

# **SEMIDEZENTRALE INFRASTRUKTUR IN KNITTLINGEN-NEUBAUGEBIET „AM RÖMERWEG“**

**Walter Trösch, Stuttgart**

## **1 EINFÜHRUNG**

Die Abwasserreinigung in Deutschland befindet sich auf einem vergleichsweise hohen Niveau. Laut Statistischem Bundesamt waren im Jahr 2001 94,6 % aller Bürger an eine zentrale Kanalisation angeschlossen, 98 % dieses Wassers wurde in einer den Anforderungen der EU-Gesetzgebung entsprechenden Kläranlage gereinigt. Wenn man sich dann noch die Grundwasserressourcen und den Regenreichtum in Deutschland vor Augen führt, könnte man sich fragen, wozu man auf diesem Gebiet nach neuen Lösungen suchen sollte.

Es gibt hierfür jedoch gute Gründe:

Die Instandhaltung der gut 485.000 km öffentlicher Kanäle ist extrem kostspielig, und wird umso teurer, je älter diese Kanäle sind (Berger und Lohaus, 2004).

In unserem Wasser reichern sich immer mehr in Kläranlagen nicht oder nur teilweise abbaubare Substanzen an (z. B. Hormone, Medikamentenrückstände, etc.).

Durch klimatische Änderungen infolge des Treibhauseffekts kommt es heute schon zur Häufung extremer Regenereignisse und kann es in Zukunft zu einer Verringerung der Niederschläge und damit zu einer Verknappung des Trinkwassers kommen (Richter, 2005).

Der demographische Wandel zeigt, wie wenig anpassungsfähig die existierende Ver- und Entsorgungsinfrastruktur ist gegenüber Veränderungen, sei es Rückgang, Wachstum oder Innovation (Hiessl, 2005).

Weltweit steigender Energieverbrauch, der bisher hauptsächlich aus nicht erneuerbaren, fossilen Energieträgern gespeist wird, führt zu einer Verteuerung der Energie und zwingt zu Einsparungen oder zur Suche nach neuen Energiequellen (Trösch, 2006).

Diesen Herausforderungen stellt das Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB ein innovatives Wassermanagementkonzept entgegen (Mohr und Trösch, 2005; Trösch 2006) welches im Rahmen des Projekts DEUS 21, gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung, demonstriert wird.

Während bisher Wassermanagement meist zentral betrieben wird, setzt das DEUS-Konzept auf semi-dezentrale Lösungen. Sinnvolle Größenordnungen hierfür liegen zunächst im Bereich von 100 bis 10.000 Einwohnern. Wichtiger Grundsatz dieses Konzepts ist das Kreislaufprinzip, Beispiele sind hier Recycling von Energie und Nährstoffen aus dem Abwasser sowie die Nutzung des Regenwassers. Projektbegleitend vergleicht das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI die ökologischen und ökonomischen Aspekte des DEUS 21-Systems mit denen herkömmlicher Systeme. Umgesetzt wird dieses Vorhaben in einem Neubaugebiet mit 100 Grundstücken in der Stadt Knittlingen nahe Pforzheim.

## 2 DAS KONZEPT DEUS 21



Bild 1: Schematische Darstellung der Wasserkreisläufe

Das Wassermanagement-Konzept im Demonstrationsvorhaben DEUS 21 in Knittlingen setzt sich aus mehreren Komponenten zusammen:

Das **Regenwasser**, welches auf die Dachflächen und die Wohnstraßen fällt, wird separat gesammelt und in unterirdischen Zisternen gespeichert. Dieses Wasser wird dann aufbereitet, so dass es Trinkwasserqualität erreicht, und als „Pflegewasser“ über eine zusätzliche Versorgungsleitung an die Häuser verteilt.

Das Abwasser wird durch eine **Vakuumkanalisation** gesammelt. Eine zentrale Vakuumstation erzeugt einen Unterdruck und saugt so das Abwasser aus den Übergabeschächten, welche vor den Häusern installiert werden, ab. Die Bauherren können auch eine Vakuumleitung in das Haus führen und so eine wassersparende Vakuumtoilette und einen Küchenabfallzerkleinerer installieren.

Die **semi-dezentrale Kläranlage** befindet sich im Wohngebiet. Durch eine anaerobe Abwasserreinigung bei niedriger Temperatur wird aus dem Abwasser und den Küchenabfällen Biogas gewonnen, welches als erneuerbare Energiequelle zur Verfügung steht. Die Nährstoffe Stickstoff und Phosphor werden in einer Form abgetrennt, in der sie als Dünger verwendbar sind, ohne dass Schadstoffe in den Boden gelangen können. Der Ablauf der Kläranlage wird durch eine Membranfiltration frei von Feststoffen und Mikroorganismen sein und Badegewässerqualität erreichen.

### 3 DAS WASSERHAUS

Das so genannte Wasserhaus ist gleichzeitig Betriebsgebäude für die im DEUS 21-Konzept eingesetzte Technik und Informations- und Präsentationszentrum sowohl für die Anwohner als auch für externe Besucher. Es wurde zu diesem Zweck nach den Vorgaben des Fraunhofer IGB auf einem Grundstück am Rande des DEUS 21-Wohngebiets gebaut. Ausgeführt wurde es als 7,50 m hoher Holzbau mit Flachdach und großer Glasfront. Ein Teil des Gebäudes ist unterkellert, der Keller ist 3,50 m tief und mit einem flexiblen Gitterrost abgedeckt.



Bild 2: Das Wasserhaus in Knittlingen

Im Wasserhaus sind folgende Anlagen untergebracht:

- Die Aufbereitung und Verteilung des Regenwassers sowie eine 10 m<sup>3</sup> große Vorlage für das aufbereitete Regenwasser.
- Die Vakuumstation, die den Unterdruck im Kanalisationssystem erzeugt und so das Abwasser ansaugt.
- Die Anlage zur Reinigung des Abwassers, zunächst als Pilotanlage für 50-100 Einwohner, später dann für die gesamten 100 angeschlossenen Grundstücke.

Da sich das Wasserhaus unmittelbar im Wohngebiet befindet, muss sichergestellt werden, dass es weder zu Lärm- noch zu Geruchsemissionen kommt. Hierzu hat das Fraunhofer-Institut für Bauphysik bereits Schallpegelmessungen durchgeführt, auf deren Grundlage die Kapselung von besonders lauten Aggregaten sowie die Schalldämmung des Gebäudes ausgelegt wurden. Die Abwasserreinigung erfolgt in geschlossenen Behältern und führt daher nicht zu Geruchsbelästigungen. Die Abluft aus dem Vakuumsystem wird über einen Aktivkohlefilter gereinigt.

Der Grund, das Wasserhaus in direkter Nachbarschaft zu den Wohngebäuden zu errichten, liegt einerseits in den kurzen Wegen für die Verlegung von Leitungen und Kanälen; andererseits sollen die Anwohner erfahren, was mit ihrem Wasser geschieht. Es ist Teil des DEUS 21-

Konzepts, die Bevölkerung für die Thematik Wasser zu sensibilisieren. So ist es in einem semi-dezentralen System von großer Bedeutung, dass keine Giftstoffe in das Abwasser gelangen, da eine starke Verdünnung wie in zentralen Systemen nicht gegeben ist. Auch für die Regenwassernutzung ist verantwortliches Verhalten der Anwohner wichtig, damit möglichst wenige Verunreinigungen in das Regenwasser gelangen.

Durch die Fenster des Wasserhauses können die Anwohner daher sehen, woher ihr Pflegewasser kommt und was mit ihrem Abwasser geschieht. Zudem werden sie aktuelle Informationen vom Pegelstand in den Regenwasserzisternen bis zum Härtegrad ihres Pflegewassers erhalten.

Nachdem die Erschließung des Neubaugebiets im September 2005 abgeschlossen war, wurde das Wasserhaus im November als erstes Gebäude in diesem Gebiet fertiggestellt. Im Dezember ging dann die Vakuumstation in Betrieb, damit die ersten Bewohner des Neubaugebiets noch vor Weihnachten ihr neues Haus beziehen konnten. Die Regenwasseraufbereitung und -verteilung wurde im Februar 2006 installiert und ist im Juni 2006 in den Testbetrieb gegangen. Die Pilotanlage zur Abwasserreinigung ist seit September 2006 im Anfahrbetrieb.

## **4 REGENWASSERNUTZUNG**

Regenwasser steht nicht nur in großer Quantität zur Verfügung, sondern auch in besonderer Qualität. Durch das Verdunsten entspricht die Entstehung von Regenwasser der Herstellung von destilliertem Wasser, was zu einem sehr geringen Härtegrad führt. Daher ist Regenwasser für die Nutzung als Warmwasser besser geeignet als das häufig sehr harte herkömmliche Trinkwasser. Ein weiterer Vorteil der Nutzung von Regenwasser ist das durch die Speicherung des Niederschlags reduzierte Risiko von Überschwemmungen.

In Knittlingen wird das Regenwasser im Rahmen des Projekts DEUS 21 von den Dächern und den Straßen des Wohngebiets gesammelt. In einem selbst reinigenden Vorfilter mit einer Durchgangsgröße von 0,6 mm werden gröbere Verunreinigungen abgetrennt. Dieser Filter bietet außerdem die Möglichkeit, den Zugang zur Zisterne zu verschließen und das zu Anfang eines Regenereignisses ankommende Wasser zu verwerfen.

Das vorfiltrierte Wasser wird in drei miteinander verbundenen Zisternen mit einem Gesamtvolumen von gut 300 m<sup>3</sup> gespeichert. Eine Trennwand in der ersten Zisterne sorgt für eine Abscheidung von sedimentierenden Feststoffen. Um Faulvorgänge in der Zisterne zu verhindern, wird durch ständiges Umpumpen Sauerstoff in das Regenwasser eingetragen.



**Bild 3: Zisternen zur Speicherung des Regenwassers**

Zur Aufbereitung wird das Regenwasser mittels eines Bellmer Fine Filters mit Keramikscheiben mit einem maximalen Porendurchmesser von 60 Nanometern filtriert. Hierdurch sollen sämtliche Mikroorganismen zurückgehalten werden. Wenn es sich in den Versuchen als erforderlich erweist, soll die Ultrafiltration durch eine Aktivkohleadsorption ergänzt werden, um eventuelle chemische Verunreinigungen aus dem Wasser zu eliminieren. Nach dieser Aufbereitung soll das Wasser den Grenzwerten der Trinkwasserverordnung entsprechen und wird als „Pflégewasser“ mit besonders niedrigem Härtegrad den Anwohnern zur Verfügung gestellt.

Die Verteilung erfolgt aus einem im Wasserhaus aufgestellten Vorlagebehälter über ein separates Leitungsnetz. Dieses ist als Ringleitung ausgeführt, so dass das Wasser nicht in der Leitung steht, was zu einer Minderung der Wasserqualität führen könnte. Bevor das Wasser aus der Leitung in den Vorlagebehälter zurückläuft, wird es mit einer UV-Lampe bestrahlt, um eine Wiederverkeimung zu verhindern.

Tritt der Fall ein, dass bei einer längeren Trockenzeit kein Regenwasser mehr in den Zisternen sein sollte, wird automatisch Trinkwasser in das System nachgespeist.

Das Pflégewasser kann neben der Gartenbewässerung und der Toilettenspülung auch für das Wäschewaschen, Geschirrspülen und zum Duschen verwendet werden, da es den Anforderungen der deutschen Trinkwasserverordnung an Trinkwasser entspricht. Jeder Bauherr kann bei der Errichtung seines Hauses wählen, wohin er die Pflégewasserleitung legt. Als Anreiz ist das Pflégewasser während der Projektlaufzeit für die Anwohner kostenlos.

Um die notwendige Sicherheit bei der Versorgung der Anwohner zu gewährleisten, wird zunächst Trinkwasser in die Pflégewasserleitung eingespeist. Währenddessen läuft der Versuchsbetrieb zur Regenwasseraufbereitung mit häufiger Probenahme und Bestimmung der relevanten Parameter. Erst wenn die Anforderungen an Trinkwasser sicher erfüllt werden, wird das aufbereitete Regenwasser den Anwohnern zur Verfügung gestellt.

## 5 VAKUUMKANALISATION

Gegenüber der herkömmlichen Schwemmkanalisation hat die Vakuumkanalisation insbesondere den Vorteil der geringeren Leitungsdurchmesser. Damit wird sowohl das Verlegen als auch die Instandhaltung wesentlich einfacher und kostengünstiger, außerdem ist das System auch flexibler für Erweiterungen wie auch für den Wegfall von Nutzern. Ein weiterer Vorteil ist, dass der Vakuumkanal nicht wie Schwemmkanäle mit einem ausgeprägten Gefälle verlegt werden muss.

Die Anwohner müssen gar nichts von der Vakuumkanalisation bemerken, wenn sie dies nicht wünschen. Das Haus wird wie gewohnt über Schwerkraft entwässert, das Abwasser sammelt sich in einem Übergabeschacht vor dem Haus - wird ein bestimmter Füllstand erreicht, öffnet sich ein Ventil und das Abwasser wird abgesaugt. Der Bauherr hat allerdings die Möglichkeit, einen Abzweig der Vakuumleitung in sein Haus zu legen. So kann er in seinem Haus wassersparende Vakuumtoiletten installieren und seinen Küchenabfall über einen Shredder direkt mit dem Abwasser entsorgen.



**Bild 4: Vakuumstation im Wasserhaus**

Die Vakuumstation im Wasserhaus sorgt für einen ständigen Unterdruck von -0,6 bis -0,7 bar im Netz. Wird der Unterdruck zu gering, ziehen Vakuumpumpen Luft aus dem zentralen Vakuumtank ab. Durch diesen Unterdruck wird das Abwasser in den Vakuumtank gesaugt. Bei Bedarf fördern Abwasserpumpen das Wasser aus dem Tank.

Seit Dezember 2005 arbeitet die Vakuumstation zuverlässig. Da die Abwasserreinigung noch nicht installiert ist, wird das gesammelte Abwasser zurzeit noch zur zentralen Kläranlage abgeleitet. Bis zum März 2006 sind drei Häuser an das Vakuumsystem angeschlossen.

## 6 ABWASSERREINIGUNG

Das Abwasser, welches durch das Vakuumsystem gesammelt wird, soll im Wasserhaus gereinigt und anschließend über einen Regenwasserkanal einem Bach zugeleitet werden. Da die Bebauung in dem Wohngebiet erst nach und nach entsteht, wird zunächst eine Pilotanlage zur Reinigung von Abwasser von bis zu 50 Einwohnern errichtet.

In dieser Anlage soll das Abwasser mitsamt den Küchenabfällen in einem zweistufigen System biologisch gereinigt werden. Anders als bei den meisten üblichen Anlagen zur biologischen Abwasserreinigung findet in dieser Anlage der biologische Abbau unter Luftabschluss statt. Somit wachsen nur anaerobe Mikroorganismen, welche keinen Sauerstoff benötigen. Sie wandeln die organischen Inhaltsstoffe des Abwassers in ein als Biogas bezeichnetes Gemisch aus Kohlenstoffdioxid und Methan um. Da sie deutlich langsamer wachsen als aerobe Mikroorganismen, entsteht deutlich weniger Klärschlamm als in herkömmlichen Kläranlagen. Außerdem wird keine zusätzliche Energie für den Sauerstoffeintrag benötigt. Aus dem Biogas kann Elektrizität und Wärme gewonnen werden.



**Bild 5: Membranbioreaktor zur anaerob psychrophilen Abwasserreinigung**

Die Abwasserreinigung erfolgt ohne zusätzliche Heizung, es wachsen also psychrophile Mikroorganismen. Durch die kurzen Leitungslängen und die Tatsache, dass kein Niederschlagswasser in das System gelangen kann, kann ganzjährig mit Temperaturen zwischen 15 und 20 °C gerechnet werden. Die Biomasse wird durch eine Membranfiltration im System gehalten. Die Bellmer Fine Filter mit einem Porendurchmesser von 0,2 Mikrometern garantieren einen nahezu feststofffreien Ablauf.

Da die anaeroben Mikroorganismen zwar die organischen Inhaltsstoffe des Abwassers, nicht aber die Nährstoffe entfernen, enthält der Ablauf der Membranfilter noch hohe Konzentrationen von Ammonium und Phosphat. Diese Nährstoffe sollen nicht nur aus dem Abwasser entfernt, sondern auch als Wertstoffe zurück gewonnen werden.

Zunächst soll das Phosphat durch Zugabe eines Magnesiumsalzes als MAP (Magnesium-Ammonium- Phosphat) ausgefällt werden. Dieses Salz stellt einen wertvollen N/P- Dünger dar.

Das restliche Ammonium wird an einen Ionentauscher (Zeolith) gebunden. Dieses Zeolith wird, wenn es beladen ist, mit einer Kochsalzlösung wieder regeneriert. In der Regeneratflüssigkeit finden sich dann hohe Konzentrationen an Ammonium. Dieses kann durch Luftstrippung in Form von Ammoniak aus der Lösung ausgetrieben werden. Das Ammoniak wird wiederum in einem Sauren Wäscher an Schwefelsäure gebunden - das entstehende Ammoniumsulfat kann als Stickstoffdünger genutzt werden, die Kochsalzlösung kann erneut zur Regeneration des Zeoliths verwendet werden.

## **7 FAZIT**

Mit dem Demonstrationsvorhaben DEUS 21 in Knittlingen soll gezeigt werden, dass eine nachhaltigere Form der Abwasserreinigung möglich ist, in der die Inhaltsstoffe des Abwassers nahezu vollständig genutzt werden. Die Kohlenstoffverbindungen zur Erzeugung von Biogas und regenerativer Energie, die Stickstoff- und Phosphorverbindungen als Düngemittel in der Landwirtschaft. Abfälle fallen durch die sehr geringe Gärreststoffproduktion nahezu nicht an. Wie Technikumsversuche gezeigt haben, erreicht das gereinigte Abwasser eine Qualität, die die Grenzwerte der Abwasserverordnung einhält. Nicht nur für Neubaugebiete in Industrieländern ist diese Technik von Interesse sondern erst recht in Entwicklungs- oder Schwellenländern für urbane Strukturen, die noch keine teure Schwemmkanalisation errichtet haben. Je nach gegebenen sozio-ökonomischen Bedingungen, kann die Technik so modifiziert werden, dass Abwasser ohne N- und P-Rückgewinnung direkt zur düngenden Bewässerung zu verwenden ist. Hygienische Probleme entstehen dabei nicht, da durch die Mikrofiltration der Parasiten- und Seuchenkreislauf unterbunden wird.

## **8 LITERATUR**

- Berger, Ch. und Lohaus, J.: Zustand der Kanalisation in Deutschland-Ergebnisse der DWA-Umfrage 2004, Hennef 2005
- Hiessl, H. (2005): Systemdenken in der kommunalen Wasserwirtschaft, 1. Innovationsforum Kommunale Wasserwirtschaft, Bonn 15./16.11.2005
- Mohr, M. und Trösch, W. (2005): Nachhaltiger Umgang mit Wasser; wlb 5/2005, 17-21
- Richter, W. (2005): Focus Wasser für die Welt, Technology Review, 8/2005, 74-92
- Trösch, W. (2006): Kreislauf steht im Zentrum, Der Gemeinderat, 4/2006, 42-43
- Trösch, W. (2006): Stoffliche und energetische Nutzung von Biomasse in: (Kranert und Siehler ed.) Abfalltage 2006, Baden Württemberg, pp.