

Innovative Trinkwasserenthärtung bildet Basis für europäisches Gemeinschaftsprojekt

Im Rahmen eines grenzüberschreitenden EU-Förderprojektes „Sicherstellung der Wasserversorgung im deutsch-luxemburgischen Grenzgebiet“ vereinbarten die drei an der Mosel liegenden, benachbarten Wasserversorgungsverbände SIDERE (Luxemburg), die Verbandsgemeindewerke Konz (VGW Konz) und die Wasserversorgung Saar-Obermosel (WSO) einen gemeinsamen Maßnahmenplan, um die Wasserversorgung auch in der Zukunft sicherstellen zu können.

Die hydraulische Kapazität der bestehenden zentralen Trinkwasseraufbereitungsanlage Wasserliesch (Verbandsgemeindewerke Konz) musste hierfür erweitert und die einzelnen Verfahrensstufen der etwa 30 Jahre alten Anlage grundlegend saniert und an den neuesten Stand der Technik angepasst werden.

Ausgangssituation

Der 1994 gegründete luxemburgische Trinkwasserverband SIDERE (Syndicat Intercommunal pour la Distribution d'Eau potable dans la Région de l'Est) versorgt heute ein Gebiet mit insgesamt elf Gemeinden und einem täglichen Wasserverbrauch von bis zu 11 000 m³. Der stetige Anstieg des Wasserverbrauchs sowie mehrere Trockenzeiten verdeutlichten die besorgniserregende Wasserknappheit in diesem Gebiet. Mit weitreichenden Infrastrukturmaßnahmen wie dem Ausbau zentraler Wasserreservoirs konnten drohende Versorgungsengpässe zwar vermieden, das grundsätzliche Problem der Wasserknappheit aber nicht gelöst werden.

Die Verbandsgemeindewerke Konz (VGW Konz) mit den Betriebszweigen Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung entstanden im Zuge der Verwaltungsreform im Jahre 1976. Nach der neuen Gemeindeordnung wurden die Aufgaben der Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung von den einzelnen Ortsgemeinden auf die neu gegründeten Verbandsgemeinden übertragen. Die VGW Konz versorgen die Stadt Konz mit zahlreichen umliegenden Ortsteilen und Gemeinden mit insgesamt rund 32 000 Einwohnern und einer jährlichen Wasserabgabe von über 1,4 Mio. m³.

Das ehemalige Kreiswasserwerk Trier-Saarburg wurde im Jahr 2009 aufgelöst und die bestehenden Anlagen in die neu gegründete



Bild 1. Panoramabild Wasserwerk. © VGW Konz

Wasserversorgung Saar-Obermosel (WSO) überführt. Diese beliefert die VG Konz und die VG Saarburg mit Trinkwasser, das von dort an die Ortsgemeinden weiterverteilt wird.

Förderprogramm INTERREG

Mit Mitteln aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung fördert die Europäische Union die grenzübergreifende Zusammenarbeit benachbarter Gebiete, um einen gemeinsamen Lebens-, Natur- und Wirtschaftsraum zu schaffen und die Grenzregionen nachhaltig zu stärken. Das unterstützte Projekt „Sicherung der Wasserversorgung der Bevölkerung beidseitig der Mosel im deutsch-luxemburgischen Grenzgebiet“ (www.interreg-4agr.eu) bietet einen Lösungsansatz zur Sicherung der Wasserversorgung durch eine grenzüberschreitende Zusammenarbeit.

Mit der Zusammenarbeit und der Schaffung gemeinschaftlicher

Strukturen (Vernetzung der beiden Versorgungssysteme) versprach man sich sowohl eine Verbesserung in den Qualitätsstandards als auch in der Wirtschaftlichkeit der Wasserversorgung.

Mit der zentralen Zielvereinbarung der Wasserlieferung nach Luxemburg wurden folgende geförderte Netto-Investitionen notwendig.

Auf deutscher Seite (VG Konz):

- Neubau Brunnen 6 in Wasserliesch
- Umbau/Sanierung Trinkwasserenthärtung im ZHB Wasserliesch
- Erneuerung der Maschinenteknik im PW Oberbillig

Auf luxemburgischer Seite (SIDERE):

- Bau eines Dükers durch die Mosel
- rund 1000 m Wasserleitungsbau
- Bau eines Übergabeschachtes.

Die budgetierten Gesamtinvestitionen in Höhe von 2 812 800 € werden





Bild 2. Neue Einströmung SEK-Reaktor.

© Hydro-Elektrik GmbH

von der EU im Rahmen des Programms INTERREG IV A Großregion 2007–2013 mit rund 843 840 € gefördert.

Wasseraufbereitung mit SEK-Enthärtung in Wasserliesch

Das Rohwasser aus mehreren Tiefbrunnen im Allbachtal wird seit 1977 im Hochbehälter Wasserliesch gesammelt. Bereits im Jahr 1984 konnte eine Aufbereitung mit Enthärtung nach dem SEK-Verfahren (Schnellentkarbonisierung) mit anschließender Mehrschichtfiltration in Betrieb genommen werden.

Eine Enthärtung in Konz war notwendig, um den hohen Härtegrad des Grundwassers von 28°dH zu halbieren. Eine weitergehende Absenkung der Wasserhärte auf Werte unter 15°dH war – und ist – aufgrund des hohen Magnesiumgehaltes im Rohwasser mit der Schnellentkarbonisierung nicht realisierbar.

Die Enthärtungsanlage bestand im Wesentlichen aus einem etwa

10 m hohen Reaktor zur Entkarbonisierung mit Kalkmilch- und Quarzsanddosierung. Das Rohwasser wurde aus den verschiedenen Tiefbrunnen als erster Aufbereitungsschritt dem geschlossenen SEK-Enthärtungsprozess zugeführt. Gleichzeitig erfolgte die mengenproportionale Beimischung von Kalkmilch und diskontinuierlich eine Quarzsandzugabe als Kontaktkorn. Die im Wirbelbett anwachsenden Kalkpellets wurden dem Prozess diskontinuierlich entnommen und einer landwirtschaftlichen Verwertung zugeführt. Das enthärtete Wasser (Gesamthärte etwa 15–16°dH) wurde aus dem Reaktor im freien Ablauf über eine geschlossene Einsicht-Druckfilteranlage zur Trübstoffelimination in den zentralen Hochbehälter weitergeleitet.

Der gesamte Aufbereitungsprozess verlief in seinen wesentlichen Schritten automatisch. Die Prozesssteuerung der Enthärtung, die hydraulische Anpassung an den schwankenden Wasserbedarf, die Kalkmilchaufbereitung und -zuführung, die Kontaktkorneinspeisung sowie der Pelletsabzug mussten nach nahezu 30-jährigem Anlagenbetrieb erneuert und mit einer zentralen modernen Prozesssteuerung aufeinander abgestimmt werden.

Sanierung und Optimierung

Ziel der im Jahr 2011 begonnenen Sanierungsarbeiten an der zentralen Wasserenthärtungsanlage im Hochbehälter Wasserliesch (**Bild 1**) war es, künftig rund 1 Mio. m³/a aus den vorhandenen und neuen Tiefbrunnen zu enthärten und aufzubereiten. Die Grundidee der Modernisierungsarbeiten an der bestehenden Anlage war, wesentliche vorhandene Installationen weiterhin zu nutzen und diese sowohl technisch als auch im Betriebsablauf optimal an den zukünftig gesteigerten Wasserbedarf anzupassen. Zusätzlich zur hydraulischen Erweiterung der Gesamtanlage sollte ein weiteres Absenken der Gesamthärte des stark magne-

siumhaltigen Wassers ermöglicht werden. Neben der Sanierung des SEK-Reaktors und Modernisierung des Prozessablaufes wurden sämtliche mit dem Enthärtungsprozess verbundenen peripheren Anlagen von Grund auf neu gestaltet.

Durch die Integration einer Nanofiltrationsanlage (NF-Anlage) in den Bypass der SEK-Enthärtung konnte sowohl die Enthärtungsleistung als auch der hydraulische Durchsatz der Anlage gesteigert werden. Ein neu aufgebautes Prozessleitsystem (PLS) mit moderner Steuerungs-/Regelungstechnik gewährleistet einen möglichst autonomen und wirtschaftlich optimalen Betriebsablauf.

Das vorhandene Vorratssilo zur Aufnahme des Kalkhydrats wurde in seinem Fassungsvermögen auf rund 65 m³ erweitert. Über zwei volumetrisch arbeitende Trocken- und Dosiereinrichtungen werden in alternierender Fahrweise zwei Kalkmilchansetz- bzw. -dosierbehälter beschickt.

Ein komplett neu aufgebautes Kalkmilchdosier- bzw. Ringleitungssystem besorgt die Härte bzw. pH-Wert gesteuerte Kalkmilchdosierung in den SEK-Enthärtungsprozess. Die Kalkmilchdosierung wird gewährleistet durch zwei redundante Kreisdruckpumpen die für die Aufrechterhaltung des Versorgungssystemdrucks im Ringleitungssystem sorgen.

Die Impfkornbeschickung mit Quarzsand in den SEK-Reaktor wurde ebenfalls komplett neu errichtet und voll automatisiert. Abhängig von der Größe des Pelletswirbelbetts im Reaktor wird dem Enthärtungsprozess im laufenden Betrieb von Zeit zu Zeit Quarzsand zugegeben. Die automatische Zugabe erfolgt durch eine Verfahrenseinheit, bestehend aus einem Quarzsandspeicher, einer Zellerdschleuse und einer mit Betriebswasser beschickten Elevatorförderstation.

Die Entnahme der überschüssigen Pelletsmasse aus dem SEK-

Reaktor erfolgt diskontinuierlich und prozessgesteuert im laufenden Reaktorbetrieb. Die Pellets werden über eine Öffnung im Düsenboden unterhalb des konischen Reaktorbereichs durch eine einfache Kreiselpumpe in außen liegende Siebcontainer gefördert. Von hier werden sie einer landwirtschaftlichen Verwertung zugeführt.

Der bestehende SEK-Reaktor wurde in seinem unteren Bereich (Rohwasserzugabe und Wirbelbett) komplett erneuert (**Bild 2**). Hierfür wurde der komplette untere Rohwasserbereich abgetrennt, um einen neuartigen Düsenboden einbauen zu können. Die Installation eines Zwischenbodens in der SEK-Enthärtungstechnik hat sich bereits in dem als „Rastatter Verfahren“ bekannten Prozess unter Anwendung von Kalkmilch bestens bewährt. Der Einbau des Glockendüsenbodens als Zwischenboden in den vorhandenen SEK-Reaktor hat entscheidende Vorteile für den Prozessablauf, in der Wartung der Reaktoranlage und somit in der Wirtschaftlichkeit. So ist es mit den neu entwickelten Systemdüsen möglich, unter Zugabe von Kalkmilchsuspensionen eine klare Abtrennung zwischen dem Pelletswirbelbett und der Rohwasserkammer sicher zu gewährleisten. Eine strömungstechnische Optimierung im Zugabebereich des Reaktors ist in der Regel nicht notwendig und es finden auch keine Sand- bzw. Pelletsverschleppungen in Richtung Rohwasserzugabe statt. Sämtliche rohwasserseitige Armaturen, Aggregate und Rohrleitungen sind somit geschützt.

Ein Anfahren des Reaktors mit Erzeugung einer gleichförmigen Kolbenströmung ist durch den Düsenboden und die darauf abgestimmte Prozesssteuerung jederzeit gewährleistet. Durch eine optimierte und variable Kalkmilchzuführung über Dosierlanzen oberhalb des Düsenbodens sind eine optimale Reaktionskinetik und eine damit verbundene optimale Ausnutzung der Kalkmilchaktivität ge-



Bild 3.
SEK-Reaktor
(links) mit
Filteranlage
(Mitte).

© VGW Konz

Technische Daten Gesamtanlage (Bild 3)

Trinkwasserproduktion: ca. 1 400 000 m³/a

Enthärtungsleistung: von 28°dH auf ca. 13–14°dH
durch Ca(OH)₂-Zugabe und NF-Permeatbeimischung

SEK-Reaktor: mittlere tägliche Fördermenge: $Q_m = 2700 \text{ m}^3/\text{d}$
maximale Fördermenge: $Q_{\text{max}} = \text{ca. } 3000 \text{ m}^3/\text{d}$ (130 m³/h)
Durchmesser/Fläche: 1,40 m/1,54 m²
Höhe: ca. 10 m (gesamt)
Aufstiegsgeschwindigkeit: 55–85 m/h

NF-Membrananlage: mittlere tägliche Fördermenge: $Q_m = 550 \text{ m}^3/\text{d}$
maximale Fördermenge: $Q_{\text{max}} = \text{ca. } 670 \text{ m}^3/\text{d}$ (28 m³/h)
Modulare Rack-Anlage mit 8" Wickelmodulen
CIP-Station, Doppel-Kerzenfilter
Antiscalantdosierung,
CO₂-Dosierung mit mengenproportionaler Massenregelung
Flux: 23,8 L/m² · h

währleistet. Die Pelletsentnahme erfolgt ebenfalls über eine Öffnung im Düsenboden, unterstützt durch strömungsrichtende Einbauten.

In dem SEK-Enthärtungsprozess wurde nachträglich eine sogenannte Kreislaufwasserführung integriert. Zur Vermeidung möglicher Verklumpungen ist es vorgesehen, dass bei längeren Produktionsstillstandszeiten eine leichte Turbulenz im Pelletswirbelbett durch eine „sanfte Kreislaufauffahrt“ sichergestellt werden kann. Die Kreislaufpumpen gewährleisten eine interne Wasserzirkulation mit minimaler Aufstiegeschwindigkeit im Reaktor.

Der Auslauf aus dem druckgeschlossenen Reaktor erfolgt über

eine „Überlaufmulde“ im Reaktorkopf. Das über die NF-Membrananlage enthärtete und damit kohlendioxidhaltige Bypasswasser wird in den Reaktorkopf zugeführt, um die Härte weiter abzusenken und die Nachverkalkung im Rohrleitungssystem bis zu den Filtern zu unterbinden.

Die Feed-Wassermenge der Membrananlage beträgt etwa 35 m³/h, die Permeatmenge 28 m³/h und der Konzentratanfall 7 m³/h. Mit Drucksteigerungspumpen vor der Anlage wird die erforderliche Druckhöhe (rund 7,5 bar) erzeugt. Eine Vorfiltereinheit schützt die Membranen vor partikulären Verschmutzungen aus den Förderbrunnen.

Tabelle 1. Prozessparameter der Aufbereitungsanlage im WW Wasserliesch vor und nach der Anlagenoptimierung.

© IB Eppler

Parameter		Rohwasser	nach Aufbereitung mit alter SEK-Anlage	SEK- und NF-Anlage (Reaktorauslauf)	SEK- und NF-Anlage (Versorgungsnetz)	
		Brunnen 3 und 5	Zustand vor 2012	ohne CO ₂ -Dosierung	mit CO ₂ -Dosierung (80 mg/L)	mit CO ₂ -Dosierung (80 mg/L)
pH-Wert		7,35	7,91	8,13	7,6	7,94
Temperatur	[°C]	11,5	11,5	11,8	12,5	13,3
el. Leitfähigkeit (25 °C)	[µS/cm]	–	ca. 500	512	431	495
Ca	[mg/L]	101,7	32,6	33,8	37,9	41,4
Mg	[mg/L]	50,1	49,3	38,8	34,5	37
Gesamthärte	[°dH]	25,7	15,9	13,6	13,2	14,3
Trübung	[FNU]	–	0,11	14,6	15,74	0,22
Calcit-Lösekapazität	[mg/L]	–	–2,63	–3,7	2,83	–5,8
Sättigungsindex		0,16	0,31	0,18	–0,02	0,47
Ks 4,3	[mol/m ³]	7,03	3,15	2,93	3,32	3,27
KB 8,2	[mol/m ³]	1,04	0,03	0	0,15	0,03
NO ₃ ⁻	[mg/L]	1,8	3,3	2,1	5,7	1,6
Cl ⁻	[mg/L]	33,9	37,7	34,4	8,9	30,4
SO ₄ ²⁻	[mg/L]	105,4	91,2	80,8	63,4	83,2

Zur Vermeidung anorganischer Belagsbildung auf den Membranen wird ein phosphatarmes Antiscalant dosiert. Zur weiteren Reduzierung der Antiscalantdosierung und der Anpassung des CO₂-Gehalts im Bypasswasserstrom wird aus einem Vorratstank zusätzlich CO₂ zugegeben. Eine weitere CO₂-Zugabe zur pH-Werteinstellung (Annäherung an den Gleichgewichts-pH-Wert) im Reaktorablauf wurde ebenfalls realisiert.

Prozessparameter

Tabelle 1 zeigt beispielhaft die Aufbereitungsleistung der Gesamtanlage im WW Wasserliesch vor und nach der Anlagenoptimierung. Für die Auswertung und den Vergleich der Daten sind die jeweils unterschiedlichen Rohwasserzusammensetzungen zu berücksichtigen. Die wesentlichen Merkmale sind:

- Die Gesamthärte kann von etwa 16°dH auf rund 14°dH reduziert werden.

- Die Zumischung von saurem Permeat (ggf. mit CO₂ angereichert) im Reaktorkopf vermindert die Kalkabscheidung im Reaktorauslauf und verbessert die Ablauftrübung bei vergleichbarer Rohwassermatrix (**Tab. 1**).

Zusammenfassung

Die dargestellte Sanierungs- und Optimierungsmaßnahme der bestehenden Trinkwasserenthärtungsanlage der Verbandsgemeindewerke Konz bildet den Schlüssel zur beispielhaften grenzübergreifenden Zusammenarbeit zwischen luxemburgischen und deutschen Wasserversorgungsverbänden. Entstanden aus einem europäischen Gemeinschaftsprojekt zur Sicherung der Wasserversorgung der Bevölkerung dies- und jenseits der Mosel musste die vorhandene Wasseraufbereitungs- und Enthärtungsanlage im Wasserwerk Wasserliesch in ihrer Mess-, Regel- und Steuerungstechnik komplett überarbeitet und neu

aufgebaut werden. Aufgabe war es, die vorhandenen Installationen weitestgehend zu nutzen und die vorhandene Aufbereitungstechnik prozesstechnisch und hydraulisch optimal dem zukünftig um etwa 20% höheren Wasserbedarf anzupassen. Nach den Maßnahmen zur Anpassung der bestehenden Filterstufen an den höheren hydraulischen Durchsatz wurde eine moderne Mess-, Regel- und Steuerungstechnik für den Aufbereitungs- und Enthärtungsprozess in die Schaltanlage integriert. Die Hauptanforderungen für den Planer waren die Erhöhung der Wasserproduktion des gesamten Aufbereitungsprozesses und die dauerhafte Absenkung der Zielhärte durch eine komplette Modernisierung der bestehenden SEK-Enthärtungsanlage. Durch eine Kombination der bestehenden SEK-Technik und einer modernen Membranenthärtungstechnik im Zusammenwirken mit einer auf den Prozess- und Betriebsablauf abge-

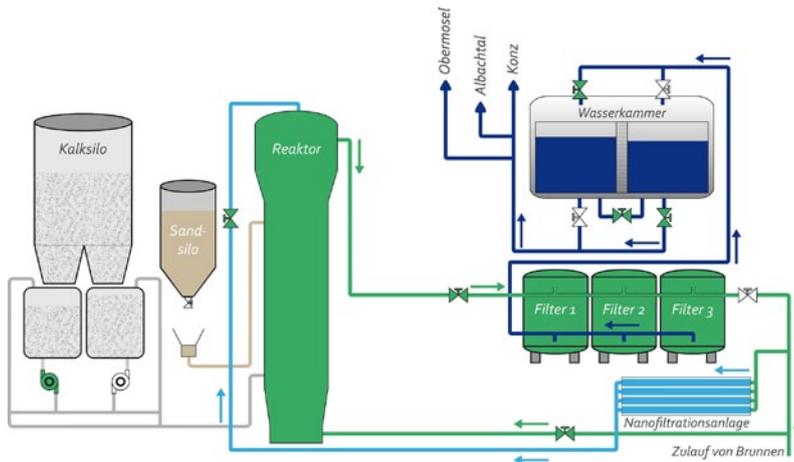


Bild 4. Vereinfachtes Prozessschema.

© IB Eppler

stimmten EMSR-Technik konnten beide Ziele erreicht werden.

Trinkwasserenthärtung – Erläuterung zum Schema (Bild 4)

Im „Wirbelschichtverfahren“ wird das Rohwasser im Reaktor aufwärts geleitet. Unter Zugabe von Kalkmilch strömt das Rohwasser von unten durch den Reaktor durch einen speziellen Düsenboden, sodass sich das Sandbett zu einem fluidisierten Wirbelbett ausdehnen kann.

Durch die pH-Wert-Anhebung lagert sich Kalk auf den Sandkörnern schalenförmig an und es werden Pellets (Kalkperlen) gebildet, die nach und nach dem Prozess automatisch entnommen werden.

Durch die Integration einer Nanofiltrationsanlage im Bypass einer SEK-enthärtungsanlage lässt sich die Wasserhärte weiter reduzieren. Mit der Anlagenoptimierung wurde erstmalig ein Aufbereitungsverfahren ausgewählt, das zwei technisch unterschiedliche Enthärtungsverfahren in einer zentralen Anlage miteinander vereint. Der wesentliche Vorteil hierin lag in der Erhaltung der vorgegebenen SEK-Reaktortechnik und des damit verbundenen Betriebsablaufs. Eine moderne speicherprogrammier-

bare Steuerung (SPS) sorgt für einen automatisierten Betriebsablauf und gewährleistet eine hohe Verfügbarkeit der Anlagentechnik.

Autoren:

Ralf Zorn,
Wassermeister,
Verbandsgemeindewerke Konz,
An der Granahöhe,
D-54332 Wasserliesch,
Tel. (06501) 9472-990,
Fax (06501) 83-107,
E-Mail: zorn.fb5@konz.de,
www.konz.de

Ulrich Kornhaas,
Geschäftsführer Ingenieurbüro
ALWIN EPPLER GmbH & Co. KG,
Gartenstraße 9,
D-72280 Dornstetten,
Tel. (07443) 944-65,
Fax (07443) 944-50,
E-Mail: ulrich.kornhaas@eppler.de,
www.eppler.de

Thomas Gessler,
HydroGroup/Hydro-Elektrik GmbH,
Angelestraße 48/50,
D-88214 Ravensburg,
Tel. (0751) 6009-46,
Fax (0751) 6009-33,
E-Mail: thomas.gessler@hydrogroup.de,
www.hydrogroup.de