

Arsenentfernung in Costa Rica

U. Feistel¹, P. Otter², R.P. Dörner¹, T. Grischek¹, L.G. Romero³

¹HTW Dresden, ²AUTARCON GmbH, ³Instituto Tecnológico de Costa Rica

Weltweit konsumieren mehr als 100 Millionen Menschen arsenkontaminiertes Trinkwasser, in dem die Arsenkonzentration die von der WHO als gesundheitlich noch unschädlich eingestuften 10 µg/L teilweise weit überschreitet. Die tägliche Aufnahme von arsenhaltigem Wasser kann zu bösartigen Tumoren der Haut, Lunge und Leber führen und ebenso Blutarmut sowie schwerwiegende Stoffwechselstörungen verursachen. Regelmäßige Kontrollen der für die Trinkwasserversorgung genutzten Brunnen auf erhöhte Arsengehalte und die Installation von Anlagen zur Arsenentfernung aus dem Grundwasser sind daher unumgänglich, technisch derzeit jedoch noch nicht flächendeckend durchführbar.

Die in den entwickelten Industrieländern eingesetzten Anlagen zur Entfernung von Arsen sind aufwändig und kostenintensiv und deshalb insbesondere für ländliche Entwicklungsregionen meist ungeeignet. Für diese Regionen gibt es derzeit keine finanziell tragbaren verlässlichen oder einfach übertragbaren Lösungen.

Die HTW Dresden und die Firma AUTARCON arbeiten im Rahmen des BMBF-Verbundprojektes SolArEx (Langfristig sichere Trinkwasserversorgung in Arsenkontaminierten Gebieten durch solarbetriebene Arsenentfernung und Onlineüberwachung) an der Weiterentwicklung einer dezentralen, energieautarken Trinkwasserdesinfektionsanlage der Firma AUTARCON zur Arsenentfernung. Der zweistufige Aufbereitungsprozess basiert auf einer In-Situ-Oxidation sowie der Adsorption von Arsen an Eisenhydroxid und anschließender Filtration. Dies erlaubt neben der langfristig verlässlichen Funktion auch eine einfache Bedienung und Wartung der Anlage. Durch die Kopplung mit einer Chlorelektrolyse soll eine deutlich längere Nutzungsdauer des eingesetzten Filtermaterials bzw. eine kontinuierliche Regenerierung erreicht werden. Bei der Oxidation wird einerseits Eisenhydroxid gebildet und andererseits trivalentes Arsen (As(III)) in pentavalentes Arsen (As(V)) überführt. As(V) wird bevorzugt an Eisenhydroxid adsorbiert. Die Wasserqualität wird kontinuierlich über eine einfache und robuste Redoxwerterfassung überwacht. Zudem zeichnet die Anlage alle Daten auf einer SD-Karte auf und übermittelt die Daten online an Betreiber und Behörden zur Systemkontrolle.

Im April 2015 wurde in Niederfrauendorf im Osterzgebirge eine erste Pilotanlage installiert, um den entwickelten Aufbereitungsprozess bezüglich seiner Praxistauglichkeit zu prüfen. Eine weitere Anlage wurde im Juni 2015 in San Jose, Costa Rica installiert (Abb. 1). Die beiden Standorte unterscheiden sich bezüglich ihrer Wasserbeschaffenheit (Tab. 1), was es erlaubt, den Anwendungsbereich der Anlage zu testen.

Tab. 1: Vergleich der Wasserbeschaffenheit an den Standorten der Pilotanlagen in Niederfrauendorf und San Jose, Costa Rica

Datum	Standort	pH	Lf in µS/cm	O ₂ in mg/L	T in °C	As _{ges} in µg/L	Fe _{ges} in mg/L	Clorid in mg/L
13.03.2015	Niederfrauendorf	6,7	263	0,5	7,5	130	2,2	6,3
12.06.2015	San Jose, AyA	6,1	2840	<0,1	32	40-82	2,8-5,7	633



Abb. 1: Aufbau der Anlage in San Jose, Costa Rica (links) und funktionstüchtige Anlage (rechts)

Die Anlage auf dem Gelände des Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), dem örtlichen staatlichen Wasser- und Abwasserunternehmen in San Jose, läuft parallel zu Säulenversuchen zur Adsorption von Arsen, die das Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) mit verschiedenen Filtermedien einschließlich Greensand Plus™ (GSP, Inversand Company) durchführt. Wasser für beide Versuche wird aus einem 80 m tiefen Brunnen in einen Vorratsbehälter gepumpt. Das Rohwasser für die Pilotanlage wird dann über einen weiteren Tank durch die Elektrolysezelle und anschließend durch die Filterkartusche mit Greensand Plus™ gepumpt. Das aufbereitete Wasser wird in einem Behälter gesammelt, wo das Redoxpotential zur Steuerung der Anlage gemessen wird. Die Rest-Chlorkonzentration und das Redoxpotential zeigen an, ob für die Oxidation, Desinfektion und Regenerierung ausreichend Chlor produziert wird. Entsprechend wird die Chlorproduktion der Elektrolysezelle geregelt.

Die Anlage in San Jose wird wöchentlich beprobt, wobei die Leitfähigkeit, der pH-Wert und die Konzentrationen von Chlor, Eisen und Arsen mittels Schnelltest vor Ort bestimmt werden. Im Labor werden die Konzentrationen von Arsen, Eisen, Chlorid und Mangan sowie die Wasserhärte bestimmt.

Es werden ca. $9,6 \text{ m}^3$ Rohwasser pro Tag behandelt. Abb. 2 zeigt den Verlauf der Arsenkonzentration im Rohwasser und im aufbereiteten Wasser. Die Konzentration von Arsen im Rohwasser liegt im Mittel bei $\text{As} = 74 \text{ } \mu\text{g/L}$, wobei Werte bis zu $\text{As} = 94 \text{ } \mu\text{g/L}$ auftreten. Im aufbereiteten Wasser treten im Mittel Konzentrationen von $\text{As} = 22 \text{ } \mu\text{g/L}$ auf. Eisenhydroxid und das daran adsorbierte Arsen werden im Filter zurückgehalten. Die Eisenkonzentration sinkt dabei von $\text{Fe} = 4 \text{ mg/L}$ (Mittelwert) im Rohwasser auf $\text{Fe} = 0,08 \text{ mg/L}$ im aufbereiteten Wasser (Abb. 3).

Die Ergebnisse demonstrieren, dass durch den Aufbereitungsprozess die Arsenkonzentration verringert werden konnte. Der Grenzwert für Trinkwasser von $10 \text{ } \mu\text{g/L}$ konnte jedoch im derzeitigen Betriebsmodus noch nicht erreicht werden.

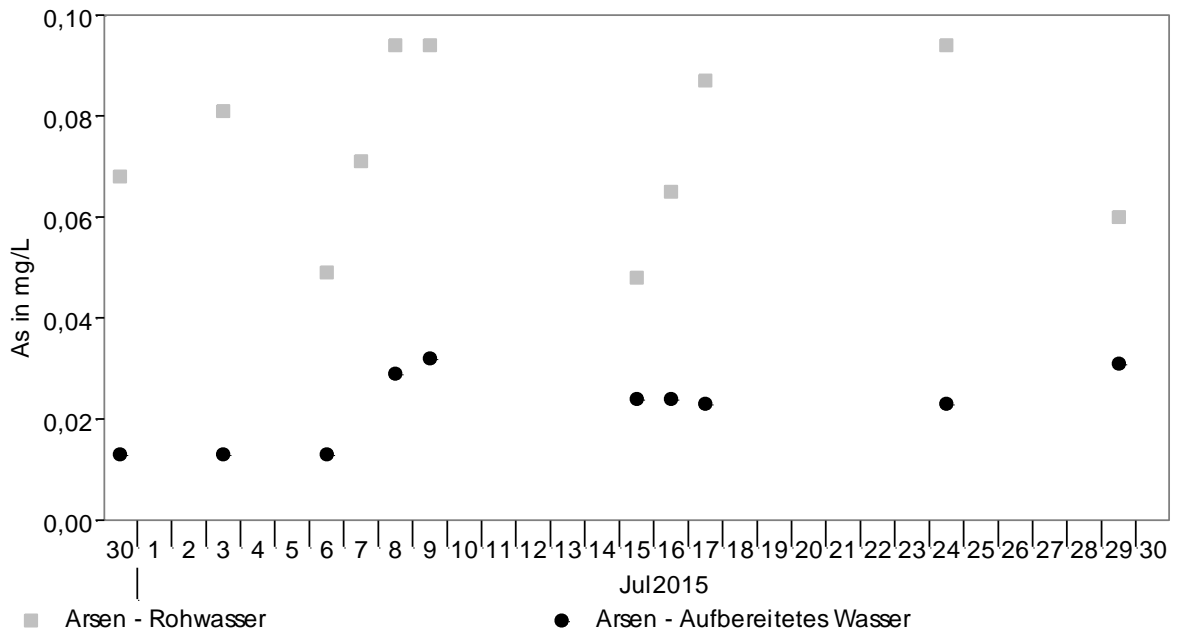


Abb. 2: Verlauf der Arsenkonzentration im Rohwasser und im aufbereiteten Wasser

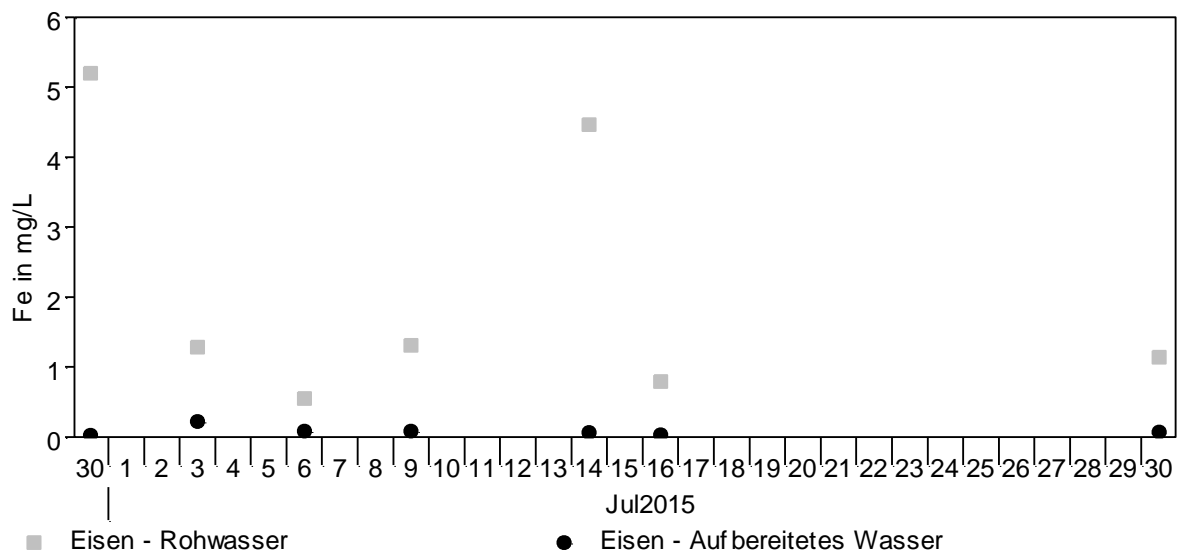
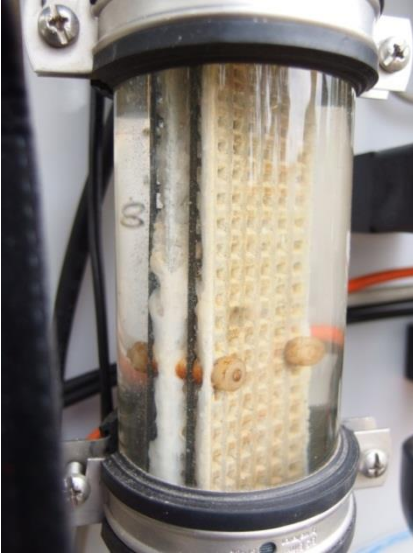


Abb. 3: Verlauf der Eisenkonzentration im Rohwasser und im aufbereiteten Wasser

Im Vergleich zur Pilotanlage in Niederfrauendorf sind die Restkonzentrationen im aufbereiteten Wasser relativ hoch. Die Chloridkonzentration ist mit 696 mg/L (Mittelwert) so hoch, dass mit der gewählten Elektrolysezelle ausreichend Chlor produziert werden kann. Der pH-Wert des Grundwassers ist mit pH = 6,2 (Mittelwert) vergleichsweise niedrig und unterschreitet teilweise den für die Filtration über Greensand Plus™ empfohlenen Anwendungsbereich von pH = 6,2 – 8,5. Für den sicheren Betrieb bei pH-Werten unter pH = 6,2 empfiehlt die Herstellerfirma Inversand eine pH-Wert-Einstellung, um kolloidale Ausfällungen von Eisen und Alkalien zu vermeiden. Weiterhin könnte die hohe Wasserhärte am Standort (Mittelwert $\text{CaCO}_3 = 985 \text{ mg/L}$) und entsprechende Kalkablagerungen (Abb. 4) an den Elektroden zu einer Leistungsverminderung der Elektrolysezelle führen. Die Ablagerungen konnten durch regelmäßige Umpolung der Elektrolysezelle jedoch minimiert werden.



Da am Standort Probleme mit der Stromversorgung auftraten, konnte während der ersten Wochen kein regelmäßiger Betrieb der Anlage gewährleistet werden. Dies führte zu Ablagerungen im Rohwassertank und unregelmäßiger Rückspülung des Filters. Die Wiederinbetriebnahme der Pumpe führte regelmäßig zu erhöhten Eisenkonzentrationen im Rohwasser, die die Funktion der Anlage beeinträchtigten und eine Reinigung der Anlage erforderlich machten.

Abb. 4: Kalkablagerungen an der Elektrolysezelle der Pilotanlage in San Jose, Costa Rica

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass es möglich ist, Arsen ohne den Zusatz von Chemikalien aus dem Wasser zu entfernen.

An folgenden Fragen wird im Rahmen des Projektes weiter gearbeitet:

1. Untersuchung des Einflusses der Filtergeschwindigkeit auf die Arsenentfernung,
2. Minimierung und Behandlung des anfallenden Rückspülwassers,
3. Funktionsweise der Anlage bei Konzentrationen von Arsen und Eisen, die dem angestrebten Verhältnis von 1:10 bis 1:20 (mg/L) nicht entsprechen,
4. Optimierung der Anlage für unterschiedliche Grundwasserbeschaffenheiten,
5. Entstehung von Desinfektionsnebenprodukten bei der Chlorproduktion.

Dr. Ulrike Feistel
Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden
Fakultät Bauingenieurwesen/Architektur, Lehrgebiet Wasserwesen
01069 Dresden, Friedrich-List-Platz 1
Telefon.: (0351) 462 2668
Email: feistel@htw-dresden.de