



Transitionswege WasserInfraSTRuktursysteme:  
Anpassung an neue Herausforderungen im städtischen und ländlichen Raum



# Grauwasserfilter Grauwasserreinigung auf Hausbasis

Andreas Aicher

Bauhaus-Universität Weimar

15.04.2016

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



FONA  
Fachverband für  
Nachhaltiges  
Wassermanagement  
BMBF



NaWaM  
Nachhaltiges Wassermanagement



INIS



## 1 Hintergrund

Die Restrukturierung der Abwasserableitung und die Aufbereitung der separierten Stoffströme unter der Zielstellung der Rückgewinnung von Ressourcen erfordert neue Technologien, die speziell an die Ansprüche der anfallenden Abwässer angepasst sind.

Im Bereich des Grauwassers kann zwischen zentralen Anlagen für mehrere Einheiten und dezentralen Anlagen auf Hausbasis unterschieden werden. Zentrale Anlagen sind i.d.R. anzustreben, in manche Strukturen aber nur mit erheblichem Mehraufwand zu integrieren. Hier müssen Aufbereitungsanlagen für Grauwasser auf Hausbasis zur Vollständigkeit der Abwasseraufbereitung implementiert werden.

Angebotene kommerzielle Systeme stellen sich als Grauwasserbehandlungssystem dar, sind aber in den meisten Fällen im Kern konventionelle Systeme ohne weitergehende Adaption auf den speziellen Stoffstrom mit seinen Anforderungen.

Besonders stark wirken sich die starken Schwankungsbreiten:

- des täglichen Grauwasseranfalls und
- der Konzentrationen/Frachten

auf die Anlagenkonzeption aus. Biologische Kleinkläranlagen (für Grauwasser) kleinster Bauart (4 EW) erreichen einen stabilen Abbau des Kohlenstoffes durch eine Vergleichmäßigung der Konzentration in der vorgeschalteten Vorklärung. Dies führt zu einer Anlagengröße, die nur mehr sinnvoll erdgebunden verbaut werden kann.

Hier setzt die Forschung der Bauhaus-Universität Weimar an. Ziel des Arbeitspaketes ist die Entwicklung einer Grauwasserbehandlungseinheit auf Hausbasis (4 EW) die den gesonderten Anforderungen bezüglich der oben genannten Erschwernisse und evtl. verschärften Einleitverordnungen gerecht wird.

## 2 Zielsetzung innerhalb des Forschungsvorhabens TWIST++

Im Rahmen des Forschungsvorhabens TWIST++ soll, als ein Baustein der Transition, eine Grauwasserreinigungsanlage auf Hausbasis entwickelt werden, die speziell auf die Inhaltsstoffe des Stoffstromes zugeschnitten ist. Neben der Aufreinigung des Ab-



wassers stehen die praktischen Möglichkeiten der stofflichen und energetischen Rückführung der Ressourcen in einer Anlage kleinster Baugröße im Fokus.

Mit dem NASS-Konzept als erklärtem Ziel, folgt auch dieser Entwicklungsansatz der Prämisse der stofflichen Wiederverwertung. So ist im Projekt nicht nur eine Kreislauf-rückführung der Makronährstoffe (N, P), sondern auch eine stoffliche Umsetzung des Kohlenstoffes in einen Energieträger (CH<sub>4</sub>) anzustreben. Weiterhin soll die im Grauwasser enthaltene Wärmeenergie möglichst wiedergewonnen und dem Haushalt zur Verfügung gestellt werden.

Die Anlage - in dem Gesamtkontext des TWIST++-Projektes gesehen – muss sich weiterführend in das Gesamtsystem einfügen und den qualitativen Ansprüchen weiterer Interessensfelder genügen. Dies beinhaltet die Möglichkeiten der Weiterverwertung der Reststoffe zur Biogasproduktion oder der Bereitstellung von Brauchwasser unter Verwendung von weiterführender Technik (Fit-For-Purpose-Anlage).

Neben der technischen Ausformung der Anlage und der Ausarbeitung der möglichen Stoffkreisläufe steht die nutzerfreundliche Bedienung im Fokus der Entwicklung. Eine Überforderung des Endkonsumenten mit kompliziert-technischen Handlungsanweisungen, unverhältnismäßige Betriebskosten und/oder eine Versagensanfälligkeit sind zur Akzeptanzsteigerung zu vermeiden.

### **3 Untersuchungen**

An der Bauhaus-Universität Weimar wurden umfangreiche theoretische und praktische Nachforschungen zur Beschaffenheit und den Reinigungsmöglichkeiten von Grauwasser durchgeführt. Auf Grund dieser Expertise wurden für die Entwicklung einer Grauwasserreinigungsanlage im Rahmen des TWIST++-Projektes Problemstellungen und damit einhergehend Forschungsschwerpunkte für die speziellen Anforderungen entsprechend



Tabelle 3–1 definiert.

Tabelle 3–1: Anforderungen an eine Grauwasserreinigungsanlage kleinster Bauart (4 EW) und daraus abgeleitete Forschungsschwerpunkte

Problemstellung	Operative Forschungsrichtung	Systemintegration Grauwasserfilter
Schwankende Zusammensetzung und Volumenströme	Adaptive (Reinigungs-)Leistung, kapazitive Retentionsmöglichkeiten	Zustrom-gesteuerte Reinigungsleistung, rein mechanisches System
Verschiedene Bautypologien	Fokussierung auf nichterdgebundene Systeme, Modularität	Standssysteme innerhalb des Gebäudes
Änderung der Zusammensetzung der Hausbewohner	Adaptionsfähigkeit der (Gesamt-)Anlage	Modular erweiterbar
Verschiedene Anforderungen an die Einleitqualität	Implementierbare Reinigungsstrategien, fit-for-all Lösung	Technik geht in Vorleistung in Bezug auf die Einleitqualität
Nutzung der enthaltenen Ressourcen	Wiedergewinnungsstrategien	Phosphatrückgewinnung, mögliche Nutzung der Wärmeenergie

Für die definierten Forschungsschwerpunkte wurden theoretische Vorüberlegungen angestellt und wenn sinnvolle Möglichkeiten der Umsetzung identifiziert wurden, praktische Versuche unternommen, um die theoretischen Vorüberlegungen zu überprüfen.

In Voruntersuchungen wurde das Potential der Wärmerückgewinnung theoretisch und praktisch an einem freistehenden Einfamilienhaus (2 EW) ermittelt.

Für die Grauwasserreinigung wurden Versuche mit der Fällung und Flockung durch Elektrokoagulation mit verschiedenen Metallen (Fe, Al, Mg) in Verbindung mit verschiedenen Filtersystemen mit realem Grauwasser getestet.

Der anfallende Schlamm wurde auf seine biologische Abbaubarkeit hin überprüft.



## 4 Ergebnisse

Für die im Grauwasser enthaltene Wärmeenergie konnte ein 30 %-iges Rückführungspotential (freistehendes Haus, 2 EW) ermittelt werden. Eine Rückführung der Wärmeenergie aus dem Gesamtgrauwasserstrom (Größe 4 EW) in den Wärmekreislauf des Hauses muss aus Gründen der Wirtschaftlichkeit verneint werden. Eine Nutzung der Energie innerhalb der Anlage ist angedacht und soll weiter untersucht werden.

Eine Aufreinigung des Grauwassers durch die Flockung/Fällung der ungelösten und gelösten Schmutzstoffe reduziert den CSB des Abwassers um bis zu 80 % der Zulaufkonzentration. Die Phosphate konnten mit den Elektrodenmaterialien Fe und Al zu einem Prozentsatz > 98% eliminiert werden.

Die Aufreinigung aus dieser Stufe ist nicht ausreichend für die dauerhafte Einhaltung der CSB-Einleitgrenzwerte. Um diese nicht zu überschreiten, wird ein Filtersystem nachgeschaltet, das aus verschiedenen Filtermedien (Baumwolle, GAK) besteht und den Rückhalt des ungelösten CSB, weiter Teile des gelösten CSB und anthropogener Spurenstoffe ermöglicht.

Aus den Untersuchungen konnte eine optimale, energetisch optimierte Fahrweise der Anlage abgeleitet werden.

Die Entwicklung des Grauwasserfilters als Lösung für dezentrale Grauwasserreinigungsanlagen kleinster Bauart unterstützt den Transitionsprozess und kann auch als solitäre Lösung - bei vorhandener Stromversorgung - ubiquitär eingesetzt werden. Die Reinigungsleistung besteht nicht nur in der Kohlenstoffelimination, sondern genügt auch den verschärften Anforderungen an die Einleitbestimmungen für Gesamtphosphor für Kleinkläranlagen (TP < 0,5 mg/l).

## 5 Ausblick

Die erforschten Techniken und auch Teillösungen zu der Verfahrensweise können in anderen Bereichen – z.B. nachgeschalteter Phosphatelimination konventioneller KKAs – Anwendung finden. Die Adaption dieser speziellen Verfahrensschritte sollte entsprechend der Anwendungen weiter erforscht und entwickelt werden.



Auch sind die Erfahrungen der Langzeittests der Anlage in einer nachgeschalteten Optimierungsanalyse mit einzubinden und sollen mit Hilfe dieser mögliche Schwachstellen und Weiterentwicklungsbedarf aufzeigen, die es möglichst zu beseitigen gilt.

Darüberhinausgehend sollen die Wiedergewinnungsstrategien der Ressourcen Metall (Fe, Al) und Phosphor aus dem Output der Anlage überprüft und angepasst werden. Eine Modifikation des Elektrodenmaterials hin zu Magnesium ist für die Wiederverwendung des Outputs als Düngesubstrat ein weiteres Forschungsfeld, das bedient werden sollte.



M.Sc. Andreas Aicher  
Bauhaus-Universität Weimar  
Bauhaus-Institut für zukunftsweisende Infrastruktursysteme ([b.is](http://b.is))  
Professur Siedlungswasserwirtschaft  
Coudray Str. 7  
99423 Weimar

