

# Demonstration

integrierter innovativer Technologien für einen optimalen und sicher geschlossenen Wasserkreislauf in mediterranen touristischen Einrichtungen

**In mediterranen Ländern wie Spanien sind Wasserressourcen begrenzt und ungleich verteilt. Auch touristische Einrichtungen sind von den Süßwasser-Ressourcen des Landes abhängig. Der folgende Beitrag thematisiert ein Projekt, das sich die Förderung innovativer Technologien zur Demonstration eines optimierten geschlossenen Wasserkreislaufs in touristischen Einrichtungen im mediterranen Raum zum Ziel gesetzt hat. Die österreichische alchemia-nova GmbH trägt mit einer Grauwasserreinigung über eine vertikale Pflanzenkläranlage im Gebäudeinneren zu diesem Projekt bei.**

von: Johannes Kisser, Heinz Gattringer & Andrea Zraunig (alchemia-nova GmbH)

Um eine nachhaltige Wasserwirtschaft zu gewährleisten, versucht die öffentliche Verwaltung mediterraner Länder, das Wassermanagement, die Wasserpreise und die Wasser-Recycling-Politik zu verbessern. In diesen Ländern ist der Tourismus einer der wichtigsten Wirtschaftsaktivitäten und stark abhängig von Süßwasser-Ressourcen und ihrer endgültigen Verwendung (z. B. SPA, Schwimmbäder, Gärten, Golfplätze). Durch die Nutzung alternativer Wasserquellen, wie beispielsweise behandeltes Grund- und Regenwasser, sowie die Wiederverwendung von Grau- und Abwasser, kann der Frischwasserverbrauch innerhalb von touristischen Resorts mit Grün- und Erholungsgebieten stark reduziert werden. Das Demonstrationsobjekt im Rahmen des Projektes ist ein Resort im spanischen Katalonien, in dem alle Wasserströme charakterisiert und mit den entsprechenden innovativen Technologien behandelt und wiederverwendet werden, um schließlich den gesamten Wasserverbrauch wie auch den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck im Bezug auf das Wassermanagement zu reduzieren. Berücksichtigt werden die spezifischen Anforderungen an die Wasserqualität/-quantität der unterschiedlichen Bereiche der Demo-Site sowie die Einhaltung der jeweiligen Wasserrichtlinien. Durch den Einbau erweiterter Überwachungs- und Kontrollsysteme und eines zusätzlichen Entscheidungshilfetools werden letztlich die besten Wassermanagement-Lösungen erzielt.

Unterschiedliche Technologien zur Wasseraufbereitung werden richtig kombiniert und an die Anforderungen des Resorts angepasst, um den Frischwasserverbrauch zu verringern und negative ökologische und sozioökonomische Auswirkungen zu gewährleisten.

Die Grauwasserreinigung über eine vertikale Pflanzenkläranlage im Gebäudeinneren stellt eine der Wasseraufbereitungstechnologien dar. Die vertikale Pflanzenkläranlage wird in den Grauwasserzyklus des Hotels eingebunden und verschiedene Pflanzenkombinationen werden auf ihre Reinigungsleistung getestet. Das anfallende Grauwasser wird so weit gereinigt, dass es für verschiedenste Anwendungen, wie zum Beispiel die Toilettenspülung, wiederverwendet werden kann. Die Reinigungsleistung basiert durch in Symbiose lebende Mikroorganismen in der Rhizosphäre der Pflanzen. Die errichtete Pflanzenkläranlage basiert auf einem horizontalen Wasserfluss unter der Oberfläche, der mäandrierend über mehrere Stockwerke geführt wird.

## Experimente

Eine Laboreinheit des vertikalen Ökosystems imitiert die realen Bedingungen der Demo-Site und wird unter folgenden Gesichtspunkten beobachtet: Reinigungsleistung, mikrobiologische Faktoren, chemische Schadstoffe, Zu-

verlässigkeit sowie Wartungs- und Energieaufwand. Die Pflanzenkläranlage basiert auf einem vertikalen Aufbau mit einem horizontalen Bodenfilter. Die Anlage besteht aus drei Etagen. Eine zeitgesteuerte Pumpe speist Wasser in das oberste Stockwerk, welches horizontal durch die Rhizosphäre fließt und anschließend mittels Schwerkraft von einer Etage in die nächste mäandriert. Um die aerobe Symbiose von Wurzeln und Mikroorganismen zu verbessern, wird kontinuierlich Luft durch am Boden der Gefäße liegende perforierte Schläuche ins Wasser eingeblasen. Durch das verwendete anorganische Substrat ergibt sich weiterhin eine unstete Durchströmung. Durch einen speziellen Überlauf fließt das Wasser diskontinuierlich in die darunterliegende Gefäßreihe. Die untersuchten Pflanzenarten eignen sich speziell für diese Innenraum-Pflanzenkläranlage und haben auch einen ästhetischen Wert. Mehr als 70 Pflanzenarten, u. a. Wasserpflanzen, Sumpfpflanzen, Gräser, tropische und subtropische Pflanzen, wurden in verschiedenen Kombinationen unter Laborbedingungen auf ihre Wasserreinigungsleistung getestet.

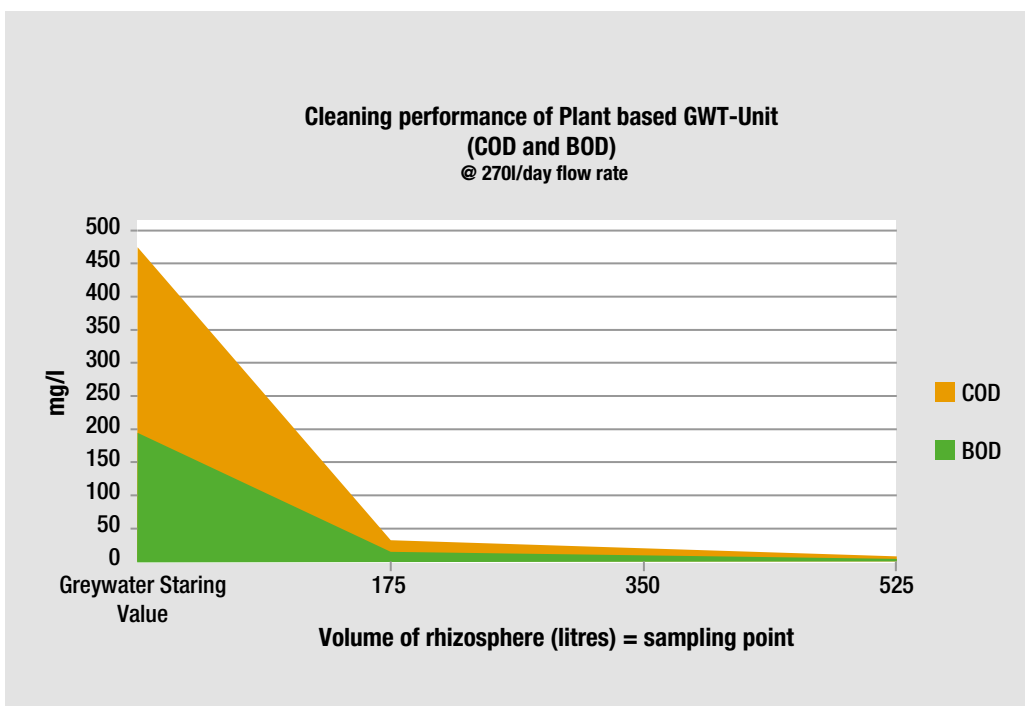
Für die Durchflussrate, Einlass/Auslass, Substrat, pH-Wert und andere Parameter wurden verschiedene Tests durchgeführt. Mit Sensoren werden folgende chemische Parameter entweder online oder in regelmäßigen Intervallen überprüft: CSB, BSB,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , AFS, pH-Wert, Temperatur, Sauerstoff und Leitfähigkeit.

Für die mikrobielle und pharmazeutische Analytik wurden externe Labors beauftragt. In der eigenen Laboreinheit wird mit der gleichen Grauwasserqualität und ähnlichen Lichtbedingungen wie in der Demo-Site gearbeitet.

## Ergebnisse

Um vorläufige Daten über die Wassermenge und -qualität zu erhalten, wurde im Juni 2014 eine Wasserprobennahme-Kampagne im SAMBA-Hotel durchgeführt. Proben aus den unterschiedlichen Wasserströmen wurden auf chemische Standardparameter und pharmazeutische Verbindungen analysiert. Auf Grundlage der Ergebnisse dieser Stichprobenkampagne wurde ein synthetisches Grauwasser (Hygieneprodukte, wie Seifen und Shampoos, Kosmetika, Toilettenreiniger, Staub aus einem Staubsauger, Zitronensäure zur pH-Einstellung) im Labor entwickelt. Der Abfluss nach dem vertikalen Ökosystem wurde auf Wasserqualitätsparameter gemäß **Tabelle 1** analysiert. Derzeit wird die Laboranlage mit einem Durchfluss von 250 bis 300 l/Tag getestet.

Um eine höhere Reinigungsleistung zu erzielen, ist eine längere Verweildauer des Wassers in der Behandlungseinheit wünschenswert. Aus diesem Grund wird das Wasser intermittierend durch die vertikale Pflanzenkläranlage gepumpt. Nach der Prüfung verschiedener



**Abb. 1:** Simuliertes Grauwasser (Einlass) und Abfluss

Parameter	Einheit	simuliertes Grauwasser	Abfluss
TSS	mg/l	59,83	3,61
COD	mgO <sub>2</sub> /l	474,85	7,9
BOD	mgO <sub>2</sub> /l	194,2	3,82
NO <sub>3</sub> -	mgN/l	4,36	0,72
pH		5,83	7,22
Conductivity	mS/cm	287,83	423
DO	vol.%	81,83	90,8
Paracetamol	ng/l	8100	n.d.*

Tab. 1: Reinigungsleistung des vertikalen Ökosystems (COD und BOD)

\* proof limit 100 ng/l

Pflanzenkombinationen wurden 15 Arten wie z. B. *Typha*, *Iris*, *Carex*, *Cyperus*, *Philodendron*, *Spathiphyllum* aufgrund ihrer optimalen Reinigungsleistung ausgewählt.

Der CSB (chemische Sauerstoffbedarf) und BSB (biologische Sauerstoffbedarf) sind äußerst wichtige Parameter, um die Reinigungsleistung des Systems bewerten zu können. Die Probenentnahmen werden aus den Grauwassertanks nach 175 l Rhizosphäre (1. Stock), nach 350 l Rhizosphäre (2. Stock) und nach 525 l Rhizosphäre (3. Stock) entnommen. Nach 175 l Rhizosphäre ist bereits der größte Teil der Reinigungsleistung vollbracht. Erste Versuche mit Arzneimitteln wurden ebenfalls durchgeführt. Ein gängiges Schmerzmittel, Paracetamol (Mexalen rapid, 500 mg), wurde als Testparameter ausgewählt. In der Ausgangsmischung wurden 16 mg Tablettenpulver in einem 500 l Grauwassertank gelöst. Mit einer Anfangskonzentration von etwa 8.000 ng/l im Grauwassertank konnte im Abfluss der Anlage kein Paracetamol mehr nachgewiesen werden (mit einer Nachweisgrenze von 50 ng/l).

### Diskussion und Ausblick

Für die vertikale Pflanzenkläranlage kommen solche Pflanzen infrage, die in anorganischem, Hydrokultur-ähnlichem Substrat wachsen können und das unverdünnte Grauwasser vertragen. Insbesondere gehören hierzu Arten der Gattungen *Cyperus*, *Philodendron*, *Spathiphyllum*, *Carex*, *Typha*. Nach einigen Tests konnten 15 Arten für die Demonstration vor Ort im Hotel ausgewählt werden.

Basierend auf den Werten in **Tabelle 1** konnte eine erhebliche Reinigungsleistung durch

das vertikale Ökosystem erreicht werden. **Abbildung 1** von COD (CSB) und BOD (BSB) zeigt deutlich, dass die höchste Reinigungsleistung während des Durchlaufs durch das erste Stockwerk erzielt wird. In Bezug auf spanische/EU-Rechtsvorschriften deuten die vorläufigen Ergebnisse darauf hin, dass Abwasser des vertikalen Ökosystems für die Toilettenspülung, Bewässerung privater Gartenanlagen, Bewässerung von Golfplätzen, Grundwasserneubildung und Wäscheservice bei einer gegebenen Last von Grauwasserzufluss verwendet werden kann. Die ersten pharmazeutischen Tests zeigen, dass Paracetamol nicht im Abfluss des vertikalen Ökosystems nachweisbar ist. Jedoch haben diese Versuche gerade erst begonnen, mehrere Wiederholungen werden benötigt, um dies zu bestätigen.

Weitere Schritte sind die Optimierung und Modifizierung der Laboreinheit, um besser an die Demo-Version angepasst zu werden. Zusätzlich wird versucht, die Anlage mit einem höheren Durchfluss zu beschicken. Weitere Tests mit chlorierten Abwässern sowie Waschmaschinenwasser sind für die Zukunft geplant. Zusätzlich wird an einem erweiterten Überwachungs- und Kontrollsystem entwickelt, um schlussendlich die besten Wassermanagement-Lösungen zu erzielen. ■

### Die Autoren

**Johannes Kisser** ist bei der alchemia-nova GmbH im Bereich Kreislaufwirtschaft tätig.

**Heinz Gattringer** ist bei der alchemia-nova GmbH für den Bereich Erneuerbare Ressourcen zuständig.

**Andrea Zraunig** arbeitet bei der alchemia-nova GmbH im Bereich Phytochemie.

Kontakt:

Heinz Gattringer  
alchemia-nova GmbH  
Institut für innovative Phytochemie &  
Kreislaufwirtschaft  
Baumgartenstr. 93  
1140 Wien  
Österreich  
Tel.: +43 1 810-1000  
E-Mail: heinzjos@alchemia-nova.net  
Internet: www.alchemia-nova.net