

Nutzung von Klärgas in Abwasserreinigungsanlagen



Faktenblatt zur Studie
«Potenzial zur Effizienzsteigerung
in Kläranlagen mittels Einspeisung
oder Verstromung des Klärgases»
der Durena AG, im Auftrag von
Swisspower AG, mit Unterstützung
des Bundesamtes für Energie (BFE),
Schweizer ARA's, sowie der Organi-
sation Kommunale Infrastruktur (OKI).



EINSPEISUNG IST MINDESTENS GLEICHWERTIG WIE VERSTROMUNG

EINSPEISUNG VON KLÄRGAS VERSPRICHT ZUSÄTZLICHES CO₂-REDUKTIONS- UND ENERGIEEFFIZIENZPOTENZIAL IN KLÄRANLAGEN

In einem Grossteil der Abwasserreinigungsanlagen (ARA) in der Schweiz wird der anfallende Klärschlamm in einem Faulturm ausgegärt. Das dabei entstehende Klärgas wird sinnvollerweise in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) für den Strom- und Wärmeeigenbedarf der ARA genutzt. Schweizer Kläranlagen produzieren heute pro Jahr rund 120 GWh Strom und leisten damit einen relevanten Beitrag zur erneuerbaren Stromproduktion.

Trotz dieser fortschrittlichen und heute etablierten Verstromung wird in vielen ARAs immer noch ein substanzieller Anteil des Klärgases als Überschusswärme ungenutzt an die Umgebung abgegeben oder sogar über die Fackel vernichtet.

Swisspower verfolgt im Rahmen ihrer Aktivitäten zum Umbau des Energiesystems Schweiz hin zu einer erneuerbaren Versorgung das Ziel, die Energieeffizienz von Kläranlagen weiter zu steigern. Vor diesem Hintergrund sind Wege einer nachhaltigen und CO₂-emissionsarmen Energienutzung zu prüfen, die eine möglichst vollständige Verwertung der Energie im Klärgas erlauben; insbesondere auch der Wärme, die bei der Verbrennung des Klärgases entsteht. Dank der technologischen Entwicklung in den letzten Jahren hat sich die Aufbereitung des Klärgases zu ein-speisefähigem Biogas in das Gasnetz als eine praxiserprobte Alternative zur Verstromung des Klärgases auf der ARA etabliert.

Bevor ein ARA-Betreiber sein BHKW ersetzt, sollte er sich deshalb mit der Frage auseinandersetzen, ob das Klärgas weiterhin verstromt werden soll oder ob die Aufbereitung des Klärgases zu Biogas und die Einspeisung ins Gasnetz eine bessere Alternative darstellt.



Aufbereitungstechnik ARA Reinach 35 m³/h



Membrantechnologie zur CO₂-Abscheidung

EINSPEISUNG IST MINDESTENS GLEICHWERTIG WIE VERSTROMUNG

ENERGIE- UND TREIBHAUSGASBILANZ: POTENZIALE EXTERNER NUTZUNG EINBEZIEHEN

In der vorliegenden Studie «Potenzial zur Effizienzsteigerung in Kläranlagen mittels Einspeisung oder Verstromung des Klärgases» wurden Primärenergiebedarf und Treibhausgasemissionen analysiert. Auf Basis dieser Analysen konnten für beide Optionen die daraus resultierenden Energie- und Klimaschutzpotenziale jener Kläranlagen berechnet werden, die heute bereits in der Nähe eines Gasnetzes stehen.

Der Vergleich von Energie und Treibhausgasen erfolgte innerhalb einer Systemgrenze, welche sowohl die ARA-interne Verwertung, als auch die dezentrale Nutzung mit einschliesst. Denn bei der Klärgasverstromung in der ARA wird ein beträchtlicher Teil der Energie im Klärgas für die ARA selbst verwendet (z.B. zur Beheizung des Faulturmes), während bei der Einspeisung ins Gasnetz die Energie ausserhalb der ARA genutzt werden kann. Die dezentrale Verwendung des Biogases wurde deshalb in der vorliegenden Studie mitberücksichtigt.

Bei den dezentralen Nutzungsmöglichkeiten ab dem Gasnetz wurden die Anwendungen Mobilität (Gasfahrzeuge), Heizen und dezentrale Stromproduktion (Wärme-Kraft-Kopplung, WKK) im Detail bilanziert. Daraus wurde ein theoretischer Nutzungsmix definiert, der die Sensitivität der verschiedenen Verwertungsoptionen von Klärgas illustriert.

ERGEBNISSE

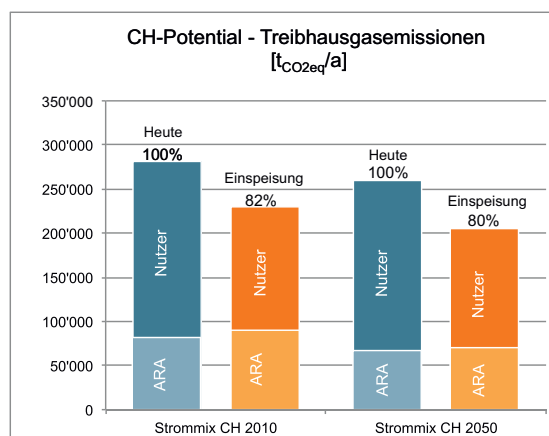
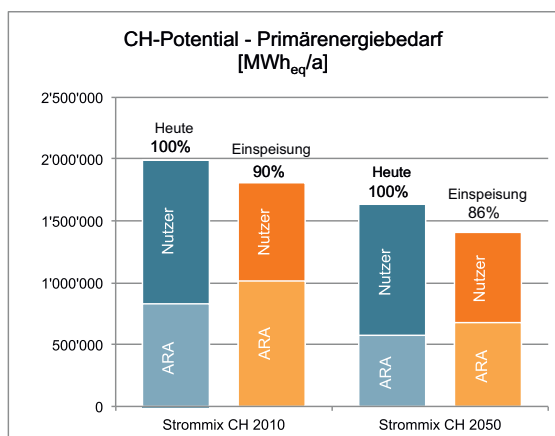
Die Bilanzierung erfolgte auf Basis gemessener Ist-Werten von 99 ARAs, die in der Nähe eines bestehenden Gasnetzes stehen und mehr als 300'000 m³ Klärgas pro Jahr produzieren.

Energie- und Klimawirkung

Im Vergleich zwischen den Systemen Verstromung (heute) und Einspeisung:

- kann mit der Einspeisung mindestens **10% Primärenergie eingespart** werden,
- und die Treibhausgasemissionen können um **rund 20% reduziert** werden.

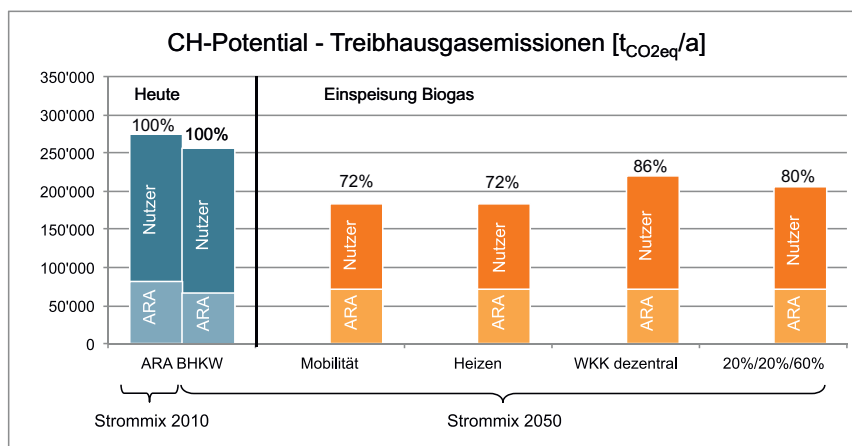
Diese Werte sind abhängig davon, ob das eingespeiste Gas für die Mobilität, das Heizen oder in dezentralen WKK-Anlagen verwendet wird. Mit der Einspeisung steigt allerdings der Energiebedarf der ARA's selbst, weil die zuvor auf der Anlage produzierte Energie nun von aussen zugeführt werden muss.



EINSPEISUNG IST MINDESTENS GLEICHWERTIG WIE VERSTROMUNG

Potenzial

In den untersuchten 99 ARA's mit Gasanschluss und ausreichender Grösse werden heute über 60% der gesamten Klärgasmenge in BHKW verstromt. Etwa 14% werden bereits ins Gasnetz eingespeist. Das entspricht knapp 11 Mio. m³ Biogas mit einer Energiemenge von 68 GWh pro Jahr. Das schweizweite Potenzial für die Einspeisung liegt bei rund 63 Mio. m³ Biogas oder ca. 333 GWh Energie pro Jahr; es wäre folglich rund sechs mal höher. Die Reduktionspotenziale beim CO₂-Ausstoss liegen beim Verwertungspfad Mobilität und Heizen ca. 20-30% tiefer im Vergleich zur Verstromung. Das entspricht einem maximalen Reduktionspotenzial von 40'000-60'000 t CO₂ pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit

Die kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) deckt bei der Verstromung von Klärgas in etwa die Kosten für Kapitaleinsatz, Betrieb und Unterhalt eines BHKW ab. Bei ARA mit KEV fallen deshalb in der Regel keine zusätzlichen Erträge an. Entfällt die BHKW-Wärme, muss diese anderweitig erzeugt werden; z.B. mit einer Abwasser-Wärmepumpe. Folglich muss für eine kommerzielle Nutzung des Klärgases dieser Aufwand für den Ersatz der Wärmeversorgung durch den Gasverkauf gedeckt werden können. Durchschnittlich resultiert daraus ein Rohgaspreis von 1-4 Rp/kWh für unaufbereitetes Klärgas. Für die Aufbereitung des Klärgases (Aktivkohle, Entwässerung, CO₂-Abscheidung, etc.) wurden zusätzliche Kosten von rund 6 Rp/kWh angenommen. Somit sind mit Gestehungskosten von 7-10 Rp/kWh für aufbereitetes Klärgas zu rechnen. Das entspricht bei ARA ohne KEV-Beiträge rund 4-7 Rp/kWh. Mit diesem Kostenansatz ist gewährleistet, dass die ARA-Rechnung mit der Einspeisung mindestens gleichwertig wie beim Verstromen ausfällt.

Festzuhalten gilt vor diesem Hintergrund, dass in der aktuellen Revision des Energiegesetzes die Förderung via KEV nicht mehr vorgesehen ist.

EINSPEISUNG IST MINDESTENS GLEICHWERTIG WIE VERSTROMUNG

SCHLUSSFOLGERUNGEN:

Die vorliegende Studie liefert eine Beurteilungsgrundlage für die aktuelle Praxis von ARAs in der Nutzung von Klärgas. Die Studienergebnisse dokumentieren, dass sowohl die Nutzung des Klärgases in BHKW als auch die Einspeisung geeignete Verwertungspfade sind. Sie zeigen aber auch, dass die Einspeisung gegenüber der Verstromung erhebliche ökologische Vorteile hat. In der Einzelfallbeurteilung sind selbstverständlich weitere Kriterien sorgfältig einzubeziehen, wie z.B. lokale Verwertungsmöglichkeiten, die Wirtschaftlichkeit unter unterschiedlichen Markt- und Förderszenarien oder die vorhandenen Management- und Ingenieurkapazitäten vor Ort. Generell gilt bei der Einspeisung, dass

- der Wärmebedarf der ARA selbst wärmegeführt abgedeckt werden kann,
- die Energieverluste von der ARA bis zum Nutzer des Biogases deutlich reduziert werden können,
- das Potenzial der Wärmerückgewinnung (WRG) aus den ARA-Prozessen dann wirtschaftlich genutzt werden kann, wenn kein Überschuss an Abwärme aus einem BHKW mehr vorhanden ist,
- die Substitutionseffekte des eingespeisten Klärgases vor allem in der Mobilität und beim Heizen hohe CO₂-Einsparpotenziale generieren.

Die Biogasaufbereitung und Einspeisung birgt erhebliche Energie- und Klimapotenziale, die in den nächsten Jahren realisiert werden könnten. Die untersuchte Verwertungsalternative in ARA verdient deshalb grössere industrielle und politische Aufmerksamkeit.

AUSBLICK

Die Diskussion bezüglich der Energieeffizienzsteigerung in den Kläranlagen muss primär mit den ARA-Betreibern und deren Eigentümern weitergeführt werden. Auf die gemeinsame Agenda von Abwasserbetrieben und Energieversorgern gehören Fragen wie die weitere Steigerung der internen und externen Abwärmenutzung in ARA, die saisonale und kurzzeitige Energiespeicherung oder die Produktion von Regelenergie.



EINSPEISUNG IST MINDESTENS GLEICHWERTIG WIE VERSTROMUNG

FRAGEN & ANTWORTEN

Eine ARA mit Schlammfäulung benötigt Wärme zum Betrieb des Faulturms. Mit der Einspeisung von Klärgas fällt die vom BHKW erzeugte Abwärme weg. Wie kann diese ersetzt werden?
Die für den ARA-Betrieb benötigte Abwärme zum Beheizen des Faulturms und für die Gebäudeheizung kann bedarfsgerecht aus den vorhandenen, internen Abwärmepotenzialen wie z.B. Wärmerückgewinnung oder Abwasserwärmepumpe erzeugt werden - oder allenfalls auch von aussen zugeführt werden (z.B. von benachbarten Kehrlichtverbrennungsanlagen). Der entsprechende Energiebedarf für die Wärmebereitstellung aus Abwärmequellen wurde in allen betrachteten Varianten berücksichtigt.

Strom hat eine höhere energetische Wertigkeit als Wärme. Geht diese mit der Nutzung des Klärgases zum Heizen und in der Mobilität verloren?

Bilanzierungstechnisch wurden die unterschiedlichen Energieformen (Strom, Wärme, Treibstoff) mittels anerkannten Primärenergiefaktoren (ESU-Services) gewichtet. Diese Gewichtung ermöglicht den Vergleich der verschiedenen Energieformen und berücksichtigt so ihre Wertigkeit (Exergie). Damit fliesst der gesamte Rohstoff- und Energieaufwand in die Berechnung ein. Ein direkter Vergleich ist zudem zwischen den Varianten BHKW-Verstromung, Einspeisung und dezentrale Nutzung mittels Wärme-Kraft-Kopplung (WKK) möglich, da dabei das Klärgas gleichwertig genutzt wird. Dank der Speichermöglichkeit des Biogases im Gasnetz kann ein dezentrales BHKW wärmegeführt, und somit energieeffizienter und CO₂-optimiert, betrieben werden.

Wenn eine ARA statt erneuerbarem Strom aus dem eigenen BHKW Strom zu Marktpreisen einkauft, bedeutet das faktisch auch den Umstieg auf nicht erneuerbaren Strom?

Welchen Substitutionseffekt die Stromgewinnung aus einem ARA-BHKW bzw. einem Biogasbetriebenen dezentralen BHKW hat, ist abhängig vom aktuellen Produktions-Strommix. Je nachdem, ob man den Schweizerischen oder den Europäischen Strommix einrechnet, zeigt sich ein differenziertes Bild. Würde z.B. der Kohlestrom eingerechnet, so verschlechtern sich vor allem die Ergebnisse bei der Einspeisung und der Anwendung Mobilität und Heizen. Dieses Faktum gilt auch für andere Technologien wie z.B. bei der elektrischen Wärmepumpe. Die vorliegende Studie basiert deshalb auf aktuellen CH-Strommix-Daten. Es ist gleichzeitig davon auszugehen, dass der erneuerbare Stromanteil in der Schweiz sowie in Europa weiterhin zunehmen wird.

Wenn der Strom des ARA-BHKWs zum Antrieb von externen Wärmepumpen verwendet wird, ergibt sich dann eine deutlich bessere Energie- und CO₂-Bilanz für die Verstromung als bei der externen Nutzung als Brenn- oder Treibstoff?

Der grosse Vorteil der Einspeisung besteht gerade darin, dass die Energie des Klärgases durch die Speicherfähigkeit unabhängig vom Betrieb der ARA und der Jahreszeit genutzt werden kann. Während beim BHKW-Betrieb auf der ARA im Sommer der Strom nicht mittels Wärmepumpen in Wärme umgewandelt werden kann und zudem Überschusswärme meist ungenutzt bleibt, kann eine externe WKK-Anlage wärmegeführt und damit angepasst an die Jahreszeiten betrieben werden. Mit dem WKK-Strom könnten im Winter bei Bedarf ebenfalls Wärmepumpen betrieben werden.

Reicht die verwendete Datengrundlage für verlässliche Aussagen aus?

Es wurden alle ARA mit mehr als 30'000 EW (Einwohnerwert) bzw. mehr als 300'000 m³/a Klärgas mit einem vorhandenen Gasnetz in der entsprechenden Gemeinde untersucht; insgesamt 99 ARA-Standorte. Diese wurden in typengleiche Kategorien unterteilt und anhand realer, gemessener Daten energetisch erhoben. Fehlende Daten wurden durch Recherchen, oder - falls keine Daten verfügbar waren - durch Schätzungen auf der Basis wissenschaftlicher Erkenntnis und der Fachliteratur festgelegt. Das auf diese Weise ermittelte Potenzial von 333 GWh/a Biogas dürfte deshalb dem ermittelten technischen Potenzial entsprechen. In diesen Werten sind weitere Biogas-Potenziale durch Zugabe von Co-Substraten, etc. nicht berücksichtigt.

EINSPEISUNG IST MINDESTENS GLEICHWERTIG WIE VERSTROMUNG

Lohnt sich eine Einspeisung wirtschaftlich?

Ja. Die Biogaseinspeisung lohnt sich, sowohl für den ARA Betreiber als auch für den Einspeiser bzw. Gasabnehmer. Die finanziell gleichwertige Lösung für eine ARA mit einer Gaseinspeisung liegt bei Anlagen mit KEV-Entschädigung bei mindestens 7.0 Rp/kWh (Gas+Biogas-Zertifikat). Bei Anlagen ohne KEV liegt dieser Wert um die 3.0 Rp/kWh. Die jährliche KEV-Entschädigung für Klärgasstrom wird voraussichtlich mit der Revision des Energiegesetzes abgeschafft. Die Gaswirtschaft zeigt zunehmend Interesse am Einsatz von erneuerbaren Gasen, bzw. unterstützt die Bestrebungen zur Biogaseinspeisung mit einem eigenen Förderfonds. Selbstverständlich gilt es aber jeden Einzelfall zu betrachten.

Warum wurde eine Variante mit 20% Mobilität, 20% Heizen und 60% WKK zu Grunde gelegt?

Die Betrachtung der einzelnen Verwertungspfade sind Annahmen und sollen die Grenzen der Potenziale aufzeigen. Heute wird Biogas zu 36% im Mobilitätssektor, 63% zum Heizen und 1% in WKK Anlagen eingesetzt. Um keinen Anwendungsbereich auszugrenzen, bzw. um die gesamte Spannbreite der Auswirkungen auf den Primärenergiebedarf und die Treibhausgasemissionen aufzuzeigen, wurden neben einer Mix-Variante die Bilanzen für jeden Verwertungspfad separat errechnet. Das heisst, das eingespeiste Klärgas wurde jeweils zu 100% in der Mobilität, zum Heizen oder zur dezentralen Verstromung mittels BHKW berechnet. Darauf aufbauend wurde ein möglicher Verbrauchermix mit 20% Mobilität, 20% Heizen und 60% WKK gesetzt. Eine andere Verteilung ergäbe keine grundsätzlich anderen Ergebnisse.

Welche weiteren Chancen eröffnen sich mit der Umstellung von Verstromung auf Einspeisung?

Eng verknüpft mit der Biogaseinspeisung ist eine ARA-interne Nutzung von Abwärmequellen mittels Prozess-Wärmerückgewinnung (WRG) und eine Nutzung der im Abwasser enthaltenen Energie zur Deckung des ARA-eigenen Wärmebedarfs. Nutzt man bereits Abwasserwärme auf der ARA, ist es naheliegend, dass das ungenutzte Abwärmepotenzial auch für ARA-externe Bezüger nutzbar gemacht werden kann und mittels eines Wärme- bzw. Anergienetzes an diese verteilt wird. Biogaseinspeisung und ARA-interne und -externe Abwasserwärmenutzung ergänzen sich deshalb energietechnisch optimal.

Welche Potenziale hat die Einspeisung beim Umbau unserer Energieversorgung auf erneuerbare Energie?

Einen weiteren Schritt in Richtung konvergente Energiesysteme stellt die Technologie *Power-to-Gas* dar. Diese Technologie befindet sich noch in der Entwicklungsphase. Es gibt aber bereits erste industrielle Anlagen, welche das CO₂ aus dem Klärgas mittels Zufuhr von Wasserstoff (H₂) zu synthetischem Methan bzw. erneuerbarem Gas umwandeln. In der Schweiz wurde die erste Power-to-Gas Anlage der Regio Energie Solothurn als Leuchtturmprojekt des BFE 2015 in Betrieb genommen. Mit der direkten Verbrennung und Verstromung von Klärgas ist die Nutzung des CO₂ aus dem Abgas nur mit hohem technischem Aufwand möglich.

Warum engagiert sich Swissspower für die Förderung der Einspeisung von Klärgas?

Die technologischen Entwicklungen in der Strom- und Gaswirtschaft können nicht mehr isoliert betrachtet werden. Swissspower erkennt ein erhebliches Potenzial in der Nutzung der beobachtbaren Netzkonvergenz. Gerade Multi-Energy Unternehmen wie die Swissspower Stadtwerke arbeiten an vorderster Stelle am Umbau des Energiesystems in der Schweiz. Swissspower ist überzeugt, dass in der Konvergenz von Strom- und Gasnetz weitere Energiepotenziale ausgeschöpft werden können, insbesondere in der Nutzung von Gas als Energiespeicher.

Swisspower AG

Bändliweg 20, Postfach, 8048 Zürich
Telefon +41 (0)44 253 82 11, Fax +41 (0)44 253 82 31
info@swisspower.ch, www.swisspower.ch

Kontaktperson Swisspower AG
Thomas Peyer
Leiter Energiedienstleistungen
Telefon +41 (0)44 253 82 77
thomas.peyer@swisspower.ch

