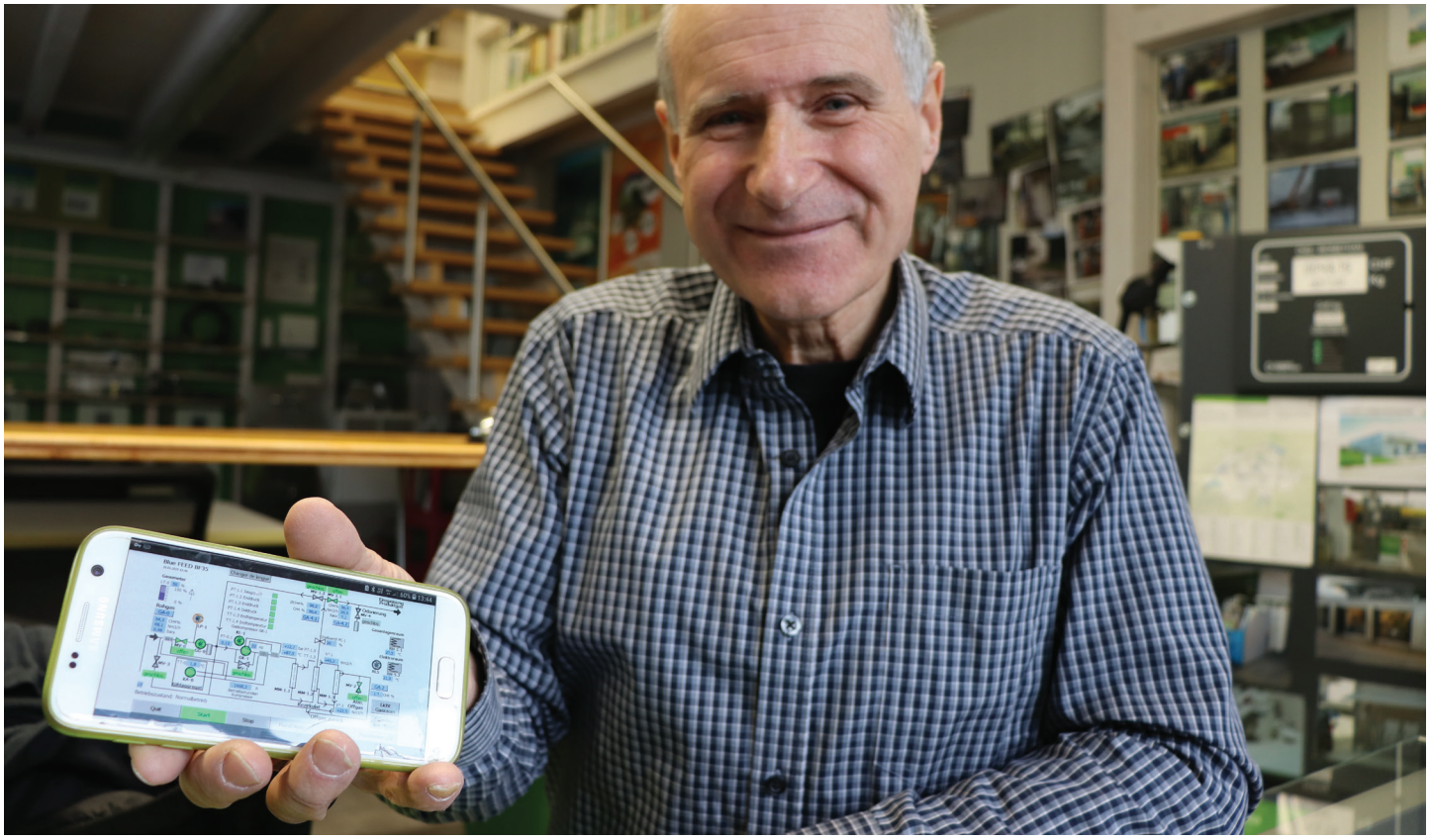
BIOGAS-VEREDELUNG IM KLEINEN MASSSTAB

Biogas aus der Fermentierung organischer Abfälle wird heute gern in Blockheizkraftwerken zur Produktion von Strom und Wärme genutzt. Vermehrt wird Biogas in jüngster Zeit aber auch zu erneuerbarem Methan veredelt, das ins Erdgasnetz eingespeist oder direkt zur Betankung gasbetriebener Fahrzeuge eingesetzt werden kann. Der Maschinenbauingenieur Ueli Oester stellt mit seiner Firma Apex AG (Däniken/SO) Kleinanlagen her, mit denen die Aufbereitung von Biogas und die Einspeisung bzw. direkte Verwendung auch im kleinen Massstab gelingt. Die neuste Kompaktanlage speist seit Ende 2018 Biomethan ins Neuenburger Erdgasnetz. In Frutigen (BE) soll im Herbst 2019 eine neue Biomethan-Tankstelle den Betrieb aufnehmen.



Ueli Oester kann auf seinem Mobiltelefon jederzeit die aktuellen Leistungsparameter der neuen Biogas-Aufbereitungsanlage in Colombier (NE) abrufen. Im Fall einer Störung kann so schnell eine Diagnose erstellt und korrigierend eingegriffen werden. Foto: B. Vogel

Fachbeitrag zu den Erkenntnissen aus zwei Pilot- und Demonstrationsprojekten im Bereich Bioenergie, die vom BFE finanziell unterstützt wurden. Der Beitrag ist u.a. in der Fachzeitschrift Umweltperspektiven (August 2019) erschienen.

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE

Rund 14% der Energie, die in der Schweiz im Jahr 2017 verbraucht wurden, stammten aus Gas. Der überwiegende Teil des verbrauchten Gases war Erdgas und damit fossilen Ursprungs. Hinzu kommt Biogas (einschliesslich Klärgas) aus biogenen Ressourcen wie Klärschlamm und anderen Abfällen von Industrie, Haushalten und Landwirtschaft einschliesslich Gülle und Mist. Der Anteil des Biogases am Schweizer Gaskonsum ist mit 1,5% noch relativ gering, nimmt aber seit Jahren stetig zu (Grafik unten links). Dabei hat sich die Verwendung des inländischen Biogases in den letzten zehn Jahren verschoben. Immer mehr Biogas wird zu Biomethan aufbereitet und dann ins Erdgas-Netz eingespeist oder auch direkt genutzt (z.B. zur Betankung von Gasautos). Gut 1000 Terajoule (TJ) Biomethan werden heute (2017) auf diesem Weg genutzt (vgl. Grafik unten rechts). Zum Vergleich: Aus der Verstromung von Biogas und der Umwandlung in Wärme werden pro Jahr jeweils knapp 1200 TJ gewonnen.

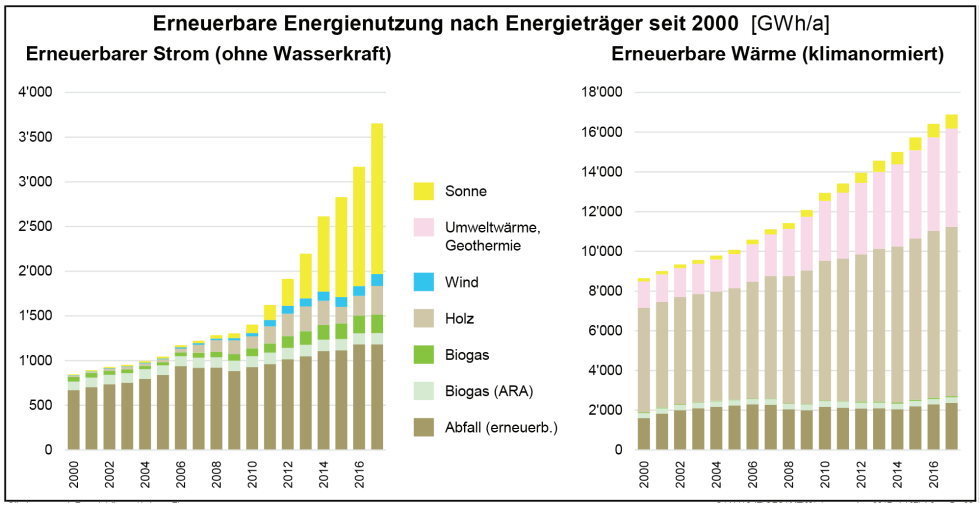
Einspeisung von Biomethan ins Netz liegt im Trend

Die Gründe für diesen Trend der letzten Jahre erläutert Dr. Sandra Hermle, im Bundesamt für Energie für das Forschungsprogramm Bioenergie zuständig: «Die verstärkte Einspeisung von Biomethan erklärt sich zum einen dadurch, dass mit dem Wegfall der kostendeckenden Einspeisevergütung (KEV) die Verstromung von Biogas an Attraktivität verliert. Hinzu kommt das von der Schweizer Gasindustrie postulierte Ziel, im Wärmemarkt bis 2030 einen Anteil von 30 Prozent an erneuerbarem Gas zu haben.»

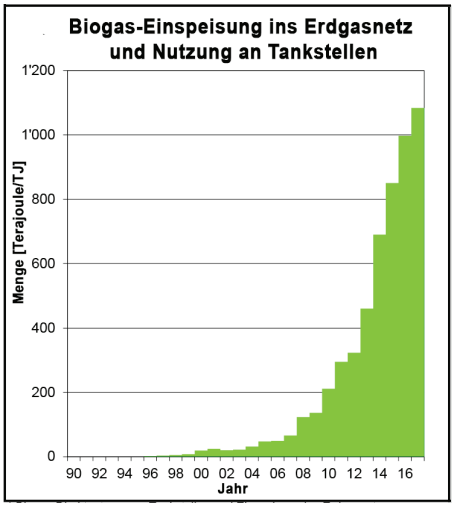
Während Erdgas fast vollständig aus dem Energieträger Methan (CH_4) besteht, liegt der Methan-Anteil in Biogas bei rund 60%. Aufgrund des substantiellen Kohlendioxid (CO_2)-Anteils kann Biogas aus Klär- oder Biogasanlagen nicht ohne weiteres ins Netz eingespeist oder in Gasautos getankt werden, sondern muss zuerst zu reinerem Biomethan ‹veredelt› werden. Dabei wird das im Biogas enthaltene CO_2 mit einem Reinigungsverfahren wie z.B. Druckwechseladsorption, physikalische oder chemische Wäschen soweit abgeschieden, dass praktisch reines Methan (Methangehalt > 96%) übrig bleibt. Die Herstellung von einspeisefähigem bzw. für die Betankung von Biogas-Autos geeignetem Biomethan geschieht in der Schweiz bisher hauptsächlich in über 24 Kläranlagen und neun Vergärwerken. Mit entsprechenden Aufbereitungsanlagen stellen sie Methan her, das chemisch mit Erdgas identisch ist, aber nicht fossilen, sondern biogenen Ursprungs ist und damit als «erneuerbares Methan» bzw. als «Biomethan» bezeichnet werden kann (vgl. dazu den BFE-Fachartikel ‹Alles nutzen, was im Klärgas steckt›, abrufbar unter www.bfe.admin.ch/ec-bioenergie).

Kleinanlagen für Schweizer Verhältnissee

Für die Aufbereitung von Biogas zu Biomethan in grossen Mengen (300 bis 3'000 Nm³/h) stehen etablierte Verfahren bereit. Ueli Oester (62), ein an der ETH Zürich ausgebildeter Maschinenbauingenieur, hat sich vor Jahren zum Ziel gesetzt, hierzu eine Alternative zu entwickeln. «Da in der Schweiz örtlich vergleichsweise kleine Biogas-Mengen anfallen, brauchen wir hier kleine, dezentral einsetzbare Aufbereitungsan-



Biogas und Klärgas aus Abwasserreinigungsanlagen (ARA) tragen in den letzten Jahren einen wachsenden Anteil zur Produktion von erneuerbaren Energien in der Schweiz bei. Grafik: Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien, Ausgabe 2017



Biogas (genauer: Biomethan) wird verstärkt ins Erdgas-Netz eingespeist bzw. an Biogas-Tankstellen direkt genutzt. Grafik: BFE

lagen mit Produktionskapazitäten von 20 bis 100 Nm³/h», sagt Oester, der sich früher als Abteilungsleiter und Ingenieur bei der Sulzer-Burckhardt AG und als Geschäftsführer der Nachfolgefirma GreenField AG mit dem Bau von Erdgas-Tankstellen befasste. Seit 2003 erbringt er mit der Firma Apex AG Serviceleistungen für rund die Hälfte der 150 Schweizer Erdgas-Tankstellen.

In den letzten zehn Jahren ist Ueli Oester seinem Ziel Schritt für Schritt nähergekommen: Nach einer Vorbereitungsphase nahm er im Herbst 2013 mit BFE-Unterstützung auf einem Bauernhof in Reiden (LU) und bei einer Vergärungsanlage in Bachenbülach (ZH) zwei keine Pilotanlagen in Betrieb, die Biogas in einem Membran-Verfahren (vgl. Textbox rechts oben) zu Biomethan veredeln: Die Luzerner Membran-Aufbereitungsanlage (1,5 Nm³/h Biomethan) liefert bis heute Biomethan zur Betankung von Gasfahrzeugen, die Züricher Anlage (15 Nm³/h Biomethan) speist Biomethan in ein Gasnetz von Energie 360° (vgl. BFE-Fachartikel ‹Beim Bauern Biomethan tanken›, abrufbar unter www.bfe.admin.ch/ec-bioenergie).

Zehn Tankfüllungen am Tag

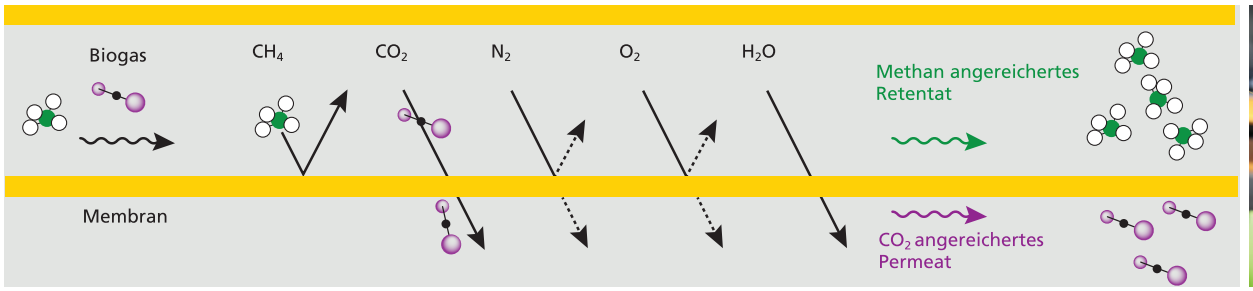
Beide Anlagenkonzepte – Betankung von Gasautos und Netzeinspeisung – hat Oester seither weiterentwickelt. Seit Mai 2016 ist in Schönenwerd (SO) eine Anlage mit einer Produktionskapazität von 12 Nm³/h Biomethan praktisch störungsfrei in Betrieb, die das Biogas der Abwasserreinigungsanlage (ARA) aufbereitet und zugleich als Biomethan-Tankstelle dient. Das Biomethan kann aus 300 bar-Speicherflaschen zur Betankung von Personenwagen genutzt werden. Die Tankstelle ist halb-öffentlich: Tankkunden müssen sich bei der Apex AG registrieren und enthalten dann einen Badge, mit dem sie tanken können. Da die Tankstelle nur für registrierte Personen zugänglich ist, konnte sie in Absprache mit den zuständigen Behörden vereinfacht und damit günstiger gebaut werden: Die Tankmengen werden mit einem geeichten Coriolis-Massendurchfluss-Messer erfasst, das Biomethan nicht odoriert.

Die Anlage würde für die Betankung von täglich rund zehn Autos mit einer Reichweite von jeweils 300 bis 400 km reichen, was einer kleineren Schweizer Erdgas-Tankstelle entspricht. Allerdings ist die Anlage nicht voll ausgelastet, wohl auch deswegen nicht, weil das Biomethan mit 2.60 bis 2.80 Fr./kg rund 70% mehr kostet als Erdgas. «Dieses Problem lässt sich umgehen, indem wir das Biomethan zum Erdgas-Preis verkaufen und die Mehrkosten über ein System zur CO_2-Kompensation decken. Wenn wir eine Anlage von der Grösse von Schönenwerd voll auslasten können, erreicht sie nach zwölf Jahren die Wirtschaftlichkeitsschwelle», rechnet Oester vor.

Weniger zuversichtlich ist Oester bei Kleinstanlagen zur Biomethan-Aufbereitung, wie sie seit 2013 auf einem Bauernhof in Reiden betrieben wird. Das Problem: Wegen raumplanerischen Vorgaben ist der Betrieb einer Tankstelle in der Landwirtschaftszone in der Regel nicht zulässig. Die Zukunft

MEMBRAN TRENNT METHAN VOM CO_2

Biogas, das in Biogasanlagen durch Fermentation organischer Abfälle hergestellt wird, ist ein Gemisch aus 50 bis 60 Vol% Methan (CH_4) und 40 bis 50 Vol% Kohlendioxid (CO_2). Durch Abtrennung des CO_2 lässt sich fast reines Methan aus erneuerbarer Quelle (Biomethan) aufbereiten. Für die Abtrennung gibt es verschiedene Verfahren; die Apex AG nutzt dafür eine ein- oder dreistufige Membran aus Polyimid-Hohlfasern. Das bei der Aufbereitung entstehende Offgas wird mit einem Rest-Methanwert von ca. 0.35 Vol% in die Atmosphäre geleitet. BV



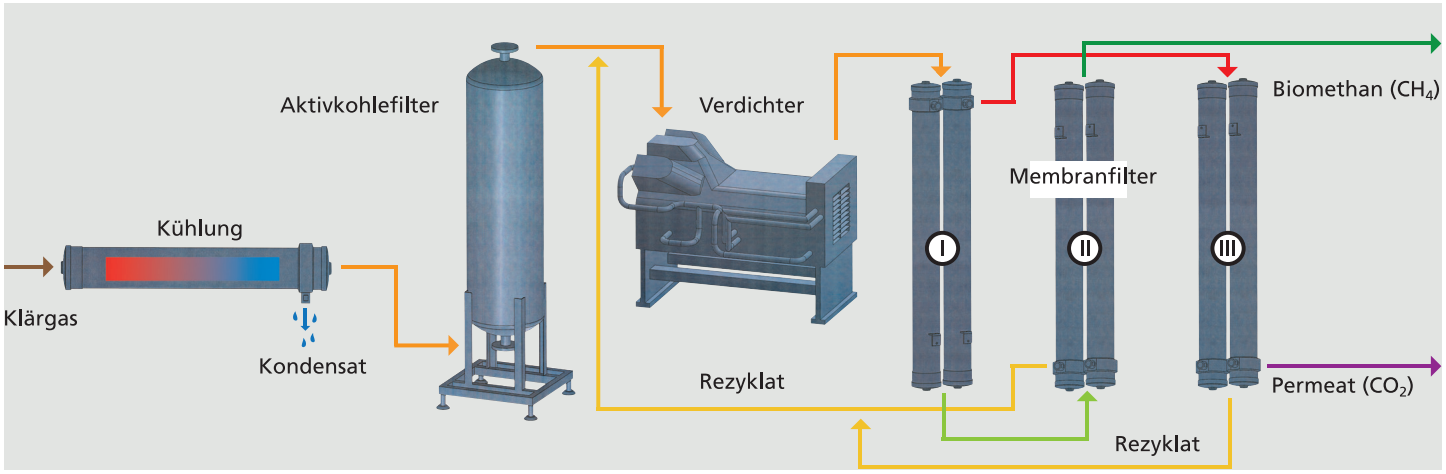
Die Grafik veranschaulicht das Funktionsprinzip der Membran-Aufbereitungsanlage: Das in die Hohlfasern (Foto rechts) einströmende Methan (CH_4) bleibt in den Hohlfasern gefangen, während das Kohlendioxid (CO_2) aus den Hohlfasern austritt. Grafik: Eniwa

Biomethan-Tankstelle auf dem Gelände der Abwasserreinigungsanlage (ARA) in Schönenwerd (SO): Das Klärgas aus der ARA wird mit einer Membran-Aufbereitungsanlage (untergebracht im Container in der Bildmitte) zu Biomethan ‹veredelt›. Danach steht das Biomethan in 300 bar-Speicherflaschen (links im Bild) für die Betankung von Gasautos bereit. Foto: Apex

der Biomethan-Tankstelle aus Schönenwerd scheint dagegen gesichert: Zwar muss die Anlage am Standort Schönenwerd im Frühjahr 2019 abgebaut werden, weil die nahegelegene Papierfabrik ihre Abwässer neu in einer eigenen Biogasanlage verwertet und für die ARA somit kein ‹überschüssiger› Energieschlamm mehr vorhanden ist. Doch voraussichtlich im Herbst 2019 zieht die Anlage dann nach Frutigen (BE) um, wo das Biogas aus der bestehenden Kläranlage bezogen werden soll.

Zuverlässige Einspeisung in Gasnetz

Schneller scheint die Umsetzung kleiner Aufbereitungsanlagen bei der Einspeisung von Biomethan ins Gasnetz voranzukommen. Im Mai 2015 nahm die Eniwa AG (der regionale Energieversorger, dessen Wärme-Sparte damals noch unter dem Namen IBAarau Wärme AG firmierte) bei der ARA in Reinach (AG) eine Membran-Aufbereitungsanlage in Betrieb, die seither zuverlässig ca. 25 Nm^3/h Biomethan ins lokale Erdgasnetz einspeist. «Wir haben uns damals bei der Aus-



Funktionsschema der Membran-Aufbereitungsanlage in Reinach: Das Klärgas wird entwässert und in einem Aktivkohlefilter entschwefelt, dann in einem Kompressor verdichtet und durch eine dreifach verschaltete Membran geleitet, wo aus dem Biogas Methan mit einem Reinheitsgehalt von über 96% gewonnen wird. Grafik: Eniwa

EINFACHERE TECHNIK SOLL KLEINANLAGEN WIRTSCHAFTLICH MACHEN

Kleine Anlagen zur Aufbereitung von Biogas zu Biomethan sind technisch realisierbar; die grosse Herausforderung liegt im wirtschaftlichen Betrieb. Denn für Biomethan-Tankstellen und für die Einspeisung von Biomethan ins Erdgas-Netz bestehen hohe Anforderungen unter anderem bezüglich Sicherheit, Gasqualität und deren Dokumentation. So müssen beispielsweise öffentliche Tankstellen mit einer eichfähigen Zapfsäule und einem EC-fähigen Tankautomaten ausgestattet sein. Zudem muss das (an sich geruchlose) Methan aus Sicherheitsgründen odoriert werden, damit ein allfälliger Gasaustritt über den Geruch wahrnehmbar ist.

Um Kleinanlagen wirtschaftlich betreiben zu können, müssen sie einfacher gebaut werden können, fordert Apex-Geschäftsführer Ueli Oester. In Gesprächen mit der Oberzolldirektion und dem Technischen Inspektorat der Gasindustrie hat er deshalb Ausnahmen ausgehandelt: Demnach reicht bei landwirtschaftlichen Anlagen, die für den Eigenverbrauch ausgelegt sind, eine einfache (und damit nicht eichfähige) Zapfsäule und das Gas muss nicht odoriert werden. Reduzierte Anforderungen sieht die Regelung auch für Betriebshoftankstellen mit begrenztem Kundenkreis vor. Damit Bauern eigenes Biogas z.B. für den Betrieb ihrer Traktoren nutzen, arbeitet Oester zurzeit an einer stark vereinfachten Aufbereitungsanlage (6 Nm^3/h Biomethan) für landwirtschaftliche Betriebe. Traktorenhersteller wie New Holland arbeiten an entsprechenden Biogas-Traktoren.

Auch bei den Membran-Aufbereitungsanlagen für die Einspeisung von Biomethan arbeitet Oester daran, die Herstellungs- und Betriebskosten weiter zu drücken. Ansatzpunkte bestehen beim Kompressor, bei den Gassensoren (vereinfachte Messung von CH_4), bei der Odorierung (Einsatz einer kostengünstigen Bypass-Odorierungsanlage) und bei der Messung des Methanschlupfs im Offgas. Angestrebt werden eine konsequente Standardisierung sowie die Vereinfachung der Modulintegration.

«Einen Grossteil dieser Neuerungen haben wir bei der neuen Anlage in Colombier (Foto oben) bereits umgesetzt. Wir wollen jetzt zeigen, dass wir die Einspeiserichtlinien des SVGW (Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches) mit unseren Anlagen erfüllen», sagt Ueli Oster. BV

schreibung der Aufbereitungsanlage für das Apex-Angebot entschieden, weil hier ein Schweizer Anbieter eine sehr konkurrenzfähige Offerte für die gewünschte Kleinanlage vorgelegt hat und wir diesem Pilotprojekt eine Chance geben wollten», sagt Christian Müller, der das Projekt im Auftrag der Eniwa betreut hat.

Das in der Anlage produzierte Biomethan reicht für die Versorgung von etwa 130 Haushalten. Dank der Beteiligung an der Swiss Farmer Power Biogas-Anlage in Inwil und dem Zukauf von Biogas-Zertifikaten kann der Aargauer Energieversorger seinen 5500 Gasprivatkunden im Standardprodukt Gas mit einem Anteil von 10% erneuerbarem Gas anbieten. Die Mehrkosten für das Biomethan sind im Gaspreis eingerechnet. Zurzeit wird ein Ausbau der Aufbereitungs-Kapazität vorbereitet, um das zusätzlich anfallende Klärgas nutzen zu können. Ein weiteres Projekt für Biomethan-Einspeisung möchte Eniwa mittelfristig bei der Kläranlage Aarau realisieren, wobei in dieser frühen Planungsphase noch kein Entscheid über die Technologie getroffen ist.

Wirtschaftlicher dank Standardisierung

Aufbauend auf der ersten kommerziellen Aufbereitungsanlage zur Biomethan-Einspeisung in Reinach hat Apex eine neue Anlage konstruiert, die mit 35 Nm^3/h eine etwas grössere Produktionskapazität hat, aber kompakter gebaut ist und jetzt alle Komponenten in einem einzigen 20-Fuss-Container unterbringt (in Reinach waren drei nötig). Diese Anlage ist seit November 2018 bei der Kläranlage in Colombier (NE) in Betrieb. Das Biomethan wird in das Erdgasnetz eingespeist,

das der Energieversorger Viteos SA in der Region Neuenburg betreibt. «Die Anlage ist nicht nur kompakter gebaut, sie verfügt über eine neuartige Gasanalytik und eine einfache, günstige Odorierungsanlage», sagt Ueli Oester. «Der besondere Vorteil ist aber das Plug-and-Play-Konzept: Nach der Anlieferung des Containers wurde bereits nach drei Tagen Gas produziert.»

- **Schlussbericht** zum BFE-Pilot- und Demonstrationsprojekt ‹Blue BONSAI – Klein-Biogasaufbereitungsanlage mit Biogas-Tankstelle› (Anlage Schönenwerd) unter: https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=35892. **Schlussbericht** zum BFE-Pilot- und Demonstrationsprojekt ‹Biogasaufbereitungsanlage – Aufbereitung von 40 Nm^3/h Klärgas zu Biomethan und Einspeisung ins 5bar-Erdgasnetz› (Anlage Reinach) ist abrufbar unter: https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=36209

- **Auskünfte** zu den Projekten erteilt Dr. Men Wirz (men.wirz[at]bfe.admin.ch), Leiter des Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprogramms des BFE.

- Weitere **Fachbeiträge** über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Bioenergie finden Sie unter www.bfe.admin.ch/ec-bioenergie.

PILOT-, DEMONSTRATIONS- UND LEUCHTTURM-PROJEKTE DES BFE

Die Projekte ‹BlueBONSAI› (Apex AG) und ‹Biogasaufbereitungsanlage› (Eniwa AG) gehören zu den Pilot- und Demonstrationsprojekten, mit denen das Bundesamt für Energie (BFE) die Entwicklung von sparsamen und rationellen Energietechnologien fördert und die Nutzung erneuerbarer Energien vorantreibt. Das BFE fördert Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte mit 40% der nicht amortisierbaren, anrechenbaren Kosten. Gesuche können jederzeit eingereicht werden.

- **Informationen** unter: www.bfe.admin.ch/pilotdemonstration

Autor: Dr. Benedikt Vogel, im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE)
Stand: August 2019