

Sanierung und Optimierung der Schnellentkarbonisierung im Wasserwerk Rheinau der MVV Energie AG in Mannheim

Hintergrund und Veranlassung

Bereits seit etwa 30 Jahren wird im Wasserwerk (WW) Rheinau der MVV Energie AG (MVV) ein Teilstrom des aufbereiteten Wassers in einer Schnellentkarbonisierungsanlage (SEK-Anlage) enthärtet. Ziel ist eine Vergleichmäßigung der Trinkwasserqualität im Versorgungsgebiet der Stadt Mannheim auf circa 19 °dH. Die SEK-Anlage im WW Rheinau hat eine Leistung von maximal 900 m³/h und bereitet jährlich etwa 3,5 Mio. m³ auf. Die SEK-Anlage ist nunmehr sanierungsbedürftig, störanfällig und erfordert insbesondere hinsichtlich der Bereitung von Kalkmilch aus Branntkalk (CaO) einen hohen Personaleinsatz. Der aus dieser Situation resultierende Handlungsbedarf hat die MVV bewogen, grundsätzliche Optimierungsansätze hinsichtlich der SEK-Anlage zu überprüfen. Ein zentraler Baustein der betrieblichen Optimierung war die Umstellung der Betriebschemikalien, wobei ein Ersatz der selbstbereiteten Kalkmilch durch Anlieferung dosierfertiger Natronlauge (NaOH) im Mittelpunkt stand. Nach der Betrachtung aller Auswirkungen einer derartigen Umstellung wurde an einem Reaktor mit nachgeschaltetem Filter für circa 12 Monate ein Betriebsversuch durchgeführt. Der Betriebsversuch bestätigte die Erwartungen hinsichtlich Prozessstabilität und verringertem Personalbedarf, so dass die MVV die Entscheidung traf, die SEK-Anlage im Rahmen der Sanierung vollständig von Kalkmilch auf Natronlauge umzurüsten. Zusätzlich wurde eine Reihe von weiteren prozess- und steuerungstechnischen Detaillösungen erarbeitet und im Rahmen der Sanierung umgesetzt.

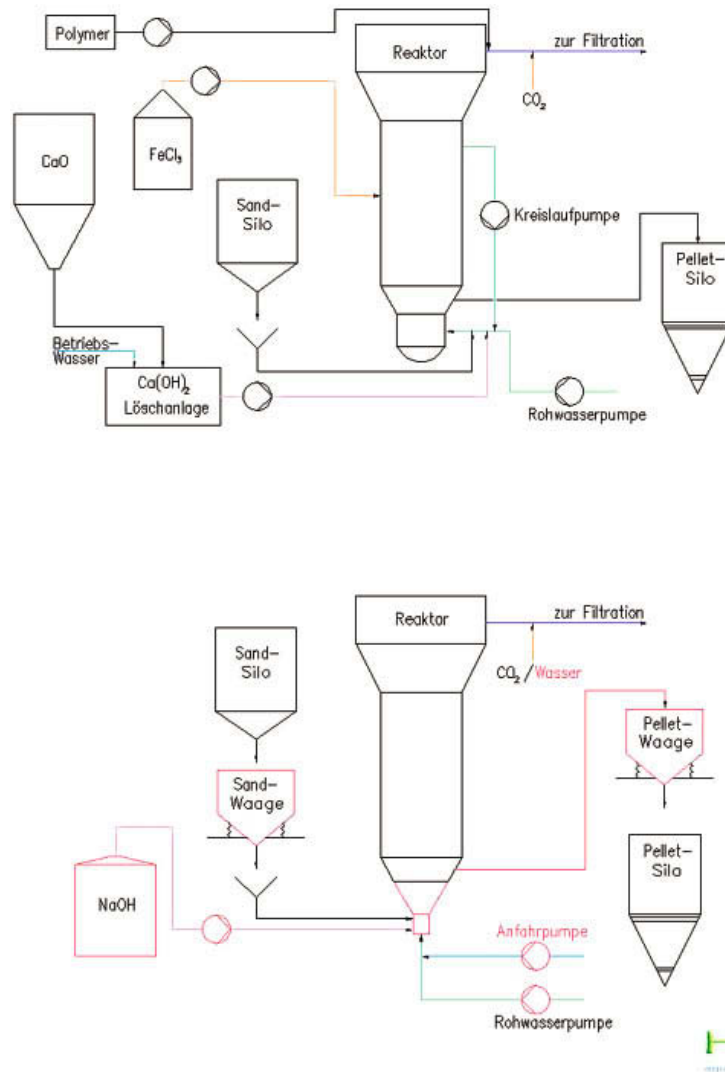


Bild 1.
Prozessschema der alten (oben) und sanierten (unten) SEK im WW Rheinau.

Bestehende SEK-Anlage im WW Rheinau

Bis Ende 2009 wurde im WW Rheinau ein Teilstrom des Rohwassers über eine 3-straßige SEK-Anlage mit Kalkmilch enthärtet. Im zylindrischen Teil der SEK-Reaktoren erfolgte eine Dosierung von Eisen(III)-chlorid zur Flockung, um zusammen mit einer im Reaktorablauf dosierten Polymerlösung die Trübstoffrückhaltung in der nachgeschalteten Mehrschichtfiltration zu verbessern. Der Impfsand, welcher dem Prozess als Kristallisations-

masse zur Abscheidung des Kalks aus dem Rohwasser dient, wurde ohne messtechnische Überwachung kontinuierlich in den Reaktorlauf dosiert. Die mit Kalkmantel angewachsenen Sandkörner –sog. Pellets– wurden diskontinuierlich aus dem Reaktor abgezogen und bis zur Abholung in einem Pelletsilo gelagert. Die Kalkmilch wurde diskontinuierlich durch Löschen von Branntkalk in einer Pasten-Löschanlage hergestellt und in zwei Vorlagebehältern zwischengespeichert. Abhängig vom Wasser-

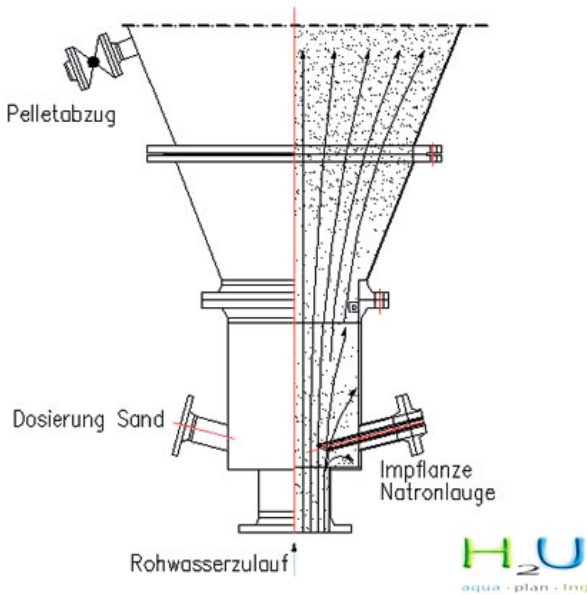


Bild 2. Neuer Anstrom der Reaktoren im Wasserwerk Rheinau.

Änderungen und Optimierung des Prozesses

Die verfahrens- und elektrotechnische Sanierung und Optimierung umfassen folgende Anpassungen im Enthärtungsprozess (**Bild 1**, unten):

- Die selbstbereitete Kalkmilch wird durch 45 %-ige Natronlauge ersetzt.
- Der tangentielle Anstrom der Reaktoren wird auf eine zentrische Zuführung des Rohwassers verändert (**Bild 2**).
- Anstelle des Kreislaufbetriebs bei Stillstand der Reaktoren wird

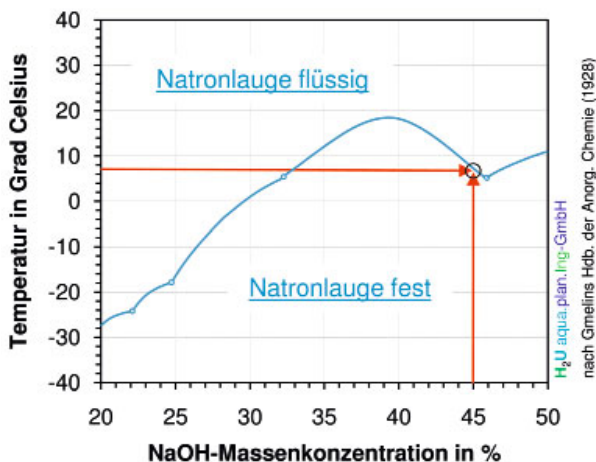


Bild 3. Erstarrungspunkte von Natronlauge in Konzentrationen zwischen 20 und 50 %.

ein diskontinuierlicher An- und Abfahrbetrieb mit einer Anfahrpumpe realisiert.

- Die Dosierung des Flockungsmittels Eisen(III)-chlorid konnte durch den Einsatz eines besser geeigneten Polymerproduktes bereits im Altbetrieb mit Kalkmilch außer Betrieb genommen werden. Bei Einsatz von Natronlauge wird außerdem die Belastung der Trübstofffilter derart verringert, dass auch auf das Polymer verzichtet werden kann.
- Die Zufuhr von Impfsand und der Abzug von Pellets werden durch den Einsatz moderner Wägetechnik erfasst und automatisiert [1].
- Im Betriebsversuch wurde als Impfmateriale sowohl Quarzsand (0,2-0,4 mm) als auch Calcilit (Kalkstein, 0,1-0,35 mm) mit zufriedenstellenden Ergebnissen getestet. Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit kommt der kostengünstigere Quarzsand zum Einsatz.
- Die Einmischung der Natronlauge wird mit einer in den Rohwasserstrom ragende Impflanze verbessert, die während des Betriebs gewechselt werden kann (**Bild 2**).
- Die Prozessüberwachung wird durch eine online-Messung der Gesamthärte im Ablauf jedes Reaktors verbessert.
- Durch Einsatz einer CO₂-Starkwasserbereitung wird der Wirkungsgrad des Gaseintrags vor der offenen Trübstofffiltration erhöht.
- Die elektrotechnische Installation wird vollständig erneuert und modernisiert.
- Das Prozessleitsystem wird erweitert und die gesamte Überwachung der SEK Anlage verbessert.

Aspekte zum Einsatz von Natronlauge zur Schnellentkarbonisierung

Natronlauge ist eine durchaus gängige Chemikalie zur Enthärtung in der Trinkwasseraufbereitung [2, 3]. Meist wird NaOH aus korrosionschemischen Gründen eingesetzt, häufig auch in Kombination mit Kalkmilch. Natronlauge ist frei von Trübstoffen, sehr schnell löslich und dadurch sehr reaktiv, so dass ein stabiler Enthärtungsprozess mit vergleichsweise geringen Rest-Trübungen im Ablauf der Reaktoren resultiert. Dies zeigte sich auch im Betriebsversuch: Der umgerüstete Reaktor lief sehr stabil mit Trübungswerten im Ablauf von in der Regel deutlich unter 1 NTU. Die Wahl der Massenkonzentration der NaOH ist ein wichtiger Aspekt, da Lagerung und Dosierung unter Einbeziehung des Erstarrungspunktes geplant werden müssen. Wegen der Transportkosten sind möglichst hohe Konzentrationen anzustreben. Hier bietet sich häufig der Einsatz einer 45 %-igen NaOH-Konzentration an, da hier im Bereich der höheren Einsatzkonzentrationen eine Senke der Erstarrungstemperatur vorliegt (**Bild 3**). Aus Gründen der Betriebssicherheit und der Flexibilität gegenüber der Konzentration der angelieferten NaOH wird eine Temperaturüberwachung in Kombination mit geeigneter Heiztechnik für die NaOH-Lagerung und -dosierung im WW Rheinau installiert.

Die Natronlauge wird dem Rohwasser im Reaktortopf mengenproportional zudosiert. Zur Verbesserung der Einmischung wird hinter der Dosierpumpe ein Nullhärtewasser zugegeben. Dieses Wasser wird auch zur Spülung der Dosierleitung eingesetzt. Neben den betrieblichen Aspekten spielt selbstverständlich auch die Wirtschaftlichkeit eine entscheidende Rolle für eine Entscheidungsfindung: Im Vergleich zu Kalkprodukten ist der Preis von NaOH in höherem Maße abhängig von der Wirtschafts- und Marktsituation und unterliegt somit

größeren Marktpreisschwankungen, die besonders 2007 und 2008 zu einer deutlichen Preiserhöhung führten. Im Zuge der aktuellen Entwicklungen ist seit Mitte 2009 ein spürbarer Preisrückgang auf ein Niveau vor der Wirtschaftskrise zu verzeichnen. Bezüglich ökologischer Aspekte ist zu berücksichtigen, dass bei der Trinkwasseraufbereitung in der Regel Natronlauge mit sog. „Membranqualität“ zur Anwendung kommt. Dieses Herstellungsverfahren ist im Vergleich zu den konventionellen Varianten weniger energieintensiv. Der Energiebedarf für die Produktion liegt bei Natronlauge um ca. 0,3 kWh pro kg Produkt über dem von Branntkalk [4]. Die für die SEK zukünftig eingesetzte Natronlauge wird ca. alle 10 Tage mit einem Silozug angeliefert.

Auswirkung auf die Enthärtung und die Trinkwasserqualität

Die Umstellung von Kalkmilch auf Natronlauge hat nicht nur Effekte auf betriebliche Belange, sondern auch Auswirkungen auf die wasserchemischen Parameter des Trinkwassers. Die Unterschiede sind verallgemeinert in **Bild 4** dargestellt. Bei Einstellung der gleichen Härte (Calcium- und Magnesium, ehem. Gesamthärte) sind bei Einsatz von Natronlauge (NaOH) die Verminderung der Säurekapazität (Hydrogenkarbonat = ehem. Karbonathärte) und die abgeschiedene Kalkmenge nur ungefähr halb so groß wie beim Einsatz von Kalkmilch ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Die Natriumkonzentration erhöht sich äquivalent zur eingesetzten Natronlauge.

Im Fall des WW Rheinau wird die Natriumkonzentration im Trinkwasser auf circa 30–40 mg/L ansteigen und liegt damit bei circa 20% des Grenzwertes der Trinkwasserverordnung (200 mg/L). Die Änderung der Wasserchemie spiegelt sich auch in den Korrosionseigenschaften des Trinkwassers gegenüber den Rohrleitungswerkstoffen wider.

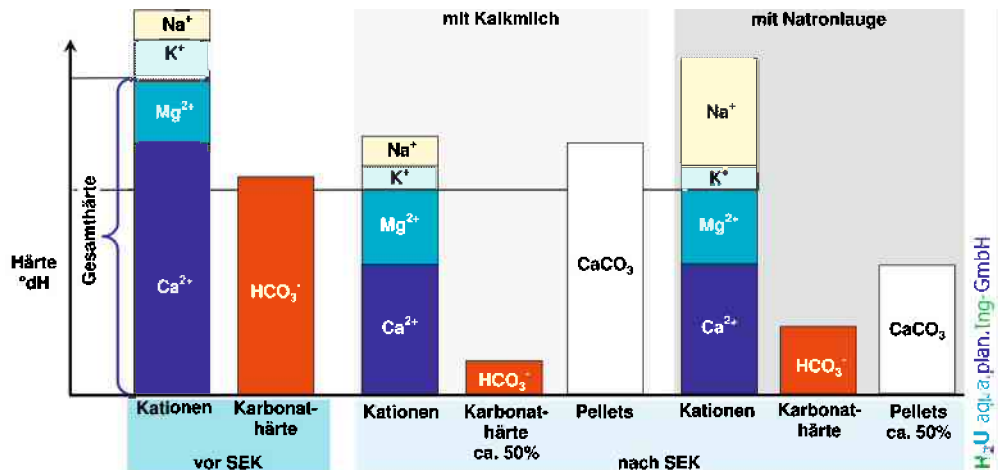


Bild 4. Exemplarische Darstellung der wasserchemischen Parameter bei der SEK mit Kalkmilch oder NaOH.

Bei Einsatz von Natronlauge wird das Korrosionsrisiko durch die erhöhte Säurekapazität ($K_{S4,3}$) etwas vermindert.

Physikalische Entsäuerung sinnvoll?

Oftmals ist die Integration einer Stufe zur physikalischen Entsäuerung des Rohwasser vor der Schnellentkarbonisierung wirtschaftlich sinnvoll, da durch den Austrag von freier Kohlensäure Kalkmilch bzw. Natronlauge eingespart werden kann. Auch im WW Rheinau wurde die Integration einer physikalischen Entsäuerungsstufe in die Bestandsanlagen vor der Enthärtung zur Minimierung der NaOH-Einsatzmenge geprüft. Die Betrachtung ergab, dass der erforderliche Kapitaldienst für den Einbau dieses Verfahrensschrittes nicht durch die zu erwartende Betriebskostensparnis für Natronlauge amortisiert werden kann.

Wirtschaftlichkeit

Die spezifischen Kapitaldienstkosten für die Umrüstung und Modernisierung der Verfahrens- und Elektrotechnik liegen bei circa 0,03 €/m³. Unter Berücksichtigung aller Kostenaspekte weist die nun zur Ausführung gelangende Lösung gegenüber einer Sanierung der Kalkmilchaufbereitung Kostenvorteile in Höhe von etwa 10% auf. Auf

Basis der aktuellen Marktpreise wäre der Kostenvorteil bis zu einer Preiserhöhung der NaOH um circa 34% gegeben. Die Einsparpotenziale ergeben sich durch einen stabileren, weniger betriebsintensiven Betrieb, durch Einsparungen bei den Betriebsmitteln, weniger Filterspülungen, Entfall des Kreislaufbetriebs und durch verminderten Entsorgungsaufwand der geringeren Schlamm- und Pelletmengen.

Zusammenfassung, Stand der Maßnahme und Fazit

Anstehende Sanierungsmaßnahmen im WW Rheinau waren Anlass für eine Überprüfung grundsätzlicher Optimierungspotenziale der SEK-Anlage. Dabei wurden verschiedenste Aspekte wie Prozessoptimierung, Steuerung, Einsatzstoffe, Wasserchemie usw. beleuchtet und zu einem schlüssigen Gesamtkonzept zusammengefügt. Nach Verifizierung des Konzeptes durch einen Betriebsversuch wird die Enthärtungs-/Entkarbonisierungsstufe im WW Rheinau nun für einen sicheren und stabilen Betrieb in den kommenden 30–40 Jahren ertüchtigt. Die Kalkmilch wird gegen 45%-ige Natronlauge ausgetauscht, so dass Branntkalklagerung und Kalkmilchbereitung zukünftig entfallen. Die jährlichen Schlamm- und Pelletmengen werden dadurch nahezu halbiert. Zusätzlich sind die



Bild 5. Sanierte Reaktoren im WW Rheinau.

Betriebsmittel Eisen(III)-Chlorid und Polymer nicht mehr erforderlich. Der energieintensive Kreislaufbetrieb wird rückgebaut und die CO₂-Dosierung effektiver gestaltet. Die messtechnische Erfassung der Impf-

sandzugabe und des Pelletabzugs ermöglicht eine Automatisierung dieser Prozesse. Schließlich werden durch die umfangreiche Modernisierung der Elektro- und Messtechnik sowie einer intelligenten Programmierung eine automatisierte Prozessführung und eine verbesserte Prozessüberwachung der SEK-Stufe erreicht. Aktuell findet vor Ort die Umrüstung statt: Der Rückbau der nicht mehr erforderlichen Anlagenteile ist abgeschlossen, die Reaktoren sind saniert (**Bild 5**), und die verfahrens- sowie elektrotechnische Installation wird bis Mitte April 2010 abgeschlossen. Nach der anschließenden Inbetriebnahme kann das Wasserwerk Rheinau Anfang Mai 2010 den Enthärtungsbetrieb wieder aufnehmen und die Stadt Mannheim mit enthärtetem Wasser versorgen.

Durch eine gründliche Überprüfung im Vorfeld und eine umfassende Betrachtungsweise konnte im WW Rheinau eine maßgeschneiderte technische Lösung realisiert werden, welche eine wirtschaftliche, stabile und effiziente Wasseraufbereitung für die kommenden Jahrzehnte sichert.

Literatur

- [1] Urban, Vogelsang: Entwicklung und Einsatz einer neuen, automatisierten Enthärtungsreaktor-Generation. gwf-Wasser|Abwasser 140 (1999) Nr. 8, S. 544–552.
- [2] DVGW: Zentrale Enthärtung von Wasser in der Trinkwasserversorgung – Teil 1: Grundsätze und Verfahren. Technische Regel W 235-1, 10/2009, S.13.
- [3] Wisotzky, Denzig: Optimierung eines Schnellentcarbonisierungsreaktors in Bocholt. bbr (2005) Nr. 3, S. 54–59.
- [4] Nissing: Entsäuerungsverfahren bei der Trinkwasseraufbereitung. energie|wasser-praxis (2007) Nr. 6.

Kontakt:

Dipl.-Ing. Michael Graf,
H2U aqua.plan.Ing-GmbH,
Siemesdyk 64,
D-47807 Krefeld,
Tel. (02151) 70498-0,
Fax (02151) 70498-79,
Email: Michael.Graf@h2u.de,
www.h2u.de

Dipl.-Ing., MSc Claudia Harms,
MVV Energie AG,
Luisenring 49, D-68159 Mannheim,
Tel. (0621) 290 53 09,
Fax (0621) 290 53 12,
E-Mail: C.Harms@mvv.de,
www.mvv.de