

CO₂-neutrale Strom- und Wärme-Erzeugung mit Abwärmennutzung im Klärwerk 1

Unser Beitrag zum Klimaschutz.

Die Grundlagen

Eine der wichtigsten Zukunftsaufgaben ist die nachhaltige, CO₂-neutrale Energieversorgung. Die Nutzung von Klärgas ist ein Schritt in diese Richtung. Klärgas entsteht bei der Faulung des Klärschlammes. Dieser wiederum besteht aus den festen Inhaltsstoffen des Abwassers sowie aus Bakterien, die sich von den gelösten Schmutzstoffen im Abwasser ernährt haben.

Hauptquelle der Abwasser-Inhaltsstoffe sind fast ausschließlich menschliche Ausscheidungen, die aus der aufgenommenen Nahrung entstehen. Damit sind nachwachsende Rohstoffe die Grundlage des Klärschlammes. Tritt dazu noch die Strom- und Wärmeerzeugung in Blockheizkraftwerken (BHKW) mit Kraft-Wärme-Kopplung, ergibt sich eine nachhaltige und effiziente Nutzung der Ressourcen.

Kraft-Wärme-Kopplung und konventionelle Stromerzeugung

Bei der konventionellen Stromerzeugung aus fossilen Brennstoffen wird die im Kraftwerk entstehende Abwärme in der Regel nicht genutzt. Dadurch ergeben sich Wirkungsgrade um 45 Prozent. Zieht man den Energieaufwand für Gewinnung, Aufbereitung und Transport des Brennstoffs in Betracht, so verringert sich der Wirkungsgrad weiter.

Eine Erhöhung des Wirkungsgrads auf über 80 Prozent lässt sich durch die Nutzung der Abwärme in Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen erzielen. Hierfür ist es hilfreich, wenn – wie es in Klärwerken der Fall ist – ein ganzjähriger Wärmebedarf vorhanden ist. Damit sind diese für den Einsatz von klimaschonenden Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen besonders gut geeignet.



Eines der beiden Blockheizkraftwerke im Klärwerk 1 bei der Anlieferung, fotografiert im Jahr 2011. Foto: SUN.

Die Blockheizkraftwerke im Klärwerk 1

Das erste der beiden Blockheizkraftwerke im Klärwerk 1 ging im Jahr 2003 in Betrieb und hatte folgende Leistungsdaten:

- Zwei Module (Gasmotoren).
- Je 836 kW elektrische Leistung.
- Je 1016 kW thermische Leistung.
- Gesamtwirkungsgrad 78%.

Nach rund 60 000 Betriebsstunden war diese erste Anlage im Jahr 2015 planmäßig zu erneuern. Die neue Anlage hat folgende Leistungsdaten:

- Zwei Module (Gasmotoren).
- Je 851 kW elektrische Leistung.
- Je 935 kW thermische Leistung.
- Gesamtwirkungsgrad 85%.

Die thermische Leistung wurde zugunsten der höherwertigen elektrischen Leistung reduziert. Der Gesamtwirkungsgrad ist deutlich höher.

Im April 2011 wurde die Schlamm-trocknungs-anlage im Klärwerk 1 durch eine Entwässerung in Zentrifugen ersetzt. Damit stehen nun zusätzliche Klärgasmengen zur Verfügung, die sich in einem zusätzlichen Blockheizkraftwerk nutzen lassen. Dieses ging im Jahr 2011 in Betrieb. Seine Leistungsdaten sind:

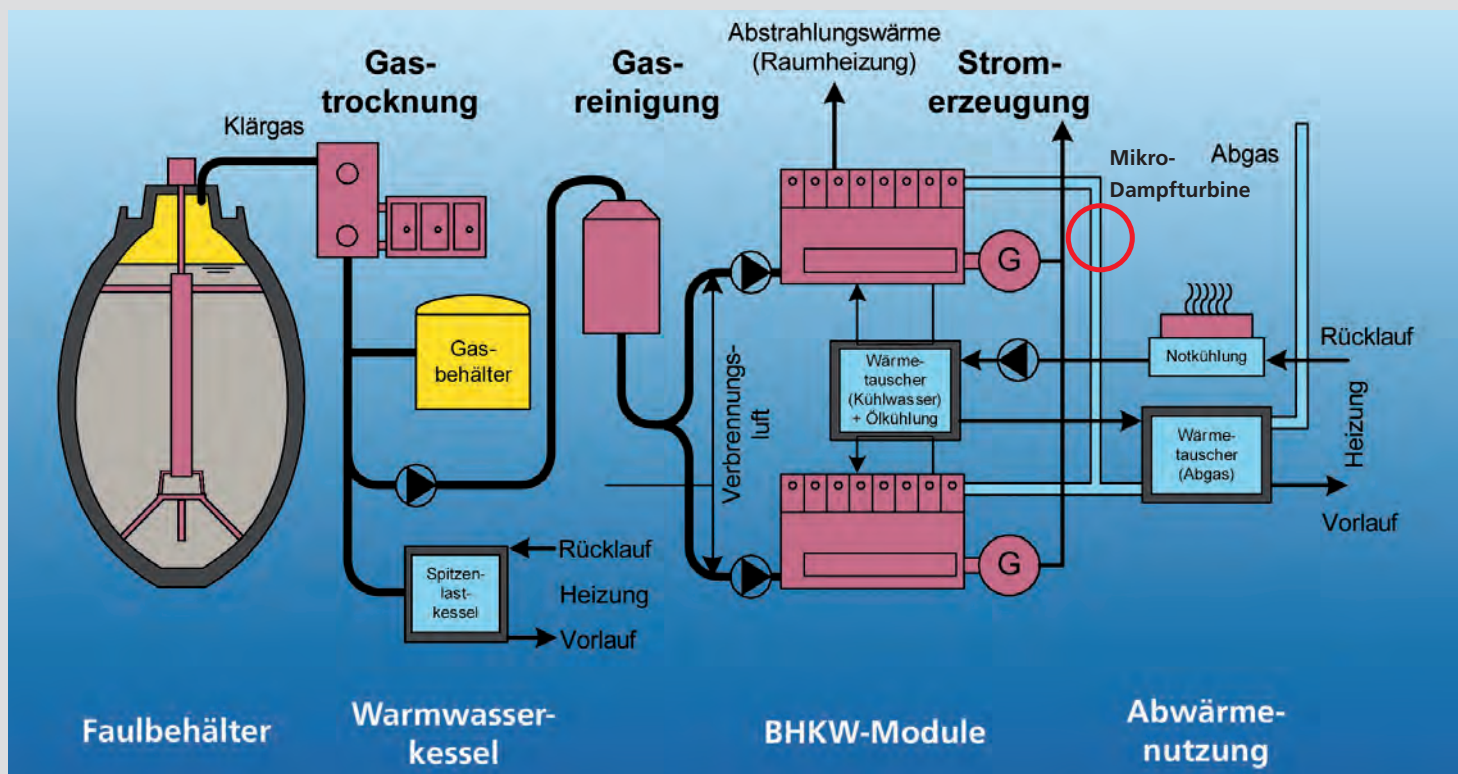
- Zwei Module (Gasmotoren).
- Je 526 kW elektrische Leistung.
- Je 583 kW thermische Leistung.
- Gesamtwirkungsgrad 85%

Insgesamt sind damit in den beiden Blockheizkraftwerken 2724 kW an elektrischer und 3036 kW an thermischer Leistung installiert.

Funktionsschema eines Blockheizkraftwerks im Klärwerk 1

Die Grafik zeigt den Aufbau des zweiten Blockheizkraftwerks, das im Jahr 2011 in Betrieb ging.

Die auf den folgenden Seiten beschriebene Mikro-Dampfturbinenanlage entnimmt die Abwärme aus dem Abgasstrom (rechts in der Grafik).



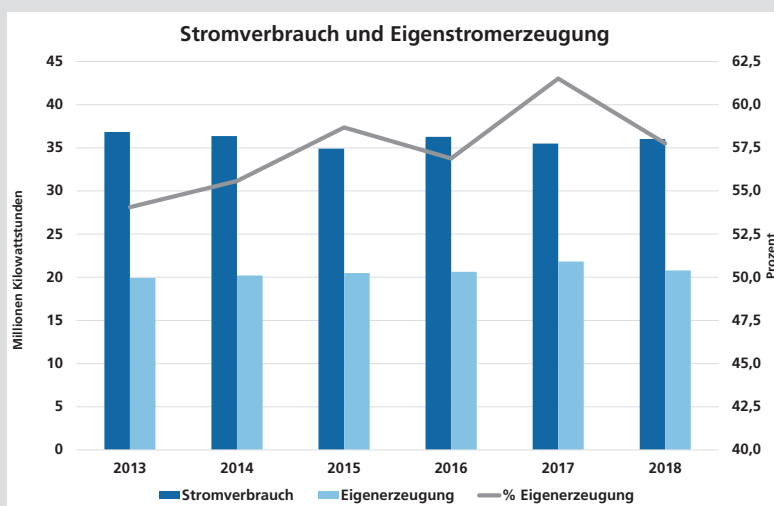
Die Eigenversorgung mit Strom und Wärme

Die Nürnberger Klärwerke werden überwiegend mit Energie aus dem eigenen Klärgas versorgt. Und auch für die Strom- und Wärmeversorgung unserer Labor- und Verwaltungsgebäude bleibt noch etwas übrig.

Im Jahr 2018 konnten gedeckt werden:

- 58% des Strombedarfs im Klärwerk 1 und Klärwerk 2 sowie in den Labor- und Verwaltungsgebäuden.
- 100% des Wärmebedarfs im Klärwerk 1 und in den Labor- und Verwaltungsgebäuden.

Die Entwicklung unseres Stromverbrauchs und den Anteil der eigenen Stromerzeugung am Gesamtverbrauch in den vergangenen Jahren zeigt das Diagramm rechts.



Erhöhung des Wirkungsgrads: Stromerzeugung aus Abwärme

Bei der möglichst vollständigen Nutzung des Klärgases zur Stromerzeugung in der Kraft-Wärme-Kopplung entsteht Wärme im Überfluss. Diese lässt sich vor allem in der wärmeren Jahreszeit nicht nutzen. Über Kühlanlagen wird sie an die Umgebung abgegeben. Zudem steckt im Abgas der Motoren noch Wärme, die an die Atmosphäre abgegeben wird. Beides ist im Hinblick auf eine effiziente Energienutzung nicht zufriedenstellend.

Naheliegender, jedoch nicht ohne größeren Aufwand durchführbar, ist der Gedanke, zumindest die Abgaswärme in hochwertige Elektrizität umzuwandeln.

Weil diese Problematik bei großen Kraftwerksanlagen viel stärker ausgeprägt ist, gibt es dort bereit seit längerer Zeit Anlagen zur Stromerzeugung aus Abwärme. In der Regel kommen hier Dampfturbinen zum Einsatz. Wegen des hohen technischen und finanziellen Aufwands blieb dieses Verfahren bisher auf Großanlagen begrenzt.

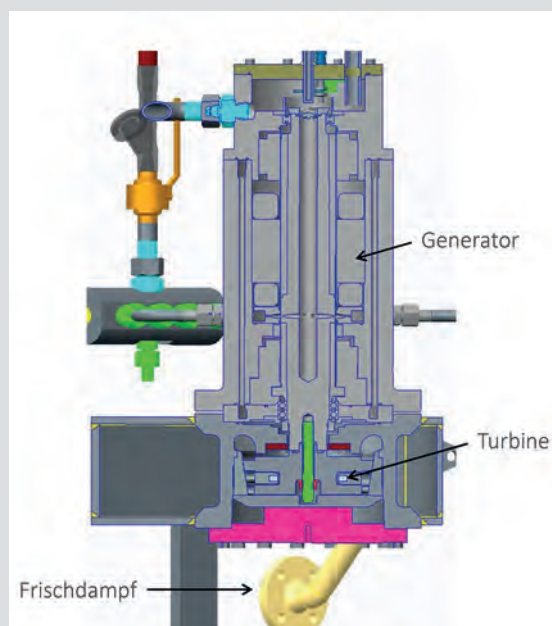
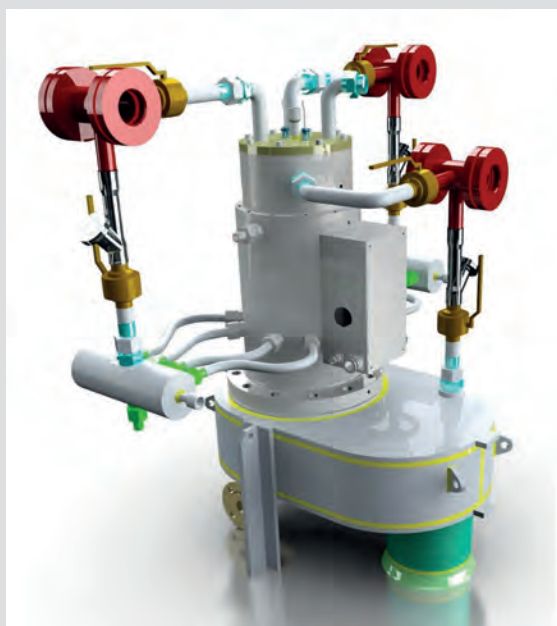
Dass eine Nutzung der Abwärme zur Stromerzeugung jedoch auch bei kleinen, dezentralen Anlagen möglich sein wird, zeigt ein aktuelles Forschungsprojekt am Standort Klärwerk 1.

An einem der vier BHKW-Module im Klärwerk 1 wurde eine Versuchsanlage eingerichtet. Zum Einsatz kommt eine Mikrodampfturbine mit 40 kW elektrischer Leistung. Vorgesehen ist ein 3-jähriger Versuchsbetrieb, bei dem die Praxistauglichkeit der Anlagentechnik nachgewiesen wird.

An diesem Forschungsprojekt sind beteiligt:

- Die Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm als leitende Stelle,
- die Siemens AG als Hersteller der Mikrodampfturbine,
- die Aprovis GmbH als Hersteller von Wärmetauscheranlagen,
- Die Firma UAS Messtechnik als Anlagenbauer,
- sowie die Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg.

Die Mikro-Dampfturbinenanlage im Klärwerk 1



Kernstück der Anlage ist eine hermetisch abgeschlossene Mikro-Dampfturbine mit integrierter Generator-Einheit. Die Einheit ist magnetgelagert und lässt sich dadurch völlig ölfrei und damit auch wartungsfrei betreiben. Dies ist von erheblicher Bedeutung, wenn bei einem zukünftigen Einsatz in Kleinanlagen die Wirtschaftlichkeit bei geringen Unterhaltskosten gegeben sein soll.

Weil es sich um eine zukunftsweisendes Projekt zur Steigerung der Energieeffizienz handelt, wird das Vorhaben durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.

Die Mikrodampfturbine, das Kernstück der Anlage (Ansicht und Schnitt).
Grafiken: EnCN Energie Campus Nürnberg.

Das Laufrad der Mikrodampfturbine.

Foto: EnCN Energie Campus Nürnberg.



Unten: Die Mikro-Dampfturbinenanlage im Klärwerk 1

Foto: Susanne Vogel (SUN)

