

# Neue Masstäbe in der zentralen Enthärtung des Trinkwassers

Das «Rastatter Verfahren» im Wasserwerk Ottersdorf

Ulrich Kornhaas, Alwin Eppler GmbH & Co. KG

*Im Wasserwerk Ottersdorf der Stadt Rastatt ist im Frühjahr 2011 eine grosse zentrale Enthärtungsanlage in Betrieb genommen worden. Zum ersten Mal wurde ein Glockendüsenboden in einem SEK (Schnellentkarbonisierung)-Reaktor unter Anwendung von Kalkmilch eingebaut. Dieses spezielle Verfahren wird auch als das «Rastatter Verfahren» bezeichnet.*

Die deutsche Stadt Rastatt in der Oberrheinebene hat rund 46000 Einwohner. Mit Trinkwasser werden sie vom Unternehmen star.Energiewerke versorgt, das zuständig für ein Versorgungsnetz von ca. 190 km Länge ist. Das Versorgungsgebiet umfasst die Kernstadt mit den Stadtteilen Niederbühl, Wintersdorf, Ottersdorf, Plittersdorf und Rauental mit seinem grossen Industriegebiet. Die Trinkwasserversorgung erfolgt durch drei eigene Wasserwerke «Ottersdorf», «Niederbühl» und «Rauental». Das Stadtviertel Förch wird vom dortigen Wasserwerk des Wasserversorgungsverbandes Vorderes Murgtal versorgt.

Das Versorgungsgebiet ist wegen der unterschiedlichen Beschaffenheit des von den Wasserwerken abgegebenen Trinkwassers in drei Versorgungszonen unterteilt. Ausser dem Stadtteil Rauental und dem Stadtviertel Förch



Die neu gebaute Trinkwasserenthärtungsanlage im Wasserwerk «Ottersdorf» in Rastatt.

werden alle übrigen Stadtteile mit Trinkwasser versorgt, das im Härtebereich 3 (26-37° fH) liegt.

## Das Wasserwerk Ottersdorf

Das Wasserwerk wurde im Jahr 1977 in Betrieb genommen. Das aus drei Brunnen geförderte Grundwasser enthält, geologisch bedingt,

geringe Mengen Eisen und Mangan und ist nahezu sauerstofffrei. Zur Entfernung dieser Stoffe wird eine Aufbereitung durchgeführt. Dazu wird das Rohwasser zunächst in einem Oxidator mit Luftsauerstoff vermischt. Der Luftsauerstoff bewirkt die Bildung von schwerlöslichen Eisen- und Manganverbindungen, die in den sechs Quarzsand-Schnellfiltern abgeschieden werden. Aus den beiden nachfolgenden Reinwasserspeicherbehältern wird das Trinkwasser mit Netzpumpen in das Versorgungsnetz abgegeben. Das Trinkwasser wird ohne künstliche Zusätze oder Chlorzugabe in das Versorgungsnetz eingespeist.

Das Wasserwerk Ottersdorf deckt rund 70% des gesamten Wasserbedarfs der Kernstadt und der Stadtteile ab. Es wird wie die Wasserwerke Rauental und Niederbühl automatisch betrieben. Die zentrale Netzleitstelle der star.Energiewerke GmbH überwacht den gesamten Betriebsablauf.

## Technik der SEK-Enthärtung

Bereits seit Beginn der 90er-Jahre ist das Planungsbüro Ing.-Büro A. Eppler GmbH & Co. KG in Dornstetten damit beschäftigt, grosstechnische Trinkwasserenthärtungsanlagen zu planen und bauen.

Bis zur Mitte dieses Jahrzehntes lag dabei der Schwerpunkt auf der Auslegung und insbesondere auch auf der Verbesserung der technischen Anwendbarkeit und Wirtschaftlichkeit der bekannten Schnellentkarbonisierungstechnologie (Anlagen > 1 Mio. m<sup>3</sup> Trinkwasser pro Jahr).

### star.Energiewerke GmbH & Co. KG

Das Versorgungsunternehmen star.Energiewerke GmbH & Co. KG der Stadt Rastatt in der Oberrheinebene ist ein modernes, privatwirtschaftlich orientiertes Energieversorgungs- und Dienstleistungsunternehmen mit den Kernaktivitäten Strom, Erdgas, Wasser, Nahwärme sowie Telekommunikation. Als Stadtwerke der Stadt Rastatt sind die Betriebsführung und insbesondere die daraus hervorkommenden Investitionen ausgerichtet nach betriebswirtschaftlichen Masstäben. Sämtliche Investitionsentscheidungen zur Verbesserung der Versorgungsstruktur und auch der Versorgungsqualität, insbesondere beim Einsatz moderner Techniken, werden sorgfältig unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten abgewogen.

Die Technologie des Wirbelbettreaktors wurde zwar im Wesentlichen in den 30er-Jahren in Deutschland bis zur Anwendungsreife entwickelt, wobei jedoch der Durchbruch dieser Technologie in der grosstechnischen Anwendung hauptsächlich im Ausland, hier insbesondere Mitte der 70er-Jahre in Holland, vollzogen wurde. In enger Zusammenarbeit mit holländischen Forschungsinstituten und Wasserversorgern konnte das Ing.-Büro Eppler innerhalb der vergangenen zwei Jahrzehnte zahlreiche technische Verbesserungen in der SEK-Technik verwirklichen. Der Grossteil dieser technischen Anpassungs- bzw. Verbesserungsmaßnahmen war und ist notwendig gewesen, da die im Ausland (Holland) vorherrschende verfahrenstechnische Auslegung dieser Reaktortechnik auf die dort üblichen grossen zentralen Wasserversorgungsunternehmen abgestimmt war. Die dort vorherrschende Versorgungsstruktur mit landesweit wenigen grossen zentralen Wasserversorgungsunternehmen führte zu einer Entwicklung der wirtschaftlichen «Grossanlagen-technik», geprägt durch eine automatische und möglichst unterbrechungslose Anlagenfahrweise. Bis heute dominiert in Holland das SEK-Enthärtungsverfahren den Markt der zentralen Trinkwasserenthärtung deutlich vor den in den 90er-Jahren aufkommenden Membranverfahren. Trotz der positiven Preisentwicklung bei den Membranen (Nanofiltration bzw. Umkehrosmose) können grosstechnische SEK-Anlagen i. d. R. deutlich wirtschaftlicher betrieben werden.

Die in Deutschland sowie den Nachbarstaaten Schweiz und Österreich vorherrschende Versorgungssituation ist jedoch geprägt durch die Struktur kleiner Wasserversorgungsunternehmen und damit verbunden mit einem nicht kon-

tinuierlich laufenden Aufbereitungsbetrieb. In der Anwendung bzw. der planerischen Übertragung dieser Technologie auf den deutschsprachigen Raum spielen hydraulische Schwankungen, verbunden mit dauernden Produktionsunterbrechungen, für die Aufbereitungstechnik planerisch eine sehr wichtige Rolle.

Eine der grössten Herausforderungen in der technischen Anpassung dieser Technologie war unter anderem die Ermöglichung eines vollautomatischen, zum Teil mehrfach täglich stattfindenden «Stop and go»-Betriebs eines solchen Reaktors. Das steigende Kostenbewusstsein (hinsichtlich el. Energie und verfügbarer Wasserressourcen) und insbesondere auch der zunehmende «Personalstress» bei den Wasserversorgern führte zu einer vollständigen Automatisierung der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik für den Enthärtungsprozess.

Unter der Anwendung von Natronlauge und einem speziell hierfür entwickelten Düsenboden mit Nat-

ronlaugekammer sowie speziellen Kombidüsen konnten im Grossanlagenbereich ein voll automatisierter «Stop and go»-Betrieb mit minimalem Personalaufwand realisiert werden. Eine direkte Übertragbarkeit dieser Verfahrenstechnik und insbesondere der hierfür entwickelten EMSR-Technik ist unter Anwendung von Kalkmilch bisher nicht möglich gewesen. Insbesondere die saubere technische Trennung im Enthärtungsreaktor zwischen dem Pelletswirbelbett und dem Zugabebereich des harten Rohwassers durch einen Zwischenboden war unter Verwendung von Kalkmilch bisher nicht durchführbar. Bekanntermassen ist die Verwendung von Kalkmilch als Suspension von in der Regel 5–10 Gewichtsprozent nicht nur in ihrer Aufbereitung als problembehaftet und wartungsintensiv zu betrachten, sondern auch die Dosierung in das Reaktorsystem bereitet immer wieder technische Schwierigkeiten.

Im Rahmen der vorliegenden Planung und Umsetzung der grossen zentralen Enthärtungsanlage im Wasserwerk Ottersdorf konnte nach erfolgter Vorpilotierung und Auswertung von Versuchen im Grosstechnikumsmassstab erstmalig ein Glockendüsenboden in einem SEK-Reaktor unter Anwendung von Kalkmilch eingebaut werden.

### Von der Idee bis zur Ausführung

Beginnend mit den ersten Vorüberlegungen im Jahr 2009, plante die star.Energiewerke den Bau einer zentralen Trinkwasserenthär-



Abb. 1 Vorversuche mit kleinem Versuchsreaktor (d = 0,1 m).



Abb. 2 Gross-Versuchsreaktor (d = 0,5 m) mit transparenten geflanschten Schüssen aus Plexiglas.

tungsanlage im Wasserwerk Ottersdorf. Ziel der Massnahme ist, sämtliche mit hartem Wasser versorgten Stadtteile zentral mit weichem Wasser der Härte 10 (18° fH) zu versorgen und gleichzeitig das kleinere Wasserwerk Niederbühl ausser Betrieb zu nehmen.

Für die Durchführung der kompletten Planung (Tiefbau, Hochbau, Verfahrens-/Reaktortechnik und gesamte EMSR-Technik) wurde das Planungsbüro Eppler beauftragt. Nach umfangreichen Vorplanungen/-untersuchungen erfolgte bereits im April 2010 der Spatenstich für die Anlage. Noch im Juni/Juli wurde die komplette Verfahrenstechnik, EMSR-Technik und Rohrleitungsanbindung ausgeschrieben und vergeben. Die Fertigstellung mit der Inbetriebnahme der zentralen Trinkwasserenthärtungsanlage im WW Ottersdorf in Rastatt erfolgte im April 2011 nach lediglich zwölf Monaten Bau- und Montagezeit (Tiefbau, Hochbau und komplette Anlagentechnik).

Eingebettet in die Vorplanung und Projektierung der Gesamtanlage, war der Projektablauf seit Ende 2009 durch folgende Planungs- und Ausführungsschritte gekennzeichnet:

- Durchführung von Pilotversuchen unter Regie des *Technologiezentrums Wasser* (TZW) in Karlsruhe mit Aufbau einer Versuchsanlage direkt im Wasserwerk Ottersdorf mit den Verfahrensstufen mechanische Vorentsäuerung, SEK-Hochreaktor, Kalkmilchdosierung sowie einer abschliessenden 2-Schicht-Sandfiltration. Die Anlage wurde mit einer aufwändigen Messtechnik versehen.
- Auswertung der Versuchs- und Messergebnisse der Pilotphase mit Übernahme der Daten in die verfahrenstechnische Auslegung der Grossanlage.
- Durchführung erster Vorversuche mit der TZW-Modellanlage mit einem speziell vom Ing.-Büro Eppler entwickelten Glockendüsenboden. Überprüfung der Machbarkeit und technischen Übertragbarkeit der theoretischen Grundüberlegungen auf die Grossanlage (Abb. 1).
- Zusammenführung der Düsenbodentechnik mit einem Verfahren zur Optimierung/Verbesserung der Kalkmilchreaktivität und der Quarzsandzuführung. Die gesamte verfahrenstechnische Einheit besteht aus dem neuartigen Glockendüsenboden und einer effektiven Kalkmilchzuführung/-aufbereitung bzw. -dosierung.

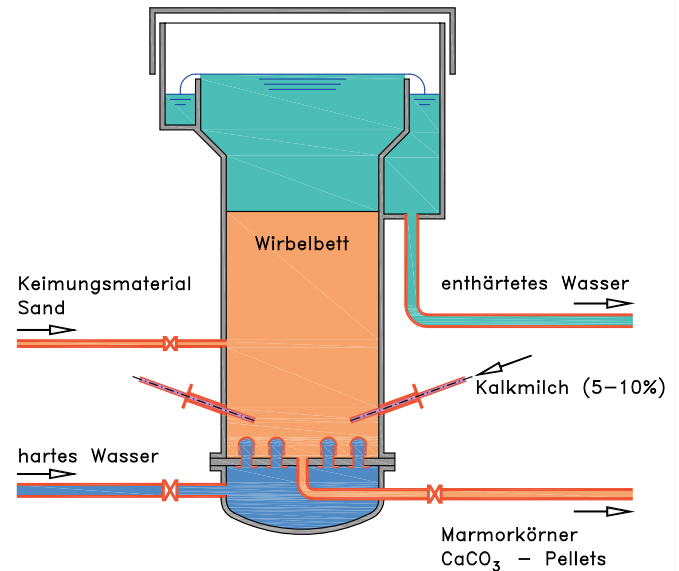


Abb. 3 Wirbelbettverfahren.

- Im Rahmen der Ausschreibung für die gesamte EMSR-Technik und Reaktortechnik wurde in Übereinstimmung mit der star. Energiewerke dieses spezielle Verfahren des SEK-Reaktors mit Glockendüsenboden als «Rastatter Verfahren» bezeichnet.
- Anfertigung eines Gross-Versuchsreaktors (Ø 0,5 m; Durchfluss ca. 10–18 m<sup>3</sup>/h) aus Plexiglas unter Einsatz des neuen Glockendüsenbodens und anschließender mehrwöchiger Pilotierung im Wasserwerk (Abb. 2). Folgende Untersuchungen wurden durchgeführt:
  - Variation der Kalkmilchdosierung durch Veränderung der Zugabestelle in den Reaktor.
  - Anwendung verschiedener Kalkhydrate von unterschiedlichen Herstellern.
  - Variation der DüsenEinstellung unter Betrachtung der Strömungsoptimierung und Wirtschaftlichkeit des Kalkhydratverbrauchs. Dadurch können im Betrieb der Anlage ideale Strömungsbedingungen im un-

teren Wirbelbett eingestellt werden. Eine turbulente, aufwärtsgerichtete «Kolbenströmung» im gesamten Querschnitt des Wirbelbetts ist gewährleistet.

- Pelletsentnahme im Stillstand und im laufenden Betrieb.
- Anwachsen von Kalkschichten (Kinetik und Art der Kalkschichtbildung) unter zahlreichen Verfahrensbedingungen.
- Untersuchungen zur optimalen Höhe/Verweilzeit der Klarzone oberhalb des Wirbelbetts.
- Untersuchung der An- und Abfahrphase des Reaktors.
- Untersuchung der Ablaufwerte Hydrogenkarbonat, Härte-Trübung und pH-Wert in Abhängigkeit der Zulaufmenge/Reaktoraufstiegsgeschwindigkeit, Kalkmilchzugabe, Wirbelbetthöhe, Pellets-Korngrößenverteilung usw.
- Untersuchungen zum Einfluss der Bypass-Wassermenge.
- Überprüfung der geplanten Massnahmen zur Anpassung der vorhandenen Filtertechnik (Umbau vom Einschicht-

zum 2-Schicht-Filter) mit Optimierung/Anpassung der Filterrückspülung.

- Beobachtung und Beurteilung der Kalkablagerungen unterhalb und oberhalb des Düsenbodens.

### Anlagenbeschreibung

Die Anlage besteht aus zwei parallel betriebenen Wirbelbettreaktoren mit einem Durchsatz von jeweils ca. 150 m<sup>3</sup>/h. Nach Vermischung von Bypass-Rohwasser werden dann jährlich ca. 2 800 000 m<sup>3</sup> Trinkwasser produziert. Ausgehend von einer Rohwassergesamthärte von knapp 20° dH (35,5° fH) wird ein Trinkwasser erzeugt mit einer Gesamthärte von ca. 10°dH. *Abbildung 3* zeigt den Aufbau eines Wirbelbettreaktors mit dem neu entwickelten «Glockendüsenboden» (*Abb. 4*).

### Vorzüge des Verfahrens

Die Entwicklung eines Glockendüsenbodens und dessen Verwendung als Zwischenboden für SEK-Reaktoren unter Zugabe von Kalkmilch hat entscheidende Vorteile im technischen Betrieb, in der Wartung solcher Anlagen und somit in der Wirtschaftlichkeit. Unter Berücksichtigung des Patentschutzes des Verfahrens können einige technische Details bzw. Vorzüge nur eingeschränkt dargestellt werden. Einige wesentliche Vorzüge des Verfahrens sind im Folgenden aufgeführt:

- Mit den neu entwickelten verstellbaren Glockendüsen ist es erstmalig möglich, unter Anwendung von Kalkmilch eine klare Abtrennung zwischen dem Pelletswirbelbett und der Rohwasserkammer sowohl im Betrieb des Reaktors als auch beim Stillstand sicher zu gewährleisten. Eine strömungstechnische Optimierung im Zugabebereich des Reaktors ist nicht notwendig. Es

findet keine Sand- bzw. Pelletsverschleppung rückwärts in Richtung Rohwasserzugabe statt.

- Ein jederzeit mögliches langsames Anfahren des Reaktors durch Erzeugung einer gleichförmigen, schon zu Beginn als Kolbenströmung ausgebildeten Aufwärtsbewegung des Wassers ist durch den Düsenboden gewährleistet. Durch eine optimierte und variable Kalkmilchzuführung unmittelbar oberhalb der Glockendüsen und die stets gewährleistete turbulente Kolbenaufwärtsströmung im Reaktor wird eine optimale Reaktionskinetik und damit verbunden ein optimales Ausnutzen der Kalkmilchreaktivität gewährleistet.

Die ersten Versuchsergebnisse aus dem Grossversuch haben gezeigt, dass mit der oben dargestellten Anordnung die Reaktivität der Kalkmilch in optimaler Weise ausgenutzt werden kann mit dem Ziel einer technisch effektiven Enthärtungsleistung und einer hohen Wirtschaftlichkeit für den Prozessablauf.

- Die Dosierung der Kalkmilch erfolgt im vollautomatischen Betrieb prozessleitgesteuert durch mehrere Messgrößen.
- Der zwischen Reaktoroberteil und Rohwasserkammer geflanschte Glockendüsenboden ist im Falle der ein- bis zweimal jährlich stattfindenden Wartung schnell austauschbar, sodass diese Arbeiten enorm erleichtert und verkürzt werden können.
- Mit geringfügigen verfahrenstechnischen Anpassungen ist die in den Düsenboden integrierte Pelletsentnahmeöffnung, wie bereits von uns schon in anderen SEK-Reaktoren praktiziert, voll automatisiert sowohl während des Reaktorbetriebes als auch im Stillstand möglich. Die auf den Prozess abgestimmten Entnah-

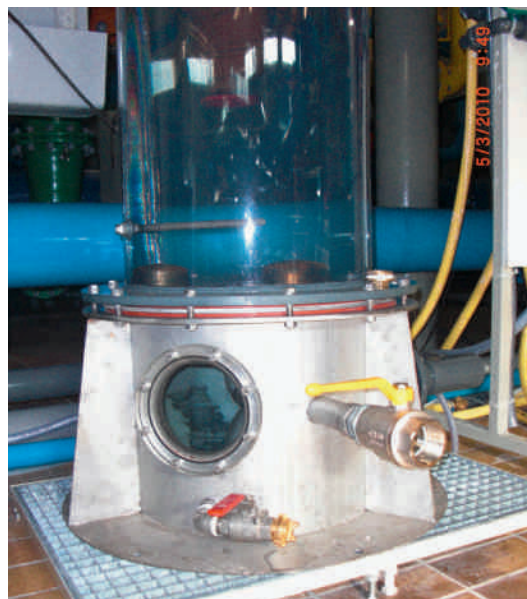


Abb. 4 Reaktor-Rohwasserkammer mit Glockendüsenboden.

mezyklen werden in der Anlagen-SPS definiert und sind nachträglich einfach in ihren Intervallzeiten an den Betrieb anzupassen.

Im Rahmen dieser ausführlichen Voruntersuchungen sowohl im Technikumsmasstab als auch im Grossversuch sind weitere Optimierungsmassnahmen durchgeführt worden. Durch den Einsatz eines hoch reaktiven Kalkhydrats mit einer Reaktivität von > 98% konnte die Ablauftrübung aus dem Reaktor zusätzlich gesenkt werden. Auch durch ein spezielles Verfahren beim Ansetzen der Kalkmilch mit vorbehandeltem Ansetzwasser konnte die Wirtschaftlichkeit der Anlage gesteigert werden.

### Schlussbemerkung

Das neu entwickelte, technisch optimierte Verfahren für die Enthärtung von Trinkwasser mit Kalkmilch ermöglicht eine enorme Reduzierung der Anlagen- und Betriebskosten gegenüber den bisherigen technischen Anlagenstandards. Als Resultat der verfahrenstechnischen Optimierung ergeben sich zudem Trübungsablaufwerte < 20 NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*) am Reaktorkopf, wodurch die Filteranlage deutlich entlastet werden kann.

### Autor

Ulrich Kornhaas  
Ingenieurbüro  
Alwin Eppler GmbH & Co. KG  
Gartenstrasse 9, D-72280 Dornstetten  
ulrich.kornhaas@eppler.de