

# Innovative Energiekonzepte für Kläranlagen

## 82. Siedlungswasserwirtschaftliches Kolloquium der Universität Stuttgart

Christian Locher und Jörg Krampe (Stuttgart)

Am 11. Oktober 2007 fand in Stuttgart-Vaihingen das 82. Siedlungswasserwirtschaftliche Kolloquium des Instituts für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart zum Thema „Innovative Energiekonzepte für Kläranlagen“ unter der wissenschaftlichen Leitung von Prof. Dr.-Ing. Heidrun Steinmetz und Dr.-Ing. Jörg Krampe statt. Während der Veranstaltung war aufgrund des passenden Themas ein Filmteam anwesend, welches die nahezu zeitgleich zum Kolloquium in Betrieb genommene Brennstoffzelle im Klärwerk Stuttgart-Möhringen begleitet.

Nach einer Begrüßung durch Prof. Steinmetz hielt Bernd Reuter (Umweltministerium Baden-Württemberg) den Eröffnungsvortrag mit dem Titel „Zukunftsfähige Klimaschutz- und Energiepolitik in Baden-Württemberg“. Bei gleich bleibender Entwicklung wird die weltweite Energienachfrage bis 2030 um über 53 Prozent und die CO<sub>2</sub>-Emission um etwa 55 Prozent ansteigen. Unter anderem deshalb ist es ein Ziel Baden-Württembergs den Anteil an erneuerbaren Energien bis 2020 bei der Stromerzeugung auf 20 Prozent zu steigern. Der aktuelle Entwurf eines Erneuerbare-Wärme-Gesetzes in Baden-Württemberg sieht vor, dass bei Neubauten 20 Prozent der Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien stammen sollen. Durch die Einrichtung eines Förderprogramms „Klimaschutz Plus“ im Jahre 2002 soll die Energieeffizienz verbessert werden. Ein weiterer interessanter Aspekt im Hinblick auf Abwasserreinigungsanlagen liegt in der Förderung der dezentralen Energieversorgungsstruktur. Der Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung, mit derzeit etwa 10 Prozent, soll daher in den kommenden Jahren erhöht werden

Prof. Dr.-Ing. H. Steinmetz (Universität Stuttgart) ging in ihrem Vortrag „Ansätze für energieoptimierte Kläranlagen“ vertieft auf die Energiebetrachtung von Kläranlagen ein. Obwohl sich der Energiebedarf von Kläranlagen etwa zu gleichen Teilen aus Wärme und Elektrizität zusammensetzt werden die Kosten durch den erforderlichen Stromverbrauch

bestimmt. Die spezifischen Stromverbräuche nehmen bei zunehmender Kläranlagengröße ab, jedoch stellen die Kläranlagen der Größenklasse 4 und 5 absolut die Hauptenergieverbraucher dar, so dass hier das Haupteinsparpotential liegt. Die Steigerung der Energieproduktion neben der Verminderung des Energieverbrauchs stellt einen wesentlichen Ansatzpunkt zur Energieoptimierung dar. Durch eine nahezu vollständige Faulgasverwertung könnte allein in Baden-Württemberg ein zusätzliches Potential von etwa 30 GWh<sub>el</sub>/a genutzt werden, was sich durch den Einsatz innovativer Technik, wie z.B. Brennstoffzellen noch erheblich steigern ließe. Dagegen können mögliche neue Anforderungen an Kläranlagen wie ein Verwertungsgebot von Phosphor, Abluftbehandlung sowie die Einhaltung von Überwachungswerten für organische Spurenstoffe und/oder Keime zu einem Energiemehrverbrauch führen.

Herr Dipl.-Ing. Klaus Keicher (Universität Stuttgart) berichtete in seinem Vortrag mit dem Titel „Versorgungssicherheit und Störfallszenarien“ über Untersuchungen zur Energieversorgung von Kläranlagen und die Auswirkungen, welche sich für Kläranlagen und Gewässer bei einem längeren Stromausfall ergeben. Anhand einer landesweiten Umfrage konnte ermittelt werden, dass nur wenige Kläranlagen über Notfallpläne bei Stromausfällen verfügen und nur knapp 20 Prozent der Kläranlagen mit anaerober Schlammstabilisierung einen Teil des Gasspeichervolumens als Notstromreserve nutzen können. Die Eigenversorgungsgrade hinsichtlich der Stromversorgung liegen für alle Kläranlagen der GK 5 im Mittel mit etwa 30 Prozent deutlich unter einem in der Literatur angegebenen Toleranzwert von 60 Prozent. Des Weiteren konnte anhand der Umfrage festgestellt werden, dass nur 40 Prozent der in Baden-Württemberg installierten Blockheizkraftwerke netzunabhängig betrieben werden können. Es empfiehlt sich daher flächendeckend Notfallpläne zum betrieblichen Vorgehen bei Stromausfällen zu erstellen. Bei zukünftigen Investitionen sollte zudem ein verstärktes Augenmerk auf die energetische Versorgungssicherheit gelegt werden.



Etwa 100 Teilnehmer beim „Stuttgarter Kolloquium“

Den Abschluss des Vormittags bildete der Vortrag von Dr.-Ing. Markus Schröder (Tuttahs & Meyer Ingenieurgesellschaft mbH) der über die technische und ökologische Bewertung verschiedener Produktions- und Nutzungswege von Wasserstoff als Energieträger auf Kläranlagen referierte. Auf diesen kann die Wasserstoffproduktion entweder aus Wasser durch eine regenerativ betriebene Elektrolyse oder aus dem bei der anaeroben Schlammstabilisierung entstehenden Faulgas erfolgen. Gegenüber anderen Elektrolysestandorten besitzen Kläranlagen den Vorteil, dass der anfallende Sauerstoff zur Abwasserreinigung eingesetzt werden kann. Bei der Gewinnung von Wasserstoff aus Faulgas wird dieses entschwefelt, die Siloxane werden abgetrennt und das angereicherte Methan zu Wasserstoff reformiert. Der so gewonnene Wasserstoff kann gespeichert und für zahlreiche Nutzungsmöglichkeiten verwendet werden. Die Nutzung von Wasserstoff scheint langfristig aus ökologischer und energiewirtschaftlicher Sicht sinnvoll und notwendig. Die Kläranlagen stellen hierbei einen wichtigen Baustein für Aufbau und Dezentralisierung der zukünftigen Wasserstoff Infrastruktur dar.

Kurz vor der Mittagspause folgte die Belobigung herausragender Diplomarbeiten durch Prof. Dr.-Ing. H. Steinmetz. Das Preisgeld wurde von der Ingenieurgesellschaft Nussbaum sowie der Planungsgesellschaft Mörgenthaler Ingenieure im Rahmen eines Firmenjubiläums gespendet. Der Preis von 500 € wurde auf zwei Arbeiten verteilt. Ausgezeichnet wurden Dipl.-Ing. Christian Locher für seine Diplomarbeit „Variantenbetrachtung mit Hilfe der dynamischen Simulation am Beispiel der Kläranlage Hirsau“ im Studiengang Umweltschutztechnik und Iosif Mariakakis, M.Sc. für seine

Masterarbeit „Modelling of a trickling filter with focus on biofilm processes“ im Studiengang WASTE.



Nach der Urkundenübergabe (v.l.n.r.): Christian Locher, Heidrun Steinmetz, Iosif Mariakakis

Die Nachmittagssession wurde durch den Vortrag von Dr.-Ing. Thomas Böning (INFA Aahlen) eröffnet. Er berichtete von Erfahrungen mit einer Hochtemperatur-Brennstoffzelle auf der Kläranlage Ahlen. Die auf 100.000 EW ausgelegte Kläranlage produziert jährlich etwa 620.000 m<sup>3</sup> Faulgas. Die im Faulgas gespeicherte chemische Energie konnte mit der seit Mitte 2005 installierten Hochtemperatur-Brennstoffzelle direkt in elektrische Energie umgewandelt werden. Der Vorteil der MCFC (Molten Carbonate Full Cell) Hochtemperatur-Brennstoffzelle ergibt sich aus dem hohen elektrischen- und hohen Gesamtwirkungsgrad, den geringen Emissionen und der internen Reformierung. Zur Faulgasreinigung werden Aktivkohlefilter eingesetzt welche insbesondere die Schwefelverbindungen sowie Siloxane abtrennen. Bei einer hohen Gasleistung wurde ein elektrischer Wirkungsgrad von bis zu 45 Prozent erreicht. Die Betriebsstörungen konnten nach der Einfahrphase um 50 Prozent verringert werden. Der Personalaufwand betrug pro Arbeitstag etwa 1,6 Stunden.

Im nachfolgenden Vortrag von Dipl.-Ing. Michael Russ (CFC-Solutions GmbH) wurde der aktuelle Stand und Weiterentwicklungen bei MCFC-Brennstoffzellen für den Einsatz mit biogenen Gasen dargestellt. Er hob die Vorteile der MCFC-Zelle hervor, welche sich aus der inneren Reformierung, den hohen Gesamtwirkungsgrad von bis zu 90 Prozent, den hohen elektrischen Wirkungsgrad der Anlage von 47 Prozent und dem schadstoff- und

lärmfreien Betrieb ergeben. Als kritische Verunreinigungen im Klärgas für die MCFC-Brennstoffzelle sind insbesondere Schwefelverbindungen und Siloxane zu nennen, welche aus dem Klärgas entfernt werden müssen. Im Vergleich zum Gasmotor besteht ein Vorteil der HotModule Brennstoffzelle in dem hohen elektrischen Wirkungsgrad auch bei schwankenden Gasmengen, jedoch ist der Betrieb von Brennstoffzellen mit biogenen Gasen erst in der Pilotphase.



Zwischen den Vortragsblöcken gab es Gelegenheit für fachliche Gespräche

Anschließend berichtete Dr.-Ing. Jürgen Görres (Amt für Umweltschutz der Landeshauptstadt Stuttgart) über den Einsatz einer Brennstoffzelle im Klärwerk Stuttgart-Möhringen. Als Kooperationspartner fungieren bei diesem Projekt die Landeshauptstadt Stuttgart, die EnBW als Abnehmer des von der Brennstoffzelle erzeugten Stromes und die CFC Solutions GmbH als Verantwortliche für Entwicklung und Service der Brennstoffzelle. Die nahezu zeitgleich zum Kolloquium in Probebetrieb genommene MCFC-Brennstoffzelle mit einer elektrischen Leistung von 250 kW und einer thermischen Leistung von 180 kW, soll mit einem elektrischen Wirkungsgrad von 47 Prozent die Eigenstromerzeugung auf 70 bis 80 Prozent steigern. Die Erkenntnisse aus der 2-jährigen Messphase sollen dann auf andere Kläranlagen in Baden-Württemberg übertragen werden.

Neben der Brennstoffzellentechnologie wurde im Vortrag von Dr.-Ing. Werner Maier ein weiteres innovatives Verfahren vorgestellt. Die Organic-Rankine-Cycle Technologie zur

Steigerung des elektrischen Wirkungsgrades bei Blockheizkraftwerken. Die Dampfturbine wird hierbei nicht mit Wasserdampf als Arbeitsmittel, sondern mit Silikonöl, Toluol, Butan, Pentan oder Oktan betrieben, welche schon bei niedrigeren Temperaturen und geringeren Drücken verdampfen. Diese Arbeitsmittel sind daher ideal für Systeme geeignet, bei denen nur eine geringe Temperaturdifferenz als „Antriebsenergie“ zur Verfügung gestellt werden kann. Dadurch kann die beim Blockheizkraftwerk entstehende Abwärme aus dem Abgaswärmetauscher zur Stromerzeugung genutzt werden. Es ist somit eine Erhöhung des elektrischen Gesamtwirkungsgrades des BHKW um überschlägig 5 bis 10 Prozent möglich. Bisher gibt es nur wenig Anbieter in der relevanten Größenordnung und die großtechnische Beurteilung steht für diese Anlagen meist noch aus.

Den Abschluss der Veranstaltung bildete der Vortrag von Dr. Uwe Schröder (Universität Greifswald) mit dem Titel „Mikrobielle Brennstoffzellen als Zukunftstechnologie in der Abwasserbehandlung?“. Bei Mikrobiellen Brennstoffzellen werden Substrate wie beispielsweise Glucose durch Mikroorganismen direkt in elektrische Energie umgesetzt. Dies führt zu einer direkten Kopplung von Abwasserreinigung und Energiegewinnung. Das Funktionsprinzip einer mikrobiellen Brennstoffzelle basiert auf der Übertragung der beim Abbau des Substrates entstehenden Elektronen auf die Brennstoffzellenanode. Derzeit werden Konzepte untersucht und entwickelt, in denen der Elektronentransfer in mikrobiellen Brennstoffzellen über endogene mikrobielle Redoxmediatoren, membrangebundene Cytochrome oder mikrobielle „nanowires“ erfolgt. In einem Ausblick hob Dr. Schröder hervor, dass die mikrobiellen Brennstoffzellen derzeit noch am Anfang der Entwicklung stehen und noch ein großes Maß an Grundlagenforschung notwendig ist. Aufgrund des Energiepotentials im Abwasser, welches bei einem CSB von  $0,8 \text{ kg/m}^3$  eine Energiemenge von  $3,3 \text{ kWh/m}^3$  besitzt, können mikrobielle Brennstoffzellen zukünftig dazu beitragen, einen bedeutsamen Teil dieser Energie auf Kläranlagen nutzbar zu machen.

An der Veranstaltung nahmen insgesamt ca. 100 Fachleute aus den Bereichen Wasserwirtschaftsverwaltung, Planung und Kläranlagenbetrieb teil und sorgten mit ihren Diskussionsbeiträgen und vielen Pausengesprächen für ein gutes Gelingen der Veranstaltung.

Die Vorträge sind als Band 191 der Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft erschienen. Das nächste Siedlungswasserwirtschaftliche Kolloquium der Universität Stuttgart findet am 9. Oktober 2008 statt.

---