

## Forschungsbericht Nr. 2/99

Untersuchungen zur Entfernung toxischer Schwermetalle sowie Eisen - Aufbereitung von Rohwässern zu Trinkwasser mit Hilfe des Schnellenthärtungs-/entcarbonisierungsverfahrens

Ch. Mehling, H.-M. Schiffner, J. Hahne und H. Overath

AiF-Nr. **11236 N**

### Zusammenfassung

Kalkprodukte werden zur Verbesserung der Trinkwasserqualität mittels Enthärtung an verschiedenen Standorten in Deutschland eingesetzt. Die vielerorts ansteigenden Gehalte an toxischen Schwermetallen in den Grundwässern erfordern ein technisches Verfahren zur gezielten Entfernung dieser Spurenelemente aus dem Rohwasser. Die Forschungsgemeinschaft Kalk und Mörtel e.V und das Rheinisch-Westfälische Institut für Wasserforschung gemeinnützige GmbH haben gemeinsam mit der Deutschen Kalkindustrie im Rahmen dieses durch die AiF geförderten Forschungsvorhabens

- 1. die Eignung des Schnellenthärtungs-/entkarbonisierungsverfahrens bei der Aufbereitung von Rohwasser zur Entfernung der toxischen Schwermetalle Nickel, Blei und Cadmium sowie von Eisen nachgewiesen und**
- 2. ein empirisch mathematisches Modell entwickelt, mit dem allein auf der Grundlage der Rohwasseranalyse die Verfahrenstechnik der Schnellenthärtung-/entcarbonisierung zur Entfernung von toxischen Schwermetallen in Abhängigkeit von anderen Wasserinhaltsstoffen ausgelegt werden kann.**

Die Versuche wurden im halbtechnischen Maßstab an einer Versuchsanlage, bestehend aus einem Reaktor und einem Filter, bei einem Durchsatz von 1,8 m<sup>3</sup>/h durchgeführt.

Die wesentlichen Ergebnisse des Forschungsprojektes zur Elimination von Nickel, Cadmium und Blei *im Reaktor* und *im Gesamtprozeß* (d.h. im Reaktor und in der nachfolgenden Filtrationsstufe) werden in Abhängigkeit

- von der im Reaktor entfernten Calciumhärte (DCaH),
- vom pH-Wert im Reaktorablauf und
- von der Eisen- und Sauerstoffkonzentration im Rohwasser

zusammengefaßt und für die Praxis der Trinkwasserversorgung bewertet.

Bei den Versuchen wurden folgende Einflußgrößen berücksichtigt:

- die Nickelkonzentration bei  $100 \pm 10 \mu\text{g/l}$ ,
- die Cadmiumkonzentration bei  $10 \pm 2 \mu\text{g/l}$ ,
- die Bleikonzentration bei  $50 \pm 5 \mu\text{g/l}$ ,
- die Eisenkonzentration bei  $< 0,1 / 2 / 6$  und  $10 \text{ mg/l}$ ,
- die Sauerstoffkonzentration bei  $2$  und  $10 \text{ mg/l}$ ,
- die Calciumhärte zwischen  $6$  und  $23 \text{ °dH}$  und
- der pH-Wert im Reaktorablauf bei  $9,0 / 9,6$  und  $10,2$ .

Bei einer gegebenen Calciumhärte des Rohwassers nimmt die prozentuale Nickelelimination im Reaktor und im Gesamtprozeß bei steigendem pH-Wert im Reaktorablauf zu. Bei einem gegebenen pH-Wert im Reaktorablauf nimmt die prozentuale Nickelelimination im Reaktor und im Gesamtprozeß mit steigender Calciumhärte im Rohwasser und - entsprechend - mit zunehmender Calciumhärte-Elimination im Reaktor zu. Der Einfluß des pH-Wertes ist für die Nickelelimination bedeutsamer als der, der im Reaktor eliminierten Calciumhärte.

Die Versuchsergebnisse zeigen

- eine prozentuale Nickelelimination im Reaktor zwischen 50 und 60 % und
- eine prozentuale Nickelelimination im Gesamtprozeß von stets > 90 %.

Die Nickelelimination im Gesamtprozeß konnte jedoch durch die Optimierung der Filtrationsstufe problemlos auf Werte > 95 % verbessert werden.

Mit steigenden Eisenkonzentrationen verringerte sich die Eliminierungsleistung des Reaktors auf 20 bis 30%. Die Eliminationsraten im Gesamtprozess verblieben dennoch bei 70% bis 80%. Es ist grundsätzlich möglich, die Abscheideleistung der Filtrationsstufe für die den Reaktor verlassenden schwermetallhaltigen Partikel durch weitergehende Maßnahmen wie z. B. Einsatz von Flockungsmitteln, Flockungshilfsmitteln oder durch die Wahl eines Mehrschichtfilteraufbaus zu optimieren. Auf diese Weise wird ein Wirkungsgrad von > 95% für die Nickelentfernung im Gesamtprozeß erreicht. Als Alternative bietet sich die Vorschaltung einer Stufe zur Enteisung vor dem Reaktor an.

Liegen in einem eisenfreien Rohwasser neben Nickel auch Cadmium und Blei vor, so wird dadurch die Eliminationsrate für Nickel weder im Reaktor noch im Gesamtprozeß beeinträchtigt. Die prozentuale Elimination von Nickel im Reaktor konnte mit einem empirisch mathematischen Modell als Funktion der im Reaktor eliminierten Calciumhärte (DCaH) und des pH-Wertes im Reaktorablauf dargestellt werden. Für ein Rohwasser mit beliebiger Calciumhärte und für eine gewünschte Eliminationsrate von Nickel im Reaktor können die Betriebsparameter festgelegt werden.

Die Eliminationsrate für Cadmium im Reaktor lag bei eisenfreiem Rohwasser nahezu unabhängig von der Calciumhärte des Rohwassers und vom pH-Wert im Reaktorablauf bei 80 % und im Gesamtprozeß bei > 95 %. Dieses vorteilhafte Ergebnis wird nicht beeinträchtigt, wenn im Rohwasser Nickel und Blei vorhanden sind. Allerdings wird die Elimination von Cadmium im Reaktor - analog zu der von Nickel - durch Eisen im Rohwasser beeinträchtigt. Die Eliminationsrate für Cadmium im Gesamtprozeß bleibt jedoch unverändert bei > 95 %.

Steigende Eisenkonzentrationen beeinflussen die Elimination von Blei aus dem Reaktor deutlich weniger als die von Nickel und Cadmium, so daß die Elimination von Blei im Gesamtprozeß wiederum unabhängig von der Eisen- und Sauerstoffkonzentration des Rohwassers bei > 95 % liegt.

Da Cadmium und Blei mit dem Schnellenthärtungs-/entkarbonisierungsverfahren unter vergleichbaren Bedingungen stets noch besser zu entfernen waren als Nickel, kann das für die prozentuale Elimination von Nickel entwickelte mathematische Modell uneingeschränkt auch für die Berechnung bei Cadmium und Blei verwendet werden.

Die Versuche ergaben eindrucksvoll, daß mit Hilfe des Schnellenthärtungs-/entkarbonisierungsverfahrens nicht nur Eisen, sondern auch die toxischen Schwermetalle Nickel, Cadmium und Blei erfolgreich aus dem Wasser entfernt werden können. Ein Großteil dieser Elemente wird bereits im Reaktor in die Pellets, die leicht zu entwässern und zu entsorgen sind, eingebunden.

Durch die Ergebnisse des Forschungsprojektes wird der Einsatz von Kalkprodukten innerhalb der Wasserwirtschaft langfristig gesichert und damit Vorsorge für die Gesundheit der Trinkwasserverbraucher getroffen.

Die gewonnenen Ergebnisse zeigen, daß mit dem Verfahren der Schnellenthärtung-/entkarbonisierung die in der Novelle der 2. EG-Trinkwasserrichtlinie geforderten niedrigeren Grenzwerte für Nickel und Blei im Trinkwasser sicher eingehalten werden können.