

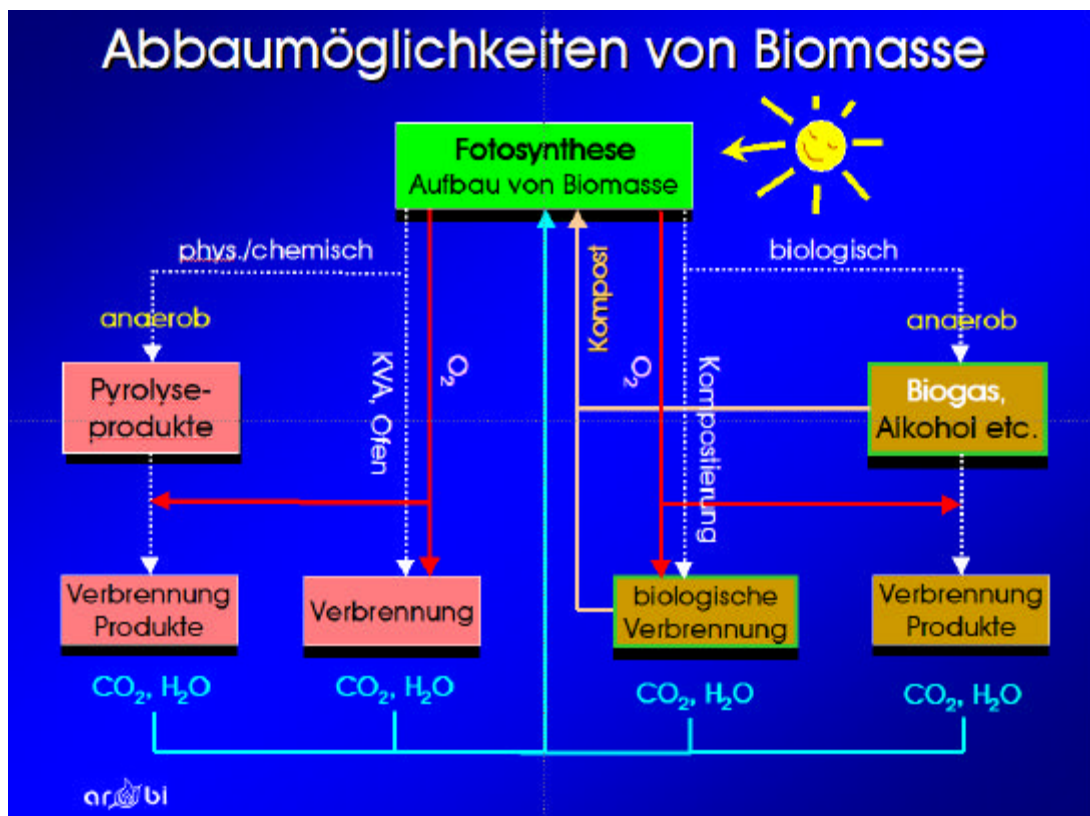
Biogas - erneuerbare Energie aus organischem Abfall

Dr. Werner Edelmann, arbi GmbH, Baar

Leben ist Werden und Vergehen, ein steter Wechsel von Aufbau und Abbau.

Aufbau braucht Energie. Diese Energie kommt von der Sonne: Bei der Photosynthese bilden die grünen Pflanzen mit der Energie des Sonnenlichts aus einfachen Bausteinen - CO_2 , Wasser und Nährstoffen - energiereiche Kohlenstoffverbindungen, wie Zucker, Eiweiße, Fette und anderes Zellmaterial. Mensch und Tier ernähren sich direkt oder beim Fleischkonsum indirekt von den Pflanzen und „tanken“ so Energie und Baumaterial für den eigenen Körper. Doch alles biogene Material, d.h. durch Lebewesen aufgebaute Material, wird schliesslich wieder zu einfachen, mineralischen Bausteinen abgebaut; dabei wird die in den chemischen Bindungen gespeicherte Sonnenenergie wieder frei. Die Mikroorganismen sind in der Natur für den Endabbau der biogenen Stoffe zuständig.

In der Biomasse werden in jedem Jahr riesige Stoff- und Energiemengen fixiert. Davon nutzt der Schweizer einen beachtlichen Teil, um sein Dasein zu fristen: Hierzulande werden jährlich rund 60 Millionen Tonnen Biomasse mit einem Energieinhalt von über 60'000 GWh verschoben und verarbeitet. Der Löwenanteil fällt auf den Anbau und Import von Tierfutter und Nahrungsmitteln; der Anteil von Holz liegt unter 20%. Bei der Biomassenutzung entsteht immer auch Abfall. In der Landwirtschaft verbleiben allfällige Abfälle entweder auf dem Feld, oder sie werden in Form von Gülle zurück aufs Feld gebracht. Rund 3 Millionen Tonnen biogene Abfälle fallen jedoch bereits heute pro Jahr als separat gesammelte Abfälle an, die gezielt verwertet werden können (inkl. Altpapier). Abbildung 1 zeigt die prinzipiellen Abbaumöglichkeiten für die biogenen Abfälle.



Die prinzipiellen Möglichkeiten des Abbaus von Biomasse (Erläuterung im Text)

Die Biomasse kann technisch entweder physikalisch-chemisch oder biologisch zu CO_2 und Wasser abgebaut werden. In beiden Fällen kann der Abbau in einem oder in zwei Schritten erfolgen: Beim einstufigen Abbau (Verbrennung bzw. Kompostierung) steht das Material von Anfang an mit Sauerstoff in Kontakt. Beim zweistufigen Abbau (Pyrolyse, bzw. Biogas oder Alkoholgewinnung) läuft der erste Schritt hingegen ohne Sauerstoff, d.h. anaerob ab. Weil dann das Material nicht oxidiert werden kann, entstehen sehr energiereiche Zwischenprodukte, die erst in einem zweiten Schritt zur Energiegewinnung mit Sauerstoff kontrolliert verbrannt werden.

Bei den physikalisch-chemischen Methoden wird das biogene Material in der Regel vollständig abgebaut. Sie eignen sich vor allem für trockene Biomasse (z.B. trockenes Holz etc.). Als Produkt entsteht Asche oder Schlacke, welche deponiert und so dem Stoffkreislauf entzogen wird. Bei einer nassen, faulen Tomate muss andererseits zuerst der Wassergehalt verdampft werden, bevor die Kohlenstoffverbindungen oxidiert oder pyrolysiert werden können; nasse und feuchte Biomasse wird daher besser biologisch abgebaut: Beim biologischen Weg werden durch Mikroorganismen nicht alle, sondern nur die einfacher „verdaulichen“ Stoffe abgebaut. Zurück bleibt Kompost. Dieser enthält noch schwer abbaubare Verbindungen, die für den Aufbau von Humus wichtig sind, sowie die anorganische Nährstoffe und Spurenelemente als Dünger für neues Wachstum. Beim biologischen Abbau wird der natürliche Kreislauf geschlossen.

Der biologische Abbau erfolgt durch zwei prinzipiell verschiedene Gruppen von Mikroorganismen, welche beim Abbau biochemisch ganz unterschiedliche Wege beschreiten: die aeroben und die anaeroben. Aerobe Mikroorganismen (Bakterien, Einzeller, primitive Mehrzeller) bauen die energiereichen Verbindungen mit Sauerstoff aus der Luft ab zu den sehr energiearmen Produkten Kohlendioxid (CO_2) und Wasser sowie Mineralsalzen. Dies sind die Ausgangsstoffe für die Photosynthese und somit für einen neuen Aufbau.

Die aeroben Organismen leben aus energetischer Sicht in Saus und Braus; sie haben die ganze Energiedifferenz zwischen dem energiereichen Ausgangsmaterial und den energiearmen Endprodukten zu ihrer Verfügung. Sie verdoppeln sich daher sehr rasch (innerhalb von Stunden) und sie geben überschüssige Wärme ab, die bei der biologischen „Verbrennung“ frei wird. Ein gut durchlüfteter Komposthaufen wird daher sehr heiss. Der aerobe Abbau läuft in der freien Natur allerdings nur dort ab, wo Biomasse in kleinen Schichtdicken stets mit Luft und Wasser in Kontakt ist.

Anaerobe Bakterien sind die urtümlichsten Lebewesen der Erde: Es gibt sie schon seit mehreren Milliarden Jahren; sie stammen aus einer Zeit, als es noch keine Pflanzen und daher in der Erdatmosphäre noch keinen Sauerstoff gab. Sie können deshalb organisches Material ohne Hilfe von Sauerstoff abbauen. Weil sie nur ein wenig Sauerstoff aus den Verbindungen selbst zur Verfügung haben, müssen sie einen grossen Teil des Kohlenstoffs mit Wasserstoff zu Methan (CH_4) verbinden. Methan ist energiereich: im Methan steckt noch über 90% der Energie des abgebauten Materials! Für die Bakterien hat dies die unerfreuliche Konsequenz, dass sie äusserst wenig Energie zum Leben haben; sie haben im Vergleich zu den aeroben Organismen weniger als einen Zehntel der Energie für ihr eigenes Wachstum zur Verfügung. Ihr Abbau ist an der absoluten Grenze des biologisch überhaupt noch Machbaren. Sie wachsen daher sehr langsam (Verdopplungszeit von mehreren Tagen) und setzen auch keine Abwärme frei.

Anaerobe Bakterien kommen nur vor, wo kein Sauerstoff vorhanden ist: Am Grund von Seen und Teichen, im Innern von Biomasseansammlungen aller Art oder im Pansen der Wiederkäuer (eine Kuh ist eine mobile Biogasanlage; sie stösst pro Tag über After und Maul rund 400 Liter Methan aus). Auch im Innern eines Komposthaufens läuft je nach Intensität der Belüftung immer ein mehr oder weniger grosser Anteil des Abbaus anaerob ab. Sobald jedoch beim Umschichten wieder Sauerstoff Zutritt, kapseln sich die anaeroben Bakterien ab und warten auf bessere, d.h. anaerobe Zeiten, wo sie gegenüber den Aeroben wieder einen Konkurrenzvorteil haben. Dann beginnen sie wieder Biogas zu produzieren.

Biogas ist eine Mischung von rund zwei Dritteln Methan, einem Drittel Kohlendioxid und Restgasen. Wenn das Methan unverbrannt an die Atmosphäre gelangt, ist es sehr umweltschädlich (über 20 mal stärkeres Treibhausgas als CO_2 ; Methanemissionen sind u.a. der Grund, dass es heute in der Schweiz verboten ist, organische Abfälle zu deponieren). Wenn das Methan hingegen in einem Motor, Heizkessel oder Blockheizkraftwerk verbrannt wird, entsteht wieder jenes CO_2 , mit welchem die vorher Pflanzen gewachsen sind und nun wieder neu wachsen können; CO_2 aus Biogas ist daher treibhausneutral. Erdgas besteht ebenfalls zur Hauptsache aus Methan. Dort entsteht jedoch bei der Verbrennung zusätzliches, d.h. treibhausaktives CO_2 , da das Erdgas (wie auch Erdöl und Kohle) über Hunderte von Jahrmillionen in der Erde gefangen war und erst jetzt durch den Menschen in kürzester Zeit freigesetzt wird.

Biogas ist somit erneuerbare Sonnenenergie. Es hat den grossen Vorteil, dass es aus organischen Abfällen aller Art gewonnen werden kann¹). Nur der Holzbaustoff Lignin ist erdgeschichtlich sehr viel später entwickelt worden als die anaeroben Bakterien; sie konnten daher keinen Weg mehr finden, Holz abzubauen. Für die Biogasproduktion eignen sich verschiedenste biogene Abfälle aus Küche, Feld und Garten (Rasen etc.), Exkrememente und Panseninhalte oder Abfälle und Abwässer der Lebensmittelverarbeitenden Industrie. Die ersten Biogasanlagen waren Faultürme auf Kläranlagen. Zu Beginn der 80er-Jahre folgten landwirtschaftliche Anlagen und etwas später Hochleistungsreaktoren für organisch belastete Industrieabwässer. Seit den 90er-Jahren werden in Europa nun auch vermehrt Biogasanlagen zur Vergärung der festen biogenen Haushaltsabfälle eingesetzt.



Eine Biogasanlage funktioniert ähnlich wie eine Kuh: Sie ist geheizt und durchmischt

¹ Für die Gewinnung von Alkohol braucht es beispielsweise Zucker oder Stärke. Die Alkoholgewinnung steht damit in Konkurrenz zur Nahrungsproduktion.

Eine Biogasanlage besteht im wesentlichen aus einem gasdichten und wärmeisolierten Behälter, in welchem die Bakterien die organischen Abfälle abbauen. Er ist – wie eine Kuh – auf rund 35°C beheizt, sanft durchmischt und mit einem Gasablass ausgestattet. Haushaltsabfälle werden zur optimalen Hygienisierung normalerweise bei 55-60°C abgebaut durch sogenannte thermophile anaerobe Bakterien (wie sie auch in einem heißen Komposthaufen vorkommen). Der Abbau dauert thermophil weniger als 20 Tage.



Verfahrensschema der KompoGas-Anlage: Aufbereitung, Vergärung sowie Verwertung von Gas und Gärgut

Eine Biogasanlage weist verschiedene vor- und nachgeschaltete Komponenten auf: Wie bei der Kuh gilt: „gut gekaut, ist halb verdaut“: Nachdem allenfalls störende Fremdstoffe ausgeschieden worden sind, werden Feststoffe daher möglichst stark zerkleinert, um den Bakterien viel Angriffsfläche zu bieten. Wenn Feststoffe vergoren werden, folgt nach der Anlage i.d.R. eine Trennung von festem Kompost und Presswasser. Das nährstoffreiche Presswasser kann wie der Kompost landwirtschaftlich genutzt oder für Aquakultur eingesetzt werden (Fisch- und Krebszucht, Zierpflanzen und Gemüse).



Wenn separat gesammelte Haushaltsabfälle vergoren werden, werden normalerweise vor der Vergärung noch störende Fremdkörper aussortiert (im Strauchschnitt vergessene Gartenschere, Plastik etc.)



Ein Biogasreaktor besteht aus einem gasdichten Behälter (hier ein liegender Zylinder, der in einem Gebäude erstellt wurde), in welchen das Ausgangsmaterial über wärmeisolierte Rohre eingepresst wird.

Das Biogas wird normalerweise in einem Ballon zwischengespeichert und dann im Blockheizkraftwerk zur Stromgewinnung verwendet unter Nutzung der Motor-Abwärme für Heizzwecke. Der Stromüberschuss wird – speziell zu Spitzenzeiten des Bedarfs - ins öffentliche Elektrizitätsnetz eingespeist. Bei Grossanlagen zur Vergärung von Haushaltsabfällen wird das Biogas oft gereinigt und direkt ins Erdgasnetz eingepresst. Dies erlaubt beispielsweise, mit Autos an Erdgastankstellen „virtuelles“ Biogas zu tanken.

Neuerdings laufen Untersuchungen, das nährstoffreiche Presswasser, das beim Auspressen des Gärguts entsteht, zusammen mit der Abwärme und CO_2 aus dem Abgas des Blockheizkraftwerks für Aquakultur zu nutzen. So können bei einer Biogasanlage ohne Fremdenergie in Gewächshäusern Fische, Krebse, Gemüse, Früchte und Salate gewonnen werden. Dies wird sicher in Zukunft wichtiger werden, wenn das Erdöl ein Preisniveau erreicht haben wird, wo der Transport von exotischen Früchten rund um den Globus zu teuer wird.



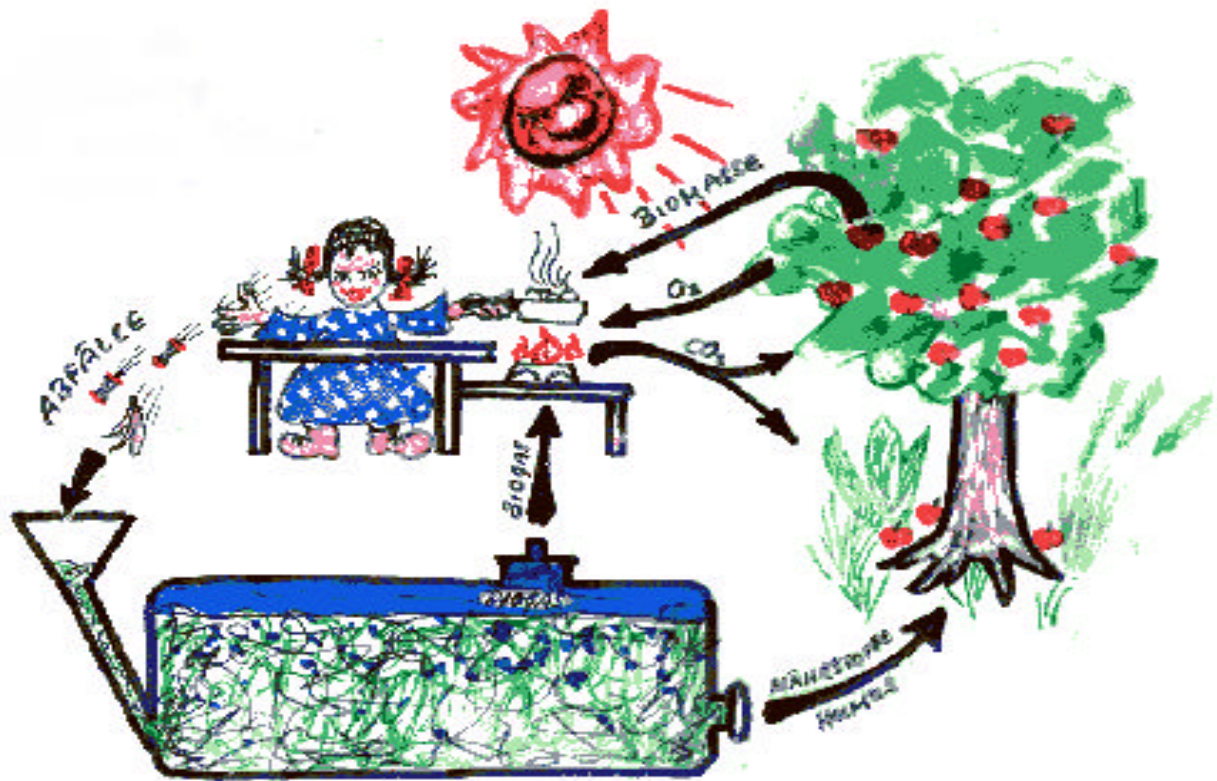
Das Presswasser wird neuerdings auch für die Aquakultur eingesetzt.



Eine moderne Biogasanlage liefert aus Abfall nicht nur Kompost, Strom und Wärme, sondern auch Gas für Autos sowie ggf. sogar Gemüse und tierische Proteine aus der Aquakultur.

Bei einer Ökobilanz werden sämtliche Umwelteinwirkungen ermittelt, die beim Bau, Betrieb und Abbruch einer Anlage entstehen. Die Ökobilanz der Biogasgewinnung aus festen Haushaltsabfällen weist das beste Resultat sämtlicher erneuerbarer (und erst recht nicht erneuerbarer) Energieträger auf: Bei der Biogasgewinnung sind sämtliche Stoffkreisläufe geschlossen und die Anlage wird mit selbst produzierter, erneuerbarer Energie betrieben.

Dadurch, dass Sonnenenergie nutzbar gemacht wird, kann umweltbelastende Verbrennung von fossilen Energieträgern und Produktion von radioaktivem Abfall verhindert werden. Gleichzeitig werden alternative Verfahren - wie Kompostierung oder Verbrennung - eingespart, die ihrerseits Fremdenergieverbrauch und Umweltbelastung bringen würden. Und last, but not least, werden Umweltbelastungen eingespart, weil die ökologischen Kreisläufe voll geschlossen sind: So kann beispielsweise die umweltbelastende Produktion von Mineraldünger reduziert werden, da die Nährstoffe des biogenen Abfalls mit dem Kompost wieder zurück auf's Feld gelangen. Das sehr umweltfreundliche Biogas ist heute mit Abstand der wichtigste der „neuen“ erneuerbaren Energieträger wie Solarwärme, Fotovoltaik oder Windenergie. Da die Reserven der nicht erneuerbaren Energieträger beschränkt sind, ist Biogas eine Technik der Zukunft: Man wird sich – wahrscheinlich viel rascher als uns lieb ist – nicht mehr leisten können, die wertvolle Energie der Biomasse ungenutzt als Kompostabwärme entweichen zu lassen.



Die geschlossenen Stoffkreisläufe beim Biogas: Die Pflanze wächst mit CO_2 , Wasser und Nährstoffen und baut energiereiche Verbindungen auf, welche früher oder später zu Exkrementen und Abfall werden. Bei der Fotosynthese wird Sauerstoff frei. In der luftdichten Biogasanlage erzeugen die anaeroben Bakterien Biogas. Das Methan wird mit dem Sauerstoff im Herd (oder in einem Motor) wieder zu CO_2 verbrannt, wobei die Energie des Methans frei wird. Schwer abbaubare Kohlenstoffverbindungen – welche für die Humusbildung wichtig sind – und Nährsalze verbleiben im Gärgut, welches wieder auf das Feld zurückgeführt wird. Ein neuer Aufbau kann beginnen! Der Motor, der den Kreislauf in Betrieb hält, ist die Sonne.