



S. Berghaeuser/digitalstock

MAISPFLANZEN sind – mit Stumpf und Stiel – besonders gut für Biogas geeignet.

Komplexe Planungsaufgabe

Für die Errichtung einer Biogasanlage werden viele einzelne Ingenieuraufgaben nötig

Biogasanlagen werden, und zwar nicht nur dort, wo Viehzucht betrieben wird, einen immer größeren Anteil an der Energieversorgung übernehmen – allein schon, um die Abhängigkeit von Öl- und Gasimporten zu verringern. Dass solche Anlagen keine nachrangige Aufgabe sind, sondern eine ernst zu nehmende anlagentechnische Herausforderung für mehrere Ingenieurdisziplinen, das macht der folgende Beitrag deutlich, dessen Autoren in einem Ingenieurbüro reichhaltige Erfahrung mit der Gesamtplanung solcher Anlagen gesammelt haben. Sie zeigen, dass für die Errichtung einer Biogasanlage Ingenieurleistungen vielfältigster Art notwendig sind, die regional vergeben werden können.

Katharina Backes | Daniel Liebing

In der Biogasbranche setzte der Aufschwung 1990 ein, unterstützt durch das Stromeinspeisegesetz und durch die zunehmende Recycling- und Abfallkreislaufwirtschaft. Eingesetzt wurden hauptsächlich Substrate wie Gülle zusammen mit Futterresten, Fetten oder nicht marktfähigen Lebensmitteln. Auch organische Haushaltsabfälle aus der Biotonne wurden in Biogasanlagen verwertet.

Mit dem Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien (Erneuerbare Energien Gesetz – EEG) von 2000 und der Novellierung 2004 wurde die Grundlage für die Ausweitung der Biogastechnologie gelegt.

Die Anzahl der Biogasanlagen stieg exponentiell von eintausend im Jahr 2000 auf circa

viertausend 2008. Besonders gefördert wurde durch das EEG von 2004 die Vergärung von nachwachsenden Rohstoffen (NawaRo) wie Mais-, Gras- oder Ganzpflanzensilage.

Nach der Entwicklung der Trockenfermentation durch die Krieg & Fischer Ingenieure GmbH im Jahre 2004 wurde zunehmend auf die Zugabe von Gülle oder anderen Flüssigkeiten verzichtet. Wir haben bisher 28 Anlagen dieser Art gebaut. Durch diese Technik können Biogasanlagen auch in Regionen ohne Viehzucht wirtschaftlich betrieben werden.

Während in Deutschland die meisten Anlagen im landwirtschaftlichen Bereich gebaut wurden, sind die Anlagen, die im Ausland errichtet wurden, eher industrielle Anlagen, die organische Abfälle nutzen.

Was ist Biogas? Wie entsteht es? Wie wird es genutzt?

Biogas entsteht beim Abbau organischer Substanzen unter anaeroben Bedingungen. Verschiedenste Arten von Bakterien bauen die organischen Substanzen ab. Die beim anaeroben Abbauprozess freiwerdende Energie geht nicht wie bei der Kompostierung als Wärme verloren, sondern wird durch die Methanbakterien zur Synthese von Methan genutzt, das im Biogas mit einem Anteil von fünfzig bis achtzig Prozent enthalten ist.

Das entstandene Biogas wird in Blockheizkraftwerken (BHKW) zur Erzeugung von Strom und Wärme in Kraft-Wärme-Kopplung genutzt (Abb. 1). Während der erzeugte Strom ins Stromnetz eingespeist wird, wird die erzeugte Wärme regional genutzt. Wenn eine adäquate Wärmenutzung fehlt, kann Biogas in Mikrogasnetzen zum Verbraucher transportiert werden oder unter Energieeinsatz aufbereitet auf Erdgasqualität ins Gasnetz eingespeist werden.

Das vergorene Substrat, das als Gärrest die Biogasanlage verlässt, ist ein hochwertiger Dünger und wird in der Landwirtschaft als Ersatz für Kunstdünger verwendet. Sämtliche im Ausgangssubstrat enthaltenen Nährstoffe bleiben während der Vergärung erhalten. Im Gegensatz zu Gülle ist der Gärrest besser für Pflanzen verfügbar, homogener und deutlich weniger geruchsintensiv. Ist eine Ausbringung nicht möglich, kann der Gärrest separiert werden. Der feste Teil wird zu Kompost verarbeitet oder als Brennstoff verwendet. Der flüssige Teil wird, je nach Möglichkeit, als Dünger genutzt, als Prozesswasser verwendet oder bis auf Brauchwasserqualität aufbereitet.

Aufbau einer Biogasanlage

Eine typische NawaRo-Biogasanlage (Abb. 2) hat ein Fahrsilo zur Lagerung der Silage, aus dem mit einem Radlader Silage entnommen und in das Feststoffeintragssystem der Biogasanlage eingebracht wird. Diese Dosiereinheit sorgt für eine quasikontinuierliche Fütterung des Fermenters. Flüssige Substrate wie Gülle werden aus einem Vorlagebehälter ebenfalls quasikontinuierlich in den Fermenter gepumpt. Abfallanlagen haben je nach Substrat eine komplexere Aufbereitung um Störstoffe wie Plastik oder Metalle zu entfernen. Falls notwendig, wird das Substrat zerkleinert und mit weiteren Substraten in eine homogene pumpfähige Suspension gebracht, die meist nach einer Hygienisierung in den Fermenter gepumpt wird.

Der Fermenter oder auch Gärreaktor, in dem der Abbau der organischen Substanz



Katharina Backes
 Dr. rer. nat.; seit 1999 im Bereich Biogas tätig; seit zwei Jahren bei der Krieg & Fischer Ingenieure GmbH (Göttingen)
 Backes@KriegFischer.de



Daniel Liebing
 Dipl.-Ing.; seit 2006 als Projektingenieur bei der Krieg & Fischer Ingenieure GmbH (Göttingen)
 Liebing@KriegFischer.de

und die Bildung von Methan erfolgt, ist mit einem Rührwerk zur Homogenisierung des Substrates ausgestattet. Aufgeheizt wird das Substrat durch eine Heizung, die entweder intern oder extern durch Umpumpen das Substrat auf circa vierzig Grad Celsius (mesophil) oder circa 55 Grad Celsius (thermophil) erwärmt (Abb. 3).

Das vergorene Substrat wird in einen Nachgärer geleitet, wo je nach Abbaurrate im Fermenter noch geringfügig Biogas gebildet wird. Der Fermenter und/oder der Nachgärer sind mit einem Gasspeicher überdacht. Dieser fängt das entstandene Biogas auf und kann dieses bei Quasi-Nulldruck kurzzeitig speichern. Der Gärrest wird meist in weiteren Lagerbehältern bis zur Ausbringung auf den Feldern zwischengespeichert (Abb. 4).

Die Steuerung der meisten Anlagen erfolgt mit automatischer Steuerungstechnik (Abb. 5), die auch eine Fernüberwachung ermöglicht. Je nach Anlagentyp und eingesetzten Substraten werden periodisch Fermenterproben im Labor auf pH-Wert, Pufferkapazität und Säurezusammensetzung untersucht.

Anlagentypen

Fermenter werden in verschiedenen Bauformen angeboten. Neben mehreren exotischen Typen haben sich drei Fermentertypen durchgesetzt.

- Der wohl am meisten verbreitete Typ ist der flache Fermenter. Er hat meist eine Höhe von sechs Metern und einen maximalen Durchmesser von 28 Metern. Durchmischt wird dieser Fermenter durch Tauchmotorrührwerke oder seitlich angebrachte Rührwerke. Der flache Fermenter ist meist mit einem Gasspeicherdach ausgestattet. Er eignet sich besonders für flüssige, leicht zu mischende Substrate. Das Baumaterial ist in der Regel Stahlbeton.

- Der zweite Typ ist der hohe Fermenter (Abb. 5). Er kann ein Volumen von bis zu 5.500 Kubikmeter erreichen, ist ungefähr so hoch wie breit und kann mit diesem Verhältnis optimal gerührt werden. Als Rührwerk wird ein Zentralrührwerk eingesetzt. Hohe Fermenter werden aus Stahlbeton oder aus

emallierten Stahlplatten errichtet. Dabei ist bei kleineren Anlagen der Stahlbeton und bei größeren der Einsatz emallierte Stahlplatten preisgünstiger. Dieser Fermentertyp eignet sich aufgrund seiner hervorragenden Durchmischbarkeit auch für höhere Raumbelastungen und kürzere Verweilzeiten.

- Ein dritter Fermentertyp ist der liegende Fermenter. Er ist röhrenförmig und wird durch ein Haspelrührwerk vertikal durchmischt, die einen Pfropfenstrom durch den Fermenter erzeugen soll. Er eignet sich besonders für Substrate mit hohen Trockensubstanzgehalten oder mit einem hohen Sedimentanteil oder zur Vorbehandlung schwieriger Substrate. Aufgrund der hohen Investitionskosten ist er nur bedingt für einfache landwirtschaftliche Anlagen geeignet.

Ingenieurbüros wie Krieg & Fischer bauen Biogasanlagen nicht nach einem festen Sche-

ma, sondern wählen den Fermentertyp individuell angepasst an die lokalen Bedingungen und das zu vergärende Substrat.

Planung und Errichtung von Biogasanlagen

Die Errichtung einer Biogasanlage fällt aufgrund der Vielzahl der zusammengeführten Gewerke wie Behälterbau, Rohrleitungsbau, oder Steuerungs- und Regeltechnik in den Bereich des Anlagenbaus.

Neben den oben genannten Leistungen sind weitere Ingenieurleistungen notwendig, die in der Regel regional vergeben werden. Dies können im Rahmen der Genehmigung die Erstellung von Flächennutzungs- oder Bebauungsplänen, Baugrunduntersuchungen, Setzungsberechnungen oder in Einzelfällen Geruchs-, Lärm- oder Umweltverträg-



Abb. 1: Biogas-Blockheizkraftwerk (BHKW)

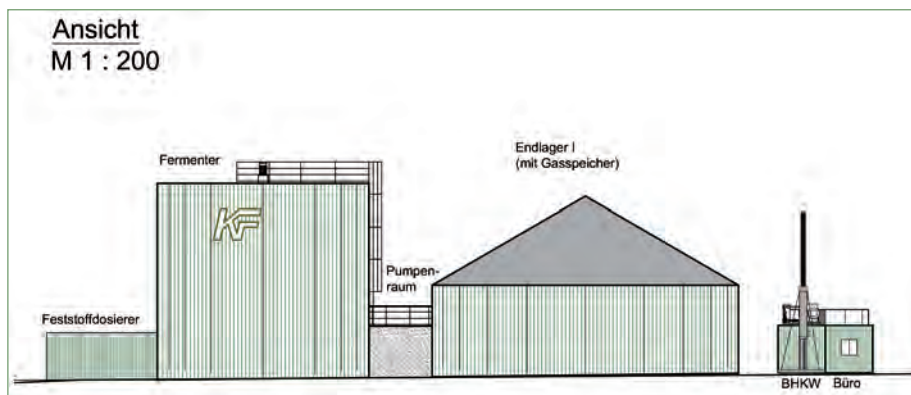


Abb. 2: Biogasanlage in der Ansicht

lichkeitsgutachten sein. Weiterhin können Verkehrsanalysen oder hydrogeologische Stellungnahmen notwendig sein. Während der Bauphase werden beispielsweise Vermessungsleistungen und ein Sicherheits- und Gesundheitskoordinator (SiGeKo) benötigt. Auch nach dem Bau werden Ingenieurleistungen benötigt. So sind in der Regel wiederkehrende Überprüfungen der Rohrleitungen, der Sicherheitstechnik oder der Emissionen vorgeschrieben. Für die Gesamtplanung und Organisation ist dann ein spezialisiertes Ingenieurbüro notwendig, das über das entsprechende Spezialwissen und Erfahrung verfügt.

Grundsätzlich sind beim Bau von Biogasanlagen verschiedenste Regelwerke zu beachten. Die Genehmigung wird erteilt entweder nach Baurecht oder nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz. Weitere Auflagen können aus der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (VVA) der TA-Luft, dem Ex-Schutz, den Sicherheitsregeln für Biogasanlagen und/oder aus den Arbeitsschutzregeln entstehen. In

den vergangenen Jahren sind die Anforderungen an Biogasanlagen und behördliche Auflagen enorm gestiegen, sodass Anlagen, die vor 2000 errichtet wurden, nicht mit heutigen Anlagen verglichen werden können.

In den nachfolgenden Abschnitten werden exemplarisch einige Leistungen und Anlagenteile etwas näher erläutert.

In der Regel handelt es sich bei den Behälterbauwerken um Ingenieurbauwerke. Bei der Errichtung der Behälter sind für Biogasanlagen spezifische Details zu beachten. Als Beispiel sei hier der Bereich der Gaszone genannt. In diesem liegt regelmäßig eine den Beton oder Stahl sehr stark angreifende schweflige Säure vor. Umso wichtiger ist hier die penible Einhaltung der einschlägigen Normen und Vorschriften, um Schäden zu vermeiden. Weiterhin sind die vorhandenen Lasten, die zum Beispiel ein Hochfermenter erzeugt, immens. Eine Betreuung der Baumaßnahme durch einen Baugrundgutachter ist unumgänglich. Auch die statischen Belastungen sind nicht zu vernachlässigen, da hier je nach Bauart des Fermenters hydraulische

Drücke von bis zu zwanzig Meter Wassersäule in den Behältern vorhanden sind.

Beim Rohrleitungsbau ist dafür Sorge zu tragen, dass entsprechend der abrasiven und chemischen Eigenschaften des Substrats ein beständiges Rohrleitungsmaterial verwendet wird. Weiterhin sind die Rohrleitungen so zu planen, dass die Medien störungsfrei transportiert werden können. So ist zum Beispiel der Kondensatausfall im Biogas in den Gasleitungen oder die Neigung des Substrates zu Verzopfungen bei der Trassenplanung zu berücksichtigen. Ebenfalls sollte bei der Auswahl der Armaturen eine robuste und betriebssichere Ausführung beachtet werden.

Gleiches gilt für die eingesetzten Pumpen, Rührwerke und die Eintragstechnik. Neben der richtigen Materialwahl sollte auf einen energetisch sinnvollen Einsatz geachtet werden. Dies reduziert den Eigenstromverbrauch, der bei vielen Anlagen nicht berücksichtigt wird, obwohl die so entstehenden Betriebskosten nicht unerheblich sind. Gerade am Beispiel der Rührtechnik können so jährlich zehntausende Euro an Stromkosten entstehen. Dies wirkt sich auf die Wirtschaftlichkeit einer Anlage aus.

Neben dem Rohrleitungsbau nimmt die elektrische Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (EMSR) immer mehr an Bedeutung zu. Schon lange werden dafür nicht nur einige notwendige Sensoren verdrahtet, sondern die gesamte Anlagensteuerung erfolgt in der Regel über ein computergestütztes Prozessleitsystem. Der Anlagenbetrieb erfolgt meist vollautomatisch und per Fernüberwachung, so dass der Betreiber der Anlage abgesehen von Wartungsarbeiten lediglich nach Bedarf die entsprechende Futtermenge in die Feststoffeintragstechnik einbringen und den festgeschriebenen Inspektionsrundgang machen muss. Sollten Störungen auftreten, so werden die Fehlermeldungen per SMS oder Sprachmitteilung an das Mobiltelefon des Betreibers geleitet. Neben der Steuerung der Antriebe und Schieber werden zunehmend mehr Betriebsparameter durch Sensorik erfasst.

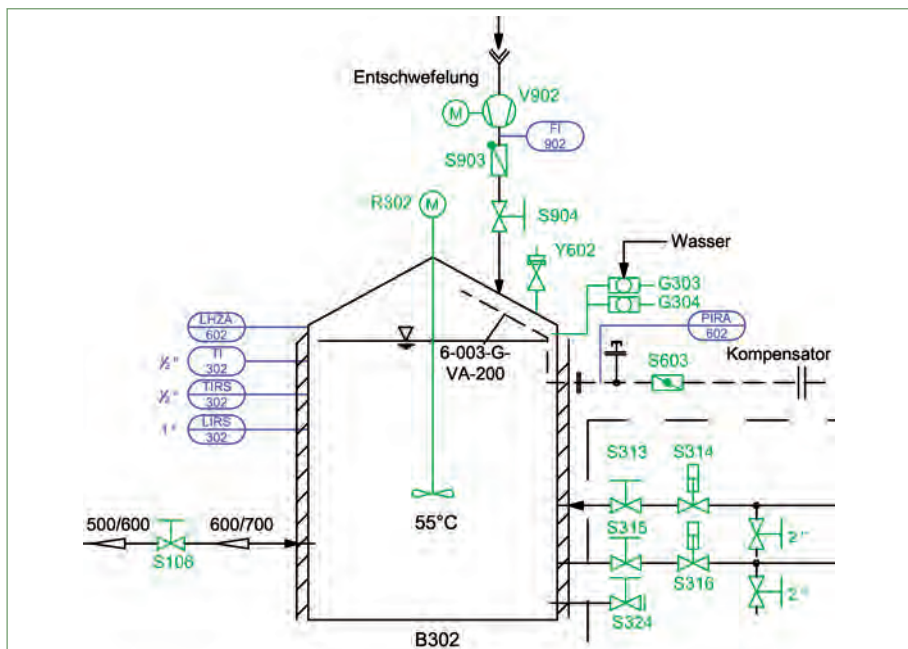


Abb. 3: Fermenter im Rohrleitungs- und Instrumentenfließbild



Abb. 4: Nachgärer mit Gasspeicher, im Hintergrund ein Hochfermenter



Abb. 5: Zwei Hochfermenter mit Feststoffeintragstechnik

Durch Weiterentwicklungen, die erst durch entsprechende Stückzahlen entstanden sind, stehen jetzt geeignete Instrumente zur Verfügung, wie zum Beispiel Biogasanalysestationen, Biogasdurchflussmessgeräte und Füllstandswächter.

Eine weitere wichtige Schnittstelle ist die Verbindung mit dem Energieversorger. Die Verbindung erfolgt bei BHKWs in der Regel über einen separaten Transformator, der die produzierte Elektrizität über die Mittelspannungsebene in das öffentliche Stromnetz einspeist.

Beim Bau der Biogasanlage werden die verschiedenen Gewerke auf der Baustelle durch den Bauleiter koordiniert und die Bauphasen überwacht. Mittels einer Wasserfahrt wird die Anlage getestet. Erst danach erfolgt die biologische Inbetriebnahme.

Gerade in dieser Phase, in der die Entwicklung der Gärbiologie und ein noch unerfahrener Betreiber aufeinandertreffen, ist eine kompetente Betreuung der Anlage wichtig. Bis die Anlage den Nenndurchsatz und somit auch die Leistung erreicht, vergehen mehrere Wochen. Auch im weiteren Anlagenbetrieb ist eine weiterführende biologische und ingenieurtechnische Betreuung der

Anlage sinnvoll. Störungen der Fermenterbiologie, die nicht frühzeitig erkannt werden, können sonst zu größeren Ausfällen der Anlage führen und erhebliche wirtschaftliche Einbußen bringen.

Die hier genannten Beispiele geben nur einen geringen Anteil der komplexen Planungs- und Ausführungsleistung wieder. Schließlich soll nach Fertigstellung eine funktionierende Industrieanlage entstanden sein, die zu alledem noch wirtschaftlich betrieben werden kann. In Zukunft wird die Substratvielfalt zunehmen. Viele Biogasfirmen, die in den letzten Jahren ausschließlich Anlagen zur Maisvergärung gebaut haben, fehlt heute die Erfahrung im Umgang mit anderen Substraten sowie die Erkenntnis, dass hierfür individuelle Betriebskonzepte entwickelt werden müssen.

Biogasanlagen werden in Zukunft immer häufiger gebraucht

Durch die Novellierung des EEG in 2008 werden in den nächsten Jahren kleine landwirtschaftliche Biogasanlagen gefördert. Parallel zu dieser Entwicklung werden auch größere industrielle Biogasanlagen entstehen,

da auch Energieversorger und Industrieunternehmen den Bereich der regenerativen Energieerzeugung für sich als zukunftsweisend entdeckt haben. Weiterhin werden in den kommenden Jahren mehr und mehr Begutachtungen, Optimierungen und Sanierungen an bereits bestehenden Anlagen notwendig werden, die auf Fehlplanung und Fehler bei der Auswahl von Bauteilen und Materialien oder einen fehlerhaften Betrieb zurückzuführen sind.

Wie aus diesem Artikel hervorgeht bietet die Biogasbranche viel Platz zur Entwicklung und Anwendung neuer Technologien. Der Bau einer Biogasanlage ist eine interessante, vielseitige aber auch komplexe Planungsaufgabe. Die *Krieg und Fischer Ingenieure GmbH* beschäftigt zum Beispiel nicht nur Verfahrens- und Bauingenieure, sondern auch Landwirte und Naturwissenschaftler. Biogasanlagen, die meist in strukturschwachen Regionen errichtet werden, erzeugen regionale Investitionen und schaffen Arbeitsplätze. Zudem wird mit jeder neuen Biogasanlage ein Stück mehr Unabhängigkeit vom Öl- und Gasimport geschaffen. 

► www.KriegFischer.de