

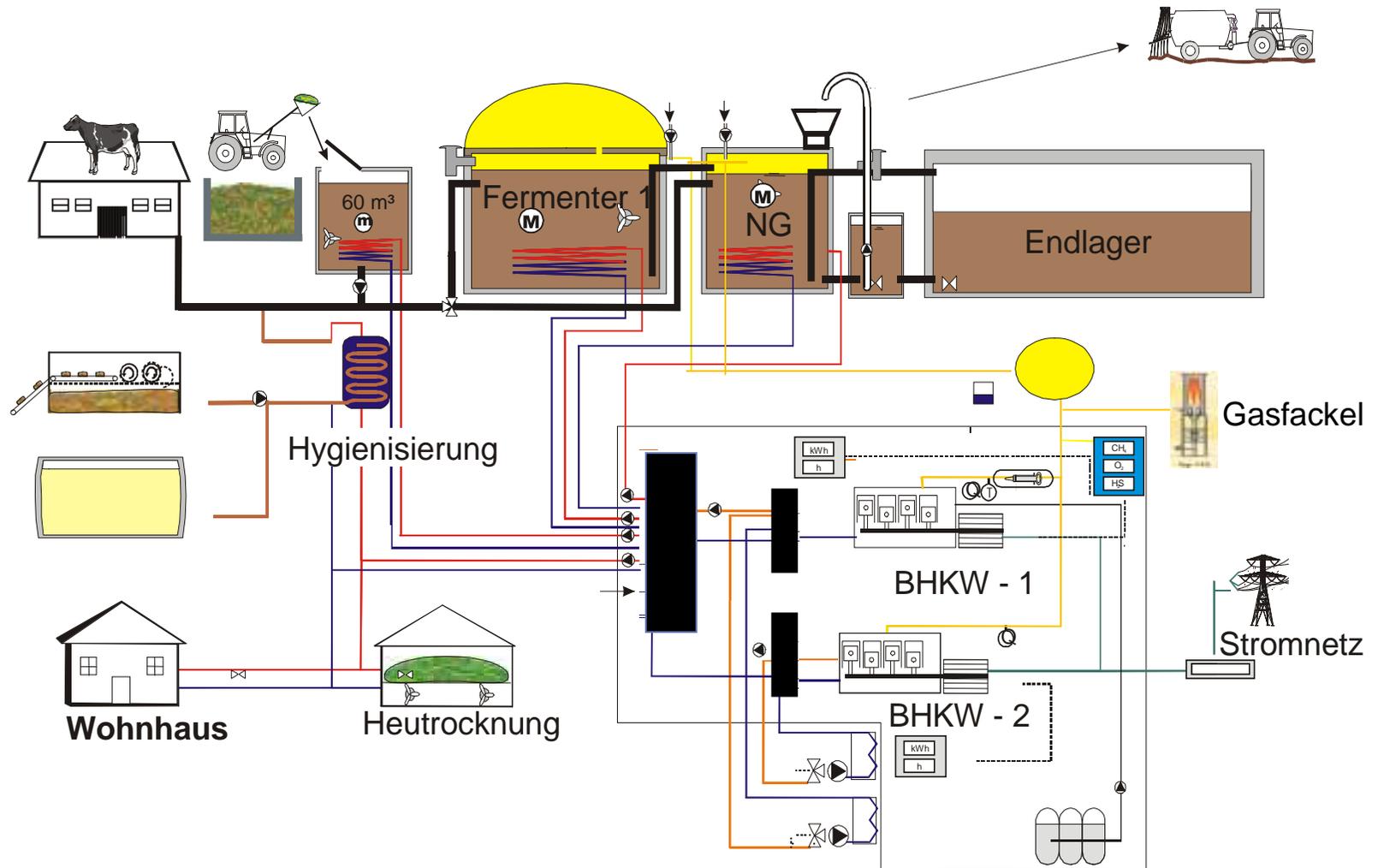


Grundlagen der Biogasproduktion

Beratungszentrum Nachwachsende Rohstoffe

Dr. Herbert von Francken-Welz

Allgemeine Merkmale verschiedener Verfahrensvarianten



Quelle:
Biogashandbuch
Bayern 2005

Biogas entsteht durch Vergärung

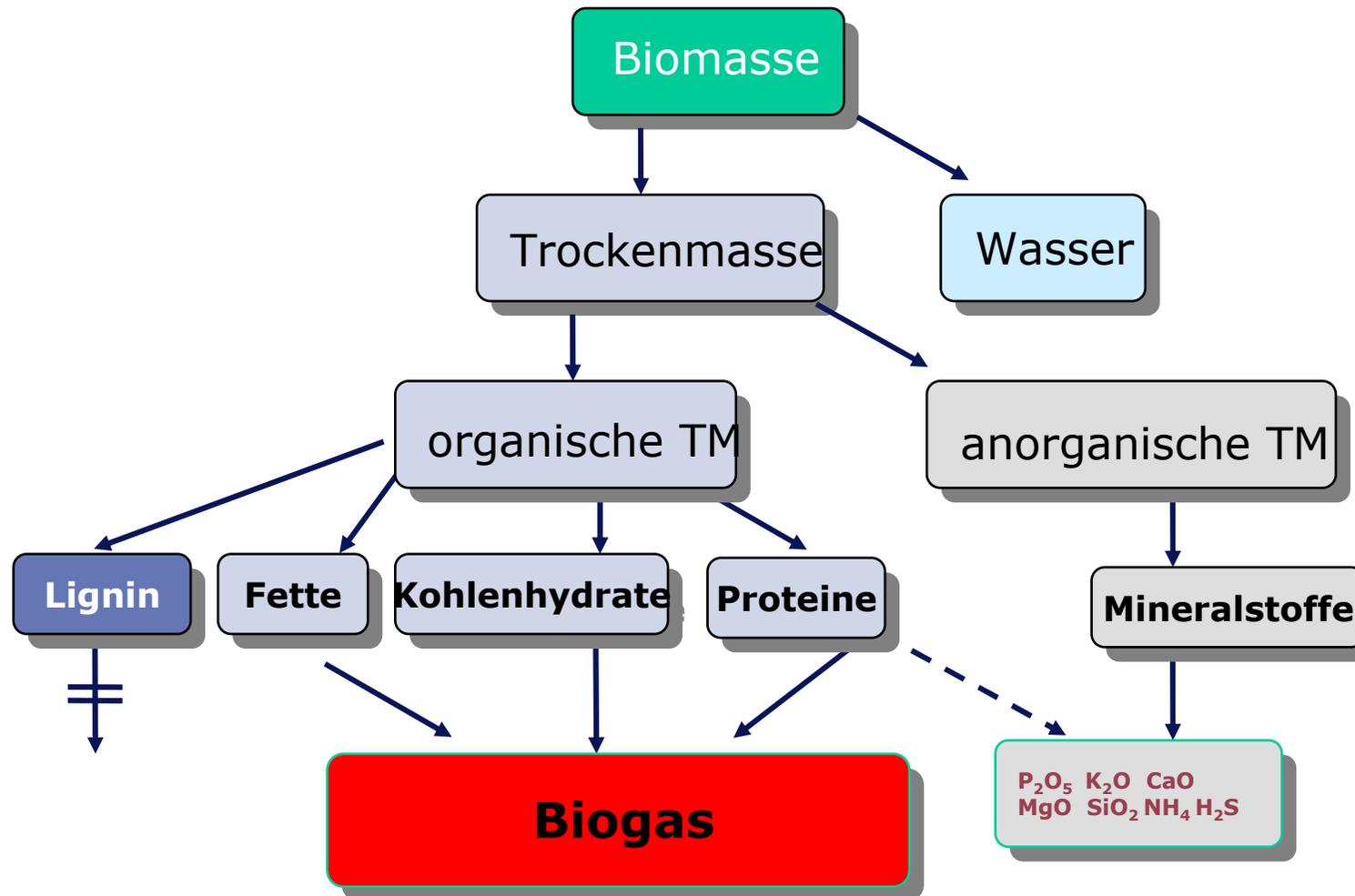
- mikrobiologischer Abbau von organischen Stoffen
- feuchte Umgebung, Luftabschluss
- Umwandlung der organischen Biomasse in Wasser, Kohlendioxid und Methan

Das Methan im Biogas entspricht chemisch im Prinzip Erdgas und ist der hauptsächliche energietragende Bestandteil.

Der energetische Nutzen von einem Kubikmeter Biogas beträgt bei 60-prozentigem Methananteil ca. sechs Kilowattstunden.

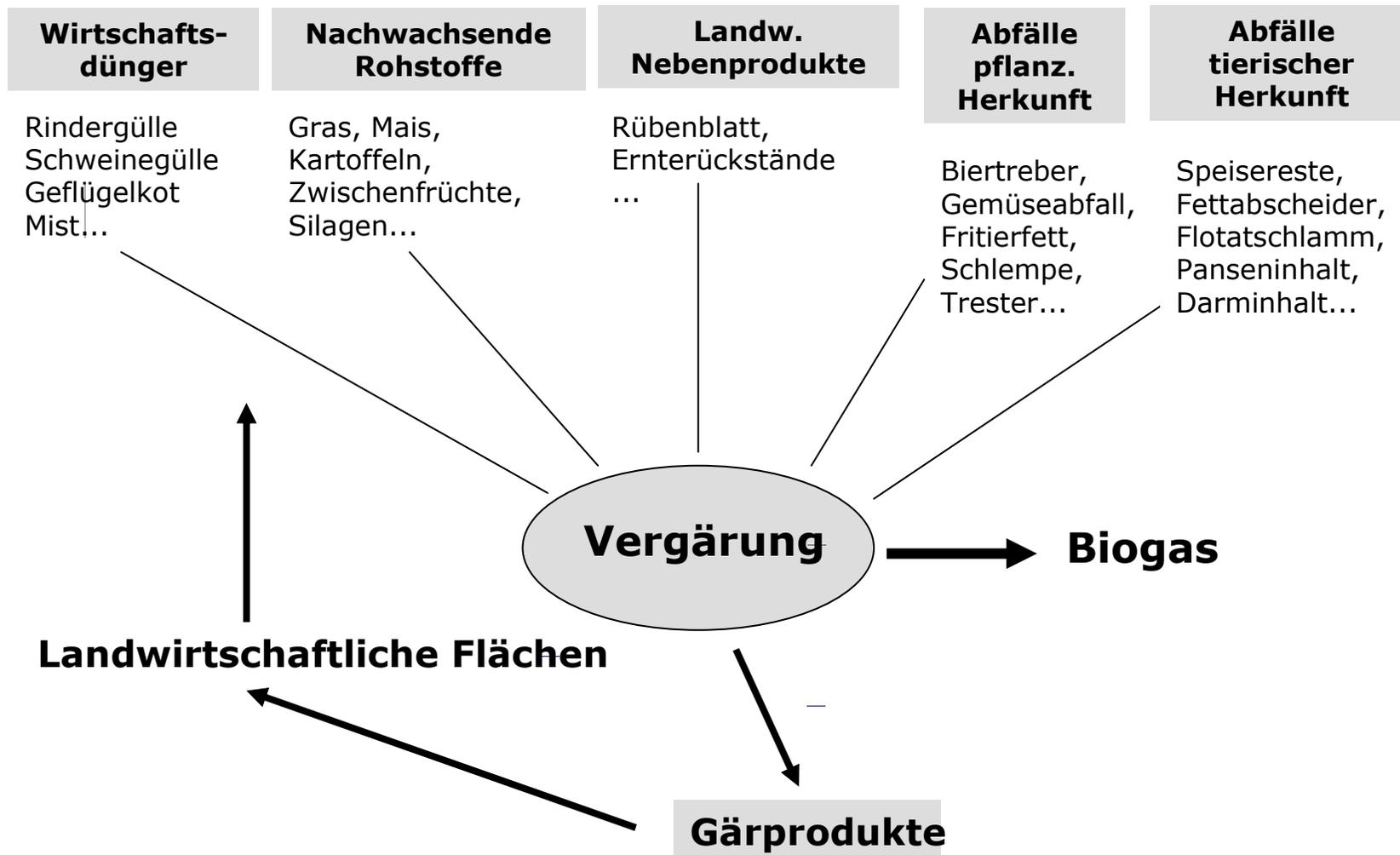
Der durchschnittliche Heizwert eines Kubikmeters Biogas liegt also bei etwa 0,6 Liter Heizöl.

Grundlagen des Gärprozesses



Quelle:
Schmack
Biogas AG

Allgemeine Merkmale verschiedener Verfahrensvarianten



Quelle:
verändert
nach VLK
(2002)

Unterscheidungsmerkmale Biogasanlagen

Definition des Begriffs Nawaro im EEG 2009

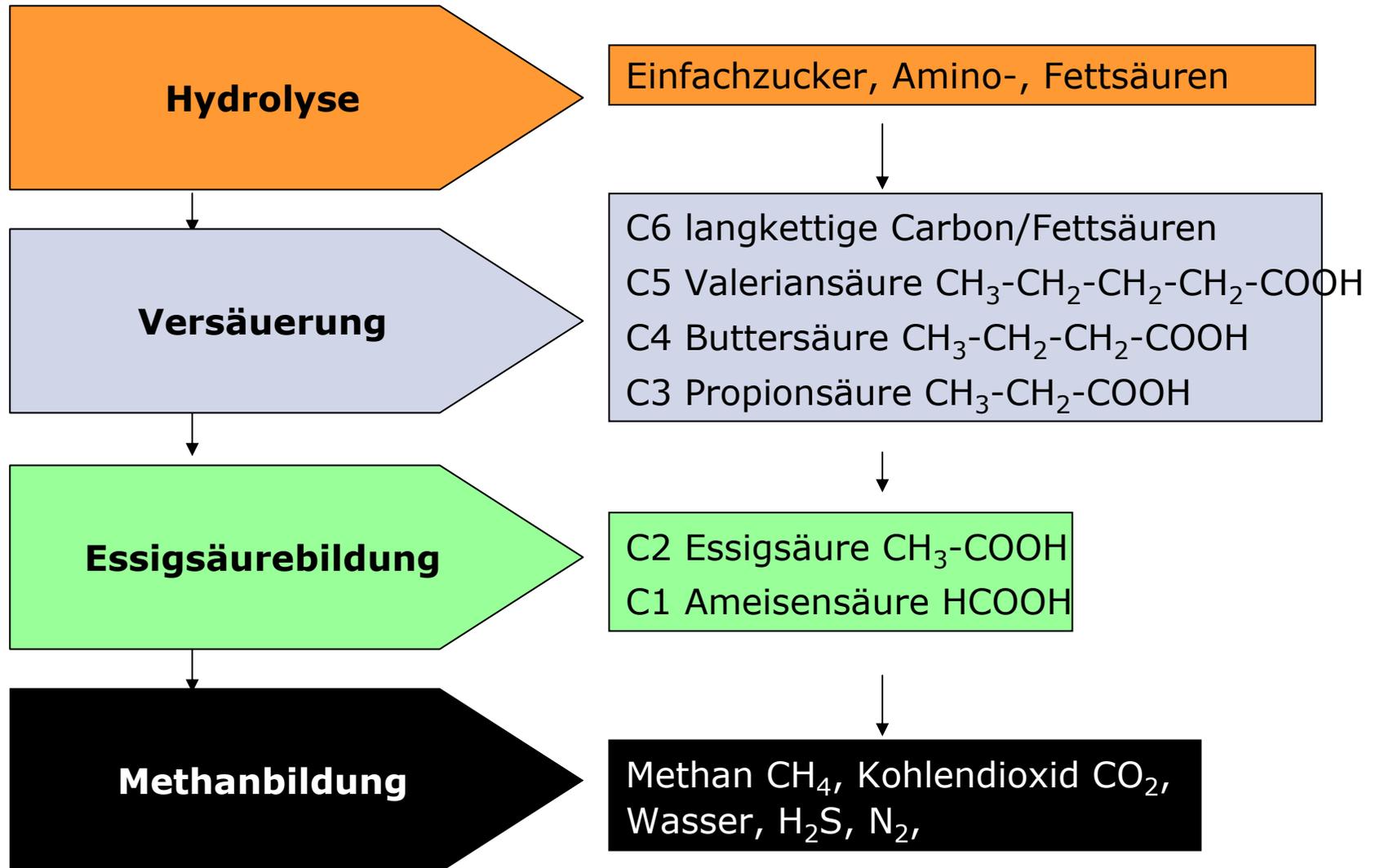
Der Begriff „Nachwachsender Rohstoff“ wird in Anlage 2, II des EEG 2009 erläutert und durch eine Positiv- und Negativliste genauer eingegrenzt.

- Landwirtschaftliche, forstwirtschaftliche und gartenbauliche Produkte, die nicht weiterverarbeitet sind.
- Darüber hinaus fällt auch Material aus der Landschaftspflege sowie Wirtschaftsdünger unter diesen Begriff.

Grundlagen des Gärprozesses



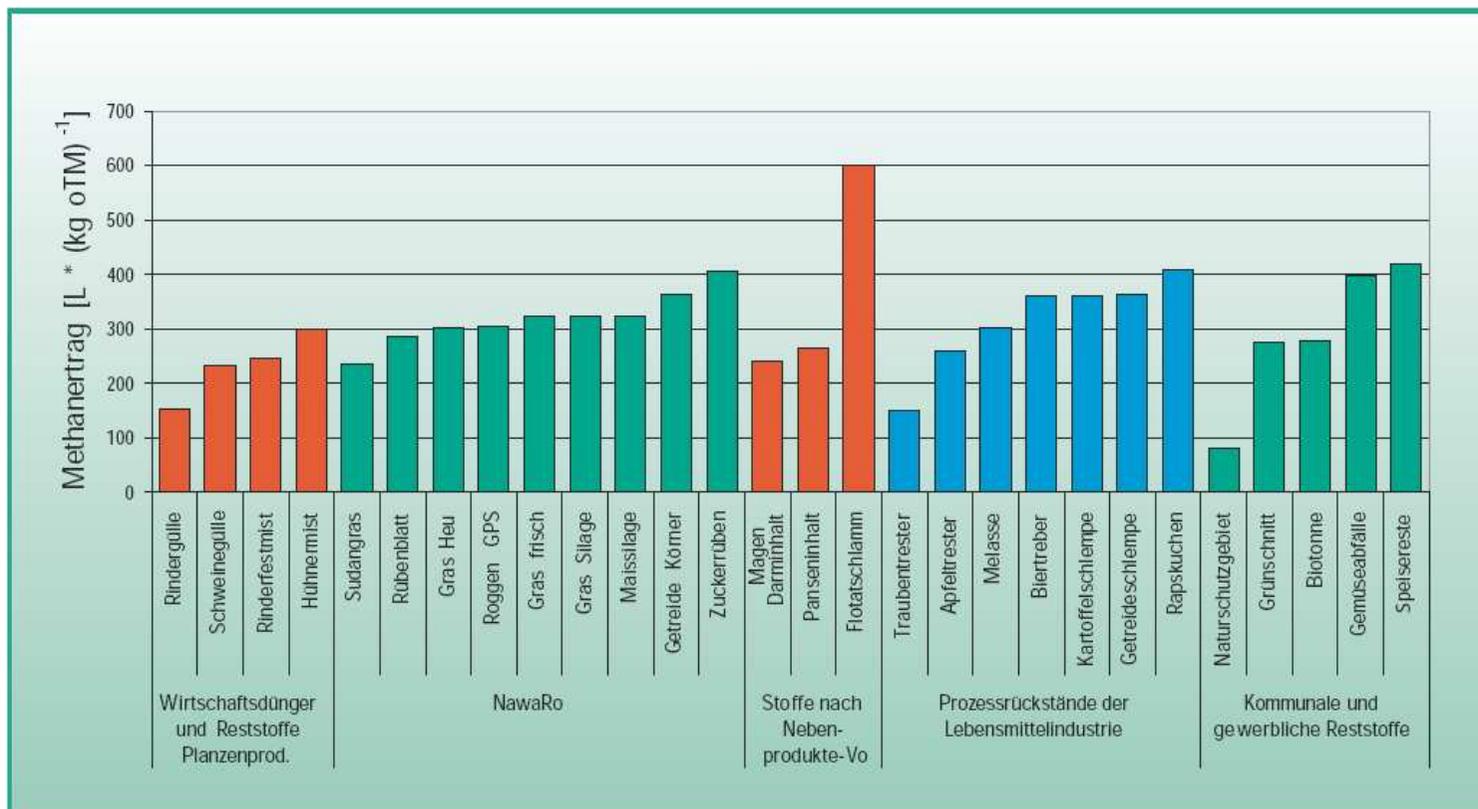
Zwischenprodukte des anaeroben Abbaus



Quelle:
Barbara Eder

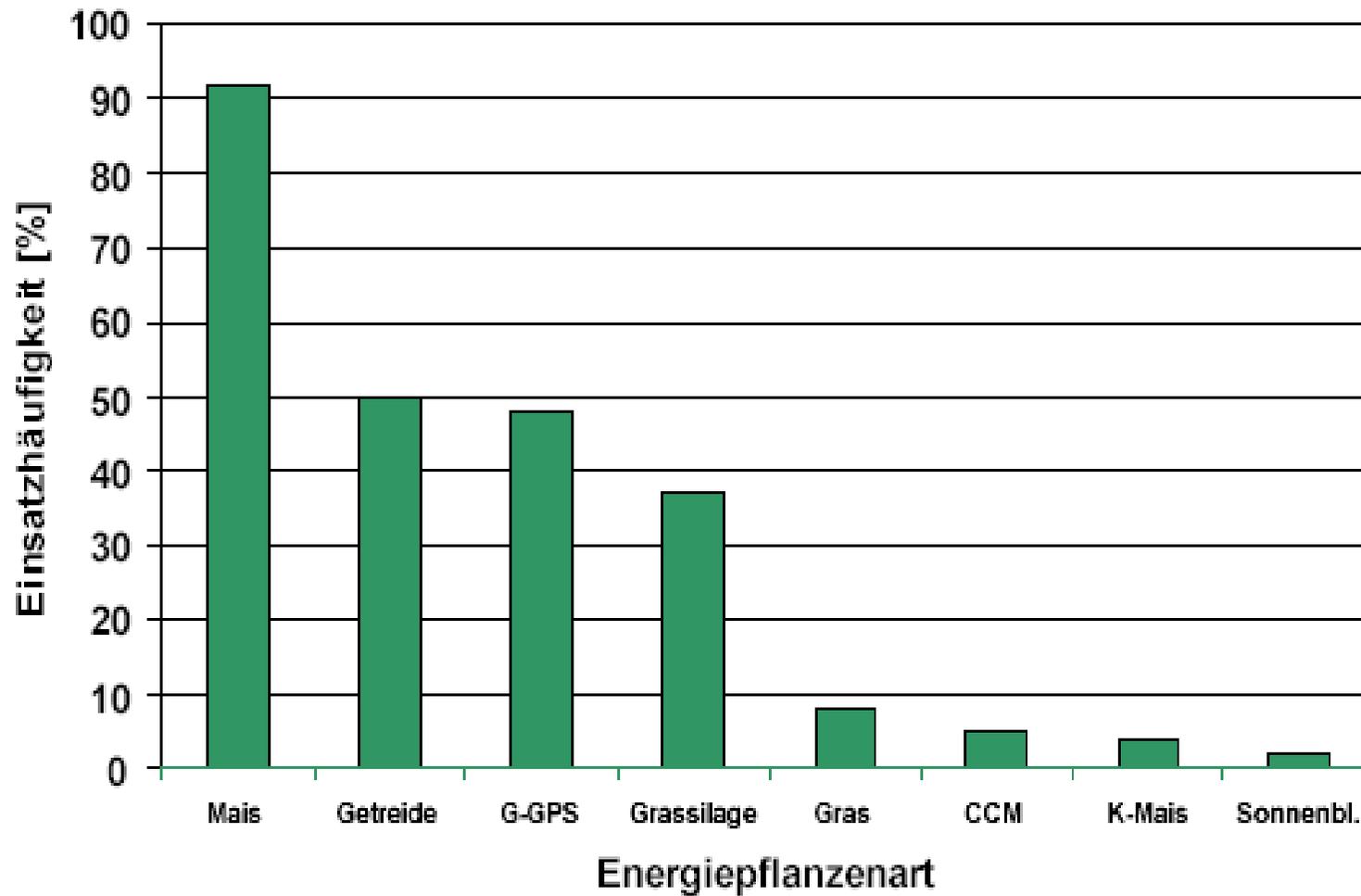


Richtwerte für spezifische Biogaserträge



Quelle: Biogashandbuch Bayern

Einsatzhäufigkeit von NaWaRo



Unterscheidungsmerkmale Biogasanlagen

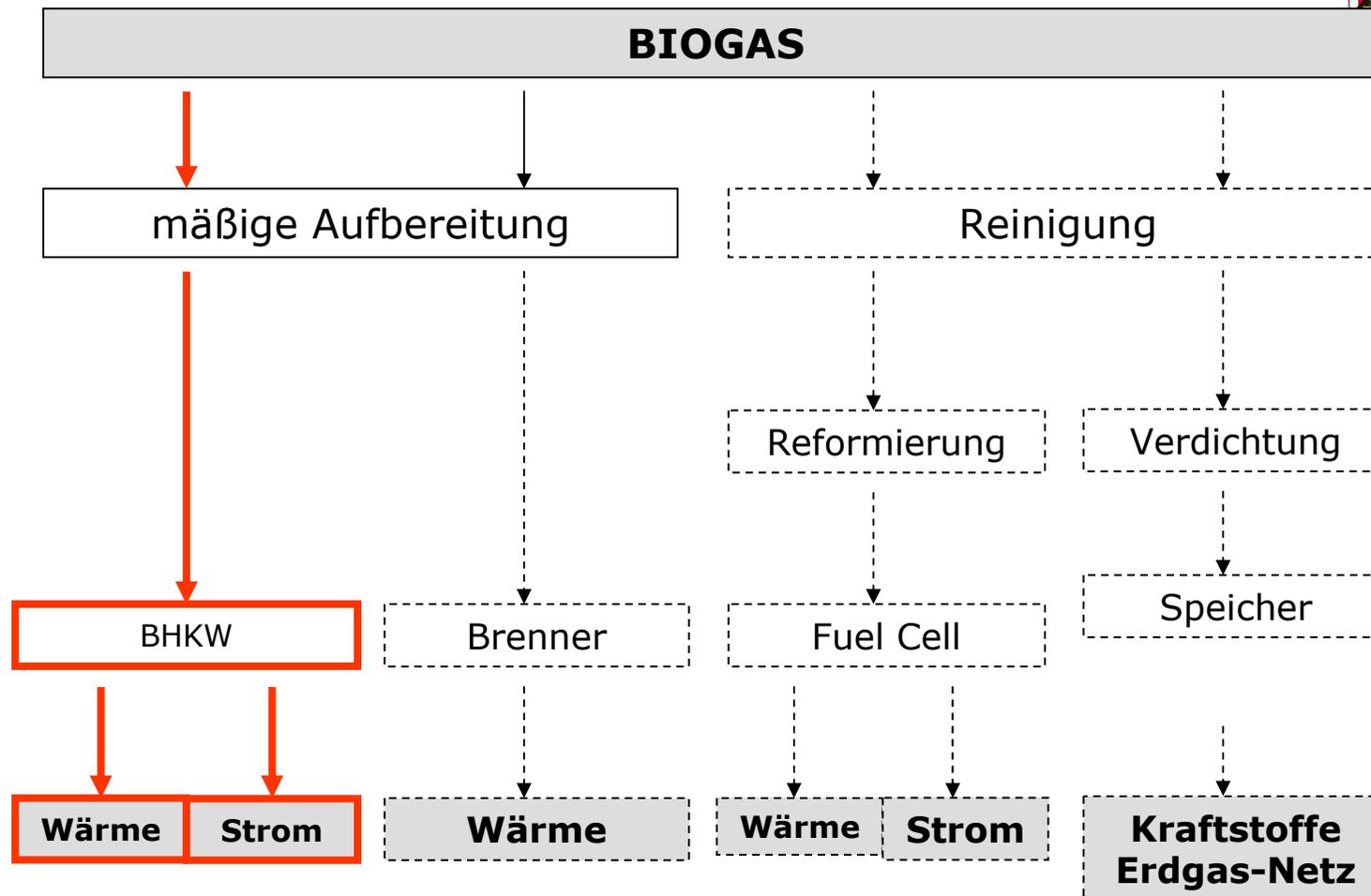


Merkmale:

Unterschiede:

1	Substratfeuchte	Nass- oder Trockenfermentation
2	Prozesstemperatur	mesophile oder thermophile Vergärung
3	Prozessstufen	ein- oder mehrstufige Verfahren
4	Stofffluss	kontinuierliche oder diskontinuierliche Prozessführung

Quelle: Prof.
Weiland, FAL
Braunschweig,
2006



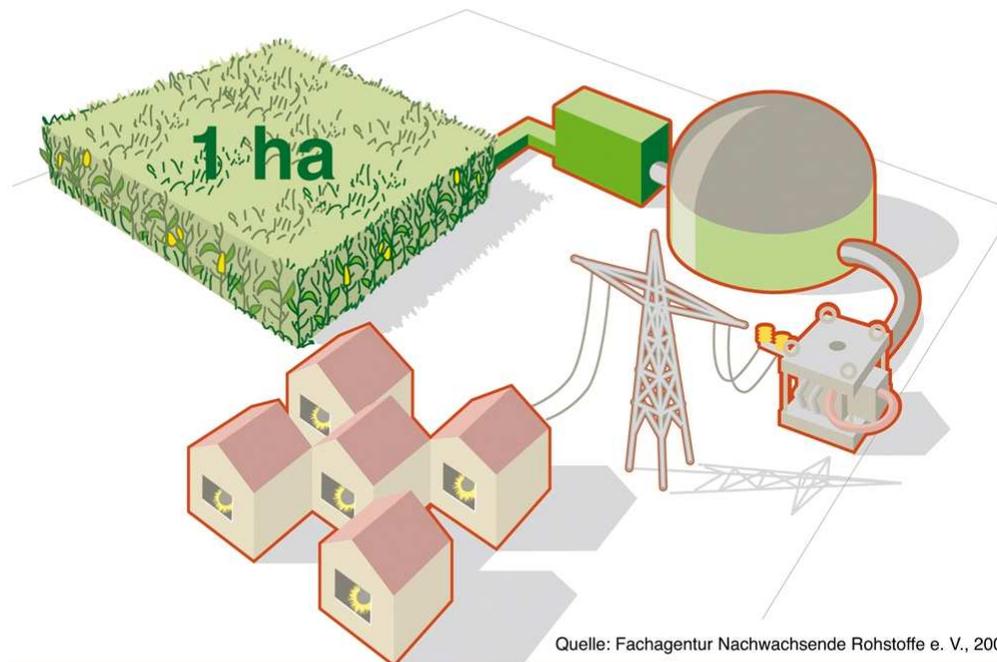
Aktuell wird Biogas überwiegend in Blockheizkraftwerken (BHKW´s) zu Strom und Wärme umgewandelt.

Quelle: Dr. P. Weiland, FAL, verändert FvB



Strom – natürlich aus Biogas

Ein Hektar Mais deckt den Jahresbedarf von fünf Haushalten



Biogas ist einer der erfolgreichsten erneuerbaren Energieträger. Rund 3.700 Anlagen produzieren heute Strom aus Biogas. Immer häufiger kommen bei der Vergärung auch nachwachsende Rohstoffe zum Einsatz. So lassen sich aus dem Ertrag von einem Hektar Mais knapp 16 MWh Strom erzeugen - genug, um damit fünf Haushalte mit je ca. 2-3 Personen ein Jahr lang vollständig zu versorgen.



Rheinland-Pfalz

DIENSTLEISTUNGSZENTRUM
LÄNDLICHER RAUM EIFEL

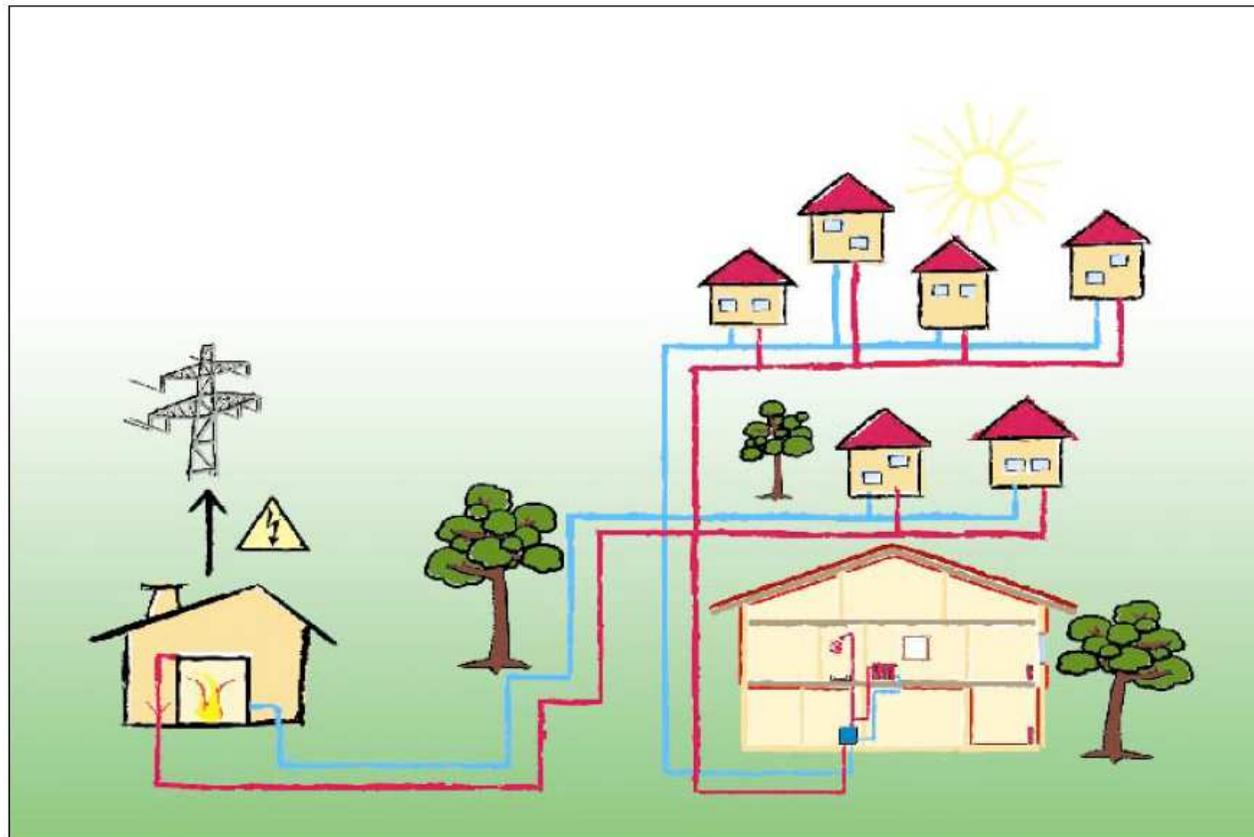


Rheinland-Pfalz

DIENSTLEISTUNGSZENTRUM
LÄNDLICHER RAUM EIFEL

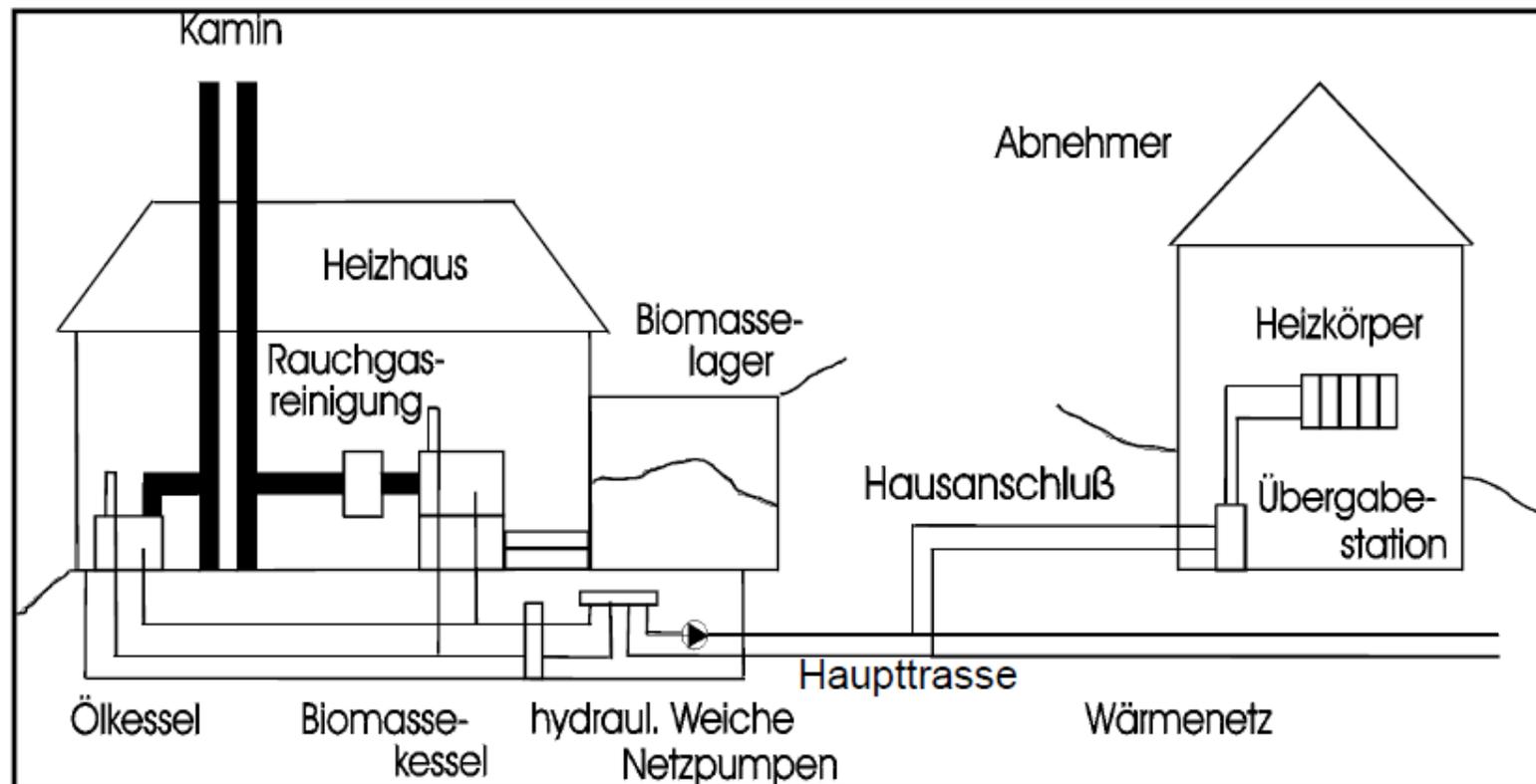
Nutzungsmöglichkeiten für Abwärme

Prinzip eines Nahwärmesystems





Bestandteile Wärmenetze



Quelle: CARMEN

Objektauswahl

- **möglichst hoher Wärmebedarf**
- **kurze Entfernungen**
- Sicherheit des Bestands des Objektes (Firmen, Behörden...)
- Datum Fertigstellung der Objekte
- Vorverträge
- anstehende Wärmeschutzmaßnahmen
- weitere dezentrale Wärmeerzeuger (Solaranlage, Stückholzkessel...)

Quelle: CARMEN

Einsatzbereiche von Wärmenetzen



Geeignete Objekte

sehr gute Eignung

- ++ Schwimmbäder, Schulen, Krankenhäuser, Wohnheime
- ++ holzverarbeitende Betriebe mit Trocknungsanlage
- ++ Molkereien, Brauereien, Schlachthöfe
- ++ bestehende Wohngebiete mit dichter Bebauung, mehrgeschossige Bauten

bedingte Eignung

- + reine Wohn-/Neubaugelände mit dichter Bebauung
- + kleinere kommunale Gebäude
- + gemischte Gewerbebetriebe
- + Industrieanlagen

geringe Eignung

- reine Wohn-/Neubaugelände in Niedrigenergiebauweise
- wenige Wohnhäuser (Ein- und Zweifamilienhäuser)
- kleine Einzelobjekte mit geringem Wärmebedarf (z. B. Lagerhallen, Bauhöfe)

Quelle: CARMEN

Richtwerte für Verlegungskosten



Nennweiten	spezifische Verlegungs- kosten in €/m-Trasse
DN 0-65	~ 200 bis 400
DN 80-125	~ 250 bis 600
DN 150-200	~ 400 bis 800
DN 250-300	~ 600 bis 1100

Quelle: BIOGAS Journal

Einsatzbereiche von Wärmenetzen

Leistungsbedarf

+ Summe zu beheizender Objekte
(nach bisherigem Bedarf oder Berechnung)
+ Trassenverluste

= Leistungsbedarf



Überblick zu wirtschaftlich durchführbare Nutzungsmöglichkeiten für Abwärme

Quelle: Leitfaden - Verwertung von Wärmeüberschüssen bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen,
Bremer Energie Institut



Anwendungsgebiet: Trocknung

Die Qualität und Lagerfähigkeit sowie Haltbarkeit land- und forstwirtschaftlicher Produkte lässt sich durch eine technische Trocknung unter Verwendung erwärmter Luft absichern.

z.B. Trocknung von

- Grüngut
- Getreide
- Kräutern
- Energieholz
- Schnittholz
- Grünschnitt aus der Landschaftspflege



Anwendungsgebiet: Trocknung

Je nach Größe der Wärmemenge kann eine Trocknung für den

- Eigenbedarf,
- eine Lohn­trocknung oder
- eine Trocknung als Genossenschaftsmodell

umgesetzt werden.

Abhängig vom Trockengut können marktfähige Produkte erzeugt werden, die über eine Direktvermarktung oder den Großhandel vertrieben werden.

Anwendungsgebiet: Trocknung

Erforderliche Randbedingungen:

Möglichst gestreckte Trocknungsperioden aufgrund unproblematischer Zwischenlagerung, mehrmaliger jährlicher Ernte oder ganzjährigem Anfall des Rohstoffes bzw. durch eine zeitliche Staffelung von zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallenden Trockengütern.

Anwendungsgebiet: Thermische Gärrestaufbereitung

Die Gärrestaufbereitung kann unter bestimmten Umständen dazu beitragen, die Kosten der Ausbringung zu reduzieren, indem dadurch die Transport- und Lagerkosten bei der Gärrestverwertung vermindert werden. Grundsätzlich lassen sich bei der thermischen Gärrestaufbereitung die Aufbereitung durch Ammoniakstrippung und die Aufbereitung durch thermische Aufkonzentrierung (Eindampfung) unterscheiden.

Beide Verfahren nutzen als erste Stufe eine mechanische Feststoffabscheidung. Die abgeschiedenen Feststoffe können, vergleichbar mit Frischkompost, als Bodenverbesserer und Dünger genutzt werden. In einem weiteren Prozessschritt werden jeweils die Feingülleanteile thermisch behandelt.

Anwendungsgebiet: Thermische Gärrestaufbereitung

Erforderliche Randbedingungen

- Hoher Energiegehalt des Substrats (bei geringer Gasträchtigkeit kommt keine hinreichende Wärmeerzeugungsbasis zustande)
- Prozesswärmerückführung
- Bei der Ammoniakstrippung: regionaler Nährstoffüberschuss
Transportdistanzen > 50 km

Hemmnisse

- Anlagen sind noch im Entwicklungsstadium
- Es fehlen passende Absatzmärkte für die Endprodukte

Anwendungsgebiet: Gewächshausbeheizung



Aufgrund der relativ hohen Investitionskosten für Wärmeleitungen sollte das Gewächshaus in der Nähe der Biogasanlage errichtet werden.

Dabei ist die sinnvolle Größe der Gewächshäuser vom Wärmeangebot des Biogas-BHKW und zusätzlich von der Bauart und den für die jeweiligen Pflanzenkulturen benötigten Temperaturen abhängig. Das Biogas-BHKW wird dann die Wärmegrundlast abdecken.

Über eine kurze Wärmeleitung wird dem Heizsystem der Gewächshäuser Grundlastwärme zur Verfügung gestellt. Die Wärmeübergabestelle inklusive Messeinrichtung wird üblicherweise im Kesselhaus des Gewächshauses sein.

Im Sommerhalbjahr wird es weiterhin Wärmeüberschüsse geben.

Anwendungsgebiet: Gewächshausbeheizung



Erforderliche Randbedingungen

- ein im Umkreis von etwa 15 km vorhandener Gartenbaubetrieb, der eine Ausweitung seiner Gewächshausfläche plant,
- eine geeignete Freifläche in direkter Nähe der Biogasanlage,
- ein vorgesehener Pflanzenanbau mit möglichst hohen Temperaturansprüchen,
- Genehmigungsfähigkeit von Gewächshäusern am Biogasanlagenstandort



Anwendungsgebiet: Mobiler Wärmetransport

Aufgrund der höheren Wärmedichte wird nicht Wasser, sondern andere Medien als Wärmeträger genutzt. Am weitesten ist der Einsatz von **Latentwärmespeichern** auf der Basis von **Natriumacetat-Trihydrat** entwickelt. Die Besonderheit dieses Materials ist, dass es durch Wärmezufuhr zu einem Phasenübergang von fest nach flüssig ohne Anstieg der Medientemperatur kommt. Durch einen **Phasenübergang** in umgekehrter Richtung kann die so gespeicherte Wärme, die in einem ungedämmten 20-Fuß Container transportiert werden kann, dann beim Wärmeabnehmer wieder freigegeben werden.



Anwendungsgebiet: Mobiler Wärmetransport

Unter Berücksichtigung der an Wärmetauschern auftretenden Temperaturabsenkungen lassen sich **keine höheren Nutzttemperaturen als etwa 48 °C** realisieren. Dies schränkt die Verwendbarkeit der mit Natriumacetat transportierten Wärme auf sehr spezielle Bereiche ein, in denen niedrige Rücklauftemperaturen von 30°C und we niger möglich sind. Vorlauftemperaturen von über 48 °C würden sich dann durch eine Nacherhitzung z. B. mit Hilfe einer Erdgasfeuerung realisieren lassen.

Weitere Ansprüche des Konzepts sind eine **hohe jährliche Auslastung** des Systems und ein optimales logistisches Konzept.

Bei hoher Auslastung von 4.000 h/a können noch Transportentfernungen von 30 km wirtschaftlich sein.

Anwendungsgebiet: Mobiler Wärmetransport



Rheinland-Pfalz
DIENSTLEISTUNGSZENTRUM
LÄNDLICHER RAUM EIFEL



Quelle: Dipl.-Ing. Jan Hendrik Budach



Anwendungsgebiet: Mobiler Wärmetransport

Erforderliche Randbedingungen

- Wärmeangebot von mindestens 250 kW
- Verbraucher die mindestens 125 kW Wärme auf niedrigem Temperaturniveau benötigen, wobei insbesondere die Rücklauftemperaturen niedrig sein müssen
- Hohe Auslastung der Wärmenachfrage
- Kurze Transportentfernung (aber außerhalb der Reichweite einer Fortleitung von Biogas)

Hemmnisse

- Notwendigkeit täglichen Lastkraftverkehrs, wobei insbesondere die Sonn- und Feiertagstransporte als störend empfunden werden
- Ästhetische Probleme aufgrund der aufgestellten Container
- Geringe Betriebserfahrungen

Anwendungsgebiet: Kälteerzeugung für Kühlhäuser

Die anfallende Wärme eignet sich zur Erzeugung von Kälte. In der Nähe des Biogas-BHKW könnte damit ein Kühlhaus betrieben werden.

Anstelle einer Kompressionskältemaschine, wie sie in Kühlschränken vorhanden ist, wird dafür eine Absorptionskälteanlage genommen. Während der Verdichter der Kompressionskältemaschine mit elektrischem Strom angetrieben wird, dient bei der Absorptionskälteanlage die 100 °C heiße Abwärme des BHKW als Antriebskraft. In der Anlage zirkuliert üblicherweise ein Gemisch aus Wasser (Kältemittel) und Lithiumbromid (Lösungsmittel).

In der einfachsten Ausführung kann eine Lagerhaustemperatur von etwa 10 °C erzeugt werden (Kaltwassereintritt: 12 °C / Kaltwasseraustritt: 6 °C).

Anwendungsgebiet: Kälteerzeugung für Kühlhäuser



Rheinland-Pfalz
DIENSTLEISTUNGSZENTRUM
LÄNDLICHER RAUM EIFEL

Erforderliche Randbedingungen

- ein in der Nähe befindlicher Gewerbebetrieb, der Kühllagerbedarf aufweist
- Platzangebot für ein Kühlhaus bzw. für ein Kühllager innerhalb eines bestehenden Gebäudes in unmittelbarer Nähe zum Biogas-BHKW, gute Erreichbarkeit für Lieferverkehr
- eine hohe jährliche Auslastung des Systems

Anwendungsgebiet: Aquakultur

Die Produktion von Fischen, Garnelen und Algen in Aquakulturen ist eine Wachstumsbranche mit einem jährlichen Wachstum von ca. 10 % – jedoch auf derzeit noch niedrigem Niveau. Der überwiegende Teil der Produktion, ca. 90 %, erfolgt derzeit in asiatischen Ländern, zumeist in Teich- und Meereskulturen, auf Europa entfällt nur ein Anteil von 1,33 Mio. Tonnen pro Jahr, bzw. 8 %.

Für die Nutzung der Abwärme von Biogasanlagen sind allein Aquakulturen in Kreislaufanlagen, die bislang noch einen sehr geringen Anteil an der Produktion haben (2004: 28 Anlagen in Deutschland), von Interesse, da nur sie einen nennenswerten Wärmebedarf aufweisen.

Anwendungsgebiet: Aquakultur



Erforderliche Randbedingungen:

- Fachpersonal für die Fischzucht
- Wirtschaftliche Stabilität, die trotz erheblicher Investitionen Startjahre ohne Einnahmen akzeptabel sein lässt



Anwendungsgebiet: Wäschereibetrieb

In nahezu jedem Industrie- und Gewerbebetrieb ist die Reinigung von Arbeitskleidung notwendig. Hierfür wird meistens vom Arbeitgeber ein ansässiger Wäschereibetrieb beauftragt.

Neben der Reinigung von Arbeitskleidung kommen als Hauptkundschaft für Wäschereibetriebe derzeit Hotels, Restaurants, Kantinen, aber auch Krankenhäuser und Pflege- oder sonstige Heime in Frage.

Je nach Verschmutzungsgrad der Kleidung und Anforderung seitens des Auftraggebers werden unterschiedlich aufwändige Reinigungsprogramme angewendet, die sich in der Waschart, -dauer und -temperatur unterscheiden können.



Anwendungsgebiet: Wäschereibetrieb

Die Herstellung von Warmwasser stellt in Wäschereibetrieben (neben der elektrischen Leistung) einen Großteil des Energiebedarfes dar.

Der erforderliche Temperaturbereich kann durch den Kühlwasserkreislauf des BHKW erbracht werden.

Pro kg Wäsche beträgt der Gesamtenergiebedarf etwa 2,0 – 5,5 kWh, wobei ein Abwasseranfall von 10 – 40 l/kg Wäsche entsteht.

Der Trocknungs- und Finishingprozess hat einen Anteil am Energieverbrauch von 1,1 – 2,3 kWh/kg Wäsche.



Anwendungsgebiet: Wäschereibetrieb

Hemmnisse

Ein Hemmnis bei der Ansiedlung eines Wäschereibetriebes an eine Biogasanlage könnte die Akzeptanz des Kunden darstellen, der vielleicht einen Gegensatz zwischen reiner, wohlriechender Wäsche und Biogas sehen könnte.

Dieser Befangenheit könnte aber mit Aufklärung entgegengewirkt werden. Nicht zuletzt hängt es von der Qualität der Leistung ab, die eine biogasanlagenbetriebene Wäscherei liefert. Außerdem kann dem Kunden durch die gute Energiebilanz eine kostengünstigere Dienstleistung angeboten werden, was sicher ebenfalls einige Hemmnisse überwinden kann.

Gewichtiger könnte die Einhaltung der hygienischen Bestimmungen für z. B. Krankenhauswäsche sein.



Anwendungsgebiet: ORC-Anlage

Der Organic-Rankine-Cycle-Prozess (ORC-Prozess) ermöglicht eine Nutzung der Biogas-BHKW-Wärme für eine zusätzliche Stromerzeugung.

Der dem BHKW nachgeschaltete Prozess verarbeitet entweder die gesamte überschüssige Abwärme oder bei anderen Konzepten lediglich die in den Abgasen enthaltene Wärme. Ein großer Vorteil der ORC-Anlage ist, dass sie

- sich bei jedem BHKW nachrüsten lässt,
- ohne Probleme eine ganzjährige Wärmenutzung ermöglicht und
- dass im Rahmen dieser Wärmenutzung keine neue Dienstleistung oder Vermarktung aufgebaut werden müsste.

Anwendungsgebiet: ORC-Anlage

Es handelt sich um einen Dampf-Kraft-Prozess, der anstatt Wasserdampf ein organisches Arbeitsmedium verwendet.

So ermöglicht er bereits bei einem geringen Temperaturgefälle zwischen Wärmequelle und -senke von 70 °C einen Wirkungsgrad von rund 10 % und bei 140°C von rund 20%.

Die erstgenannte Temperaturspreizung wird erreicht, wenn das Abwärmegemisch des BHKW verwendet wird und die doppelt so große, wenn lediglich die Abgaswärme zum Antrieb genutzt wird. Da die Abgaswärme etwa die Hälfte der zur Verfügung stehenden Wärmeleistung ausmacht, würde zumindest in dem zweiten Fall noch genügend heiße Abwärme für weitere Anwendungen zur Verfügung stehen.

Anwendungsgebiet: ORC-Anlage



Hemmnisse

- geringe Betriebserfahrungen
- hoher Kapitalbedarf