleischproduktion stark zugenommen, seit Trubstoffe und Melasse sowie weitere Nebenprodukte der nahegelegenen Zuckerfabrik zum Futtergetreide hinzugefüttert wurden.

Zusätzlich ist die Erzeugung von Getreideganzpflanzensilage (GPS) in der Region angewachsen. In jüngster Zeit hat der Anbau von Silomais zur Fütterung von Mastbullen deutlich zugenommen. Dies zusammen führte zu einer starken Zunahme der Rinder-Viehzucht.

Da in der Türkei die Nachfrage nach Rindfleisch gewachsen ist, und die Produktion die Nachfrage nicht voll befriedigen kann, wird momentan sogar Rindfleisch aus der EU importiert.

Die türkische Regierung gewährt jetzt Fördermittel für die Rindfleischproduzenten, so dass weiter mit einem Anwachsen des Rinderbestandes, insbesondere von Mastbullen zu rechnen ist.

Weiterhin werden die landwirtschaftlichen Flächen im Distrikt Suluova genutzt für den Anbau von Weizen, Zwiebeln, Zuckerrüben, Gerste (siehe Tabelle 1) und auch für Gemüse- und Obstanbau.



Abb. 1: Satellitenkarte von Suluova / Wikimapia.org /

Die türkische Regierung gewährt jetzt Fördermittel für die Rindfleischproduzenten, so dass weiter mit einem Anwachsen des Rinderbestandes, insbesondere von Mastbullen zu rechnen ist.

Weiterhin werden die landwirtschaftlichen Flächen im Distrikt Suluova genutzt für den Anbau von Weizen, Zwiebeln, Zuckerrüben, Gerste (siehe Tabelle 1) und auch für Gemüse- und Obstanbau.

Fruchtart	Flächennutzung	
	ha	%
Weizen	17.929	68,4
Zwiebeln	2.500	9,5
Zuckerrüben	1.667	6,4
Gerste	1.400	5,3
Sonstige	2.616	10,4
<b>Gesamt</b>	<b>26.112</b>	<b>100,0</b>

Tabelle 1: Nutzung der landwirtschaftlichen Flächen / Landwirtschaftsdirektion 2010 /

Der Agrarwirtschaftsstandort Suluova wird in Zukunft wegen folgender Fakten noch an Bedeutung gewinnen:

- > **Optimale Standortbedingungen für Ackerbau und Viehzucht**
  - Fruchtbare und humusreiches Ackerland
  - Gut funktionierendes Bewässerungssystem (60 % der Ackerflächen)
  - Infrastruktur, Handelsrouten
  - Leistungsfähige Rinder- und Geflügelproduktion
- > **Ausgeprägter vor- und nachgelagerter Bereich der Landwirtschaft: Starkes Agribusiness/ Agrar- und Ernährungswirtschaft**
  - Vorleistungsversorgung: Futtermittelproduktion, Dünger, Saatgut
  - Weiterverarbeitende Industrie: Zuckerfabrik, Schlachthöfe, Getreidelager
- > **Integrierte Rinder- und Geflügelproduktion**
  - Futtermittelwerk mit regionaler Beschickung (Fa. Kozlu), Mastfutter für Rinder und Geflügel
  - Weiteres Wachstum der Viehhaltung in Suluova durch steigende nationale Nachfrage und staatliche Förderung
  - Moderne integrierte Geflügelproduktion (Eierproduktion) durch Fa. Kozlu (1 Mio. Tiere mit 900.000 Eiern pro Tag)
  - Anfallende Hühnerkot-Menge als Rohstoff für die Produktion von Biogas und organischem Dünger



## 2 Gewässerverschmutzung und Umweltbelastung

Suluova befindet sich im Gewässereinzugsgebiet des Tersakan, der nördlich von Amasya in den Yeşilirmak mündet (Abb. 2).

Die Wasserqualität des Yeşilirmak und des Tersakan ist sehr schlecht, insbesondere ist die Belastung mit Phosphaten im Tersakan flussabwärts von Suluova extrem hoch (Abb. 3)

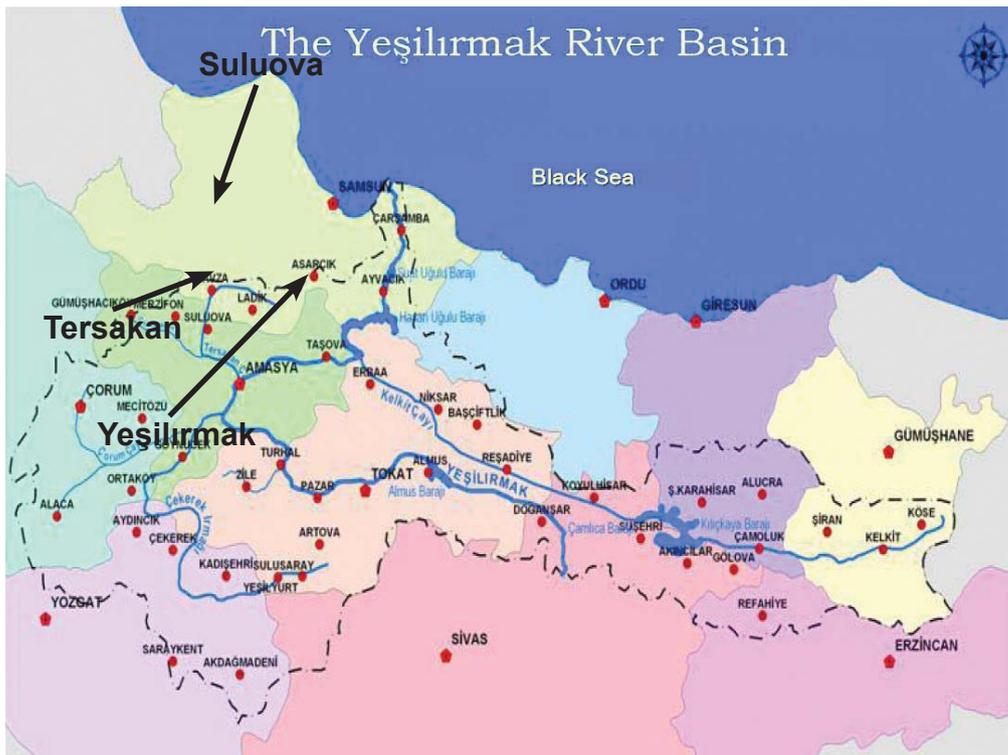


Abb. 2: Gewässereinzugsgebiet des Tersakan / Yesilirmak 2011 /

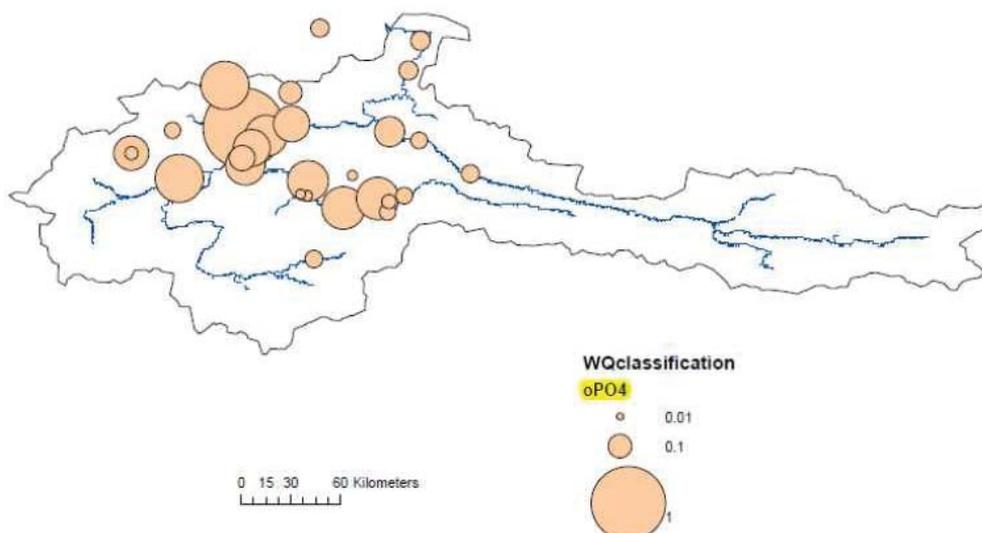


Abb. 3: Wasserqualität im Einzugsgebiet des Yeşilirmak hinsichtlich PO<sub>4</sub> / DABLAS 2009 /

Untersuchungen im Rahmen von DABLAS (Danube Black Sea Task Force) stellten die intensive Viehwirtschaft („livestock farming“) als hauptsächliche Ursache für die schlechte Wasserqualität heraus.

Als vorrangig wurden daher Maßnahmen gegen die starke industrielle Verschmutzung, insbesondere aus den tierischen Abfällen in Suluova festgelegt (DABLAS, John Maguire, 17.11.2009: „Preparation of an IWRM Plan for the YESILIRMAK BASINS“).

Die flüssigen und festen Abfälle der Tierzucht, insbesondere von 20.000 Mastbullen zwischen der Zuckerfabrik Suluova und dem Tersakan werden ungereinigt direkt bzw. über Zuleitungsgräben in den Tersakan geleitet (siehe Abb. 4). Dies hat erhebliche Umweltbelastungen zur Konsequenz.

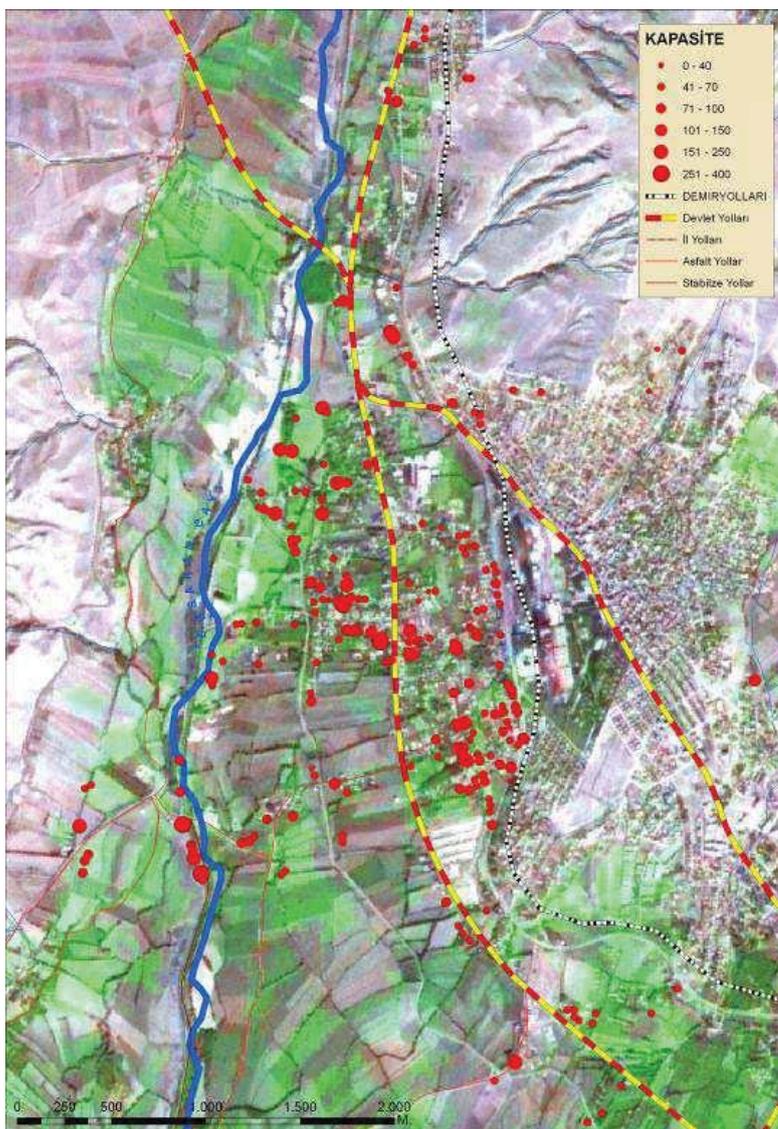


Abb. 4: Räumliche Verteilung der Rindermastbetriebe in Suluova / Biosfer 2009 /

Folgende Umweltbelastungen und Klimagasemissionen, verursacht durch die meist direkten Einleitungen von Abfällen der Rindviehzucht und die Einleitung von unbehandeltem, kommunalem Abwasser in den Fluss Tersakan, treten auf:

- Geruchsbelästigungen in der Stadt und an den Gewässern
- Emission von klimaschädlichem Stickoxid und Methan



- Überhöhte Stickstoff- und Phosphorkonzentrationen in den Gewässern und im Grundwasser
- Schädigung der Gewässerorganismen (insbesondere Fische)
- Beeinträchtigung der Gewässernutzung zur Landbewässerung
- Verluste an Wirtschaftsdünger durch Ableitung tierischer Abfälle in die Gewässer Hinzu kommt die fehlende Abwasserreinigung des kommunalen Abwassers.



### 3 Aufgabenstellung und Einzelziele

Zur Behebung der Umweltbelastungen und der langfristig gesicherten Entwicklung des Landwirtschaftspotenzials in Suluova werden folgende Einzelziele formuliert:

- Herstellung eines guten ökologischer Zustands des Flusses Tersakan nach EU-Wasserrahmenrichtlinie
- Energiegewinnung aus den tierischen Abfällen der Viehzucht
- Nutzung der Nährstoffe der Rindergülle und Reduzierung des Einsatzes von Mineraldüngern im Ackerbau
- Klimaschutz durch Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Förderung der Viehzucht und der nachgelagerten Bereiche durch umweltgerechte Gülleentsorgung und –verwertung
- Bereitstellung von hochwertigem organischen Dünger für die landwirtschaftliche Nutzung

## 4 Integriertes Konzept zur energetischen und stofflichen Nutzung der Biomasse

### 4.1 Getrennte Behandlung von kommunalem Abwasser und tierischen Abfällen

Das kommunale Abwasser wird in Suluova in einem Mischsystem abgeleitet, d. h. bei Trockenwetter wird durch die vorhandenen Kanäle häusliches und gewerbliches Schmutzwasser und bei Regenwetter zusätzlich das Niederschlagswasser abgeleitet. Der Transport der menschlichen Ausscheidungen in den Gebäuden und im anschließenden Kanal erfolgt durch Abspülen mit Trinkwasser (Schwemmkanalisation).

Dieser Umstand hat zur Folge, dass kommunales Abwasser nur eine relativ niedrige Konzentration an Kohlenstoffverbindungen aufweist, welche für die anaerobe Energiegewinnung eventuell genutzt werden könnten.

Daher wird „normales“ kommunales Abwasser nicht anaerob, sondern aerob gereinigt (Abb. 5).

Tierische Ausscheidungen (Harn und Kot) können jedoch ohne Zugabe von Trinkwasser als Gülle mit einer relativ hohen Konzentration an Kohlenstoffverbindungen gesammelt und in einer anaeroben Behandlung (Biogasanlage) verarbeitet und zur Erzeugung von Biogas genutzt werden (Abb. 6).

Im Folgenden sind die Gründe für eine getrennte Erfassung, Ableitung und Behandlung von kommunalem Abwasser und tierischen Abfällen zusammenfassend aufgeführt.

- Rindergülle ist aggressiv für Betonrohre
- Häusliches Abwasser hat eine geringe Konzentration an organischen Stoffen
- Häusliches Abwasser wird daher aerob und nicht anaerob gereinigt
- Die aerobe Abwasserreinigung verbraucht viel elektrische Energie für die erforderliche Sauerstoffzufuhr
- Die aerobe Abwasserreinigung erzeugt kein energiehaltiges Biogas
- Der in einer aeroben Abwasserreinigung anfallende Überschussschlamm kann in einer Biogasanlage vergoren und zur Biogaserzeugung genutzt werden. Es ist jedoch zu prüfen, ob der Überwachungsaufwand für die Gärresteausbringung durch die Zugabe von Klärschlamm auch nach türkischem Recht zu höheren Kosten führt (analog Klärschlammverordnung in Deutschland). Auch ist zu prüfen, ob bei einer Düngemittelproduktion aus Gärresten die Zugabe von Klärschlamm in die Biogasanlage zulässig ist.

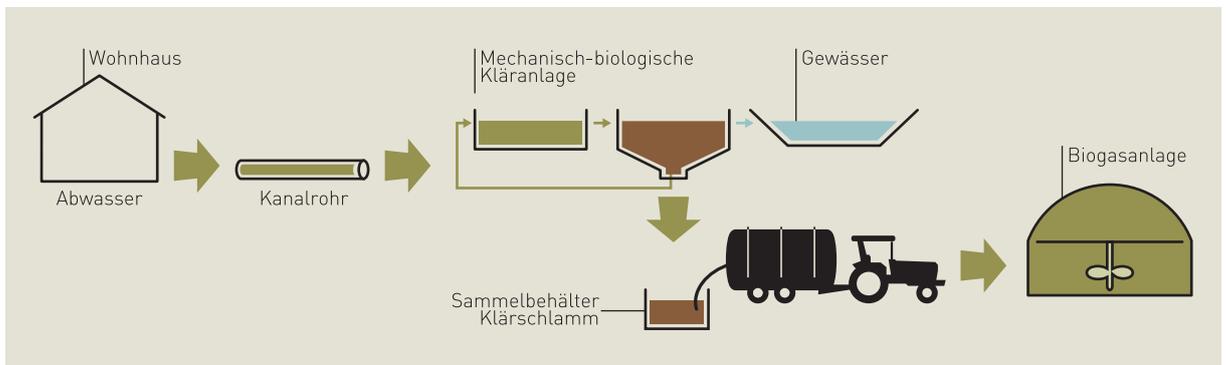


Abb. 5: Entsorgung von häuslichem Abwasser

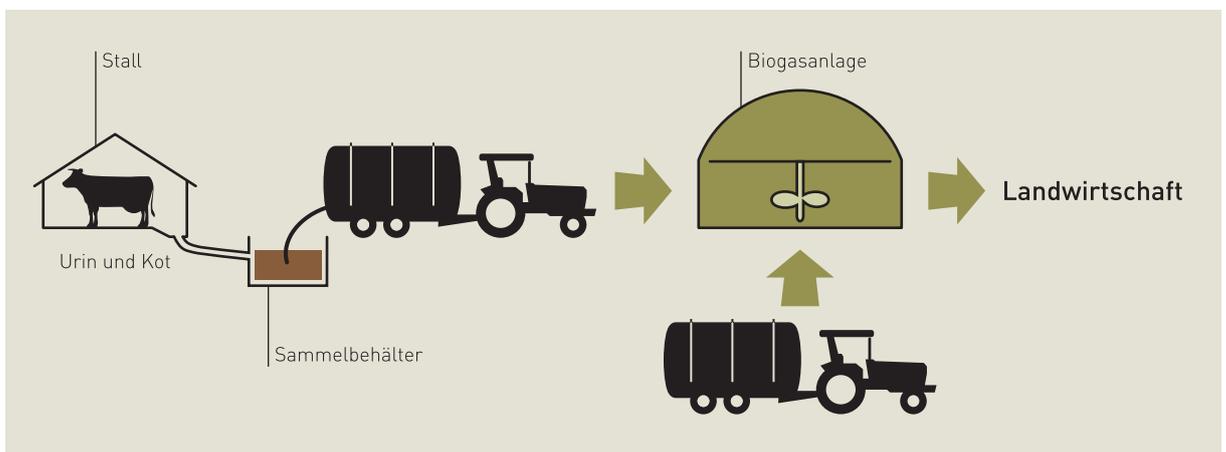


Abb. 6: Entsorgung der Abfälle der Nutztiere



In Suluova gibt es schon eine städtische Kanalisation, an die nach Angabe der Stadtverwaltung schon ca. 98 % der Einwohner angeschlossen sind. Allerdings ist noch keine kommunale Kläranlage vorhanden und das gesammelte Abwasser wird unbehandelt in den Tersakan eingeleitet (siehe nebenstehendes Foto).

Es ist der Bau einer Kläranlage am Tersakan geplant (Standort siehe Abb. 7). Die Finanzierung über einen Fonds der EU ist beantragt, aber noch nicht genehmigt.

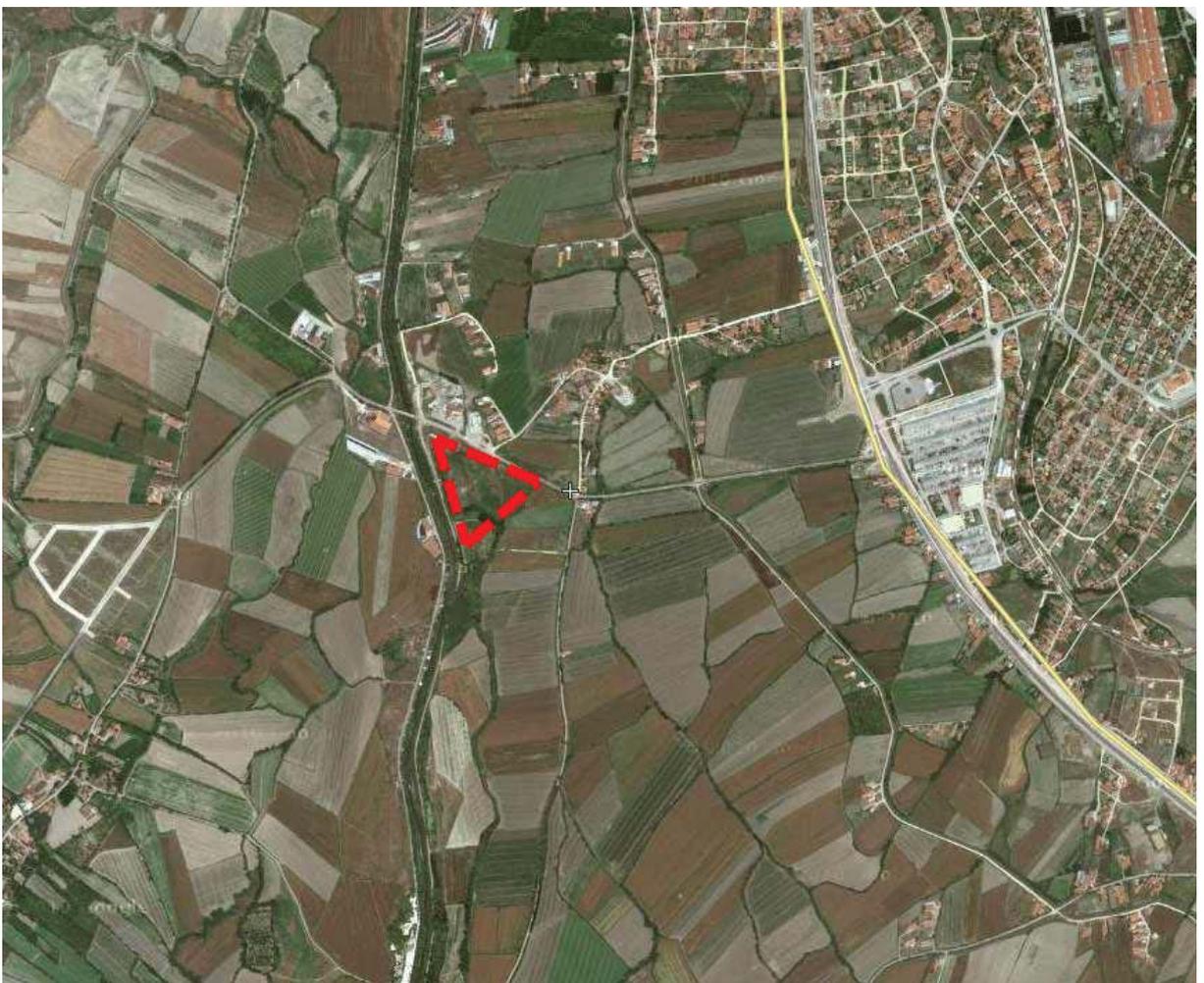


Abb. 7: Bereich für die geplante kommunale Kläranlage östlich des Tersakan

## 4.2 Energetische Nutzung der Biomasse

Die energetische Nutzung von ligninfreier Biomasse kann erfolgen durch die Vergärung von Biomasse (Biogasproduktion) oder durch die Erzeugung von Biokraftstoffen. Die Biomasse in Form von tierischen Abfällen wird ausschließlich in Biogasanlagen eingesetzt.

Die Biogaserzeugung erfolgt durch die fermentative Umsetzung organischer Masse. Anaerobe Bakterien wandeln dazu hochmolekulare Verbindungen wie Eiweiße, Kohlenhydrate und Fette über mehrere

Abbaustufen in Methan und Kohlendioxid um. Zunächst werden diese durch Hydrolysebakterien unter Abspaltung von Wasser in Monosaccharide, Aminosäuren, Peptide, Fettsäuren und Glycerin umgesetzt (Hydrolyse). Aus diesen Monomeren entstehen in der zweiten Phase Alkohole und flüchtige Fettsäuren sowie die Ausgangsprodukte der Methanbildung: Acetat, Wasserstoff und Kohlendioxid (Acidogenese). Aus den Fettsäuren und Alkoholen produzieren Mikroorganismen schließlich Essigsäure und erneut Wasserstoff und Kohlendioxid (Acetogenese). Methanbakterien wandeln anschließend Essigsäure, Wasser und Kohlendioxid in Methan um (Methanogenese). Abb. 8 zeigt die verschiedenen Phasen der Stoffwechselfvorgänge.

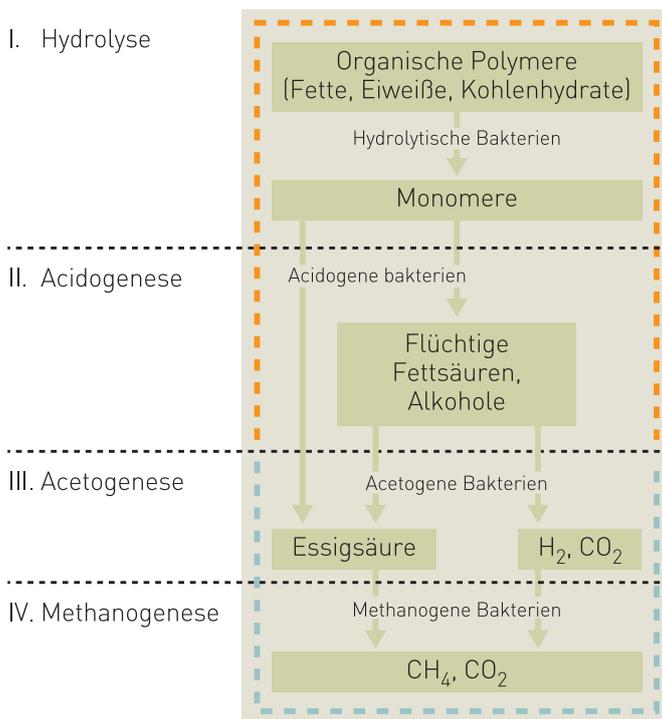


Abb. 8: Phasen der Biogasproduktion / StMUGV 2004 /

Als organische Gärsubstrate im Distrikt Suluova kommen folgende Stoffe in Frage:

- Rindergülle/Hühnermist
- Küchenabfälle aus Kantinen, Restaurants, Krankenhäusern etc.
- Schlachtereiabfälle
- Separat gesammelte Bioabfälle
- Abfälle aus der Lebensmittelverarbeitung

Die theoretischen Gaserträge und weitere Substrateigenschaften können Tabelle 2 entnommen werden.



Substrat	TS [%]	oTS [%TS]	N <sup>a</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> [%TS]	K <sub>2</sub> O	Biogasertrag [Nm <sup>3</sup> /t FM]	CH <sub>4</sub> -Ertrag [Nm <sup>3</sup> /t FM]	CH <sub>4</sub> -Ausbeute [Nm <sup>3</sup> /t oTS]
<b>Wirtschaftsdünger</b>								
Rindergülle	10	80	3.5	1.7	6.3	25	14	210
Schweinegülle	6	80	3.6	2.5	2.4	28	17	250
Rindermist	25	80	5.6	3.2	8.8	80	44	250
Geflügelmist	40	75	18.4	14.3	13.5	140	90	280
Pferdekot ohne Stroh	28	75	n. a.	n. a.	n. a.	63	35	165
<b>Nachwachsende Rohstoffe</b>								
Maissilage	33	95	2.8	1.8	4.3	200	106	340
Getreide-GPS	33	95	4.4	2.8	6.9	190	105	329
Grünroggensilage	25	90				150	79	324
Getreidekörner	87	97	12.5	7.2	5.7	620	329	389
Grassilage	35	90	4.0	2.2	8.9	180	98	310
Zuckerrüben	23	90	1.8	0.8	2.2	130	72	350
Futtermüben	16	90	n. a.	n. a.	n. a.	90	50	350
Sonnenblumensilage	25	90	n. a.	n. a.	n. a.	120	68	298
Sudangras	27	91	n. a.	n. a.	n. a.	128	70	286
Zuckerhirse	22	91	n. a.	n. a.	n. a.	108	58	291
Grünroggen <sup>b</sup>	25	88	n. a.	n. a.	n. a.	130	70	319
<b>Substrate der verarbeitenden Industrie</b>								
Biertreber	23	75	4.5	1.5	0.3	118	70	313
Getreideschlempe	6	94	8.0	4.8	0.6	39	22	385
Kartoffelschlempe	6	85	9.0	0.7	4.0	34	18	362
Obstschlempe	2.5	95	n. a.	0.7	n. a.	15	9	285
Rohglycerin <sup>c</sup>	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	250	147	185
Rapspresskuchen	92	87	52.4	24.8	16.4	660	317	396
Kartoffelpülpe	13	90	0.8	0.2	6.6	80	47	336
Kartoffelfrucht-wasser	3.7	73	4.5	2.8	5.5	53	30	963
Z-Pressschnitzel	24	95	n. a.	n. a.	n. a.	68	49	218
Melasse	85	88	1.5	0.3	n. a.	315	229	308
Apfeltrester	35	88	1.1	1.4	1.9	148	100	453
Rebentrester	45	85	2.3	5.8	n. a.	260	176	448
<b>Grün- und Rasenschnitt</b>								
Grünschnitt	12	87.5	2.5	4.0	n. a.	175	105	369

a. N-Gehalte im Gärrest ohne Berücksichtigung von Lagerverlusten

b. angewelkt

c. in der Praxis stark variierende Ergebnisse, abhängig vom Verfahren der Biodieselherstellung

Tabelle 2: Übersicht über die Substrateigenschaften / FNR 2010 /

Ein generelles Schema für eine landwirtschaftliche Biogasanlage mit Vergärung von Kosubstraten ist in Abb. 9 dargestellt.

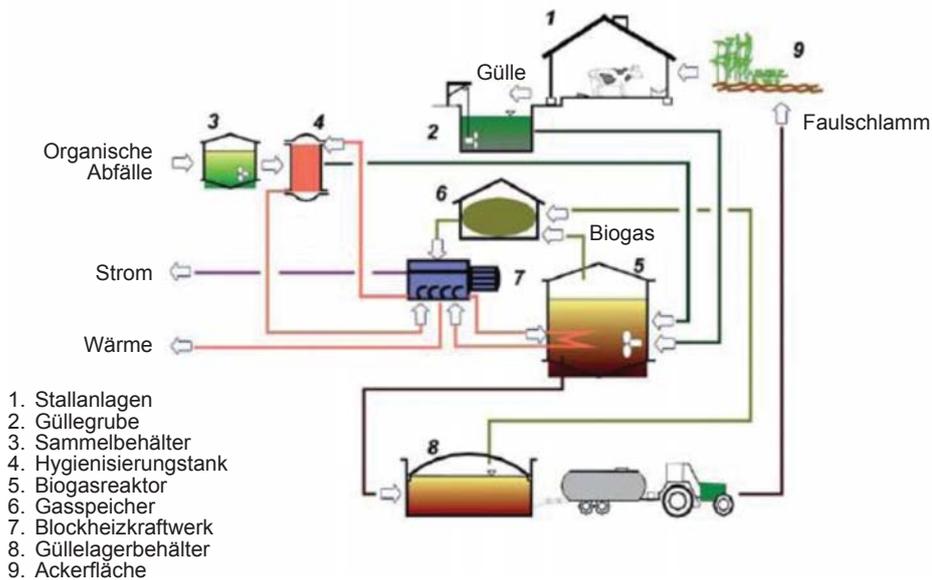


Abb. 9: Schema einer landwirtschaftlichen Biogasanlage mit Verwendung von Kosubstraten / FNR 2010a /

## Nutzung von Biogas

Grundsätzlich bietet sich eine Vielzahl von Nutzungsmöglichkeiten von Biogas bzw. von Biomethan an:

- Blockheizkraftwerk (BHKW) am Ort der Biogasanlage, Verkauf des Stromes an das EVU und der Wärme an Wärmekunden (evtl. über Nahwärmenetz)
- Satelliten-BHKW an verschiedenen Orten der Wärmenutzung mit Anschluss an die Biogasanlage mit Biogasleitungen, Verkauf des Stromes an das EVU und der Wärme an Wärmekunden
- Aufbereitung des Biogases auf Erdgasqualität als Biomethan, Einspeisung in das Erdgasnetz und BHKW an verschiedenen Orten der Wärmenutzung, Verkauf des Stromes an das EVU und der Wärme an Wärmekunden
- Aufbereitung des Biogases auf Erdgasqualität als Biomethan, Einspeisung in das Erdgasnetz und Verkauf an Biomethanhändler oder –nutzer
- Aufbereitung des Biogases auf Erdgasqualität als Biomethan und Verkauf als Biokraftstoff
- Verkauf von Biogas oder Biomethan im Wärmemarkt

Die oben aufgeführten Nutzungsmöglichkeiten für Biogas werden bereits in Deutschland praktiziert.

Da in Suluova ein Erdgasnetz vorhanden ist, die Türkei im Dezember 2010 ein Energie-Einspeisegesetz verabschiedet hat und sich die Strom- und Gasnetze in der Liberalisierung befinden, kann in der Türkei langfristig auch mit der Option der Aufbereitung des Biogases und der Einspeisung in das Erdgasnetz gerechnet werden.

Die Nutzungsmöglichkeit der Biogaseinspeisung in das Erdgasnetz wird wegen des hohen Energiebedarfs für die Biogasaufbereitung und der fehlenden Erfahrung in der Türkei hinsichtlich der komplexen Biogasaufbereitung und des Biogashandels für das kurzfristig umzusetzende Projekt in Suluova nicht weiter untersucht, sondern es wird die Biogasnutzung in Blockheizkraftwerken (BHKW), der Verkauf des Stroms an das regionale EVU und die Nutzung der BHKW-Abwärme vor Ort vorgeschlagen (siehe Abb. 10).

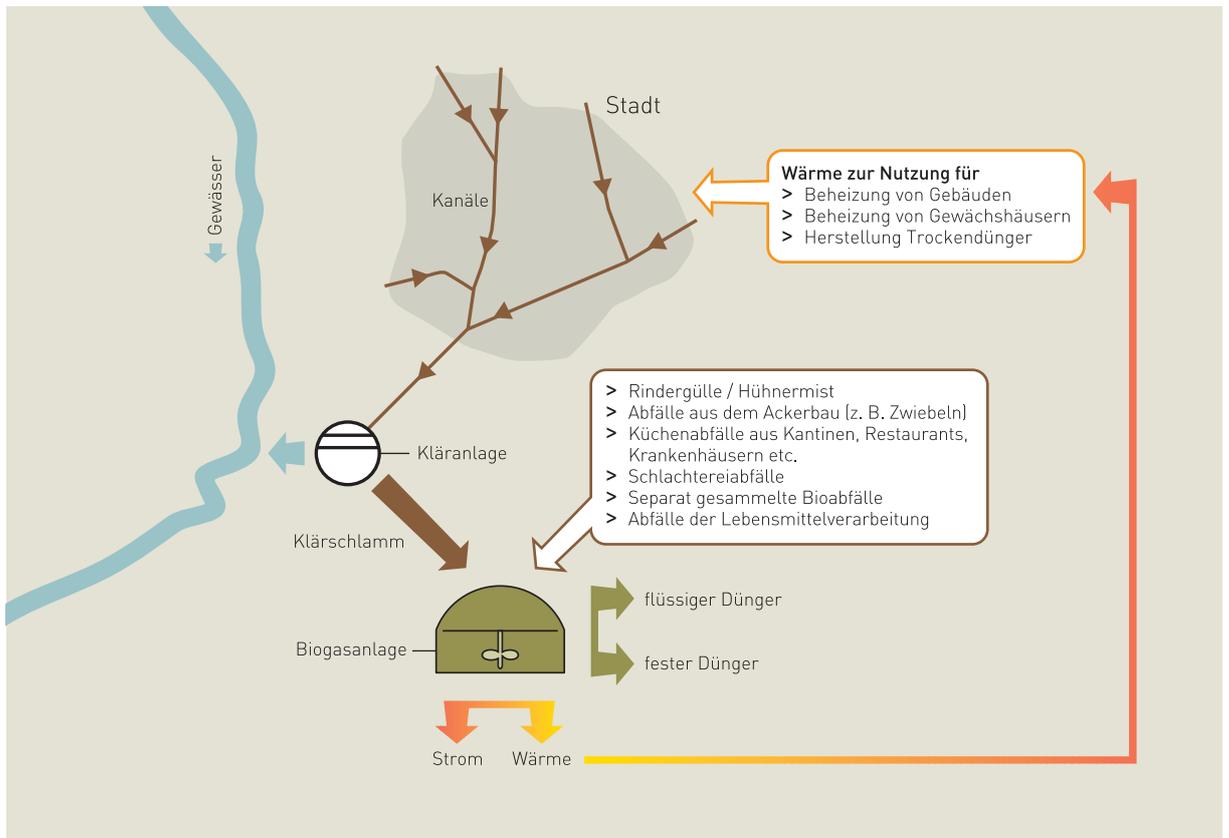


Abb. 10: Konzept der energetischen Nutzung der Biomasse in Suluova

Ein mögliches, integriertes Konzept zur energetischen und stofflichen Biomassennutzung ist in Abb. 11 zusammengefasst grafisch dargestellt.

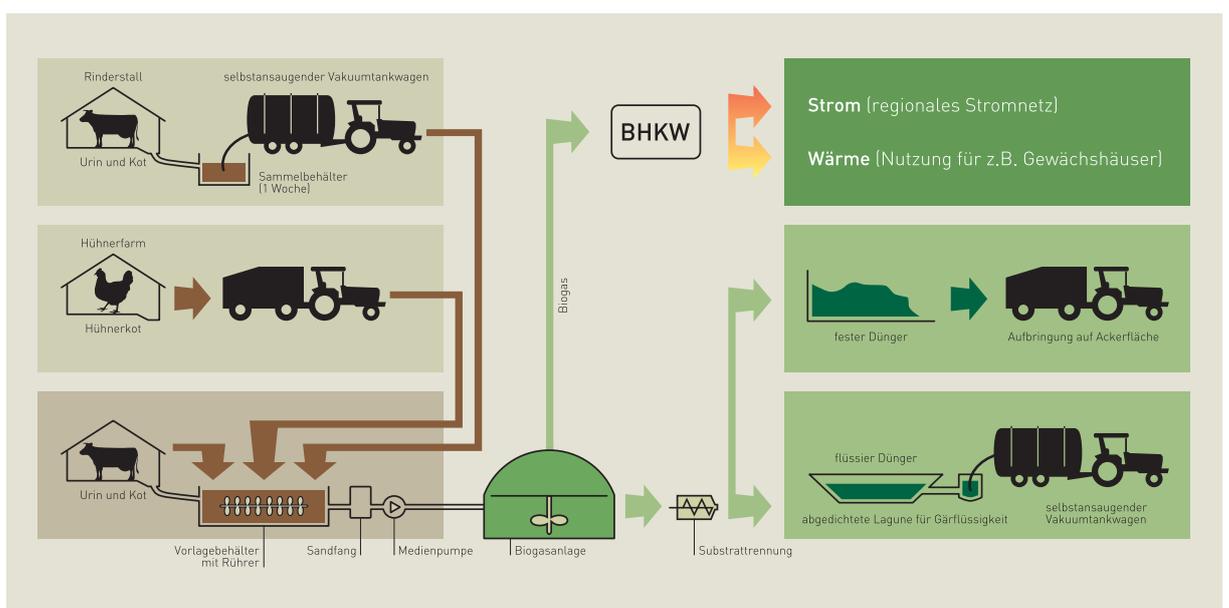


Abb. 11: Integriertes Konzept zur energetischen und stofflichen Biomassennutzung

## 4.3 Stoffliche Nutzung der Biomasse

Neben dem Kohlenstoff, der zur Gewinnung von Energie genutzt werden kann, enthält die rohe und auch die vergorene Biomasse weitere in der Landwirtschaft als Dünger nutzbare Stoffe, insbesondere Stickstoff, Phosphor und Kalium.

Der nährstoffreiche Gärrest kann entweder direkt mit Tankfahrzeugen und einer geeigneten Ausbringungstechnik auf Ackerflächen oder Wiesen/Weiden als organischer Dünger ausgebracht werden oder in eine flüssige und eine feste Phase getrennt werden (siehe Kapitel 7).

Die flüssige Phase wird dann ebenfalls auf Ackerflächen oder Wiesen/Weiden genutzt.

Die feste Fraktion kann wegen ihres höheren Nährstoffgehaltes weiter transportiert werden und mit Miststreuern auf Ackerflächen ausgebracht werden. Eine andere Möglichkeit ist es, sie zu trocknen und zu Pellets zu verarbeiten, die als hochwertiger organischer Dünger im Obst- und Gartenbau genutzt werden können.

## 5 Machbarkeitsuntersuchung der Biogasanlage Suluova

### 5.1 Einspeisevergütung in der Türkei

Kurz vor der Jahreswende 2010/11 verabschiedete das türkische Parlament ein neues Gesetz zur Förderung erneuerbarer Energien. Bisher galt für alle Erneuerbaren in der Türkei eine einheitliche Einspeisevergütung von 5,5 US-Cent pro Kilowattstunde. Die neuen Sätze lösen diese Vergütung aus dem Jahr 2005 ab. Sie gelten für Anlagen, die zwischen dem 18. Mai 2005 und dem 31. Dezember 2015 installiert wurden oder werden. Die Förderung ist auf zehn Jahre begrenzt. Um die lokale Produktion zu stimulieren, hat die türkische Regierung eine Art Boni-System eingeführt. Stammen bestimmte Komponenten oder Leistungen aus dem eigenen Land, kann sich die Vergütung deutlich erhöhen (siehe Tabelle 3). Welche dies im Einzelnen sind, geht aus einer technologiespezifischen Liste hervor. Das Gesetz ist zunächst auf fünf Jahre begrenzt. Gegenüber früheren Entwürfen wurden die nun festgesetzten Einspeisevergütungen deutlich nach unten korrigiert / neue energie 2011 /.

Somit ergeben sich für die Biogasvergütung 13,3 US-Cent/kWh und inkl. Boni für lokale Wertschöpfung 18,9 US-Cent/kWh, die auf jetzt 10 Jahre begrenzt sind. Für die unten aufgeführte Wirtschaftlichkeitsberechnung wird hieraus der mittlere Betrag angesetzt:

$$(13,3 + 18,9) / 2 = 16,1 \text{ US-Cent/kWh} \approx 11,26 \text{ €-Cent/kWh}$$

Sobald Ausführungsverordnungen zum Gesetz vorliegen, ist zu prüfen, ob eine anteilige Vergütungsbeziehung gemäß dem Anteil der aus der Türkei stammenden Anlagenteile möglich ist, oder ob 100 % der Anlagenteile aus der Türkei stammen müssen, um den Bonus zu erhalten.



Energieträger	Vergütung (US-Cent/kWh)	inkl. Boni für lokale Wertschöpfung
Wasserkraft	7,3	9,6
Windenergie	7,3	11,0
Geothermie	10,5	13,2
Biomasse	13,3	18,9
Sonnenenergie	13,3	20,0 (22,5*) *Solarthermische Kraftwerke

Tabelle 3: Regenerativvergütung in der Türkei / neue energie 2011 /

## 5.2 Erfassung und Bewertung möglicher Substrate

### 5.2.1 Tierische Abfälle von Mastvieh

Im Dezember 2010 übergab die Landwirtschaftsdirektion Suluova statistische Erhebungen zum Viehbestand im Zentralort Suluova (siehe Tabelle 4).

Demnach gibt es in den 883 Betrieben eine Kapazität von 40.880 Stallplätzen und einer realen Belegung mit 24.556 Mastbullen (Tabelle 4).

In folgenden Ortsteilen gibt es eine besonders hohe Konzentration an Tieren:

Yenidoğan	7.611 Stck/real
Magosa	3.121 Stck/real
Bireylül	2.921 Stck/real
Borsa	2.834 Stck/real

Allerdings ist zu beachten, dass je nach Marktlage (Preise für Jungbullen, Futtermittel, Mastvieh) die Bestände stark schwanken können. Da die Bullenmäster keine Jungbullen heranzüchten, diese zum Teil aus Südamerika importieren und das Futtermittel einkaufen müssen, sind Prognosen über die Entwicklung des Viehbestandes mit großen Unsicherheiten behaftet und deutliche Zu- oder Abnahmen nicht auszuschließen.

Gemäß Tabelle 4 gibt es etwa 24.556 Mastbullen im engeren Bereich. Für die I. Ausbaustufe werden in der Vorbemessung 20.000 Mastbullen angesetzt.

Darüber hinaus gibt es südlich von Suluova einen Milchviehbetrieb mit ca. 1.000 Kühen, der den Bau einer eigenen Biogasanlage beabsichtigt.

	Name des Stadtteils	Anzahl der Betriebe	Stallplätze	Reale Belegung
1	Ata Mahallesi	18	375	251
2	Beyazıt Mahallesi	41	862	527
3	Bireylül Mahallesi	125	5.305	2.921
4	Borsa Mahallesi	89	4.435	2.834
5	Cevizdibi Mahallesi	63	1.001	603
6	Eskiçeltek Mahallesi	25	672	386
7	Eymir Mahallesi	29	2.770	1.217
8	Girne Mahallesi	25	557	350
9	Hacıbayram Mahallesi	22	1.650	792
10	Hacıhayta Mahallesi	57	3.105	1.837
11	Hürriyet Mahallesi	43	1.405	861
12	Maarif Mahallesi	19	364	176
13	Magosa Mahallesi	81	5.307	3.121
14	Orta Mahalle	11	119	60
15	Pazar Mahallesi	10	417	253
16	Eker Mahallesi	25	487	280
17	Yenidoğan Mahallesi	153	11.245	7.611
18	Yenimahalle	47	804	476
	Toplam	883	40.880	24.556

Tabelle 4: Verteilung der Mastbullen im Zentralort Suluova / Landwirtschaftsdirektion 2010 /

## 5.2.2 Tierische Abfälle von Hühnerfarmen

Südlich von Suluova befindet sich die Hühnerfarm der Fa. KOZLU. Die Kapazität beträgt 1,0 Mio. Hühner mit einer täglichen Produktion von 900.000 Eiern. Derzeit fallen nach Angabe von KOZLU ca. 70 – 80 t/d (ca. 25.550 – 29.200 t/a) Hühnerkot an mit einem Trockensubstanzgehalt von ca. 30 %. Der Hühnerkot wird momentan für 1 €/t von Landwirten abgenommen.

Fa. KOZLU hat mit einer Fa. SIGMA aus Istanbul einen Vertrag auf 49 Jahre zur Abgabe des Hühnerkots abgeschlossen. Während der ersten drei Jahre erhält SIGMA den Hühnerkot kostenlos. Danach wird neu verhandelt, wie viel KOZLU dann für den Hühnerkot in Abhängigkeit von den Gewinnen aus dem Strom- und Düngerverkauf vergüten wird.

Mit einer Frist von 6 Monaten ist der Vertrag kündbar.

Nach Mitteilung des Abteilungsleiters der Umweltabteilung des Gouverneurs von Amasya haben folgende Unternehmen die Genehmigung von zwei weiteren Hühnerfarmen in der Region beantragt:

- Yılmazcan Tavukçuluk (ca. 1,0 Mio Hühner):  
Yılmazcan Hayvancılık, Gıda, Yem, İnşaat, Mobilya, Otomotiv San. Ticaret Limited Şirketi,  
Bahçecik Köyü - MERZİFON / Türkei
- Naturel Gıda (ca. 0,8 Mio Hühner):  
Naturel Gıda ve İhtiyaç Maddeleri Sanayi ve Pazarlama  
Sallar Köyü – Gümüşhacıköy / AMASYA / Türkei



### 5.2.3 Tierische Abfälle der Schlachthöfe

In Suluova existieren drei Schlachthöfe mit folgenden durchschnittlichen, täglichen Kapazitäten an Mastbullenschlachtungen

- 300 Stck/d PANET
- 200 Stck/d privater Schlachthof
- 100 Stck/d städtischer Schlachthof
- 600 Stck gesamt**

Die Anzahl der täglichen Schlachtungen ist je nach Marktsituation starken Schwankungen unterworfen.

Es fallen Blut, Knochen und Reste von inneren Organen als Abfälle an, die aber verkauft werden können und somit als Substrat für eine Biogasanlage nicht zur Verfügung stehen.

Da der Panseninhalt der geschlachteten Tiere nicht verwertet wird, stünde dieser sowie der Überschussschlamm der betriebseigenen Kläranlage für die Biogasanlage zur Verfügung.

Nach Angaben von PANET fällt bei diesem Schlachthof ein Panseninhalt von ca. 1500 – 1800 to/a an. Bezogen auf die Gesamtkapazität der Schlachthöfe von 600 Stck/d ergäbe sich eine Gesamtmenge von ca. 3.300 to/a an Panseninhalt.

Die Schlachthöfe der PANET und der Stadt verfügen über eigene mechanisch-biologisch Kläranlagen. Die jährliche Klärschlammmenge wird auf ca. 220 to/a in getrockneter Form (ca. 70 % TS) grob geschätzt.

### 5.2.4 Abfälle aus dem Ackerbau



Im Distrikt werden vielfältige acker- und gartenbauliche Produkte erzeugt, welche auch teilweise als organische Abfälle in der Umwelt verkippt werden: Weizen, Mais, Hafer, Gerste, Soja, Zuckerrüben, Sonnenblumen, Blumenkohl, Zwiebel, Walnüsse, Mandeln etc.

Insbesondere Abfälle aus dem Zwiebelanbau fallen in größeren Mengen an und werden an Wegerändern und Gewässern abgeladen (siehe Foto).

Die jährlich anfallende Menge an Abfällen aus dem Ackerbau kann derzeit nicht abgeschätzt werden.

### 5.2.5 Abfälle aus der Hefeherzeugung

In Amasya gibt es eine große Fabrik zur Herstellung von Trocken- und Frischhefe, Backmitteln und deren Derivate (ÖZMAYA SANAYİ A.Ş.).

Es entstehen organische Abfälle in der Produktion.

Das Unternehmen ist an einer Entsorgung des Überschussschlammes aus der betriebseigenen Kläranlage in einer Biogasanlage interessiert.

## 5.3 Konzeption der Substratversorgung

Da die Datenlage der Substratversorgung noch mit großen Unsicherheiten behaftet ist, wird ein zweistufiger Ausbau einer Biogasanlage vorgeschlagen, die zunächst in einer ersten Stufe für den gesamten derzeit anfallenden Hühnerkot sowie für einen Großteil der derzeit anfallenden Menge an Rindergülle dimensioniert wird.

Wie aus der Abb. 4. zu entnehmen ist, verteilen sich die Ställe für Mastbullen auf ein relativ großes Areal zwischen der Zuckerfabrik und dem Tersakan.

Viele kleine Betriebe konzentrieren sich westlich der Zuckerfabrik. Große neuere Ställe sind in der Nähe des Tersakan entstanden.

Im Süden wurde bereits die Infrastruktur für SOID (Stock Organized Industrial District) hergestellt, wo die Mast von ca. 10.000 Mastbullen in verschiedenen Betrieben vorgesehen ist.

Da noch nicht alle Fragen der Bezuschussung für den Stallbau in der SOID geklärt sind und ein nicht unerhebliches Risiko der Übertragung von Tierkrankheiten zwischen unmittelbar benachbarten Betrieben besteht, wird die rasche Besiedlung des SOID vom Gutachter als nicht gesichert angesehen.

Für die großen Betriebe entlang des Tersakan dürfte eine Umsiedlung in die SOID nicht interessant sein, da sie dort nicht die gleichen Ausdehnungsmöglichkeiten wie auf den jetzigen, großen Grundstücken am Tersakan vorfinden.

Um die Umweltbelastung aus der Rindermast insgesamt zu reduzieren, sollte nach Einschätzung des Gutachters die Auslegung einer Biogasanlage nicht auf die Rindergülle des SOID beschränkt werden, sondern sie muss auch einen Großteil der Rindergülle der vorhandenen Mastställe einbeziehen.

Um dies zu erreichen, sind die teilweise Umgestaltung der vorhandenen Mastställe sowie der Verzicht auf das Abspülen von Kot und Urin mit Trinkwasser erforderlich.

Da hierzu umfangreiche Erhebungen, detaillierte Überzeugungsarbeit jedes einzelnen Viehzüchters und eine länger angelegte Umbauphase erforderlich sind, wird die Gesamtmenge an Rindergülle erst in einigen Jahren berücksichtigt werden können, so dass zunächst nur mit dem Gülleanfall von 20.000 Bullen aus der SOID und den übrigen vorhandenen Mastställen insgesamt gerechnet wird. Die gemeinsame Vergärung von Hühnerkot und Rindergülle bietet den Vorteil, dass eine Verdünnung des Hühnerkots (30 % TS) mit Bullengülle (11 % TS) erfolgt, so dass eine preisgünstige Nassfermentation statt einer teuren Trockenfermentation möglich wird.

Der Hühnerkot hat gegenüber der Rindergülle einen sehr hohen Gasertrag und führt zu einer sehr guten Wirtschaftlichkeit der Biogasanlage.

## Kenndaten der Substrate

Der Mengen- und der Nährstoffanfall der Bullenmast und des Hühnerkots sind auf Basis deutscher Erfahrungswerte in Tabelle 5 dargestellt.

Tierart	Plätze	Haltungsart	N <sub>1</sub> [kg/Jahr]	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> [kg/Jahr]	K <sub>2</sub> O [kg/Jahr]	TS-Gehalt soll [%]	Gülleanfall I soll [t, m <sup>3</sup> ]	Anfall TS [%]
Bullenmast von 45 bis 700 kg LM	1 20.000	Gülle	40,0 800.000	15,4 308.000	36,5 730.000	11	7,3 146.000	0,8 16.060
Legehennenhaltung; 17,6 kg Eimasse; Standardfutter	1 1.000.000	Geflügelkot	0,786 786.000	0,477 477.000	0,360 360.000	30	0,025 25.000	0,0075 7.500
Summe			1,586,000	785,000	1,090,000		171,000	23,560
District Suluova			⊗ Ausbringung in kg/ha N: 30% Ausbringungsverl.					
Ackerfläche [ha]	26,212		42	30	42			
min. Ackerfläche [ha]	11,214		99	70	97			

1) Netto Nährstoffanfall incl. Stall- und Lagerverluste ohne Ausbringungsverluste

Tabelle 5: Mengen- und Nährstoffanfall von Bullengülle und Hühner-Frischkot nach deutschen Erfahrungswerten / LK NRW 2010 /



Die geplante Biogasanlage hat in der 1.Ausbaustufe bei 20.000 Mastbullen einen Gülle-Input von ca. 146.000 t<sup>3</sup>/a.

Der Trockenkot der Legehennen mit einer Menge von 25.000 t/a liefert fast die Hälfte der Gesamttrockenmasse für die Biogasanlage. Hieraus entstammen überproportional hohe N- und P-Anteile in dem Gärrestsubstrat und dem Gärrest.

eingesetzte Substrate	Menge pro Jahr	Menge pro Tag	spez. Substratkosten	Gesamtsubstratkosten	Trockenmassegehalt	Trockenmasse	oTS Gehalt	oTS Masse brutto
	[t; m <sup>3</sup> ]	[t; m <sup>3</sup> ]	[€/t; m <sup>3</sup> ]	[€]	[%]	[t]	[%]	[t]
Bullengülle	146,000	400.0	2.00	292,000	11.00	16,060	80.0	12,848
Hühnerkot, frisch	25,000	68.5	3.00	75,000	30.00	7,500	75.0	5,625
<b>Summe</b>	<b>171,000</b>	<b>468</b>		<b>367,000</b>	<b>13.78</b>	<b>23,560</b>		<b>18,473</b>
	[m <sup>3</sup> /Tag]			[€/m <sup>3</sup> ]	TS [%] n. Vergärung	[m <sup>3</sup> /Tag]		[m <sup>3</sup> /Tag]
per Einheit	468			2.15	8.64	64.5		50.6

Tabelle 6: Kenndaten der Gülle für die Biogasanlage und Berechnung des Inputs (Programm der LK NRW zur Biogaskalkulation)

eingesetzte Substrate	Menge pro Jahr	spez. Gasausbeute	Gasvolumen	Methan-gehalt	Energie aus Biogas	Volumen nach Vergärung	Kosten Gärsubstrat-Verwertung	
							[€/m <sup>3</sup> ]	[€]
	[t; m <sup>3</sup> ]	[NI/kg oTs]	[m <sup>3</sup> ]	[%]	[kWh]	[m <sup>3</sup> ]		
Bullengülle	146,000	380	4,882,240	55.0	29,785,130	139,897	2.00	279,794
Hühnerkot, frisch	25,000	500	2,812,500	58.0	18,094,151	21,484	2.00	42,969
<b>Summe</b>	<b>171,000</b>		<b>7,694,740</b>		<b>47,879,282</b>	<b>161,382</b>		<b>322,763</b>
	[m <sup>3</sup> /Tag]		[m <sup>3</sup> /h]		[kW/h]	[m <sup>3</sup> /Tag]		
per Einheit	468		878		5,466	442		

Tabelle 7: Kenndaten der Gülle für die Biogasanlage und Berechnung des Gasvolumens und der Gärreste (Programm der LK NRW zur Biogaskalkulation)

## > Mastbullengülle

Der Biogasertrag der Mastbullengülle beträgt gemäß dem Berechnungsprogramm der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen 4.882.240 m<sup>3</sup>, das entspricht einem Energiegehalt von 29.785.130 kWh/a.

Der größte Anteil und Kostenblock für die Gärresteanfuhr und -ausbringung entfällt auf die Bullengülle, die einen relativ geringen TS-Gehalt hat.

## > Hühner-Frischkot

Nach den Angaben der Hühnerfarm KOZLU wird der tägliche Hühnerkotanfall mit ca. 70 to/d entsprechend ca. 25.000 t/a mit einem TS-Wert von 30 % angenommen. Dies entspricht auch in etwa den Kalkulationen mit deutschen Standardwerten.

Die Gesamtmenge aller Substrate beträgt 171.000 m<sup>3</sup>/a mit einem mittleren TS-Gehalt von 13,8 %. Nach der Vergärung verbleiben 161.382 m<sup>3</sup> Gärreste mit einem durchschnittlichen TS-Gehalt von 8,6 %.

Der Energieertrag beider Güllen liegt bei 47.879.282 kWh/a, das entspricht 5.466 kW/h. Bei einem elektrischen Wirkungsgrad von 41 % lässt sich damit ein BHKW mit 2.241 kW Leistung betreiben

Es wird daher folgender zweistufiger Ausbau vorgeschlagen:

#### **I. Substrate für die Biogasanlage Suluova in der 1. Ausbaustufe**

- Rindergülle aus der Bullenmast (ca. 146.000 t/a von 20.000 Bullen)
- Kot der Hühnerfarm in Suluova (ca. 25.000 t/a von 1 Mio. Hühnern)

#### **II. Weitere Substrate für eine 2. Ausbaustufe**

- Rindergülle aus der weiteren Bullenmast (ca. 146.000 t/a von 20.000 Bullen)
- Zusätzlicher Kot von der Hühnerfarm in Suluova und den geplanten Hühner-farmen in Amasya und Merzifon (rd. 66.000 t/a von 1,8 Mio. Hühnern)
- Klärschlamm der noch zu bauenden kommunalen biologischen Kläranlage
- Schlachtabfälle (Panseninhalt und Klärschlamm)
- Abfälle aus Acker- und Obstanbau (Zwiebel etc.)
- Kantinenabfälle
- Abfälle der Lebensmittelverarbeitung

## **5.4 Anlagenkonzeption und -größe**

Die Anlagenkonzeption ist in Abb. 11 dargestellt.

#### **Bestandteile der Biogasanlage**

- Vorlagebehälter mit Rührer (500 m<sup>3</sup>)
- Sandabscheidung
- 2 Pumpen (Zuführung)
- Medienpumpe
- 5 Fermenter (5 x 2.100 m<sup>3</sup>, zweistraßig)
- Maschinelle Gärresteseperation (Pressschneckenseparator)
- 4 BHKW (4 x 500 KW<sub>elektrisch</sub>; 512 KW<sub>thermisch</sub>)
- Wärmerückgewinnung aus Gärresten zur Vorerwärmung der Substrate (Option bei Trocknung der Gärreste)
- Abgedichtete Lagunen für Gärflüssigkeit (108.000 m<sup>3</sup> Lagerungsvolumen für 8 Monate)
- Lagunen sollen dezentral in der Ackerbauregion erstellt werden, damit die Transporte kontinuierlich durchgeführt werden können und zum Zeitpunkt der Gülledüngung eine hohe Schlagkraft für die rasche Ausbringung gegeben ist.
- Lagerplatte für festen Gärrest (Option bei Trocknung der Gärreste)



## Auslegung der Biogasanlage

Kot von 1.000.000 Hühnern	25.000 to/a
Rindergülle von 20.000 Mastbullen	146000 m <sup>3</sup> /a
Jahresmenge Biogas	7,69 Mio. m <sup>3</sup> /a
Ausbaugröße BHKW	2.000 KW <sub>elektrisch</sub>
Elektrischer Wirkungsgrad	41 %
Thermischer Wirkungsgrad	42 %
Stromproduktion/-verkauf (89 % netto)	15,6 Mio. kWh/a
Stromeinkauf für Eigenbedarf	0,76 Mio. kWh/a
Wärmeproduktion	16,1 Mio. kWh/a

## Mögliche Standorte der Biogasanlage

Als Standorte für die geplante Biogasanlage kommen ein Gelände in der Nähe der geplanten kommunalen Kläranlage und ein Gelände südlich der SOID in Frage.

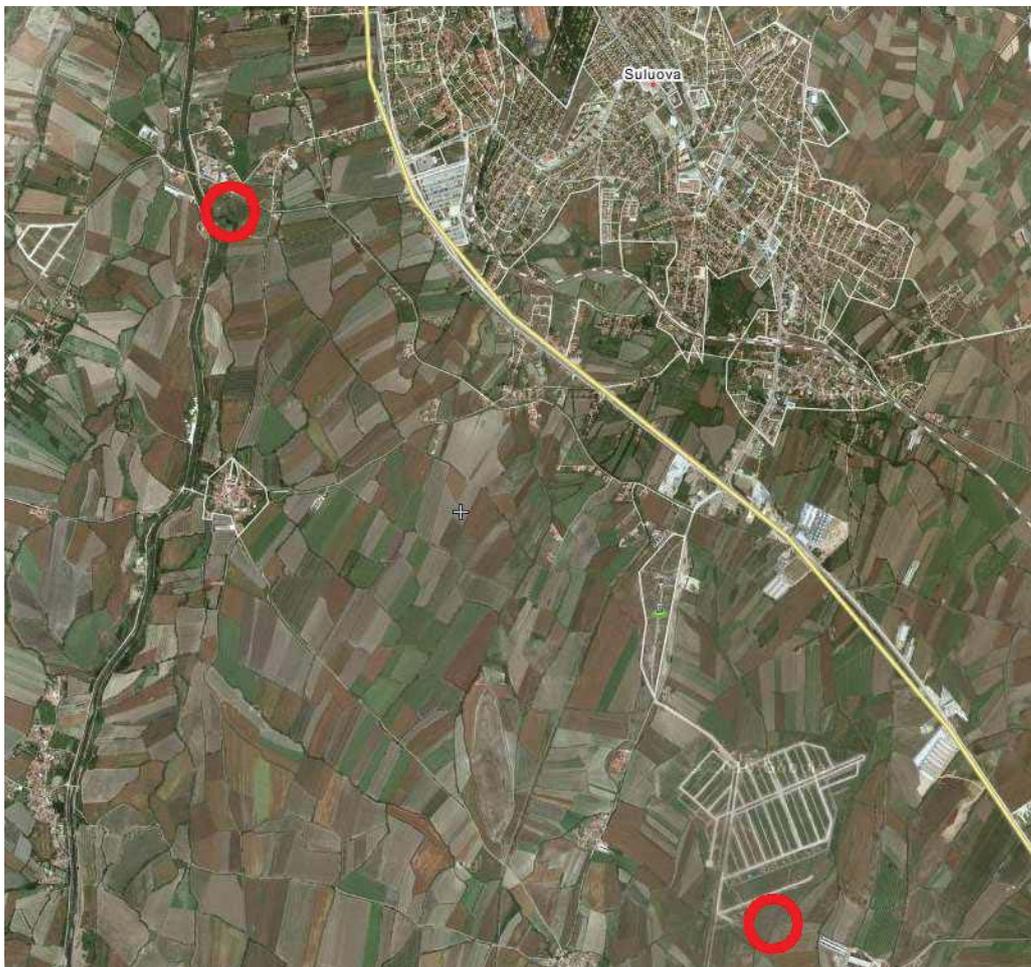


Abb. 12: Mögliche Standorte der Biogasanlage Suluova

## 5.5 Nutzung der BHKW-Abwärme

Da die möglichen Standorte der geplanten Biogasanlage 1 bis 3 Kilometer von dem Rand der geschlossenen Bebauung von Suluova entfernt liegen, ist in der 1. Ausbaustufe eine Wärmeversorgung von Wohngebäuden, Schulen etc. noch nicht wirtschaftlich.

Gewerbe- und Industriebetriebe mit hohem Wärmebedarf sind auch in der Nähe der möglichen Standorte nicht vorhanden.

Da von Landwirten bei der Recherche vor Ort das Interesse am Betrieb von Gewächshäusern bekundet wurde, könnte die BHKW-Abwärme zur Beheizung von Gewächshäusern im Herbst, Winter und Frühjahr genutzt werden. In Suluova herrschen zu dieser Jahreszeit relativ niedrige Temperaturen mit ausgeprägten Frostperioden im Winter.

Außerdem könnte das in den BHKW anfallende Verbrennungsgas zur CO<sub>2</sub>-Versorgung der Gewächshäuser und somit zur Beschleunigung des Wachstums genutzt werden, soweit dies die türkische Gesetzgebung zulässt.

Eine weitere Möglichkeit der Abwärmenutzung der BHKW besteht im Trocknen des festen Gärrestes (nach Separation) auf Bandtrocknern und in der anschließenden Herstellung von hochwertigen organischen Düngepellets, für die eine große Nachfrage im Obst- und Gartenbau vorhanden ist.

Da in der 2. Ausbaustufe sehr hohe Wärmemengen zusätzlich anfallen, könnten dann auch die Verlegung eines Nahwärmenetzes und die Wärmeversorgung von Wohnblocks und Gewerbebetrieben im Stadtgebiet von Suluova wirtschaftlich werden.

Weiteres Wachstum des landwirtschaftlichen Sektors wird in Zukunft auch zur Ansiedlung von Betrieben der Lebensmittelverarbeitung führen. Auch hier könnten ganzjährig große Wärmemengen zur Lebensmittelverarbeitung (z. B. Garen, Konservieren etc.) genutzt werden.

## 5.6 Verwertung der Gärreste

In Tabelle 8 ist der Nährstoffbedarf für die in der Region vorhandenen Kulturen aufgeführt. Die meisten Flächen sind bisher nicht mit Gülle belegt, da die Viehhaltung flächenungebunden am Stadtrand betrieben wird.

	ha	Ertrag [dt/ha]	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
W.-Weizen	17,929	80.00	2,596,119	755,456	860,592
W.-Gerste	1,400	70.00	177,380	51,617	58,800
Zuckerrüben	1,667	600.00	180,036	91,618	252,050
Zwiebeln	2,500	600.00	270,000	120,225	360,000
<b>Summe</b>	<b>23,496</b>		<b>3,223,535</b>	<b>1,018,916</b>	<b>1,531,442</b>

Tabelle 8: Landwirtschaftliche Flächen und Nährstoffbedarf / KTBL 2009/

### Aufbereitung der Gärückstände

Bei der Fermentation wird lediglich die organische Trockensubstanz (oTS) bis zu einem gewissen Grad abgebaut. Wasser, anorganische Trockensubstanz und Nährstoffe werden durch die Anlage geschleust und bilden zusammen mit den ausgetragenen Mikroorganismen den Gärückstand im Anschluss an die Fermentation.

Erfahrungen in landwirtschaftlichen Biogasanlagen in Deutschland haben gezeigt, dass eine zeitnahe Düngung nach Pflanzenbedarf oftmals nicht möglich ist:



- Witterung (zu frühe Ausbringung führt zu N-Verlusten, Hitze führt zu Verätzungen, etc.) und
- Befahrbarkeit der Äcker (Witterung, Pflanzenhöhe, etc.).

Für eine Düngung nach Pflanzenbedarf ist eine Aufbringung der Gärreste mit moderner Applikationstechnik wie Schleppschauchverteilern zu empfehlen. Dies reduziert die N-Verluste, ist pflanzenverträglich und bietet eine sehr gute Verteilgenauigkeit.

Bei einer Aufbereitung der Gärreste werden im Wesentlichen die Feststoffe aus der Biogasgülle separiert. Es findet demnach eine Aufkonzentrierung des Düngemittels statt. Eliminationsgrade und Kosten hängen entscheidend von der angewandten Verfahrenstechnik ab. Die Übersicht in Abb. 13 stellt verschiedenen Möglichkeiten zur Aufbereitung dar.

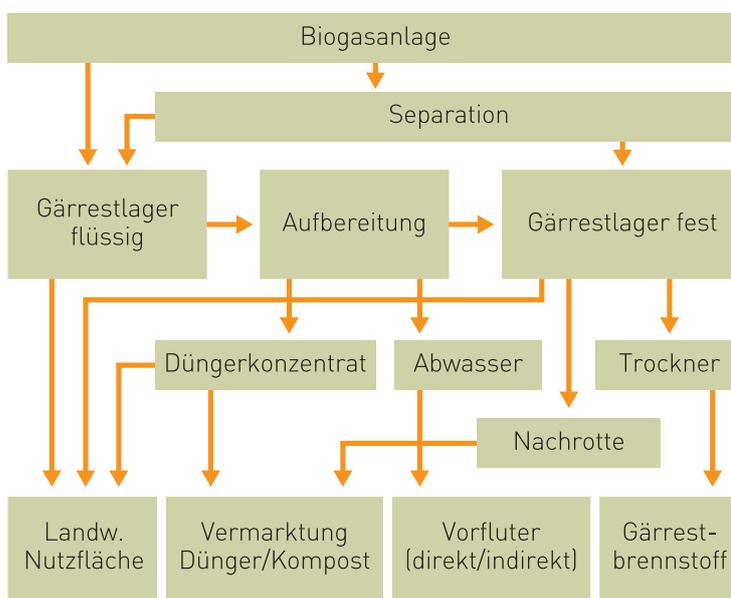


Abb. 13: Verfahrensübersicht Gärrückstandsaufbereitung / C.A.R.M.E.N. 2008 /

Mit einer kompletten Gärückstandsaufbereitung, d. h. einer Vermeidung der direkten landwirtschaftlichen Verbringung, können hygienebedenkliche Risiken auf ein Minimum reduziert werden. Je nach Aufbereitungsgrad des Abwassers kann dieses einer kommunalen Kläranlage oder direkt einem Vorfluter zugeführt werden. Überschüssiges Konzentrat kann als Prozesswasser erneut der Anlage zugeführt werden.

Bei einer Gärrestaufbereitung können folgende Verfahren entweder einzeln oder in Kombination zur Anwendung kommen:

- **Separation**
- **Flotation**
- **Filtration/Membranfiltration**
- **Umkehrosmose**
- **Eindampfung**
- **Strippung und**
- **Fällung**

Generell ist eine Gärrestaufbereitung mit hohem Aufwand verbunden und wird nur dann Anwendung finden, wenn die klassische Direktaufbringung auf landwirtschaftlichen Flächen nicht oder nur unter hohem Transportaufwand möglich ist.

Aus Erfahrungen bei vergleichbaren Projekten wird für die Biogasanlage Suluova lediglich die Separation und die Lagerung des Gärsubstrats sowie die anschließende Direktverbringung auf die landwirtschaftlichen Flächen untersucht, da die Aufbereitung der Gärückstände mit weitergehender Reinigung der flüssigen Phase mit Filtration, Umkehrosmose etc. einen zusätzlichen Energieverbrauch und höhere Investitions- und laufende Kosten verursacht.

## Gärrestseparation

Eine alleinige Separation des Gärrestes in eine Flüssigphase und in einen Feststoffdünger bietet folgende Vorteile:

- **Durch das Gärsubstrat würden ohne die Separation erhöhte Betriebsaufwendungen für das Rühren der Gärrestläger anfallen.**
- **Gärsubstratlagervolumen wird eingespart.**
- **Die Flüssigphase eignet sich als NPK-Dünger hervorragend zur Kopfdüngung standortnaher Getreidebestände etc..**
- **Die Feststoffphase weist pro Tonne Frischmasse deutlich höhere Nährstoffgehalte auf. Hierdurch ist sie transportwürdiger und kann damit auf den weiter entfernt liegenden Anbauflächen (z. B. Obst- und Gartenbau) eingesetzt werden, vorausgesetzt, diese sind für den erhöhten Phosphoranteil im Feststoffdünger aufnahmefähig.**

	Menge [m³]	TS [%]	TM [%]	N [kg]	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> [kg]	K <sub>2</sub> O [kg]
Input BG - Gülle	161,382	8.64	13,942	1586000	785000	1090000
Separationsrate [%]			60%	30%	45%	40%
Flüssige Phase	135,241	4.12	5,577	1,110,200	431,750	654,000
Feste Phase	26,140	32.00	8,365	475,800	353,250	436,000
<b>Nährstoffkonzentration</b>				<b>kg/m³</b>	<b>kg/m³</b>	<b>kg/m³</b>
Flüssige Phase				8.21	3.19	4.84
Feste Phase				18.20	13.51	16.68
<b>Flächenbedarf für die flüssige Phase der Separation</b>				<b>[kg/ha]</b>	<b>[kg/ha]</b>	<b>[kg/ha]</b>
Ackerfläche [ha]	26,212			42	16	25
min. Ackerfläche [ha]	11,102			100	39	59

Tabelle 9: Auswirkungen der Separation eines Pressschneckenseparators auf die Nährstoffzusammensetzung der festen und flüssigen Phase (eigene Berechnungen)

Möglich ist auch die direkte Vermarktung des Feststoffdüngers nach Trocknung oder Kompostierung als nährstoffreicher Humusdünger und Kompostersatz.

Zu beachten ist aber, dass nun der Stickstoff der begrenzende Nährstoff ist und bei 100 kg N/ha eine nur geringfügig kleinere Flächenausstattung notwendig ist, als bei der direkten Ausbringung des Gärrestes.

## Lagerkapazität

Für die Lagerung von Jauche und Gülle ist bei Neuanlagen in Deutschland mindestens eine Lagerkapazität von mindestens 6 Monaten vor zu sehen. In der Türkei werden hierzu derzeit Regelungen vorbereitet.



Zwecks guter wirtschaftlicher Verwertung des Düngers und aus Gründen des Boden- und Gewässerschutzes sollte die Ausbringung entsprechend dem Nährstoffbedarf der Pflanzen erfolgen, so dass eine optimale Verwertung möglich wird.

Kulturart	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni
Winterweizen, -roggen Triticale									■	■	■	■
Wintergerste			■ 1)						■	■	■	■
Winterraps		■ 1)	■						■	■	■	■
Sommerraps, Senf									■	■	■	■
Sommerweizen, Hafer Sommergerste									■	■	■	■
Braugerste									■	■	■ 2)	
Futtermülsen									■	■	■	■
Kartoffeln									■	■	■	■
Mais										■	■	■
Zwischenfrüchte ohne Leguminosen	■	■	■						■	■	■ 3)	
Feldgras	■	■	■						■	■	■	■
Wiesen, Mähweiden	■	■	■						■	■	■	■

**Anmerkungen**

- Gute Ausnutzung möglich
- Gute Ausnutzung bedingt möglich

- 1) Sofortige Einarbeitung
- 2) Max. 40 kg anrechenbarer N
- 3) Zwischenfrüchte zur Futtermutzung

*Tabelle 10: Ausbringungstermine für organische Dünger bei einer gewässerschonenden Landwirtschaft / Merkblatt DWA-M 907 2010 /*

Da der weitaus größte Stickstoffbedarf der landwirtschaftlichen Kulturen im Frühjahr liegt, müssen dort auch die empfohlenen Ausbringungszeiten und -mengen ihren Schwerpunkt haben / Merkblatt DWA-M 907 2010 /. Tabelle 10 zeigt für die einzelnen Anbaufrüchte die empfohlenen Ausbringungszeiten in Deutschland.

Bei der Bemessung der Lagerkapazität der Gärreste wird die erforderliche Güllagerungsdauer gemäß der Tabelle 11, entsprechend dem „Nährstoffbeurteilungsblatt für landwirtschaftliche Bauvorhaben in NRW“, festgelegt.

Lagerkapazität	Betriebliche Flächennutzung
6 Monate	Dauergrünlandanteil > 66 %
7 Monate	Dauergrünlandanteil > 33 % bis < 66 % und Anteil Mais, Rüben, Kartoffeln, Gemüse an der LN < 50 %
8 Monate	Anteil Mais, Rüben, Kartoffeln, Gemüse an der LN < 75 %
9 Monate	Anteil Mais, Rüben, Kartoffeln, Gemüse an der LN > 75 %

Tabelle 11: Erforderliche Lagerkapazität für flüssige Wirtschaftsdünger (nach Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW 2006) / Merkblatt DWA-M 907 2010 /

Nach den in den Tabelle 10 und 11 aufgeführten Kriterien dürfte für Suluova eine Lagerkapazität von ca. 8 Monaten zu empfehlen sein. Wegen der Klimaunterschiede sind alle Tabellen und Abschätzungen für die Türkei durch lokale Experten anzupassen.



Die Nutzung der Nährstoffe zum optimalen Düngezeitpunkt (in Abhängigkeit der Vegetationsentwicklung) erfordert eine hohe Lagerkapazität der flüssigen Phase von rund 90.000 m<sup>3</sup> (8 Monate) bei Gärrestseparierung und von 108.000 m<sup>3</sup> ohne Gärrestseparierung. Für die Lagerung der flüssigen Gärreste entstünden sehr hohe Investitionskosten bei der Verwendung zylindrischer Gärrestlager aus Metall oder Beton, so dass hier für die 1. Ausbaustufe eine Gärrestelagerung in einer preiswerten mit Folie abgedichteten Güllelagune (siehe Foto) und Rührreinrichtungen zur Homogenisierung vorgeschlagen wird.



Die Separation hätte den Vorteil, dass die stickstoffreiche flüssige Phase und der phosphorreiche feste Dünger (siehe Foto) zu unterschiedlichen Düngezeitpunkten optimal vermarktet werden können.

Die Separation hätte den Vorteil, dass die stickstoffreiche flüssige Phase und der phosphorreiche feste Dünger (siehe Foto) zu unterschiedlichen Düngezeitpunkten optimal vermarktet werden können.

Ein optionales Konzept der weitgehenden Aufbereitung und Nutzung der Gärreste besteht zusammengefasst in Folgendem:

- **Trennung von Gärresten in festen und flüssigen Dünger durch einen Pressschneckenseparator**
- **Lagerung des flüssigen stickstoffreichen Düngers in abgedichteten Lagunen (Lagerkapazität ca. 8 Monate, 90.000 m<sup>3</sup>)**
- **Abfuhr und Ausbringung des flüssigen stickstoffreichen Düngers mit Gülletankwagen mit Exaktverteiler zum Zeitpunkt des Stickstoffbedarfs der Zuckerrüben, Mais-, Getreide- und Zwiebelkulturen und mit Schleppschlauchtechnik zur bodennahen Ausbringung (siehe Foto)**
- **Bei Gärrestseparierung Lagerung des festen phosphorreichen Düngers auf Betonplatten, Kompostierung, Verteilung mit Exaktdüngerstreuern mit Traktor nach der Ernte oder auf schneefreien, gefrorenen Boden im Frühjahr.**

Der Düngewert des flüssigen Gärrestes ist aus folgenden Gründen besonders hoch:

- **Gülle ist ein flüssiger Volldünger und durch stark angestiegene Mineraldüngerpreise wertvoller geworden.**



- **N-Mineraldünger sind durch die energieaufwändige Stickstoffsynthese aus der Luft teurer. Diese Biogasgülle hat einen Substitutionswert zu Mineraldünger von ca. 11 – 14 €/m<sup>3</sup>. Lohnunternehmer bieten die Gülledüngung für einen Ausbringungspreis von 2 – 4 €/m<sup>3</sup> an (Deutschland).**
- **Gute fachliche Praxis ist Düngung im Frühjahr auf Getreide mit exakter Verteilung oder Einarbeitung vor der Saat bei Mais mit anschließender Kopfdüngung.**

## **Erforderliche Ackerflächen für Gärrestverbringung**

Erforderliche Ackerflächen für Gärrestverbringung

In Anlehnung an die Deutsche Düngeverordnung (§ 4 (3)) wird vereinfachend die zulässige Stickstoffzufuhr mit 170 kg/ha N angenommen. Diese Annahme ist bei weiterer Projektumsetzung auf türkische Verhältnisse anzupassen.

Um den Nährstoffgehalt des Gärrestes optimal ausnutzen zu können, wird eine organische Stickstoffdüngung für Getreide von 80 - 100 kg/ha N empfohlen.

Gemäß den Kalkulationen in Tabelle 9 fallen bei einem Gehalt von 8,2 kg N/m<sup>3</sup>FM in der flüssigen Phase insgesamt 1.110.200 kg/a N an. Es ist somit bei einer Ausbringung von 100 kg N/ha eine Mindestfläche von 11.102 ha zur Verbringung der flüssigen Phase erforderlich

Da im Distrikt Suluova 26.212 ha Ackerfläche (Tabelle 1) vorhanden sind, gibt es keine Überdeckung mit Stickstoff.

Gemäß Tabelle 9 kann bei Gülleseparierung in der flüssigen Phase mit 3,2 kg/m<sup>3</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> gerechnet werden. Bei 167.660 m<sup>3</sup>/a ergibt sich eine jährliche Phosphatfracht von 431.750 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

In Nordrhein-Westfalen wird bei mittlerer Standortklasse (Anlage 2 zu RdErl vom 13.06.2006) für Weizen mit einer zulässigen P-Zufuhr von 70 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> gerechnet.

Es ergibt sich für die Verbringung der flüssigen Phase folgende Mindestfläche:

$$431.750 \text{ kg P}_2\text{O}_5 / 70 \text{ kg/ha} = 6.168 \text{ ha.}$$

Die vorhandene Fläche reicht bei Weitem dafür aus. Begrenzend ist im Fall der Separation auch nicht der Phosphatgehalt sondern der N-Gehalt.

Um die N-Frachten auszubringen benötigt man, wie weiter oben dargestellt, 11.102 ha. Auch diese Fläche ist vorhanden.

## **5.7 Gestaltung der Ställe und Andienung der Gülle**

### **5.7.1 Empfehlungen zum Entmistungssystem**

Zur Vergärung von organischen Substraten ist eine Mindestaufenthaltszeit in den Fermentern erforderlich. Da eine Zugabe von Trinkwasser bei der Stallentmistung das zu behandelnde Güllevolumen vervielfacht, ist auch ein Vielfaches an Fermentervolumen erforderlich.

Die Vergärung findet bei ca. 39 °C im Fermenter statt, so dass das mit einer Temperatur von etwa 10 – 15 °C zugegebene Wasser auch zusätzlich auf 39 °C aufgeheizt und über die gesamte Aufenthaltszeit in diesem Temperaturbereich gehalten werden muss.

Es ist daher unbedingt zu empfehlen, auf die Nutzung von Trink-, Grund- oder Brauchwasser zur Stal-  
lentmischung zu verzichten und lediglich Rinderkot und –harn zusammen als Gülle zu entsorgen.

Als preiswertes Verfahren hat sich in Deutschland seit Jahrzehnten die Schieberentmischung in Ställen  
(Abb. 14) und im Freilauf (Abb. 15) bewährt, wobei die Schieber über einen Seil-Trommel-Antrieb be-  
wegt werden (Abb. 16).



Abb. 14: Klappschieberentmischung im Stall  
/ Hau 2011 /



Abb. 15: Klappschieberentmischung im Freilauf  
/ Hau 2011 /

Kot und Urin werden so in einem neu zu errichtenden unterirdischen Güllesammelbehälter (Abb. 18 und  
Abb. 19) befördert. Der Güllesammelbehälter hat eine Lagerkapazität von ca. 1 Woche.

Mit Vakuumtankwagen wird die gesammelte Gülle abgesaugt und mit Traktoren zur Biogasanlage ge-  
bracht (Abb. 17).



Abb. 16: Seil-Trommel-Antrieb mit  
feuerverzinktem Gehäuse / Hau 2011 /



Abb. 17: Absaugen der Gülle mit  
Vakuumtankwagen / KTBL 2006 /

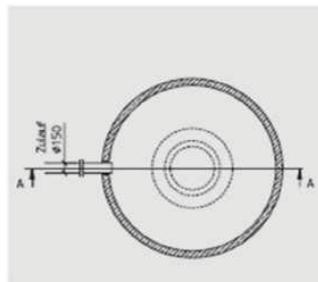
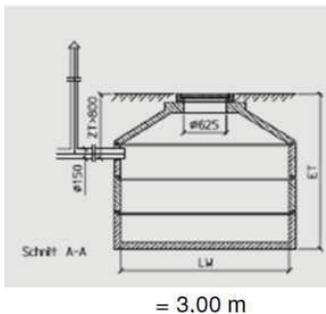


Abb. 18: monolithischer Sammelbehälter aus Fertigbeton / Mall 2011 /



Abb. 19: monolithischer Sammelbehälter aus Kunststoff / Mall 2011 /

Lagervolumen: 20,00 m<sup>3</sup>



Abwasser-Sammelanlagen  
Einbehälter-Ausführung in  
Ringbauweise

Nutzinhalt ca m <sup>3</sup>	Innendurch- messer mm	Einbautiefe ca. mm
10,50	2000	4400
15,20	2500	4150
20,00	3000	3750

Abb. 20: Güllesammelbehälter in Ringbauweise / Rhebau 2011 /

## 5.7.2 Vorhandene Ställe und Möglichkeiten der Umgestaltung

Im Dezember 2010 und Januar 2011 wurden zwei Mastbetriebe und ein kombinierter Betrieb mit Milcherzeugung, Aufzucht und Mast exemplarisch besucht und mit Fotos dokumentiert.

### Mastbetrieb mit 40 Bullen

Die Arbeiten werden von einem auf dem Hof lebenden angestellten Ehepaar erledigt. An das Mastvieh wird hauptsächlich einsilierte Melasse verfüttert.



Die 40 Mastbullen befinden sich in einem Anbindestall mit einer mittigen Doppelrinne. Der Tierkot wird mit Wasser abgespritzt und fließt durch die Doppelrinne bis zum Ende des Stalles.

Von dort gelangen Rinderkot und –urin in einen Beton-kanal, der zum Tersakan führt.

Zum Zweck der Umgestaltung der Entmistung könnte ein kleiner unterirdischer Güllesammelbehälter mit einem Nutzinhalt von ca. 10 m<sup>3</sup> außerhalb des Stalles gebaut werden, aus dem die gesammelte Gülle mit Vakuumentankwagen gesaugt und zur Biogasanlage gebracht wird. Auf das Abspritzen mit Wasser wird verzichtet und der Kot wird mit einem händischen Mistschieber (siehe Abb. 21) in die Doppelrinne und dann durch diese bis zum Stallende geschoben. Alternativ kann man den Kot mit einer Mistschaufel auf eine Schubkarre laden und zum Güllesammelbehälter fahren. Der Urin fließt im freien Gefälle durch die Doppelrinne in den Güllesammelbehälter.



Abb. 21: händische Mistschieber  
/ Mäder 2011 /



/ Heemskerk 2011 /



/ Schippers 2011/

## **Mastbetrieb mit einer Kapazität von ca. 400 Bullen (IDRIS YAVUZ)**

Der Mastbetrieb befindet sich am westlichen Ufer des Tersakan. Auf dem Gelände befinden sich mehrere Silos für Silomais und Zuckerschnitzel, Mastställe und Wohngebäude. Der Besitzer IDRIS YAVUZ stellt auch Futtermittel her.

In einem offenen Laufstall befindet sich auf einer etwas höher gelegenen Seite ein Futtertrog mit anschließenden überdachten Flächen.



Hier häuft sich der feste Dung an, in dem auch die Tiere liegen.

Der feste Dung wird in gewissen Zeitabständen mit einem Frontlader auf Wagen aufgeladen und zur Düngung von Obstgärten genutzt.

Zur Zeit der Besichtigung Ende Dezember 2010 waren mehrere Ställe leer, da man auf Jungvieh aus Paraguay wartete.



Die geschlossenen Ställe haben Anbindevorrichtungen und verfügen in Stallmitte über eine etwa 40 cm breite und 20 cm tiefe Rinne, die mit Wasser gespült wird. Am Ende des Stalles befindet sich eine Öffnung, durch die die Gülle nach außen in eine querlaufende Betonrinne geschwemmt wird.



Durch eine Verrohrung unter dem angrenzenden Weg gelangt die Gülle direkt in den Uferbereich des Tersakan und anschließend in die fließende Welle.

Herr IDRIS YAVUZ rechnet mit Auflagen, die dazu führen, dass er zukünftig auf die Spülung mit Wasser verzichten muss.

Er wird die Stallentmistung umgestalten und beabsichtigt den Bau eines offenen Gülle-Sammelbeckens auf dem bereits dafür vorgesehenen Platz (siehe Foto oben rechts).

Er sieht die Entwicklung der SOID kritisch, da schon viel von Mastbetrieben in deren Ställe investiert wurde und diese im Falle einer Umsiedlung zu SOID nicht mehr genutzt werden könnten.

IDRIS YAVUZ hat eigenes Land in der Nähe seines Betriebes und hat Interesse daran, dass die Biogasanlage nicht weit weg am Tersakan errichtet wird, damit er die BHKW-Abwärme für Gewächshäuser nutzen kann, die er gerne betreiben möchte.

### **Kombinierter Betrieb mit Milcherzeugung, Aufzucht und Mast (KODAMANLAR)**

Es handelt sich um einen „Aussiedlerhof“ westlich von Suluova nahe dem Dorf Cürlü Köyü-Suluova.

Der Landwirt baut sein Futter zum größten Teil selbst an. Er hält Milchkühe, Kälber und Masttiere sowie Schafe und Geflügel.

Herr ESEM KODAMANLAR hat ein System der Schieberentmistung entwickelt und auch selbst gebaut.

Der Kuh- und Kälberstall wird mit einem ca. 1,40 m breiten, mit einer Kette gezogenem Schieber und der offene Mastviehstall mit einem etwa 2,50 m breiten Schieber entmistet (siehe Fotos).



Die Gülle wird über das Schiebersystem in ein offenes Güllebecken gefördert, dort gelagert und mit einer Pumpe auf ein in der Nähe befindliches Feld gepumpt.



Alle Arbeiten inkl. der Betonarbeiten wurden in Eigenregie durchgeführt. Nach Mitteilung von ESEM KODAMANLAR funktioniert die Schieberentmistung sehr gut.

### 5.7.3 Empfehlungen zum Bau von Mastställen in Suluova

In Deutschland ist für die Bullenmast der Vollspaltenbodenstall die Standardlösung / KTBL /.



Abb. 22: Vollspaltenbodenstall  
/ LfL Bayern 2006 /

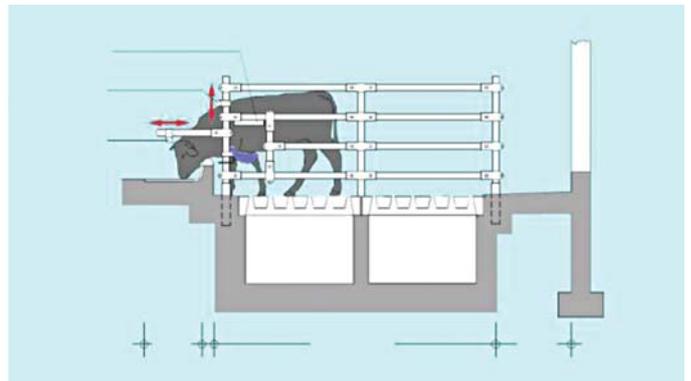


Abb. 23: Vollspaltenbodenstall  
/ LfL Bayern 2006 /

Hierbei wird keine Einstreu verwendet. Die Mastbullen stehen auf einem Boden mit Spalten und Liege- und Fressflächen sind unterkellert. Die Lagerung der Gülle erfolgt in diesem Güllekeller.

Eine gewisse Bedeutung hat auch der Tretmiststall, bei dem aber mit Stroh eingestreut wird. Die Entmistung der Tretmistställe kann durch Schieber mit Seilwinden oder durch kleine Traktoren mit Schieberschild erfolgen.



Abb. 24: Tretmiststall  
/ LfL Bayern 2006 /

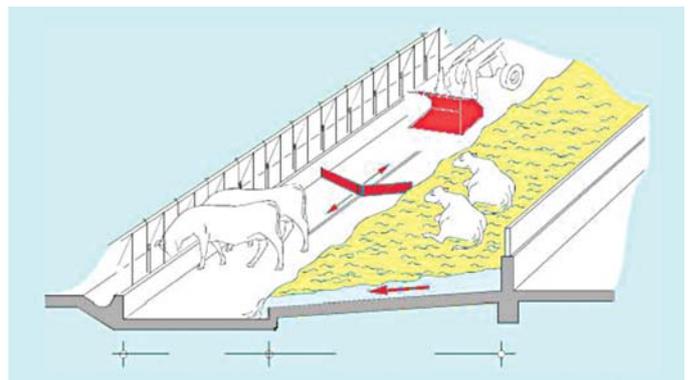


Abb.25: Tretmiststall  
/ LfL Bayern 2006 /



Anbindeställe kommen in Deutschland wegen des höheren Arbeitsaufwandes wenig vor.

Da der Vollspaltenbodenstall mit sehr hohen Investitionskosten verbunden ist und eine relativ weit entwickelte Bautechnik erfordert, dürfte er sich in Suluova nicht verbreiten. Denn aufgrund der wechselnden Marktlagen für importierte Jungbullen und Futtermitelein Kauf dürfte im Einzelfall keine langfristige Investitionssicherheit gegeben sein.

Auch Tretmistställe mit Einstreu dürften keine Verbreitung finden, da der entstehende Strohdung nur schwierig zu entsorgen und in einer Biogasanlage zu vergären ist.

Wegen der niedrigen Lohnkosten könnten für die geschlossenen Ställe in Suluova die doppelreihigen Anbindeställe mit einer Schieberreihe in der Mitte und Futtertrögen inkl. Futtergängen außen weiterhin eine vorteilhafte Lösung sein.

Das Beispiel des Betriebes KODAMANLAR zeigt, dass dieses Stall- und Entmistungssystem gut funktioniert, in Suluova weiterentwickelt wurde und in Eigenarbeit gebaut werden kann.

Es sollte auf Einstreu verzichtet werden, Kot und Harn zusammen gesammelt, zur Biogasanlage gebracht und dort in einer preiswerten Nassfermentation und nicht in einer teuren Trockenfermentation vergoren werden.

Die Technik des Gülletransportes und der Gülledüngung mit Tankfahrzeugen etc. hat sich bisher in Deutschland als wirtschaftlich und flexibel bewährt. Es ist damit zu rechnen, dass die Gülletechnik auch in der Türkei starke Verbreitung finden wird. Kleine Parzellengrößen und unzureichende maschinelle Ausstattung haben bisher die Ausbreitung der in Europa bewährten Gülletechnik verhindert. Dem wird zukünftig dadurch begegnet, dass die Regierung ein Flurbereinungsverfahren durchführt und der Abtransport und die Gülleverteilerung durch optimierte Maschinen des Biogasanlagenbetreibers oder durch Lohnfuhrunternehmen erfolgen wird.

#### **5.7.4 Beschreibung der Stock Organized Industrial District (SOID)**

##### **Planung**

Die Industriezone SOID, im Süden des Stadtgebietes von Suluova gelegen, wurde vom Industrieministerium geplant für die Ansiedlung von Mastbetrieben mit einer Gesamtkapazität von insgesamt 10.000 Bullen, einem Schlachthof, Weiterverarbeitungsbetrieben und einer Biogasanlage (siehe Abb. 26).

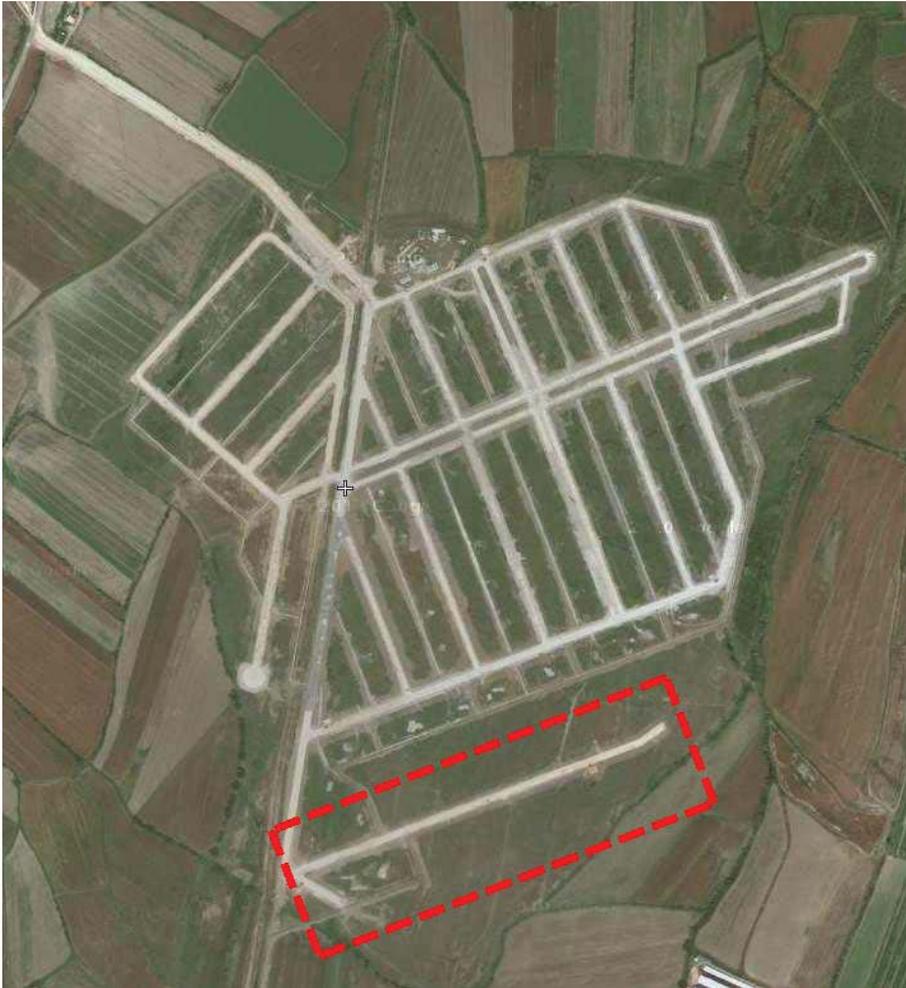


Abb. 26: SOID mit Hervorhebung des geplanten Bereiches für die Biogasanlage und Gewerbe

Für den Bau der Biogasanlage ist eine Fläche mit einer Größe von 2,4 ha vorgesehen.

Dieses Grundstück wurde an SIGMA übertragen. Am 11.12.2010 teilte der damalige Direktor Nuri Aydin mit, dass diese Zuteilung rückgängig gemacht werde, wenn SIGMA bis Februar 2011 kein Projekt einreiche.

Die Frage der Ableitung der Gülle mittels Pumpen oder der Abfuhr der Rindergülle oder –jauche zur geplanten Biogasanlage war im Dezember 2010 noch nicht geklärt. Zu diesem Punkt erwartete man eine Beratung durch die giz.

Bis Ende Dezember 2010 erhielten 21 Mastbetriebe ihre Bauparzelle kostenlos unter der Bedingung, dass sie vor Ort 10 Personen beschäftigen. 29 Mastbetriebe kauften ihre Bauparzelle zu 10 €/m<sup>2</sup>.

Das Industrieministerium gibt 60 % Zuschüsse für den Bau der Ställe. Im Jahr 2011 war Baubeginn für die Erschließung des Gebiets und in 2012 soll der Betriebsbeginn für die Rindermast sein.

## Ausführung

Am 4.02.2011 besichtigte der Gutachter die fast fertiggestellte Industriezone.

Die Bauparzellen befinden sich beidseits eines vorhandenen Entwässerungsgrabens, der zum Tersakan führt.



Dieser Graben wurde in den 50er Jahren des vergangenen Jahrhunderts zur Trockenlegung der Sumpfflächen hergestellt. In diesen Graben entwässern die noch funktionsfähigen Drainagen.



In den Straßen wurde eine Regenwasserkanalisation verlegt, die auch in den vorhandenen Entwässerungsgraben mündet. Weiterhin führt eine abgedeckte Betonkastenrinne zum Graben. Diese Kastenrinne ist zwischen den Straßen über alle Parzellen verlegt.



Kurz nach Fertigstellung befindet sich die Kastenrinne schon in einem baulich völlig desolaten Zustand (siehe Fotos). Zudem weist sie ein unzureichendes Gefälle auf, da sie einfach bündig zum Gelände eingebaut wurde.

Nach Auskunft von Viehzüchtern soll diese Rinne zur Ableitung der Rinderjauche dienen. Da die Rinne mit Sicherheit nicht dicht ist, muss nun mit einer erheblichen Verschmutzung des Grundwassers und der Entwässerungsgräben mit Ammonium ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) aus der unbehandelten Jauche gerechnet werden.



Insgesamt wurden die Arbeiten zur Herstellung der Infrastruktur sehr mangelhaft durchgeführt, so dass schon vor Inbetriebnahme deutliche bauliche Schäden auch an den Straßenflächen festzustellen sind.

## 6 Machbarkeitsuntersuchung einer Düngemittelproduktion aus Gärresten



Anlässlich der Besuche in Suluova wurde von Vertretern des Verbandes der Rindermäster und von der Regionalen Wirtschaftsförderung OKA auf die hohe Nachfrage nach trockenem organischen Dünger für den Obst- und Gartenbau in der Türkei hingewiesen. Dieser Dünger ist in Form von Pellets in Gartencentern und Baumärkten erhältlich, z. B. Terravit Pelet der Fa. inter Ahaliz aus 100 % Hühnerkot (siehe Foto).

In Deutschland werden bereits Düngepellets aus Gärresten von Biogasanlagen hergestellt und angeboten, z. B. BIO-POWER von TerraVis Pellet-Energie.

Aufgrund der gegebenen hohen Nachfrage nach organischem Dünger in der Türkei wird im Folgenden die Machbarkeitsuntersuchung einer Produktion von organischem Trockendünger durchgeführt.

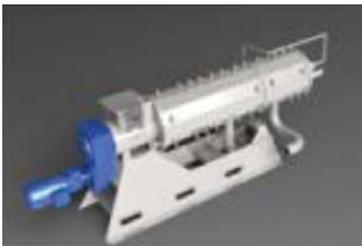
### 6.1 Beschreibung des Verfahrens

#### Separation

Der erste Schritt zur Herstellung von organischem Trockendünger aus vergorener Gülle ist die Feststoffseparation. Damit wird auch die Reduzierung des Lagervolumens für flüssige Gärreste und die Verminderung von Sink- und Schwimmdecken bei der Lagerung erreicht.

Vor allem aber kommt es zu einer Abtrennung der Nährstoffe, da der lösliche mineralische Stickstoff und Kalium vor allem in der Flüssigphase verbleiben, während organisch gebundener Stickstoff und Phosphor zum Großteil mit der Festphase abgeschieden werden / FNR 2010c /.

Als Verfahren der Feststoffseparation kommen infrage:



Pressschneckenseparator  
Abb. 27 / FEW 2011 /



Dekanter  
Abb. 28 / Haus Düsse 2011 /

Es werden Trockensubstanzgehalte von deutlich über 25 % in der Festphase erreicht.

Mit Pressschneckenseparatoren sind TS-Gehalte von 32 – 40 % in der Festphase erreichbar. Dekanter benötigen eine konstante Zusammensetzung des Eintrittsmaterials und unterliegen einem relativ höheren Verschleiß- und Energieverbrauch. Sie erreichen TS-Gehalte bis knapp 30 %, scheiden aber kleine Partikel besser ab.

#### Trocknung

Zur weiteren Trocknung wird die Abwärme der BHKW genutzt. Durch Wärmetransfer wird die Wärme aus der Motorkühlung in die Trockenluft übertragen, welche der Festphase in einem mechanischen Trockner weiter Wasser entzieht.



Als Trocknersystem kommen infrage:

Trommeltrockner

Bandrockner (Abb. 29)

Schubwendetrockner (Abb. 30, Abb. 31)



Abb. 29: Bandrockner  
/ Dorset 2011 /



Abb. 30: Schubwendetrockner  
/ Riela 2011 /



Abb. 31: Schubwendetrockner  
/ Riela 2011 /

Das in der Festphase enthaltene Ammonium geht bei höheren Temperaturen in Ammoniak über, das dann beim Trocknen gasförmig anfällt. Auch zur Verhinderung von Emissionen von Geruchsstoffen ist daher eine Abluftbehandlung erforderlich, mit welcher der Stickstoff als Ammoniumsulfatlösung (ASL) aus der Luft zurückgewonnen und wieder für Düngezwecke genutzt werden kann.

Mit Trocknersystemen sind Trockensubstanzgehalte von 80 % – 95 % erzielbar.

Der flüssige Gärrest, der hauptsächlich aus schnell verfügbarem anorganischen Stickstoff und Kalium besteht, wird in der Güllelagune gelagert und ist ein schnell wirkender Dünger in der Hauptvegetationsphase des Ackerbaus.

Bei der Separierung gehen die Feststoffe zu großen Anteilen in die feste Phase, hierin befinden sich insbesondere Phosphat, der organische Anteil des Stickstoffs. Mit dem Wasser, das in der festen Phase verbleibt, gelangt auch ein Teil des Kalis dort hinein.

## Pelletierung

Der getrocknete Gärrest wird im Pelletierer zu zylindrischen Presslingen verarbeitet. Dazu ist ein genau definierter Trockensubstanzgehalt des Gärrestes einzuhalten. Um diesen Wert einzustellen, kann die Zugabe von Wasser erforderlich werden.

Das Material wird unter hohem Druck durch eine Stahlmatrize (Ring- oder Flachmatrize siehe Abb. 32) mit Bohrungen im gewünschten Durchmesser gepresst. Durch den Druck findet eine Erwärmung statt, die eine Bindewirkung bewirken kann. Bisweilen ist die vorherige Zugabe von Bindemittel in Form von Stärke oder Melasse erforderlich.



Abb. 32: Ringmatrize  
/ Wikipedia 2011 /



Abb. 33: Pelletierer  
/ NEST 2011 /



Abb. 34: Düngerpellets:  
/ Riela 2011a /

## Absackung

Die abgekühlten Pellets werden über Förderbänder zur Absackung gefördert, welche vollautomatisch oder manuell erfolgen kann. Wegen der niedrigen Arbeitskosten dürfte in der Türkei eine manuelle Absackung zu bevorzugen sein, für die es schon Beispiele in der Türkei gibt.



Abb. 35: Antalya Pellet Production: / ITM 2011 /

Die abgesackte Ware wird auf Paletten in einer Halle gelagert, über Förderbänder auf LKW verladen (siehe Fotos unten), und von Großkunden abgenommen.



Abb. 36: Antalya Depot  
/ ITM 2011 /



Abb. 37: Antalya Product Shipping  
/ ITM 2011 /

## Thermische Verwertung der getrockneten Pellets

Die getrockneten Pellets haben einen Energiegehalt von etwa 3,8 kW/kg / C.A.R.M.E.N. 2009 /. Sie eignen sich generell für eine thermische Verwertung. In Deutschland ist dies derzeit aber nur in Anlagen mit einer Zulassung nach der 17. BImSchV möglich, da die Pellets bei anderer Verwertung, als zur Düngung, Abfalleigenschaften annehmen. Dies ist aber nicht in allen europäischen Ländern so, daher ist für die Türkei zu prüfen, ob sie auch zu Heizzwecken in kleineren Anlagen oder Industrieanlagen genutzt werden können. Die Asche ist am Ende wieder ein sehr konzentrierter Phosphor- und Kalidünger, der im Ackerbau eingesetzt werden kann.

Die Einsatzmöglichkeiten und die Wirtschaftlichkeit für die Verbrennung von Gärsubstratpellets sind unter den gegebenen Rahmenbedingungen und den Energiepreisen in der Türkei noch zu prüfen.

Im Folgenden wird daher die Herstellung von organischen Düngepellets und deren Einsatzmöglichkeiten untersucht.



## 6.2 Vordimensionierung und Abschätzung der erzielbaren Einnahmen aus der Düngemittelproduktion

### Organische Düngepellets

In der ersten Ausbaustufe werden ca. 146.000 t/a Mastbullengülle und ca. 25.000 t/a Hühnerkot in der Biogasanlage vergoren.

Mit dem Biogas-Berechnungsprogramm der Landwirtschaftskammer NRW wurden die Nährstoff- und Kenndaten des Biogasgärrestes berechnet (Tabelle 7).

In der Berechnung wurde der TS-Gehalt des Hühnerkots mit 30 % angesetzt. Dies basiert auf den Angaben des Betriebes KOZLU in Suluova vom 17.01.2011.

Nach der Fermentation beträgt das Gärrestvolumen 161.382 m<sup>3</sup>/a mit einem TS-Gehalt von 8,6 %. Auf der Grundlage der Berechnungen in Tabelle 9 sind in der nachfolgenden Tabelle 12 die Substrate nach ihren Massenanteilen aufgegliedert. Nach der Separierung in einem Pressschneckenseparator entsteht eine feste Phase mit einer Masse von 26.140 t/a und 32 % TS-Gehalt. Im Trockner wird der TS-Gehalt auf 88 % erhöht.

Massenbilanz der Substrate		Massen- anteil %	TS-Gehalt %	Masse [t]	Trocken- masse [t]
Mastbullengülle	flüssig		11	146.000	16.060
Hühnerkot	fest		30	25.000	7.500
Misch-Rohgülle	flüssig		13,78	171.000	23.560
Gärrest nach Fermenter	flüssig		8,64	161.382	13.942
Gärrest nach Separierung	fest	16,2	32	26.140	8.365
Gärrest nach Separierung	flüssig	83,8	4,12	135.241	5.577

Tabelle 12: Massenbilanz der Substrate

### Wärmebedarfsdeckung des Trockners

Bei einem Wärmebedarf von ca. 1,0 kWh/kg Wasser ergibt sich näherungsweise folgender Wärmebedarf:

$$26.140 (0,88 - 0,32) \times 1,0/8.760 = 1,67 \text{ MWtherm}$$

Über die Motorkühlung der BHKW mit 2 MWelekt. können mehr als 2 MWtherm. bereitgestellt werden. Daher kann mit der Wärmeleistung der geplanten Biogasanlage in Suluova der gesamte separierte Gärrest getrocknet werden.

Der Wärmebedarf für die Fermenterbeheizung kann durch die restliche BHKW-Abwärme und durch Wärmenutzung (Wärmetauscher) aus dem warmen Gärrest (ca. 39 °C), Ladeluftkühler der BHKW und Abluft der Trockner erfolgen.

Bei 5 % Massenverlust in der Trocknung und einem TS-Wert von 88 % der Düngepellets ergibt sich folgende Jahresmenge an Düngepellets:

$$(8.365 \times 0,95) / 0,88 = 9.030 \text{ t/a}$$

Gemäß örtlicher Recherche kann für organischen Dünger ein Abnahmepreis ab Werk durch den Großhandel von netto 1,50 €/25 kg-Sack angenommen werden. Somit lassen sich folgenden Einnahmen (netto) berechnen:

$$(9.030 \times 1.000) / 25 \times 1,50 = 541.800 \text{ €/a}$$

## Einnahmen aus dem Verkauf der flüssigen und festen Phase des Gärrestes

Eine fundierte Nährstoffbilanzierung bedarf einer Fachexpertise, die ursprünglich für das Projekt in Suluova zusätzlich angefertigt werden sollte. Da ein vorzeitiger Abbruch des Projektes erfolgte, wurde von der giz auf die Erarbeitung der Fachexpertise Nährstoffbilanzierung verzichtet.

Nachfolgend wird eine grobe Abschätzung vorgenommen, um eine Größenordnung in die Wirtschaftlichkeitsberechnung einstellen zu können. Die folgenden Nährstoffpreise liegen dabei zugrunde:

Dünger	N [%]	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> [%]	K <sub>2</sub> O [%]	Preis [€/dt]
Harnstoff	46			36.00
DAP <sup>1)</sup>	18	46	-	55.00
Kali			40	31.00
	[€/kg]	[€/kg]	[€/kg]	
<b>Preis je kg Nährstoff</b>	0.78	0.89	0.78	

<sup>1)</sup> Berechnung der P-kosten nach Abzug der Kosten für N

Tabelle 13: Düngemittelpreise nach Erhebungen vor Ort

## Einnahmen aus dem Verkauf der Gärreste

Die Gärreste sind hochwertige organische Volldünger, die einen besseren N-Ausnutzungsgrad als tierische Gülle besitzen, da der Stickstoff in der Biogasanlage bereits zum größten Teil aufgeschlossen wird und damit pflanzenverfügbar ist.

	N ä h r s t o f f			Summe
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
Preis Je kg [€]	0.78	0.89	0.78	[€]
<b>Anfall Biogasgülle</b>	161.382 m <sup>3</sup>			
Menge [kg]	1,586,000	785,000	1,090,000	
Ausbringungsverlust	33%			
<b>Summe [€]</b>	<b>831,616</b>	<b>698,190</b>	<b>844,750</b>	<b>2,374,556</b>

Tabelle 14: Wert der in den Biogasgülle enthaltenen Hauptnährstoffe als Mineraldüngeräquivalent.

Mit 2,37 Mio. € hat der Gärrest auch einen beachtlichen rechnerischen Wert von 14,71 €/m<sup>3</sup>. Dieser Wert ist allerdings noch durch die Ausbringungskosten zu mindern. Werden die Ausbringungskosten vom Anlagenbetreiber übernommen, so können bei einem Verkaufspreis von 2/3 des Nährstoffwertes Einnahmen von 1.583.037 € erzielt werden.

## Alternativ: Einnahmen aus dem Verkauf der separierten flüssigen und festen Phase des Gärrestes

In der nachfolgenden Tabelle 15 sind die Nährstofffrachten für jeden einzelnen Nährstoff der festen und flüssigen Phase aufgeführt. Für den Stickstoff wird angenommen, dass unter Berücksichtigung von NH<sub>4</sub>-Verlusten bei der Ausbringung und der langfristiger Umsetzung von organisch gebundenem N im Ausbringungsjahr 68 % des ges. N verfügbar sind / Döhler 2011 /. Für die Feststoffe wurde der Wert auf 50 % reduziert, da die Ausbringungstermine in der Regel ungünstiger sind und der Stickstoff stärker organisch gebunden ist.



	N ä h r s t o f f			Summe
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
Preis Je kg [€]	0.78	0.89	0.78	[€]
<b>Flüssige Phase</b>	135,241 m <sup>3</sup>			
Menge [kg]	1,110,200	431,750	654,000	
Ausbringungsverlust	30%			
Summe [€]	608,197	384,004	506,850	1,499,051
<b>Feststoffe</b>	26.140 m <sup>3</sup>			
Menge [kg]	475,800	353,250	436,000	
Ausbringungsverlust	50%			
Summe [€]	186,183	314,185	337,900	838,268
<b>Gesamtflüssig und fest</b>				<b>2,337,319</b>

Tabelle 15: Wert der in den organischen Rückständen enthaltenen Hauptnährstoffe als Mineraldüngeräquivalent.

Der rechnerische Nährstoffwert des Feststoffs liegt bei 32,07 €/t. Diese Phase kann getrocknet und pelletiert als hochwertiger organischer Dünger verkauft werden und erzielt einen Preis von 60.- €/t, das entspricht, wie dargelegt, einer Einnahme von **541.800 €**.

Die flüssige Phase hat einen rechnerischen Nährstoffwert von 1.499.051 €. Dies entspricht einem Wert von 9,76 €/m<sup>3</sup>. Wird dieser Nährstoff für 2/3 des Nährstoffwertes abgegeben, so wären aus dem Verkauf folgende Erlöse zu erzielen:

$$1.499.051 * 2/3 = \mathbf{999.367 \text{ €}}$$

Insgesamt lassen sich demnach Einnahmen von **1.541.167 €** erzielen.

Die Ausbringungskosten der flüssigen Phase trägt dabei der Anlagenbetreiber und nicht der aufnehmende Ackerbauer. Damit können die unterschiedlichen Distanzen ausgeglichen und allen Abnehmern der gleiche Preis geboten werden. Die Ackerbauern haben den Vorteil, dass sie nicht selbst die Düngung durchführen und die Transporte bezahlen müssen, sondern der Betreiber der Biogasanlage dies als Dienstleistung anbietet.

Nachteilig bei dem Einsatz von Separationswasser ist, dass die Betriebe wieder P und K in verstärktem Maße als Mineraldünger zukaufen müssen.

## Kosten- und Einnahmenaufteilung

In den Betrieben der Bullenmäster sind, wie im Kapitel 6.7 beschrieben, Umbauten an Stallrinnen, der Einbau eines Schiebersystems und die Errichtung einer Güllesammelgrube erforderlich. Da es sich um gesetzliche Auflagen handelt, wird empfohlen, dass die Bullenmäster die dafür erforderlichen Aufwendungen selbst finanzieren. Es ist zu prüfen, ob es vom Staat hierfür Zuschüsse oder zinsgünstige Kredite gibt.

Die Kosten für den Gülletransport von den Güllesammelgruben der einzelnen Betriebe zur Biogasanlage soll der Biogasanlagenbetreiber tragen. Die Bullenmäster erhalten für die Bereitstellung der Rindergülle keine Vergütung. Sie bekommen durch den Betrieb der Biogasanlage ihr Gülleproblem kostengünstig gelöst. Auch in der Türkei darf Gülle nicht in die Gewässer eingeleitet werden.

Für den Transport der Gülle fallen dem Biogasanlagenbetreiber allerdings Kosten an. Diese werden, wie bei der Ausbringung mit 2.- €/m<sup>3</sup> angenommen. Somit fallen für den Antransport der Rindergülle folgende Transportkosten an

$$146.000 * 2,00 \text{ €} = 292.00 \text{ €}$$

Der Hühner-Frischkot wird jetzt bereits für 1,- €/t verkauft. Die Biogasanlage muss dies zu den Transportkosten hinzufügen und evtl. als Anreiz einen kleinen Bonus bieten. Es fallen somit mindestens folgende Transport- und Beschaffungskosten an:

$$25.000 \text{ m}^3 * (2,00 + 1,00 \text{ €}) = 75.000 \text{ €}$$

Das bedeutet, dass für die Beschaffung der Gülle für die Biogasanlage Kosten von mindestens 367.000 € zu veranschlagen sind.

Aus der Differenz von Einkauf und Verkauf lässt sich somit bei beiden Modellen ein guter Überschuss erzielen. Somit ist genug Masse vorhanden, um auch andere Aufteilungsverhältnisse langfristig zu überlegen oder den Abgebern der Bullengülle durch einen kleinen Bonus, verbunden mit einem Bonus-/Malussystem für die Qualität der Gülle, Anreize zu schaffen, um Gülle mit hohen TS-Gehalten zu liefern.

## 7 Wirtschaftlichkeitsuntersuchung der Biogasanlage und der Düngemittelproduktion

### 7.1 Biogasanlage

#### Investitionskosten Biogasanlage

Baukosten	€
Erdarbeiten, Straßenbau	300.000
Vorgrube	150.000
Medienpumpe im Container	100.000
Fermenter	1.393.195
Gärrestlager (Güllelagune)	2.296.642
EMSR-Technik	142.000
Energieversorgung	103.000
BHKW	1.430.000
Wärmetechnik	133.000
Sonstiges (Unterflutwaage, Umzäunung, Bepflanzung etc.)	181.500
Unvorhergesehenes, Bodenrisiko etc. (5%)	250.000
Sandabscheidung	250.000
<b>Zwischensumme Baukosten Biogasanlage, netto</b>	<b>6.729.337</b>
Baunebenkosten Biogasanlage	
Gebühren und Abnahme	18.000
Ing.-Honorar	235.000
Honorar für externe Gutachten	15.000
<b>Zwischensumme Baunebenkosten Biogasanlage</b>	<b>268.000</b>
<b>Gesamtsumme Investitionskosten, netto</b>	<b>6.997.337</b>
	Baulich etc. 4.839.337
	Maschinell 728.000
	BHKW 1.430.000
	<b>6.997.337</b>



## Laufende Kosten Biogasanlage

Kapitalkosten	€/a
8% Zinssatz von der Hälfte der Investitionskosten	279.893
Abschreibung bauliche Anlagenteile (20a)	241.967
Abschreibung technische Ausrüstung (15a)	143.867
<b>Sonstige laufende Kosten</b>	
Instandhaltungskosten bauliche Teile 0,4 %	19.357
Wartung, Rep., Betriebsmittel Maschinenteknik Biogasanlage 3,0 %	21.840
Wartung, Rep., Betriebsmittel BHKW 1,1 Cent/kWh	167.316
Betriebsführung, Versicherung, Buchhaltung etc. 1,0 %	69.973
Externes Monitoring, biologische Betreuung 0,2 %	13.995
Arbeitskosten 10,0 €/h, 5.000 Arbeitsstunden	50.000
Maschinenkosten, Treibstoffe 0,50 %	34.987
Spurenelemente zur Mikronährstoffversorgung, psch.	5.000
Transport Bullengülle 2 €/t, 146.000 t/a	292.000
Stromverbrauch Biogasanlage (4,9 % der produzierten Energie) 0,100 €/kWh, 760.526 kWh/a	76.053
Hühnerkotankauf und -transport, 3 €/t, 25.000 t/a	75.000
Ausbringung 2,5 €/m <sup>3</sup> , flüssige Phase	403.455
<b>Gesamtsumme sonstige laufende Kosten pro Jahr</b>	<b>1.228.976</b>
<b>Gesamtsumme laufende Kosten [€]</b>	<b>1.894.703</b>

Einnahmen Biogasanlage	€/a
Vergütung Stromverkauf 15.590.781 kWh, 11,26 €Cent/kWh	1.755.521
Verkauf flüssiger Gärreste	1.583.037
<b>Jährliche Einnahmen</b>	<b>3.338.558</b>
<b>Jährlicher Gewinn</b>	<b>1.443.855</b>

ROI:  $6.997.337 / 1.443.855 = 5$  Jahre

## 7.2 Düngemittelproduktion

Investitionskosten Düngemittelproduktion		€
Halle		60.000
Sonstige bauliche Anlagen (Fundamente etc.)		50.000
Trocknung		750.000
Pelletierung (inkl. Bunker, Pelletierung, Kühlung, Ab-sackung, Steuerung und Transportschnecke)		500.000
Unvorhergesehenes		105.000
		1.465.000
	Maschinell	1.250.000
	Baulich etc.	215.000
		<b>1.465.000</b>

Schätzung der laufenden Kosten		€/a
<u>Kapitalkosten</u>		
8 % Zinssatz von	1.465.000 / 2	58.600
<u>Abschreibung</u>		
- Bauliche Anlagenteile (20a) von	215.000	10.750
- Technische Ausrüstung (15a) von	1.250.000	83.333
<u>Sonstige laufende Kosten</u>		
Stromverbrauch (0,10 €/kWh) von	600.000 kWh/a	60.000
Wartung, Betriebsmittel Maschinen	3,00%	37.500
Betriebsführung, Versicherung, Buchhaltung etc. 5,00%		73.250
Arbeitskosten (10 €/h)	4.500 h/a	45.000
Marketing		20.000
<b>Gesamtsumme sonstige laufende Kosten pro Jahr</b>		<b>235.750</b>
<b>Gesamtsumme laufende Kosten</b>		<b>388.433</b>

Einnahmen	€/a
Verkauf Düngepellets	541.800
<b>Jährlicher Gewinn</b>	<b>153.367</b>

$$\text{ROI } 1.465.000 / 153.367 = 10 \text{ Jahre}$$

Die durchgeführten Wirtschaftlichkeitsberechnungen zeigen, dass die Düngemittelproduktion zu keiner Verbesserung der Wirtschaftlichkeit führt, da der ROI mit 10 Jahren deutlich höher ist als beim Betrieb der Biogasanlage alleine mit einem ROI von 5 Jahren.

Da bei der Herstellung von Düngepellets fast die gesamte BHKW-Abwärme zum Trocknen des Gärres-



tes benötigt wird, hat sie noch weitere Nachteile hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit und des Klimaschutzes, da diese Wärme nicht für andere Zwecke verkauft und genutzt werden kann.

### 7.3 Wärmenutzung in Gewächshäusern

Da einerseits von Landwirten in Suluova Interesse an der Abnahme von BHKW-Abwärme zur Beheizung von Gewächshäusern bekundet wurde und andererseits relativ niedrige Temperaturen im Herbst, Winter und Frühjahr (s. Kap. 6.5) herrschen, wird der mittelfristige Verkauf von Wärme an Gewächshäuser überschläglich, ökonomisch untersucht. Dabei wird angenommen, dass die Gewächshäuser in der Nähe der Biogasanlage entstehen.

Zum Vergleich wird der Erdgaspreis herangezogen. Zusätzliche Investitionskosten für Wärmetauscher (Wasser-Luft) werden nicht berücksichtigt, da diese näherungsweise mit den Investitionskosten für den Gasbrenner gleichgesetzt werden.

Nach örtlicher Recherche liegt der Preis für russisches Erdgas bei 0,025 €/kWh. Um einen Standortvorteil für Gewächshäuser in der Nähe der Biogasanlage Suluova zu erzeugen, wird nur 60% des Erdgaspreises für den Wärmeverkauf angesetzt:

$$0,025 * 0,60 = 0,015 \text{ €/kWh}$$

Bei einer Gesamtwärmemenge von 16 Mio. kWh/a abzüglich 10% Verlusten für zusätzliche Fermenterbeheizung und Übertragungsverluste ergibt sich folgende maximale Einnahme:

$$16,1 * 10^6 * 0,90 * 0,015 = 217.350 \text{ €/a}$$

Es wird angenommen, dass über das ganze Jahr im Durchschnitt 50% der theoretisch möglichen Wärmemenge in den Gewächshäusern genutzt werden kann.

Durch die Wärmenutzung in Gewächshäusern könnte als mittelfristig ein zusätzlicher Ertrag von rd. 100.000 €/a erzielt werden.

## 8 Finanzierung und Betrieb

### 8.1 Projektträgergesellschaft

Da der Erfolg des Projektes Biogasanlage und der Düngerproduktion in Suluova von der langfristigen Sicherung der Substratversorgung (Rindergülle und Hühnerkot) in hohem Maße abhängig ist, wird empfohlen, die Suluova Union of Stockbreeders (SUS) und die Fa. KOZLU in einer Projektträgergesellschaft zu beteiligen. Wegen der Erfahrungen mit technischen Anlagen und der finanziellen Kompetenz sollte PANET auch an der Gesellschaft beteiligt sein. Anlässlich des Besuches am 1.02.2011 äußerte Herr Direktor Murat CAKAR großes Interesse, sich am Invest und Betrieb zu beteiligen. Es sind nicht nur wirtschaftliche, sondern auch Ziele des Umweltschutzes in Suluova zu berücksichtigen, so dass die Beteiligung der Stadt Suluova an der Projektträgergesellschaft zu empfehlen ist.

### 8.2 Bau- und Betreibermodelle

Um das modellhafte Projekt der Energiegewinnung und des Umweltschutzes in Suluova realisieren zu können, werden folgende Modelle dargestellt.

### 8.2.1 Finanzierung und Betrieb durch die Projektträgergesellschaft

In diesem Fall übernimmt die o. g. Projektträgergesellschaft die Investitionskosten der Biogasanlage und der Düngerproduktion mit der Unterstützung durch die giz, die ihrerseits einen Consultant für die ingenieurmäßige Planung und Bauleitung einsetzt. Der anschließende Betrieb der Anlage erfolgt durch türkisches Personal, das auf einer Biogasanlage und Düngerproduktion in Deutschland qualifiziert wurde. Während der ersten fünf Betriebsjahre erfolgen eine Monitoring- und eine Betriebsberatung durch den o. g. Consultant.

### 8.2.2 Finanzierung durch die Projektträgergesellschaft und Anfangsbetrieb durch externe Biogasanlagenbetreiber

Die Finanzierung und der Bau inkl. Planung der Anlagen erfolgt wie vorher beschrieben.

Der Betrieb wird über Ausschreibungen einer privaten, auf Biogasanlagen spezialisierten Gesellschaft übertragen für eine Periode von ca. 10 Jahren mit einem Verrechnungspreis, der auf der Jahresmenge des eingespeisten Stroms, der verkauften flüssigen Gärreste basiert.

Nachdem die jährlichen laufenden Kosten (außer Kapitaleinsatz) abgezogen worden sind, werden die verbleibenden Überschüsse auf der Basis der vorher festgelegten Konditionen an die Mitglieder der Projektträgergesellschaft verteilt.

### 8.2.3 Finanzierung und Betrieb durch das Modell Build-Operate-Transfer (BOT)

Bei dieser Variante stellt die o. g. Projektträgergesellschaft das Baugrundstück zur Verfügung und alle weiteren finanziellen Aufwendungen für die Planung, den Bau und Betrieb (über etwa 20 Jahre) werden von einem privaten Unternehmen getragen.

Die o. g. Projektträgergesellschaft bietet eine Garantie für ein jährliches Minimum an Gärsubstraten. Das private Unternehmen verkauft in Eigenregie Strom, flüssige Gärreste und organische Dünger.

Der private Auftragnehmer zahlt ein regelmäßiges Entgelt an die Projektträgergesellschaft für die Nutzung des Grundstücks und der Substrate.

Am Vertragsende geht das Eigentum an der Biogasanlage und der Düngerproduktion an die Projektträgergesellschaft über.

## 9 Zusammenfassung und Fazit

Die vorgelegte Machbarkeitsstudie untersucht den Bau und Betrieb einer Biogasanlage mit 2 MW<sup>elektrisch</sup>. Der in den BHKW produzierte Strom mit einer Gesamtmenge 15,6 Mio. kWh/a wird in das lokale Stromnetz eingespeist.

Die untersuchte Düngemittelproduktion ist in Suluova nicht wirtschaftlich, da aufgrund der großen Ackerflächen in der Nähe eine Nutzung des nicht separierten, flüssigen Gärrestes ökonomisch und ökologisch vorteilhafter ist.

Es wird empfohlen, dass die flüssige Phase des nicht separierten Gärrestes in einer Güllelagune (108.000 m<sup>3</sup>) über 8 Monate gelagert und zur bedarfsgerechten Düngung der angrenzenden Äcker genutzt wird (1.586 t/a/ N, 785 t/a P<sub>2</sub> O<sub>5</sub>, 1.090 t/a K<sub>2</sub>O).



Insgesamt ergeben sich für den Bau und Betrieb der Biogasanlage in Suluova gerundet folgende finanzielle Ergebnisse:

	€/a
<b>Investitionskosten Gesamt</b>	
Biogasanlage	7.000.000
<b>Laufende Kosten Gesamt</b>	
Biogasanlage	1.895.000
<b>Einnahmen Gesamt</b>	
Biogasanlage	
Stromverkauf	1.756.000
<u>Verkauf flüssiger Gärreste</u>	<u>1.583.000</u>
	3.339.000
<b>Gewinn (vor Steuern)</b>	<b>1.444.000</b>

ROI  $7.000.000 / 1.444.000 = 5$  Jahre

Durch den Verkauf der BHKW-Wärme (z.B. zur Beheizung von Gewächshäusern) kann mittelfristig die Wirtschaftlichkeit weiter verbessert werden.

Die vorgenommenen Untersuchungen zeigen, dass die integrierte Konzeption zur energetischen und stofflichen Nutzung der Abfälle aus der Landwirtschaft in Suluova sehr wirtschaftlich durchführbar ist.

Dies ist dadurch bedingt, dass der hohe Anteil an Hühnerkot zu einem sehr hohen Gasertrag bei niedrigen Transportkosten führt. Die hohen Nährstoffmengen des Gärrestes können weitgehend als Ersatz für mineralischen Dünger genutzt werden, dadurch dass infolge der erhöhten Lagerdauer von 8 Monaten eine Düngung nach Pflanzenbedarf möglich wird.

Mit der Realisierung des integrierten Konzeptes zur energetischen und stofflichen Biomassenutzung (insbesondere Rindergülle und Hühnerkot) wird die durch die Bullenmast verursachte Umweltbelastung behoben und die langfristige, nachhaltige Entwicklung des Landwirtschaftspotenzials in Suluova entscheidend voran gebracht.

Zusammenfassend werden somit die eingangs genannten Einzelziele erreicht:

- **Guter ökologischer Zustand des Flusses Tersakan nach EU-Wasserrahmenrichtlinie**
- **Energiegewinnung aus den tierischen Abfällen der Viehzucht**
- **Nutzung der Nährstoffe der Rindergülle und Reduzierung des Einsatzes chemischen Düngers im Ackerbau**
- **Klimaschutz durch Verminderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen**
- **Förderung der Viehzucht und der nachgelagerten Bereiche durch umweltgerechte Gülleentsorgung und –verwertung**
- **Bereitstellung von hochwertigem organischem Dünger für die landwirtschaftliche Nutzung**

Weiterhin wird durch die Nutzung der regionalen Biomassen zur Energiegewinnung die Abhängigkeit von Importen fossiler Energieträger reduziert und eine weitere Energieunabhängigkeit möglich.

Bei der Berechnung der Investitionskosten wurde zugrunde gelegt, dass das Baugrundstück kostenlos zur Verfügung steht, so wie es bisher auch mit SIGMA vereinbart wurde.

Die vorgenommenen lokalen Recherchen in Suluova und die weiterhin getroffenen Annahmen sind raschen zeitlichen Veränderungen unterworfen und können deutliche Abweichungen in den Ergebnissen verursachen.

Daher sind die in der vorliegenden Machbarkeitsstudie zugrunde gelegten Annahmen und Berechnungen vor weiteren Entscheidungen oder bei der Übertragung auf andere Regionen in der Türkei nochmals zu überprüfen, zu aktualisieren und weiter zu detaillieren.



## Literaturverzeichnis

- Biosfer 2009                      Biosfer: Biosfer Danismanlik ve Mühendislik Ltd: Machbarkeitsstudie einer zentralen Biomethananlage in dem Gewerbegebiet (OSB) für Schlachttiere der Vereinigung Schlachttierhalter (SBB), Suluova-Amasya, Istanbul 2009
- C.A.R.M.E.N. 2008                C.A.R.M.E.N: Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing und Entwicklungs-Netzwerk e.V; Wagner, R.: Präsentation „Allgemeine Möglichkeiten der Gärresteverwertung“, 07.11.2008
- C.A.R.M.E.N. 2009                C.A.R.M.E.N: Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing und Entwicklungs-Netzwerk e.V; Arndt, M; Wagner, R.: Präsentation „Allgemeine Möglichkeiten der Gärresteverwertung“, 13.10.2009 [http://www.carmen-ev.de/dt/hintergrund/vortraege/fg\\_biomasse09/02\\_Wagner.pdf](http://www.carmen-ev.de/dt/hintergrund/vortraege/fg_biomasse09/02_Wagner.pdf)
- DABLAS 2009                      DANUBE & BLACK SEA Task Force (DABLAS): Vortrag von John Maguire „Preparation of an IWRM Plan for the YESILIRMAK BASINS“, 17.11.2009
- Döhler 2010                        FNR: Einsatz von Hilfsmitteln zur Steigerung der Effizienz und Stabilität des Biogasprozesses, Gülzower Fachgespräche Band 35, H. Döhler, 232, Gülzow. 2011
- Dorset 2011                        Dorset Agrar- und Umwelttechnik GmbH  
[http://www.dorset.nu/upload/File/dorset-gm/produkte-de/10234011\\_DE\\_Folder.pdf](http://www.dorset.nu/upload/File/dorset-gm/produkte-de/10234011_DE_Folder.pdf), Zugriff März 2011
- FEW 2011                          FEW: FEW Separator GmbH  
<http://www.food-energy-water.com/index.php?lang=de&p=1> Zugriff März 2011
- FNR 2010                          FNR: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.): *Leitfaden Biogas, Von der Gewinnung zur Nutzung*, Gülzow. 85. 2010
- FNR 2010a                        FNR: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.): *Leitfaden Biogas, Von der Gewinnung zur Nutzung*, Gülzow. 36. 2010 nach Institut für Agrartechnik Bornim e.V.
- FNR 2010b                        FNR: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.): *Leitfaden Biogas, Von der Gewinnung zur Nutzung*, Gülzow. 76. 2010 nach KTBL: *Faustzahlen Biogas*; 2. Aufl., Darmstadt. 2009.
- FNR 2010c                        FNR: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.): *Leitfaden Biogas, Von der Gewinnung zur Nutzung*, Gülzow. 228. 2010
- Hau 2011                          <http://www.hau-stallsysteme.de/Zubehoer-Schieberentmistung.htm>, Zugriff März 2011
- Haus Düsse 2011                Landwirtschaftszentrum Haus Düsse: Vortrag M. Krefeld, GEA Westfalia Separator Group GmbH, Oelde: „Nährstoffströme gezielt trennen, Dekanter im landwirtschaftlichen Einsatz zur Gülle-und Gärrestseparation“, 11.11.2010  
<http://www.duesse.de/znr/pdfs/2010/2010-11-11-guelle-04.pdf> Zugriff März 2011

Haus Düsse 2011a	Landwirtschaftszentrum Haus Düsse: Vortrag L. Laurenz: „ <i>Übersicht und praktische Erfahrungen mit Separierverfahren, Separieren – worauf sollte man achten?</i> “, 11.11.2010 <a href="http://www.duesse.de/znr/pdfs/2010/2010-11-11-guelle-01.pdf">http://www.duesse.de/znr/pdfs/2010/2010-11-11-guelle-01.pdf</a> , Zugriff März 2011
Heemskerk 2011	<a href="http://www.heemskerk-gmbh.de/klauenpflege/mistschieber.php">http://www.heemskerk-gmbh.de/klauenpflege/mistschieber.php</a> , Zugriff März 2011
ITM 2011	ITM: ITM Türhol Kimyevi Zirai ve Gıda Ürünleri San. Tic. Ltd. Şti. <a href="http://www.itmturhol.com/antalya-plant">http://www.itmturhol.com/antalya-plant</a> Zugriff März 2011
KTBL 2006	KTBL: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V (Hrsg.), Bohnenkemper, Steffens: „ <i>Gülle – Mengen genau ermitteln, Proben richtig ziehen</i> “, KTBL-Heft 61. Darmstadt. 2006
KTBL 2009	KTBL: „ <i>Faustzahlen für die Landwirtschaft</i> “ 14. Aufl., Darmstadt 2009
KTBL 2010	KTBL: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V: „ <i>Betriebsplanung Landwirtschaft 2010/11</i> “, 22. Aufl., Darmstadt. 602. 2010
KTBL	/ KTBL-Arbeitsblatt 1042/1991 /
Landwirtschaftsdirektion 2010	Landwirtschaftsdirektion Suluova, Statistische Erhebung, Dezember 2010
LK NRW 2010	Excel-Anwendung Nährstoffvergleich Vers. 3.3 der Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen <a href="http://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/duengung/naehrstoffvergleich/index.htm">http://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/duengung/naehrstoffvergleich/index.htm</a>
LfL Bayern 2006	LfL: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft: Vortrag Reiter, Koßmann, Plesch: „ <i>Untersuchungen zur Haltung und Verhalten von Mastbullen</i> “, 9.11.2006. <a href="http://www.lfa-bayreuth.de/files/1_Aktuelles/infos/datei/Haltung_Mastbullen.pdf">http://www.lfa-bayreuth.de/files/1_Aktuelles/infos/datei/Haltung_Mastbullen.pdf</a> , Zugriff März 2011
LfL Bayern 2008	LfL: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft: Vortrag M. Wendland: „ <i>Düngung mit Gärrückständen, Nährstoffbilanzierung für Biogasbetriebe Rechtsvorschriften aus dem Düngebereich</i> “, 2008 <a href="http://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/organisch/13239/linkurl_0_7_0_1.pdf">http://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/organisch/13239/linkurl_0_7_0_1.pdf</a> , Zugriff März 2011
LfL Bayern 2011	LfL: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft <a href="http://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/39709/index.htm">http://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/39709/index.htm</a>
LK NRW 2011	Nährstoffvergleich, Landwirtschaftskammer NRW <a href="http://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/duengung/naehrstoffvergleich/index.htm">http://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/ackerbau/duengung/naehrstoffvergleich/index.htm</a> Zugriff Mai 2011
Mäder 2011	<a href="http://www.maeder-ag.ch/occasionen/images/occ_8958.jpg">http://www.maeder-ag.ch/occasionen/images/occ_8958.jpg</a> , Zugriff März 2011
Mall 2011	<a href="http://www.mall.info">http://www.mall.info</a> , Zugriff März 2011



Merkblatt DWA-M 907 2010	DWA: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hrsg.): Merkblatt DWA-M 907: <i>Erzeugung von Biomasse für die Biogasgewinnung unter Berücksichtigung des Boden- und Gewässerschutzes</i> . Hennef. 2010
NEST 2011	NEST: Neue Energie Steinfurt GmbH <a href="http://www.neue-energie.n-e-st.de/de/html/328.nest-serviceprodukte.html">http://www.neue-energie.n-e-st.de/de/html/328.nest-serviceprodukte.html</a> , Zugriff März 2011
neue energie 2011	Zeitschrift neue energie, „ <i>Neue Tarife in der Türkei</i> “, Ausgabe 2/2011, S. 87
Rhebau 2011	<a href="http://www.rhebau.de">http://www.rhebau.de</a> , Zugriff März 2011
Riela 2011	<a href="http://www.riela.de/bilder/Web_Prospekte/biogasabwaerme_d.pdf">http://www.riela.de/bilder/Web_Prospekte/biogasabwaerme_d.pdf</a> , Zugriff März 2011
Schippers 2011	<a href="http://www.schippers-ms.de/img/4202365k.jpg">http://www.schippers-ms.de/img/4202365k.jpg</a> , Zugriff März 2011
StMUGV 2004	StMUGV: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz: <i>Biogashandbuch Bayern</i> , München. 6. 2004 <a href="http://www.das-ib.de/mitteilungen/Biogashandbuch_Bayern.pdf">http://www.das-ib.de/mitteilungen/Biogashandbuch_Bayern.pdf</a>
Wikipedia 2011	<a href="http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Ringmatrize_BMK.jpg&amp;filetimestamp=20070421005252">http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Ringmatrize_BMK.jpg&amp;filetimestamp=20070421005252</a> Zugriff März 2011
Yesilirmak 2011	<a href="http://www.yesilirmak.org">http://www.yesilirmak.org</a>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Satellitenkarte von Suluova (Wikimapia.org)	5
Abb. 2: Gewässereinzugsgebiet des Tersakan / Yesilirmak 2011 /	7
Abb. 3: Wasserqualität im Einzugsgebiet des Yeşilirmak hinsichtlich PO4 / DABLAS 2009 /	7
Abb. 4: Räumliche Verteilung der Rindermastbetriebe in Suluova / Biosfer 2009 /	8
Abb. 5: Entsorgung von häuslichem Abwasser	10
Abb. 6: Entsorgung der Abfälle der Nutztiere	10
Abb. 7: Bereich für die geplante kommunale Kläranlage östlich des Tersakan	11
Abb. 8: Phasen der Biogasproduktion / StMUGV 2004 /	12
Abb. 9: Schema einer landwirtschaftlichen Biogasanlage mit Verwendung von Kosubstraten / FNR 2010a /	14
Abb. 10: Konzept der energetischen Nutzung der Biomasse in Suluova	15
Abb. 11: Integriertes Konzept zur energetischen und stofflichen Biomassennutzung	15
Abb. 12: Mögliche Standorte der Biogasanlage Suluova	23
Abb. 13: Verfahrensübersicht Gärrückstandsaufbereitung / C.A.R.M.E.N. 2008 /	25
Abb. 14: Klappschieberentmistung im Stall / Hau 2011 /	30
Abb. 15: Klappschieberentmistung im Freilauf / Hau 2011 /	30
Abb. 16: Seil-Trommel-Antrieb mit feuerverzinktem Gehäuse / Hau 2011 /	30
Abb. 17: Absaugen der Gülle mit Vakuumtankwagen / KTBL 2006 /	30
Abb. 18: monolithischer Sammelbehälter aus Fertigbeton / Mall 2011 /	31
Abb. 19: monolithischer Sammelbehälter aus Kunststoff / Mall 2011 /	31
Abb. 20: Güllesammelbehälter in Ringbauweise / Rhebau 2011 /	31
Abb. 21: händische Mistschieber / Mäder 2011 / Heemskerk 2011 / Schippers 2011 /	32
Abb. 22/23: Vollspaltenbodenstall / LfL Bayern 2006 /	34
Abb. 24/25: Tretmiststall / LfL Bayern 2006 /	34
Abb. 26: SOID mit Hervorhebung des geplanten Bereiches für die Biogasanlage und Gewerbe	36
Abb. 27: Pressschneckenseparator / FEW 2011 /	38
Abb. 28: Dekanter / Haus Düsse 2011 /	38
Abb. 29: Bandtrockner / Dorset 2011 /	39
Abb. 30/31: Schubwendetrockner / Riela 2011 /	39
Abb. 32: Ringmatrize / Wikipedia 2011 /	39
Abb. 33: Pelletierer / NEST 2011 /	39
Abb. 34: Düngerpellets: / Riela 2011a /	39
Abb. 35: Antalya Pellet Production: / ITM 2011 /	40
Abb. 36: Antalya Depot / ITM 2011 /	40
Abb. 37: Antalya Product Shipping / ITM 2011 /	40



## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Nutzung der landwirtschaftlichen Flächen / Landwirtschaftsdirektion 2010 / _____	6
Tabelle 2: Übersicht über die Substrateigenschaften / FNR 2010 / _____	13
Tabelle 3: Regenerativvergütung in der Türkei / neue energie 2011 / _____	17
Tabelle 4: Verteilung der Mastbullen im Zentralort Suluova / Landwirtschaftsdirektion 2010 / _____	18
Tabelle 5: Mengen- und Nährstoffanfall von Bullengülle und Hühner-Frischkot nach deutschen Erfahrungswerten / LK NRW 2010 / _____	20
Tabelle 6: Kenndaten der Gülle für die Biogasanlage und Berechnung des Inputs (Programm der LK NRW zur Biogaskalkulation) _____	21
Tabelle 7: Kenndaten der Gülle für die Biogasanlage und Berechnung des Gasvolumens und der Gärreste (Programm der LK NRW zur Biogaskalkulation) _____	21
Tabelle 8: Landwirtschaftliche Flächen und Nährstoffbedarf / KTBL 2009/ _____	24
Tabelle 9: Auswirkungen der Separation eines Pressschneckenseparators auf die Nährstoffzusammensetzung der festen und flüssigen Phase (eigene Berechnungen) _____	26
Tabelle 10: Ausbringungstermine für organische Dünger bei einer gewässerschonenden Landwirtschaft / Merkblatt DWA-M 907 2010 / _____	27
Tabelle 11: Erforderliche Lagerkapazität für flüssige Wirtschaftsdünger (nach Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW 2006) / Merkblatt DWA-M 907 2010 / _____	28
Tabelle 12: Massenbilanz der Substrate _____	41
Tabelle 13: Düngemittelpreise nach Erhebungen vor Ort _____	42
Tabelle 14: Wert der in den Biogasgülle enthaltenen Hauptnährstoffe als Mineraldüngeräquivalent. _	42
Tabelle 15: Wert der in den organischen Rückständen enthaltenen Hauptnährstoffe als Mineraldüngeräquivalent. _____	43

**Türkisch-Deutsches Biogas Projekt**

**Türk-Alman Biyogaz Projesi**

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 16.Kat B Blok  
Söğütözü Cad. 14E, 06560 Yenimahalle, Ankara, Türkiye

T +90 312 207 56 03

E thomas.breuer@giz.de

I www.biyogaz.web.tr