

Leitfaden "Energie in ARA"

Klärgas-Verstromung oder Aufbereitung und Einspeisung

Entscheidungshilfe für Betreiber und Planer



Glattbrugg, 20. Februar 2019

Projektleiter VSA:

Christoph Bitterli Amt für Umwelt Solothurn

Projektgruppe VSA:

Christian Abegglen	Leiter CC AR, VSA
Matthieu Buchs	Bundesamt für Energie
Alexandra Bürk	Hunziker Betatech AG
Jörg Jermann	Wärme-Kraft-Kopplungs Fachverband
Juliana Leon	EREP SA/Biomasse Suisse
Lukas Küng	BG Ingenieure und Berater AG
Ernst A. Müller	InfraWatt
Thomas Peyer	Swisspower
Tony Reverchon	Epuration Region Morgienne
Jürg Schläpfer	ERZ, Klärwerk Werdhölzli
Benno Schläfli	ARA Regio Grenchen
Loïc Darmayan	CREM
Jürg Kappeler	Kappeler Infra Consult AG
Martin Grob	ARA Olten
Beat Kobel	Ryser Ingenieure AG
Kilian Schaller	Ryser Ingenieure AG

Autoren:

Ryser Ingenieure AG
Engestrasse 9
Postfach
3001 Bern
Tel. 031 560 03 03, E-Mail: info@rysering.ch

Mit Unterstützung von:

EnergieSchweiz
Bundesamt für Energie BFE
3003 Bern
www.energieschweiz.ch
www.bfe.admin.ch

EnergieSchweiz:
BFE-Projektleiterin: Matthieu Buchs
BFE-Vertragsnummer: SI/402534-01

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichtes verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
2	Grundlagen	3
2.1	Bewertung der Nutzungsmöglichkeiten des Klärgases – Pro / Contra	4
3	Technologie und Verfahren	5
3.1	Wärme – Kraft - Kopplung (WKK)	5
3.2	Biogasaufbereitung	6
3.3	Weitere Nutzungsmöglichkeiten von CO ₂ aus Aufbereitungsanlagen	10
3.4	Zusätzliche Nutzungsmöglichkeiten BHKW bei reiner Verstromung	10
3.4.1	Regelpooling	10
3.4.2	Eigenverbrauch	10
3.4.3	Notstromversorgung	10
3.5	Zusätzliche Nutzungsmöglichkeiten BHKW bei Aufbereitung und Einspeisung	10
3.5.1	Lastspitzenmanagement	10
3.5.2	Gasspeichermanagement	11
3.5.3	Notstromversorgung	11
4	Ausgangslage Entscheidhilfe	12
4.1	Ausgangslage	12
4.2	Fragestellung	12
5	Entscheidhilfe	13
5.1	Lokale und regionale Rahmenbedingungen	13
5.2	Infrastruktur	13
5.3	Variantenstudie	14
5.4	Wirtschaftlichkeit	16
6	Checkliste	17
7	Glossar	18

1 Einleitung

Kläranlagen bewegen sich in einem Aufgabengebiet, welches einem stetigen Wandel unterliegt. Die Hauptaufgabe bleibt die gleiche. Die Reinigung unserer Abwässer und der Schutz unserer Gewässer. Die Schweiz als Wasserschloss Europas muss hierzu eine Vorzeigerolle einnehmen. In den letzten Jahren wurden die Kläranlagen von aussen vermehrt als Energiequellen wahrgenommen. Die moderne Kläranlage reinigt nicht nur das Abwasser, sie nutzt den dabei anfallenden Klärschlamm oder das Abwasser selbst als Rohstoff oder Quelle zur Energieproduktion. Dadurch können diese teilweise mehr Energie produzieren als für den Eigenbedarf notwendig ist.

Zudem stehen ARA heute einem komplexen Umfeld gegenüber, in welchem sie plötzlich Gasversorger, Strom- und Wärmelieferant aber auch Wärmekunde werden können. Verschiedene Förderprogramme bieten hierzu Anreize und beeinflussen den Markt.

Eine Kläranlage sollte jedoch nicht nur dem "Ruf des Geldes" folgen und die wirtschaftlichste Variante zur Energieversorgung wählen. Sie sollte in der regionalen Energiepolitik berücksichtigt werden und sich aktiv einbringen. Ein Blick über den Zaun des Betriebsgeländes eröffnet unter Umständen neue Perspektiven, wie die zukünftige Energieversorgung der Anlage oder eines ganzen Gebiets gestaltet werden könnte. Im besten Falle liegt bereits ein kommunaler Energierichtplan vor.

Energieoptimierungen, zusätzlich zur eigentlichen Kernaufgabe der ARA, machen dann Sinn, wenn ein Nutzen in, aber vor allem auch um die ARA entsteht. Die Grundaufgabe der ARA ist die Minderung der negativen Umwelteinflüsse durch ungereinigtes Abwasser. Dazu gehört auch die möglichst geringe Erwärmung der Gewässer. Die Abwasserwärmenutzung ist daher nicht nur energetisch, sondern auch ökologisch sinnvoll. Es kann aber auch nicht Sinn der Sache sein, das Wasser zu reinigen und gleichzeitig die Luft zu verschmutzen. Durch die Nutzung von Rest- beziehungsweise Rohstoffen aus ARA können Energieverbräuche Dritter reduziert oder fossile Brenn- und Treibstoffe substituiert werden.

ARA mit einer Faulung produzieren Klärgas, das vielseitig genutzt werden. Es kann beispielsweise Blockheizkraftwerke antreiben, welche dann erneuerbaren Strom und Abwärme erzeugen. Letztere sollte vollständig genutzt und nicht an die Umgebung abgegeben werden. Immer öfters werden ARA als Energiequelle für Fernwärmenetze genutzt. Dabei kann einerseits hochwertige BHKW Abwärme, die Wärme aus dem gereinigten Abwasser oder dem Zulauf oder eine Kombination der beiden genutzt werden.

Eine andere, immer weiter verbreitete Form der Nutzung ist die Aufbereitung und Einspeisung ins Erdgasnetz. Aktuell nimmt die Zahl solcher Klärgas-Aufbereitungsanlagen stetig zu. Der grosse Vorteil der Aufbereitung ist die Möglichkeit zur Speicherung und zum Transport im Gasnetz. Die Energie in Form von Gas kann nach Bedarf vielseitig genutzt werden, wobei eine hochwertige Energienutzung zu bevorzugen ist. Zukünftig soll der Einsatz von fossilen Treib- und Brennstoffen massiv reduziert werden. Diese könnten teilweise mit erneuerbaren Gasen substituiert werden.

Der vorliegende Leitfaden soll Betreibern und Planern aufzeigen, welche zukünftige Verwendung der Gase die sinnvollste ist. Dabei sollten die ökologischen, regionalen und ökonomischen Vor- und Nachteile der jeweiligen Lösung berücksichtigt werden.

2 Grundlagen

Klärgas ist ein erneuerbarer Energieträger, welcher auf vielen Schweizer Kläranlagen kontinuierlich anfällt. Viele Kläranlagen nutzen das Klärgas zur Stromerzeugung bei zeitgleicher Nutzung der Abwärme oder nur zum Heizen (vornehmlich kleinere Kläranlagen). Weiter kann das Klärgas auf Erdgasqualität (Biomethan) aufbereitet und ins Erdgasnetz eingespeist werden. Mit beiden Varianten leisten ARA einen wichtigen Beitrag zur erneuerbaren Energieversorgung der Schweiz.

Die Nutzungsmöglichkeiten des Klärgases sind vielseitig:

Unmittelbare Nutzung

- Wärmeerzeugung in Heizkessel
- Strom- und Wärmeerzeugung mit Blockheizkraftwerk (BHKW) oder Mikrogasturbine (MGT)
- Verkauf als Sondergas
- Stützfeuerung Schlammverbrennung
- Eingeschränkte Einspeisung ins Erdgasnetz (ohne Aufbereitung)

Gasnutzung nach CO₂-Entfernung

- Uneingeschränkte Einspeisung ins Erdgasnetz (aufbereitetes Klärgas / Biomethan)
- Erdgas-Tankstelle
- Verkauf Flüssiggasflaschen (LNG)

Da Methan eine rund 20-mal schädlichere Treibhausgaswirkung als CO₂ aufweist, muss dessen Freisetzung unbedingt verhindert werden. Kann das Klärgas daher nicht mit den oben genannten Technologien genutzt werden, muss es abgefackelt werden.

Diese Entscheidungshilfe fokussiert sich auf die zwei etablierten Verfahren Strom- und Wärmenutzung mittels BHKW sowie Aufbereitung und Einspeisung ins Erdgasnetz.

2.1 Bewertung der Nutzungsmöglichkeiten des Klärgases – Pro / Contra

Beide Nutzungsarten (Verstromung und Einspeisung) haben unterschiedliche ökologische, ökonomische aber auch betriebliche Vor- und Nachteile. In sind die wichtigsten aufgelistet.

Vorteile und Nachteile – Klärgas-Verstromung VS Aufbereitung und Einspeisung	
Tabelle 2.1-1	
Verstromung	Einspeisung
<p><i>Pro</i></p> <ul style="list-style-type: none"> + deckt Wärmebedarf ARA für Prozess- und Komfortwärme + Regelpooling möglich + Lastspitzenmanagement möglich + kann strom-, wärme- oder gasgeführt betrieben werden + Notstromversorgung + Strom ist hochwertige, erneuerbare Energie (Ökostrom) + überschüssige Abwärme ist in einem Wärmeverbund nutzbar + Substitution Atom- oder Kohlestrom + Der produzierte Strom kann zur Eigenversorgung genutzt werden (keine Netzgebühren) 	<p><i>Pro</i></p> <ul style="list-style-type: none"> + dezentrale Nutzung möglich (Heizen, Kochen, Treibstoff, dezentrale Verstromung) + gesamter Energieinhalt des Gases wird ins Netz eingespeist. + Anteil erneuerbares Gas im Netz wird erhöht. + gut geeignet in Kombination mit Abwasserwärme oder Fernwärmenetz + Das bei der Aufbereitung abgetrennte CO₂ könnte später als CO₂-Quelle für Power to Gas dienen + Lastspitzenmanagement bei Verbleib BHKW möglich + Bietet die Möglichkeit zusätzliche Abwärmequellen auf der ARA zu nutzen.
<p><i>Contra</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Überproduktion an Abwärme - bei Einsatz BHKW werden Abwasserwärmenutzung oder Wärmerückgewinnung hinfällig (Ausgenommen bei Einspeisung in Fernwärmenetz) - Aufgrund von häufigen Wärmeüberschüssen geringer Anreiz zur Effizienzsteigerung im Bereich thermische Energieversorgung. 	<p><i>Contra</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Wärmeversorgung muss neu organisiert werden. Alternativen sind: Abwärme aus KVA oder Industrie, Abwasserwärme usw. - Erdgasnetz muss in der Nähe sein - erhöhter Strombezug ab Netz (Wegfall der Eigenstromproduktion, Zusatzverbrauch für Aufbereitungsanlage und alternative Wärmebereitstellung)

3 Technologie und Verfahren

In den nachfolgenden Abschnitten werden die gängigen Technologien und Verfahren, welche auf ARA im Einsatz sind, erläutert und deren Vor- und Nachteile gegenübergestellt.

3.1 Wärme – Kraft - Kopplung (WKK)

Das Klärgas wird nach der Faulung in einem Wärmetauscher entfeuchtet. Anschliessend werden in einem Aktivkohlefilter Silizium- und Schwefelverbindungen entfernt. Die bei der Verbrennung (Motor oder Gasturbine) erzeugte mechanische Arbeit wird mittels Generator in elektrische Energie umgewandelt. Die entstehende Abwärme (Kühlwasser, Abgase) kann zu Heizzwecken genutzt werden. Die zwei häufigsten Verfahren werden nachfolgend schematisch dargestellt.

Verfahren Klärgas-Verstromung Tabelle 3.1-1		
Verfahren	Benötigte Aggregate	Bemerkungen
Blockheizkraftwerk (BHKW)	Gasentfeuchtung und -reinigung, BHKW Vorverdichtung auf 35 mbar nötig	Wirkungsgrad elektrisch > 35% (bei Nennkapazität) Wirkungsgrad thermisch ca. 53% Gesamtwirkungsgrad 85-90% Erhebliche Steigerung des Gesamtwirkungsgrades bei WRG mittels Abgaskondensation und Wärmepumpen
<p>Abbildung 3.1-1 Funktionsschema eines BHKW</p>		
Mikrogasturbine (MGT)	Gasentfeuchtung und -reinigung, MGT Vorverdichtung auf 4-5 bar nötig	Gegenüber BHKW geringere Abgasemissionen, breites Lastspektrum, kleiner Wartungsaufwand Wirkungsgrad elektrisch 16-32 % Wirkungsgrad thermisch 48-78% Gesamtwirkungsgrad 80-94 % (saisonale Abhängigkeit von Aussentemperatur)
<p>Abbildung 3.1-2 Funktionsschema einer MGT</p>		

3.2 Biogasaufbereitung

Klärgas besteht grösstenteils aus Methan (CH_4) und Kohlendioxid (CO_2). Das Klärgas wird je nach Verfahren vorbehandelt (Entfeuchtung, Entschwefelung usw.). Anschliessend werden CO_2 und CH_4 separiert. Das so erzeugte Biomethan wird auf den erforderlichen Netzdruck gebracht, odorisiert und ins Netz eingespeist. Das CO_2 kann über Dach abgeblasen oder in Reinform als Produkt vermarktet werden. Damit eine uneingeschränkte Einspeisung ins Erdgasnetz bewilligt werden kann, muss die Gasqualität den Anforderungen der SVGW G13 entsprechen. Die wichtigsten Grössen sind der Methangehalt im Produktgas, welcher grösser 96% sein muss und der Methanschleupf von kleiner 2.5% (relativ hoch, eine Verschärfung ist zu erwarten), bezogen auf das Methan im Rohgas. Die gängigen Verfahren werden nachfolgend erläutert.

Verfahren Biogasaufbereitung		
Tabelle 3.2-1		
Verfahren	Benötigte Aggregate	Bemerkungen
Adsorption		
PSA (Pressure Swing Adsorption engl., Druckwechsel-adsorption dt.)	Vorreinigung, Kondensator, Adsorber	Herausforderungen zum Einhalten der Einspeisebedingungen hoch (CH ₄ -Schlupf). In CH einige Anlagen in Betrieb, heute weniger angewendet
PSA		
Abbildung 3.2-1 Funktionsschema einer Druckwechseladsorptionsanlage. Quelle: [1]		
Absorption		
DWW (Druckwasserwäsche) mit Wasser	Absorptionsturm, Desorptionsturm mit Gebläse, Wärmeübertrager, Filter, Wasserpumpe,	Hoher Abwasseranfall. In Deutschland und Schweden verbreitet
DWW mit organischem Lösungsmittel (OL)	vgl. DWW mit H ₂ O	
Abbildung 3.2-2 Funktionsschema einer Druckwasserwäsche Quelle: [1]		

Verfahren	Benötigte Aggregate	Bemerkungen
Aminwäsche	Füllkörperkolonne (Aminwäsche), Stripperkolonne (Regeneration) mit Verdampfer, Kühler, Wärmerückgewinnung, Abführung Aminüberschuss	Druckloses (Gasometerdruck), reversibles Absorptionsverfahren, Regenerationstemp. 135-160°C, Anfall von stark geruchsbelastetem Kondensat (enthält Terpene), erfüllt Einleitbedingungen in die öffentliche Kanalisation nicht

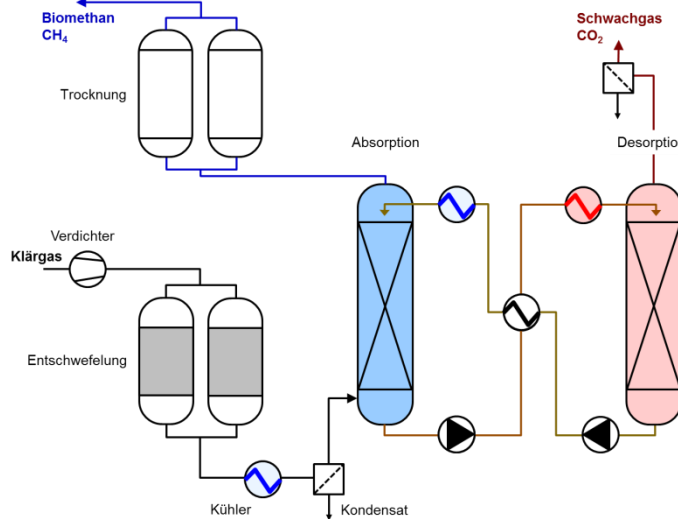


Abbildung 3.2-3 Funktionsschema einer Aminwäsche [1]

Membranseparation	Mehrstufige Filteranlage (Aktivkohle oder Silicagel), Verdichter und Hohlfasermembranen	Verdichterabwärme kann zu Heizzwecken in ARA genutzt werden
--------------------------	---	---

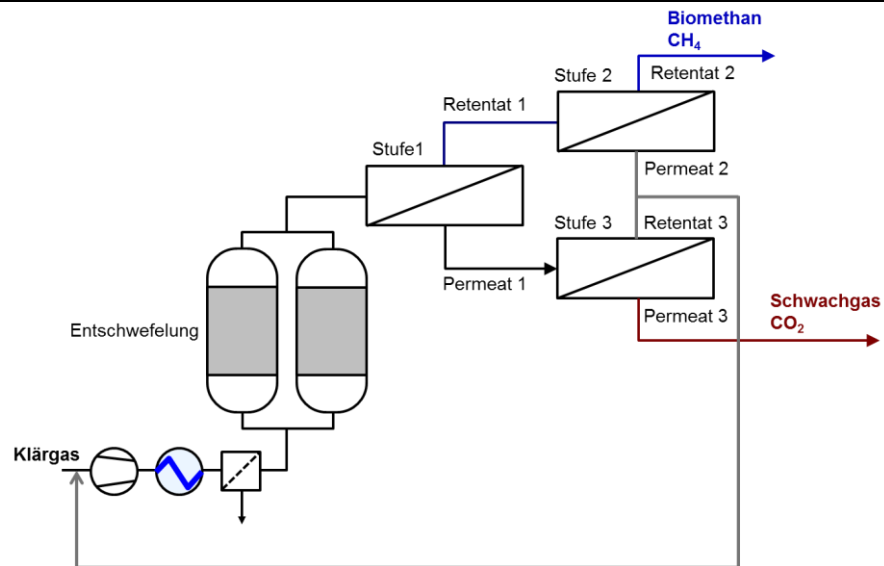
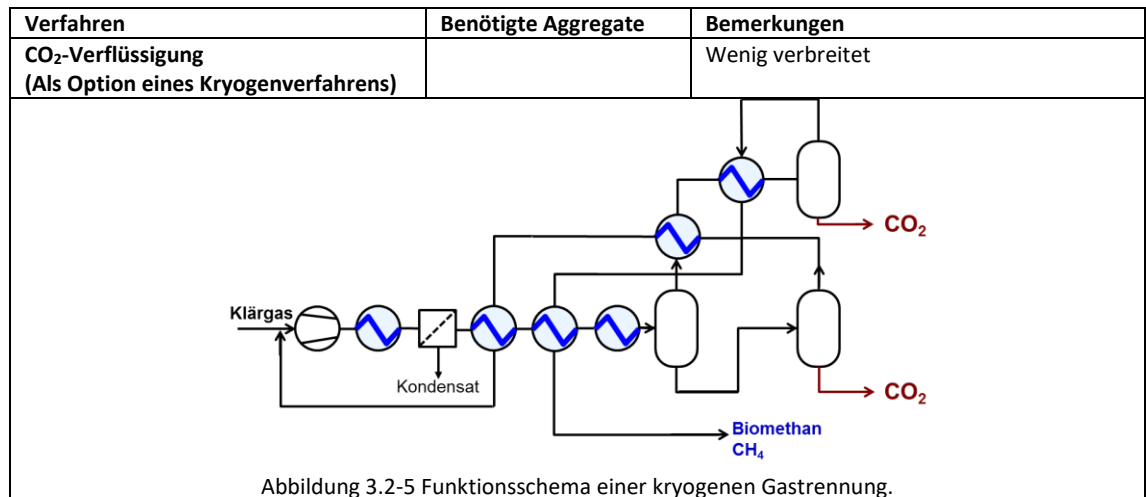


Abbildung 3.2-4 Funktionsschema einer Membranseparation [1]



Vergleich der Aufbereitungsverfahren

Vergleich verschiedene Verfahren Biogasaufbereitung [1]						
Tabelle 3.2-2						
	PSA	DWW mit H ₂ O	DWW mit OL	Aminwäsche	Membranseparation	Kryogenverfahren
Stromverb. [kWh _{el} /Nm ³]	0.2 – 0.3	0.2 – 0.3	0.2 – 0.3	0.06 – 0.15	0.2– 0.3	0.2 – 0.5
Wärmeverb. [kWh _{th} /Nm ³]	0	0	Interne WRG	0.5 – 0.7	0	0
CH ₄ -Schlupf [%]	1 – 4	0.5 – 2	1 – 4	< 0.1	< 1	< 0.5
CH ₄ -Konzentration im Produktgas [%]	96 – 98	96 – 99	96 – 99	96 – 99.9	96 – 99	>99.9
Betriebsdruck [bar]	4 - 7	5 – 10	4 – 7	0.1 - 4	5 – 16	10 – 25

Es fällt auf, dass alle Verfahren ähnliche Methan-Konzentrationen im Produktgas erreichen. Auch der spezifische Stromverbrauch ist vergleichbar. Die Aminwäsche benötigt wenig elektrische Energie, jedoch im Gegensatz zu den anderen Verfahren einen hohen Anteil an Wärmeenergie.

Die Wahl des zukünftigen Systems sollte basierend auf einer regionalen Strategie erfolgen. So muss im Falle einer Einspeisung der gesamte Wärmebedarf der ARA mit einer neuen, nicht fossilen Energiequelle (KVA oder Abwärme aus Industrie oder Umgebung) bereitgestellt werden.

3.3 Weitere Nutzungsmöglichkeiten von CO₂ aus Aufbereitungsanlagen

Zukünftig könnte überschüssiger Strom aus Wind- und Solarenergie zur Herstellung von synthetischem Erdgas verwendet werden. Das CO₂ wird in einer exothermen Reaktion mit Wasserstoff kombiniert. Dabei entsteht Methan, welches dann im Gasnetz gespeichert und später vielseitig genutzt werden kann. Zurzeit sind einige Versuchsanlagen in der Schweiz in Planung oder im Bau. Das aus dem Klärgas abgetrennte CO₂ könnte gesammelt und in solchen Anlagen weiterverwendet werden.

3.4 Zusätzliche Nutzungsmöglichkeiten BHKW bei reiner Verstromung

3.4.1 Regelpooling

Verstromt die ARA das Klärgas vollständig im BHKW, besteht bei grösseren Anlagen ab ca. 200 kW installierter Leistung beziehungsweise 100 kW Flexibilität die Möglichkeit, diese in einen Regelpool zu integrieren. Die BHKW werden dann für die Sekundär- und Tertiärregelung (Stabilisierung Frequenz im Stromnetz) genutzt. Dazu kann die Leistung der BHKW im Falle einer Überproduktion im Stromnetz durch den Regelpoolbetreiber reduziert werden (das notwendige Speichervolumen muss im Gasometer vorhanden sein). Die ARA kann dabei mit einem Zusatzlös für Vorhaltung und Abruf rechnen. [2]

3.4.2 Eigenverbrauch

Die erzeugte elektrische Energie kann alternativ zur Eigenversorgung der ARA genutzt werden. Dadurch fallen keine Gebühren für die Netznutzung, Steuern und Abgaben an. Dies kann zu Stromkosteneinsparungen führen.

3.4.3 Notstromversorgung

Ein BHKW kann im Falle eines Stromunterbruchs als Notstromaggregat eingesetzt werden. Je nach Anlagengrösse ist kein zusätzlicher Dieselgenerator notwendig. Dabei sind die notwendigen Installationen zu berücksichtigen.

3.5 Zusätzliche Nutzungsmöglichkeiten BHKW bei Aufbereitung und Einspeisung

3.5.1 Lastspitzenmanagement

Entscheidet sich eine ARA dazu, das Klärgas zukünftig einzuspeisen, kann es sich lohnen, bestehende BHKW nicht zu entsorgen, sondern parallel zur Aufbereitung zum Ausgleich von Leistungsbezugsspitzen mit reduziertem Wartungsaufwand weiterhin zu betreiben.

Durch die automatische Auswertung von Meteo- und Zuflussdaten aus dem Einzugsgebiet lassen sich Leistungsbezugsspitzen prognostizieren. Um den Leistungsbezug tief zu halten, werden die BHKW im Bedarfsfall hochgefahren und der produzierte Strom wird direkt auf der ARA verbraucht.

Durch die geringe jährliche Betriebszeit (wenige 300 - 500 h) können selbst alte BHKW noch mehrere Jahre wirtschaftlich weiterbetrieben werden. Die LRV-Anforderungen sind aber auch in diesem Fall zu berücksichtigen und einzuhalten.

Auf grösseren ARA ist zudem eine Kombination aus Sekundär-/Tertiärregelleistung und Lastspitzenmanagement möglich.

3.5.2 Gasspeichermanagement

Bei einem Weiterbetrieb des BHKW trotz Aufbereitung und Einspeisung kann das BHKW kurzzeitige Gasspitzen verwerten und zu einem effizienten Speichermanagement beitragen.

3.5.3 Notstromversorgung

Ein BHKW kann im Falle eines Stromunterbruchs als Notstromaggregat eingesetzt werden. Je nach Anlagengrösse ist kein zusätzlicher Dieselgenerator notwendig. Dabei sind die notwendigen Installationen zu berücksichtigen.

4 Ausgangslage Entscheidhilfe

4.1 Ausgangslage

Die Frage zur Art der Nutzung des Klärgases stellt sich den Kläranlagenbetreibern jeweils bei grösseren Sanierungen, vor der Ersatzbeschaffung eines BHKW oder bei Anfragen von Erdgasversorgern. Die beste Lösung sollte individuell für jede Kläranlage aufgrund der lokalen Randbedingungen in Bezug auf Nachhaltigkeit, Wirtschaftlichkeit und Machbarkeit bestimmt werden.

Die Energiebilanz sollte dabei auf Stufe Primärenergie erfolgen, da Strom eine höherwertige Energieform darstellt als beispielsweise Wärme. Als Systemgrenze sollte dabei die ARA gewählt werden, da je nach Verwendung des Biomethans oder des Stroms die Energie- und CO₂-Bilanz stark ändern kann. Wird das eingespeiste Biomethan anschliessend zum Kochen oder Heizen von Räumlichkeiten verwendet, wird eine speicherbare, hochwertige Energieform in niederwertige Abwärme (Anergie) umgewandelt. Gleiches gilt auch, wenn der produzierte Strom anschliessend Elektroheizungen mit Energie versorgt.

Bei der nachfolgenden Entscheidhilfe wird davon ausgegangen, dass das Klärgas bereits zur erneuerbaren Energieerzeugung genutzt wird und die entsprechende Infrastruktur bereits vorhanden ist.

4.2 Fragestellung

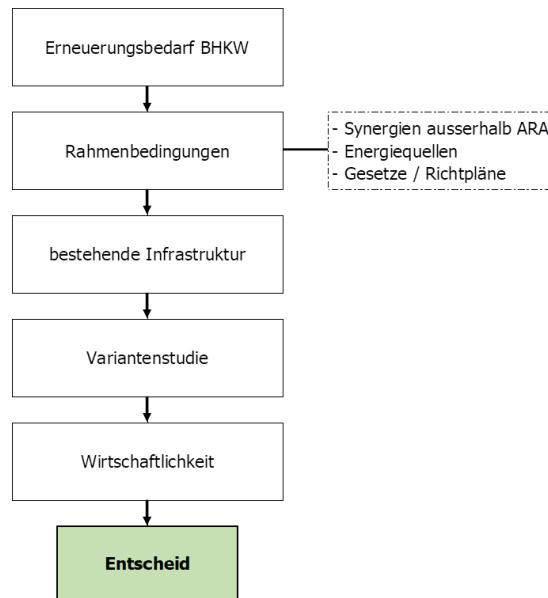
Steht eine Revision der alten BHKW an oder zeigt sich ein grosses Verbesserungspotential der Energienutzung, stellt sich umgehend die Frage nach der nachhaltigsten und wirtschaftlich interessantesten Lösung der Klärgasnutzung. Folgende grundlegenden Fragen sollten während der Entscheidungsfindung berücksichtigt werden:

- Welche lokalen und regionalen Rahmenbedingungen liegen vor oder haben sich geändert?
- Welche Rahmenbedingungen ändern sich in den nächsten 15 Jahren?
- Welche Anlagen sind bereits installiert? Lohnt sich eine Revision der Anlagen?
- Wird die Anlage bereits mit Fördermitteln unterstützt und wie lange sind diese noch garantiert?
- Werden die aktuell gültigen und absehbaren gesetzlichen Vorgaben erfüllt?
- Welche Betreiberlösung (ARA oder Dritte als Eigentümer oder Contracting) ist geeignet?

Schliesslich sollte die Realisierung der regional nachhaltigsten und somit energieeffizientesten und wirtschaftlich sinnvollsten Variante der Klärgas-Nutzung angestrebt werden.

5 Entscheidungshilfe

In den nachfolgenden vier Schritten wird die Entscheidungsfindung zur zukünftigen Energieproduktion und –versorgung auf Kläranlagen aufgezeigt. Es wird erläutert, welche lokalen und regionalen Rahmenbedingungen beachtet werden sollen, welche Auswirkungen zu erwarten sind und was bei der Wirtschaftlichkeitsanalyse berücksichtigt werden sollte.



Ablaufschema

5.1 Lokale und regionale Rahmenbedingungen

In einem ersten Schritt gilt es im Rahmen der regionalen Energiepolitik zu bestimmen, wie die zukünftige Energieversorgung am effizientesten gewährleistet werden kann. Dabei sollte der Fokus zwingend auch auf die nähere Umgebung der ARA gelegt werden. In kommunalen Energierichtplänen sollten Kläranlagen integriert werden, da diese eine grosse, standortgebundene Energiequelle sind. Bei der Entscheidung, ob zukünftig Strom und Wärme oder erneuerbares Gas produziert werden soll, muss überprüft werden, welche Energiequellen in der unmittelbaren Umgebung verfügbar sind, damit Produktionsüberschüsse vermieden werden können.

Es sollte rechtzeitig geklärt werden, welche zukünftigen Ausbauprojekte von den Energieversorgern geplant sind und ob Synergien mit den Interessen der ARA bestehen und genutzt werden können. Die Initiative dazu sollte auf Ebene der Gemeinde ergriffen werden, kann aber auch von der ARA aus erfolgen.

5.2 Infrastruktur

Im nächsten Schritt wird der Fokus auf die Infrastruktur gelegt. So muss im Rahmen einer Energiebilanz ermittelt werden, wieviel Energie (Strom und Wärmeenergie) auf der ARA aktuell produziert und verbraucht wird. Gibt es Überschüsse? Sind die Überschüsse saisonal abhängig? Werden externe Verbraucher (Nahwärmeverbund) versorgt?

Anschliessend ist zu prüfen, welche Infrastruktur in der näheren Umgebung vorhanden ist. Gibt es einen Wärmeverbund mit genügend verfügbarer Kapazität um die ARA zu versorgen? Kläranlagen sind begehrte Wärmekunden, da sie auch im Sommer eine hohe Wärmeleistung

benötigen, damit der einwandfreie Betrieb der Faulung gewährleistet werden kann. Wenn kein Wärmeverbund besteht, könnte die ARA zukünftig mittels Wärmepumpen, welche die Energie aus dem gereinigten Abwasser oder dem Zulaufkanal beziehen, beheizt werden. Als positiver Nebeneffekt wird dabei die Einleittemperatur in den Vorfluter reduziert.

Zusammen mit dem lokalen Gasnetzbetreiber ist zu prüfen, ob eine Gasleitung in der Nähe vorhanden ist und falls ja, ob diese den Anforderungen an eine Gaseinspeisung entspricht beziehungsweise welche Bedingungen damit verbunden sind.

5.3 Variantenstudie

Nachdem die regionalen Rahmenbedingungen und die Infrastruktur beurteilt wurden, können die beiden Lösungsvarianten (Verstromung oder Aufbereitung und Einspeisung) in einer Variantenstudie erarbeitet und miteinander verglichen werden. Die zu berücksichtigenden Punkte werden nachfolgend aufgezeigt.

Verstromung mittels BHKW oder Mikrogasturbine

Da die meisten Kläranlagen, welche sich mit der zukünftigen Verwertung des Klärgases beschäftigen, bereits über ein BHKW oder eine Turbine verfügen, sind die betrieblichen Anpassungen bei einer Ersatzbeschaffung überschaubar.

So muss beim Ersatz eines BHKW/MGT beachtet werden, dass neue Anlagen mit einem Aktivkohlefilter zur Siloxanabscheidung ausgerüstet werden. Durch das Entfernen der Siliziumverbindungen aus dem Klärgas wird die Funktion des Katalysators und somit die Einhaltung der LRV gewährleistet und die Betriebs- und Wartungskosten können erheblich gesenkt werden.

Mit dem Einsatz eines BHKW oder einer Mikrogasturbine sollte die ARA im Stande sein, die gesamte benötigte Wärme selbstständig zu erzeugen. Allfällige Wärmeüberschüsse sollten vermieden werden, da diese die Energiebilanz verschlechtern und systemunabhängig eine vollständige Nutzung des Klärgases angestrebt werden sollte. Es sollte aktiv nach Partnern mit Wärmebedarf gesucht werden. Alternativ könnten unkonventionelle Wärmeverwendungszwecke wie z.B. die Trocknung von Holzpellets in Betracht gezogen werden. Grundsätzlich soll eine Nutzung der gesamten, im Klärgas gespeicherten Energie angestrebt werden.

Weiter kann ein BHKW bei einem allfälligen Stromausfall als Notstromaggregat betrieben werden. Dadurch fällt bei kleineren Anlagen ein Notstromdiesel weg, und bei grösseren Anlagen kann dieser kleiner dimensioniert werden.

Falls der Faulung Co-Substrate zugeführt werden, ist für deren Betrieb eine abfallrechtliche Betriebsbewilligung notwendig (Ausnahmen für gewisse Substrate und Mengen möglich, z.B. Kanton Bern Speisereste bis 1'000 t pro Jahr). Zudem können Kläranlagen von der Mineralölsteuer befreit werden, wenn diese nur Co-Substrate annehmen, welche auf der Positivliste der Oberzolldirektion aufgeführt sind. Dazu muss ein entsprechendes Gesuch bei der OZD eingereicht werden. Weiter muss eine Neuinstallation oder der Ersatz einer bestehenden Anlage vorgängig durch den Netzbetreiber sowie das ESTI (Plangenehmigungsverfahren) bewilligt werden.

Aufbereitung und Einspeisung

Der Technologiewechsel für Aufbereitung und Einspeisung bringt mehr betriebliche Anpassungen als ein BHKW-Ersatz mit sich.

Einerseits muss berücksichtigt werden, dass je nach Aufbereitungsart eine Zunahme des Strom- oder Wärmeverbrauchs zu erwarten ist. Bereits während der Variantenstudie sollte geprüft werden, ob die bestehende Trafostation oder eine Unterverteilung der ARA genügend Kapazität für eine Aufbereitungsanlage aufweist. Bestehende BHKW sollten, sofern deren Zustand dies erlaubt, nicht sofort demontiert werden. Sie können zukünftig zum Lastspitzenmanagement, Regelpooling oder als Notstromaggregat verwendet werden. Zudem kann das Klärgas während Revisionsarbeiten an der Aufbereitungsanlage verstromt und muss nicht abgefackelt werden.

Durch den Wegfall der BHKW muss die Wärmeversorgung der Kläranlage neu organisiert werden. Diese sollte möglichst nachhaltig bereitgestellt werden. Befindet sich die ARA in der Nähe eines Fernwärmenetzes (z.B. KVA) bietet sich ein Anschluss an. Alternativ könnte die Wärme aus dem gereinigten Abwasser mittels Wärmepumpen auf ein nutzbares Temperaturniveau angehoben und zum Heizen verwendet werden. Grundsätzlich sollten standortgebundene Energiequellen (KVA-Abwärme, Abwasserwärme, Seewasserwärme o.Ä.) bevorzugt genutzt werden. Eine zukünftige Wärmeversorgung mittels Erdgas oder Holzbrennstoffen sollte vermieden werden, da diese Brennstoffe leicht transportiert werden können und deren Einsatz an Orten ohne stationäre Wärmequellen sinnvoller ist.

Die Aufbereitung von Klärgas auf Erdgasqualität bedingt mehrere Installationen, die neu zu erstellen oder zu erweitern sind. So benötigt jede BGAA Druckluft zur Steuerung und Regelung, einen Frischwasseranschluss, eine Abwasserleitung, einen Mittelspannungsanschluss sowie Gasleitungen für Klärgas, Biomethan und evtl. Schlechtgas (aufbereitetes Klärgas, welches Einspeisebedingungen nicht erfüllt). Letzteres kann zurück in den Speicher geführt werden. Weiter ist das Druckniveau des lokalen Gasnetzes zu überprüfen. Dieses muss zwingend unter dem Ausgangsdruck der Aufbereitungsanlage liegen, da ansonsten kein Gas ins Netz strömen kann.

Auch für den Betrieb einer BGAA ist abhängig von den eingesetzten Substraten allenfalls eine abfallrechtliche Betriebsbewilligung erforderlich. Es gelten dieselben Anforderungen wie beim Betrieb eines BHKW. Zudem muss die Anlage durch das TISG abgenommen werden. Im Rahmen dieses Plangenehmigungsverfahrens bestätigt das TISG die Übereinstimmung der BGAA mit den Sicherheitsvorschriften. Das eingespeiste Biomethan kann von der Mineralölsteuer befreit werden, wenn die ARA nur Co-Substrate annimmt, welche auf der Positivliste der Oberzolldirektion aufgeführt sind. Dazu muss ein entsprechendes Gesuch bei der OZD eingereicht werden.

5.4 Wirtschaftlichkeit

Sind die oben genannten Punkte erfolgreich abgearbeitet, muss die Wirtschaftlichkeit der beiden Varianten beurteilt werden. Dazu müssen die Investitions- und Baukosten, Bewilligungen, die Betriebskosten und der Aufwand für den Unterhalt den Erträgen aus Strom- / Gasverkauf inkl. (allfälliger Fördermittel) gegenübergestellt werden. Die wichtigsten Punkte werden systemunabhängig nachfolgend aufgelistet:

Kosten:

- Investitionen für Baumeisterarbeiten, Rohranbindungen, elektrische Anbindung, Fernwartung, Apparate und Anlagen, Brandabschottungen, Anschluss ans Leitsystem ARA
- Wartung (Personal und Ersatzteile), Verbrauchsmaterial und Chemikalien wie Öl oder Aktivkohle
- Energie- und Betriebskosten (Netz- und Anschlusskosten)
- Bewilligungen (Bund, Kanton, ESTI, TISG, OZD, Bauverwaltung etc.)

Einnahmen

- Einnahmen aus dem Energieverkauf (Gas, Strom, Wärme)
- Erlöse aus Regelpooling / Einsparungen durch geschicktes Lastmanagement

Bei der Bewertung der Wirtschaftlichkeit der Verstromung muss entschieden werden, wie der Strom am effizientesten und wirtschaftlichsten genutzt werden kann. So besteht die Möglichkeit, diesen direkt zur Versorgung der Anlage einzusetzen oder ins öffentliche Stromnetz einzuspeisen.

Mit Inkrafttreten des revidierten Energiegesetzes per 1. Januar 2018 können ARA nicht mehr durch das Einspeisevergütungssystem gefördert werden. Betreiber bereits geförderter Anlagen erhalten die Einspeisevergütung (KEV) weiterhin bis zum Ende der jeweiligen Vergütungsdauer. Betreiber von KEV-Anlagen mit einer Leistung ab 500 kW müssen spätestens ab 1. Januar 2020 die produzierte Elektrizität selber vermarkten (Direktvermarktung).

Anstelle einer Einspeisevergütung können für ARA beim Bundesamt für Energie Investitionsbeiträge beantragt werden. Der Investitionsbeitrag beläuft sich auf maximal 20 Prozent der Investitionskosten. Im Unterschied zum Einspeisevergütungssystem ist der ökologische Mehrwert durch den Investitionsbeitrag nicht abgegolten.

Wird das Klärgas aufbereitet und eingespeist, bietet der VSG zurzeit ein Fördermodell an. Dabei ist es entscheidend, wer Hersteller des erneuerbaren Gases ist (ARA oder Gasnetzbetreiber), da Einspeisebeiträge, Netzbetreiberbeiträge und Investitionsbeiträge vorgesehen sind.

6 Checkliste

In der nachfolgenden Checkliste sind die Wichtigsten Punkte aus dem Kapitel fünf, welche bei der Entscheidung WKK oder Aufbereitung und Einspeisung beachtet werden müssen, kurz zusammengefasst.

Checkliste mit den wichtigsten Punkten welche zu klären sind Tabelle 6-1
Lokale und regionale Rahmenbedingungen
- Kommunalen Energerichtplan und kantonale Gesetzgebung
- Regionaler Energieversorger als möglicher Partner vorhanden
Infrastruktur
- Energiebilanz auf Stufe Primärenergie erstellen
- Energieüberschüsse ermitteln
- externe Verbraucher bestimmen
- Prüfen ob Wärmeabnehmer oder Wärmeverbund in der Nähe besteht
- Möglichkeit zur Abwasserwärmenutzung mittels Wärmepumpen prüfen
- Prüfen ob Gasleitung in der Nähe vorhanden
- Ermittlung des Gasdurchsatzes und des Betriebsdrucks der Erdgasleitung
Variantenstudie
Wärme – Kraft -Kopplung
- Weiterbetrieb / Ersatzbeschaffung BHKW Investitionen überschaubar
- Ermittlung des Jahresnutzungsgrades des BHKW (Wärme und Strom)
- Aktivkohlefilter vorhanden?
- Erfüllt das BHKW die LRV?
- Wärmeüberschuss vorhanden?
- Prüfung der Notstromversorgung
- Wird eine Abfallrechtliche Betriebsbewilligung benötigt?
- Profitiert die ARA von einer Mineralölsteuererleichterung?
- Erfüllen alle Substrate die Positivliste der OZD?
- Plangenehmigungsverfahren ESTI
Aufbereitung und Einspeisung
- betriebliche Anpassungen für Einspeisung bestimmen
- Zunahme des Stromverbrauchs und/oder Wärmeenergie zu erwarten
- Prüfen der Kapazität der Trafostation
- bestehende BHKW nach Möglichkeit weiter verwenden (Notstrom, Lastspitzenmanagement)
- Neuorganisation der Wärmeversorgung vorsehen (KVA, Abwasserwärme, Fernwärmenetz)
- Potentiale zur Effizienzsteigerung der Wärmeversorgung der ARA prüfen (Abwärmequellen, Wärmeübertrager)
- Standortgebundene Energiequellen haben hohe Priorität
- Druckniveau und Kapazität des Gasnetzes prüfen
- Wird eine Abfallrechtliche Betriebsbewilligung benötigt?
- Plangenehmigungsverfahren TISG
Wirtschaftlichkeit
- Vergleich der Wirtschaftlichkeit beider Varianten
- Investitions- und Betriebskosten
- Erträge aus Strom- oder Gasverkauf
- Fördermittel (Einmalvergütung, VSG-Biogasfonds)

7 Glossar

BGAA	Biogasaufbereitungsanlage
BHKW	Blockheizkraftwerk
Biomethan	Klärgas welches mittels Aufbereitungsverfahren auf
Erdgasqualität	aufkonzentriert wurde
CH	Schweiz
CHF	Schweizerfranken
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlendioxid
DWW	Druckwasserwäsche
Erdgas	Natürlich vorkommendes Gasgemisch mit hohem Methananteil
ESTI	Eidgenössisches Starkstrominspektorat
EVS	Einspeisevergütungssystem
EW	Einwohnergleichwerte
H ₂ O	Wasser
KEV	Kostendeckende Einspeisevergütung
Klärgas	Gas welches in der Faulung auf ARA entsteht
KVA	Kehrichtverbrennungsanlage
kW / MW / GW	Kilowatt / Megawatt / Gigawatt
kWh _{th/el}	Kilowattstunde thermisch oder elektrisch (Energienmenge)
LNG	Verflüssigtes Erdgas (engl. liquefied natural gas)
LRV	Luftreinhalteverordnung
MGT	Mikrogasturbine
Nm ³	Normkubikmeter
OL	Organisches Lösungsmittel
OZD	Oberzolldirektion
PSA	Druckwechseladsorption (engl. pressure swing adsorption)
P2G	Power to gas
Regelpooling	Zusammenschluss mehrerer kleiner Stromproduzenten zu einem sogenannten Regelpool zur Bereitstellung von Regelleistung
SVGW	Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches
TISG	Technisches Inspektorat des Schweizerischen Gasfaches
VSG	Verband der Schweizerischen Gasindustrie
WKK	Wärme – Kraft - Kopplung
WRG	Wärmerückgewinnung

Quellenverzeichnis

[1] EREP, 2013.

[2] InfraWatt, *Schlussbericht Leuchtturmprojekt Regelpooling mit Infrastrukturanlagen*, 2017.