

bbr

Wasser und Rohrbau

Sonderdruck aus Ausgabe 9/1997

Das Rösrather Verfahren – ein neues Hochleistungsverfahren zur Entsäuerung von Wasser mit Kalkmilch

Dieter Stetter, Horst Overath



Rudolf Müller

Das Rösrather Verfahren – ein neues Hochleistungsverfahren zur Entsäuerung von Wasser mit Kalkmilch

Dieter Stetter, Horst Overath

Das Rheinisch Westfälische Institut für Wasserchemie und Wassertechnologie (IWW) hat erfolgreiche Versuche mit einem neuartigen Verfahren zur Entsäuerung von Wasser mit einer dosierfertigen und schnelllöslichen Calciumhydroxid-Suspension durchgeführt. Dieses neue Verfahren kommt insbesondere für Rohwässer in Frage, die entsäuert, aufgehärtet und aufgrund geringer Eisen- und Mangankonzentrationen filtriert werden müssen. Es zeichnet sich durch niedrige Investitionskosten aus und ist besonders geeignet, wenn nur wenig Raum zur Verfügung steht und/oder die Anlage hydraulisch geschlossen bleiben soll.

1. Einleitung

Die Entsäuerung von Wasser mit Calciumhydroxid in Form von Kalkmilch oder Kalkwasser wird im Rahmen der Trinkwasseraufbereitung seit langem praktiziert. Mit Calciumhydroxid wird vor allem dort entsäuert, wo eine Erhöhung der Calciumkonzentration im Trinkwasser erwünscht ist, der Gehalt an anorganischem Kohlenstoff (TIC) aber nicht wesentlich erhöht werden muß, da das Wasser ausreichend gepuffert ist. Gelegentlich werden

Kalkwasser oder Kalkmilch auch nach dem Zusatz von Kohlenstoffdioxid dosiert, um bei einem weichen Wasser neben der Gesamthärte auch die Karbonathärte deutlich zu erhöhen. Kalkwasser wird vor allem am Ende der Trinkwasseraufbereitung zur Einstellung des pH_C dosiert, aber häufig auch – insbesondere bei der Talsperrenwasseraufbereitung – vor Entmanganungsfiltern.

Seit ca. 10 Jahren sind nun Kalkmilchqualitäten auf dem Markt – (feindispers, hochreaktiv, ultraclean etc.), deren Lösegeschwindigkeiten in der Größenordnung der Einmischzeiten von hochkonzentrierten Lösungen in große Wasserströme technischer Anlagen liegen [1]. Die Neutralisationsgeschwindigkeit dieser Produkte ist mit der von Natronlauge durchaus vergleichbar. Diese Kalkmilchsorten werden seit einigen Jahren mit großem Erfolg für die Schnellenthärtung und -entkarbonisierung von Trinkwasser eingesetzt, weil so im Vergleich zum Einsatz von aus konventionellem Kalkhydrat hergestellter Kalkmilch aus verschiedenen Gründen die Anlagengröße verringert und ihr Betrieb erheblich vereinfacht werden kann [2]. Hochreaktive Kalkmilch kann selbstverständlich auch zur Herstellung von Kalkwasser verwendet werden, jedoch ist die Herstellung aus konventionellem Kalkhydrat wesentlich preisgünstiger. Schließlich sollte festgestellt werden, daß hochreaktive Kalkmilch nicht Kalkwasser ersetzen kann, wenn am Ende der Aufbereitung pH_C eingestellt werden soll, denn die Kalkmilch enthält wasserunlösliche Bestandteile, die nicht ins Trinkwasser gehören [3].

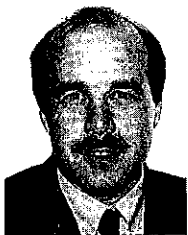
2. Grundlagen des neuen Verfahrens

Das Rheinisch-Westfälische Institut für Wasserchemie und Wassertechnologie (IWW) hat im letzten Jahr erfolgreich Versuche im halbertechnischen Maßstab mit einem neuartigen Verfahren zur Entsäuerung von Wasser mit einer dosierfertigen und schnelllöslichen Calciumhydroxid-Suspension durchgeführt. Hierbei wird im ersten Schritt der pH-Wert der Calcit-sättigung des Wassers eingestellt. Anschließend werden die im Wasser vorhandenen unlöslichen Bestandteile mit Hilfe einer Tiefenfiltration bei Filtergeschwindigkeiten von bis zu 60 m/h entfernt. Durch diese enorm hohe Filtergeschwindigkeit kann im Vergleich zu anderen filtrativen Entsäuerungsverfahren die Filterfläche und damit der Bedarf an Investitionsmitteln für den Bau einer technischen Entsäuerungsanlage deutlich gesenkt werden.

Dieses neue Verfahren kommt insbesondere für Rohwässer in Frage, die entsäuert, aufgehärtet und aufgrund geringer Eisen- und Mangankonzentrationen filtriert werden müssen.

Im Rahmen von Pilotversuchen mit einem vorerst weitgehend eisen- und manganfreien Wasser für einen Gesamtdurchsatz von ca. 3,5 m³/h mit zwei Filtersäulen (d = 190 mm; h = 3500 mm), einer Kohlensäuredosierstation, einer Kalkmilchdosieranlage und einer pH-Wert-Regelanlage wurden zahlreiche Filterläufe durchgeführt. Es wurden Einsicht- und Zweischichtfilter mit Körnungen des Filtermaterials von 0,4 bis 0,8 und 2 bis 4 mm getestet. Die Filtergeschwindigkeit wurde zwischen 10 und 60 m/h variiert. Zur Verbesserung der Trübstoffabscheidung kamen bei einem Teil der Filterläufe Flockungsmittel zum Einsatz.

Filterschichtaufbauten, Filtergeschwindigkeiten und die Flockungshilfsmittelkonzentrationen wurden entsprechend den jeweils aktuellen Versuchsergebnissen so verändert und optimiert, daß sich Filterlaufzeiten von möglichst ca. 7 Tagen ergaben, ohne daß der Druckverlust im Filter auf 1,0 bar und die Trübung im Filtrat auf über 0,3 TE/F anstieg. Die



Dipl.-Ing. Dieter Stetter, geb. 1958. Studium des Chemieingenieurwesens an der Universität Karlsruhe. Leiter der Abteilung »Chemische Verfahrenstechnik« beim Rhein.-Westf. Institut für Wasserchemie und Wassertechnologie GmbH. Lehrauftrag an der Gerhard-Mercator-Universität Duisburg



Dr. Horst Overath, geb. 1940. Studium der Chemie an der Universität München. Wissenschaftlicher Leiter beim Rhein.-Westf. Institut für Wasserchemie und Wassertechnologie GmbH. Lehrauftrag an der Gerhard-Mercator-Universität Duisburg

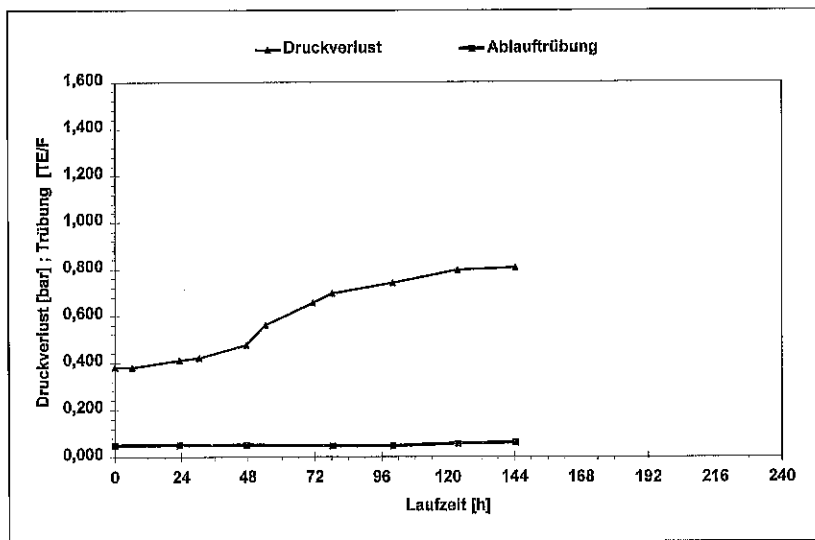


Bild 1: Druckverlust und Trübung bei dem Hochleistungsverfahren mit Kalkmilch mit Mehrschichtfiltern der Körnung I

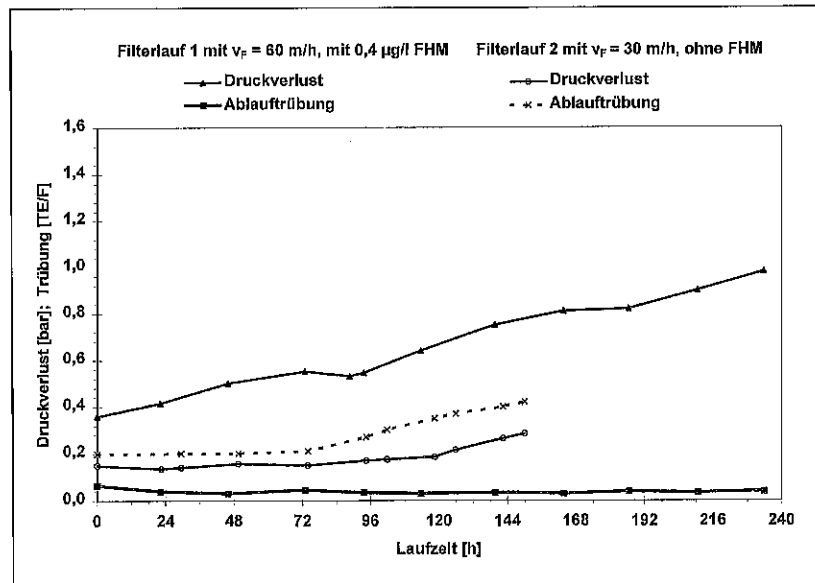


Bild 2: Druckverlust und Trübung bei dem Hochleistungsverfahren mit Mehrschichtfiltern der Körnung II und Filtergeschwindigkeiten von 60 m/h

zu neutralisierende Basekapazität lag zwischen 0,8 und 1,0 mmol/l.

Bei einer Filtration mit einem feinen Mehrschichtfilteraufbau (Filterschicht 1: Hydro-Anthrasit H Körnung I, 1,0 m Schütthöhe; Filterschicht 2: Quarzsand 0,4 bis 0,8 mm, 1,0 m Schütthöhe) konnte die angestrebte Filterlaufzeit von ca. 7 Tagen bei einer Filtergeschwindigkeit von $v_F = 30$ m/h erreicht werden (Bild 1). Aufgrund der feinen Filtermaterialien war hier der Druckverlust maßgeblich für den Abbruch des jeweiligen Filterlaufs. Bei der Filtration über ein Mehrschichtfilter mit größeren Filtermaterialien (Filterschicht 1: Hydro-Anthrasit H Körnung II, 1,0 m Schütthöhe; Filterschicht 2: Quarzsand 0,71 bis 1,25 mm, 1,0 m Schütthöhe) und der Dosierung von nur 0,4 µg/l Flockungshilfsmittel im Filterzulauf, konnte mit einer Filtergeschwindigkeit

von $v_F = 60$ m/h filtriert werden, wobei ohne Trübungsanstieg im Filtrat eine Filterlaufzeit von 10 Tagen erreicht wurde, wenn ein Druckverlust von bis zu 1 bar in Kauf genommen wurde (Bild 2, Filterlauf 1).

Ohne die Dosierung von Flockungshilfsmitteln trat bei diesem Schichtaufbau von Anfang an eine höhere Trübung im Filtrat und ein deutlich früherer Trübstoffdurchbruch selbst bei einer Filtergeschwindigkeit von »nur« 30 m/h auf (Bild 2, Filterlauf 2). Mit der Dosierung von Flockungshilfsmittel in der extrem geringen Konzentration von 0,4 µg/l wurde somit bei in etwa gleichem End-Druckverlust gegenüber dem Mehrschichtfilter der Körnung I (Bild 1) das Filterlaufvolumen in m^3/m^2 nahezu verdoppelt. Entsprechend verringert sich die spezifische Filterfläche und der Spülwasserbedarf in etwa auf die Hälfte.

Die Versuchsergebnisse zeigen, daß das in dieser Kombination erstmals untersuchte Entsäuerungsverfahren eine stabile pH-Wert-Einstellung in Kombination mit hohen Filtergeschwindigkeiten und einem entsprechend geringen Bedarf an Filterfläche ermöglicht.

3. Das Verfahren in der Praxis

Das neue Hochleistungsverfahren wurde im Rahmen eines für die Gemeindewerke Rös-rath geplanten Baus einer Aufbereitungsanlage für Grundwasser mit einer Leistung von 400 m^3/h (ca. 1,5 Mio. m^3/a) in die Verfahrenswahl miteinbezogen.¹ Für die Auswahl des Verfahrens sind folgende Daten des Rohwassers relevant:

- ▶ pH-Wert: ca. 6,0
- ▶ Leitfähigkeit: 280 $\mu S/cm$
- ▶ Basekapazität bis pH 8,2: 1,2 mol/ m^3
- ▶ Säurekapazität bis pH 4,3: 0,6 mol/ m^3
- ▶ Calciumkonzentration: 27 mg/l
- ▶ Mangankonzentration: gelegentlich > 0,03 mg/l

Weitere zu berücksichtigende Ausgangsbedingungen waren Volumenstromschwankungen von 80 bis 400 m^3/h , die ohne einen Trinkwasserbehälter am Wasserwerk bewältigt werden sollten, und ein Betriebsdruck der Aufbereitungsanlage von 16 bar, um das bestehende Pumpwerk weiter nutzen zu können. Aufgrund der wasserchemischen und hydraulischen Rahmenbedingungen schied die Filtration über Calciumcarbonat vor oder nach physikalischer Entsäuerung aus. Der Einsatz von halbgebranntem Dolomit kam wegen des am Wasserwerk fehlenden Behälters, der starken Volumenstromschwankungen und des schon befriedigenden Gehaltes an anorganischem Kohlenstoff ebenfalls nicht in Frage. Der Einsatz von Natronlauge wäre bei einem solchen Wasser durchaus möglich, aufgrund der gelegentlich aufgetretenen, leicht erhöhten Mangankonzentrationen wollte man jedoch beim anstehenden Neubau nicht auf eine Filteranlage verzichten. Auch wäre die Natronlauge vom Auftraggeber nur als Ultima ratio toleriert worden. Als prinzipiell sinnvolle Entsäuerungsverfahren kamen so noch der

- ▶ Einsatz von Calciumcarbonat (zur Neutralisation von im Mittel 75 % der überschüssigen Kohlensäure) und Restentsäuerung mit Natronlauge
- oder die
- ▶ Hochleistungsentsäuerung mit Kalkmilch in Frage.

Im Vergleich zu dem erstgenannten Verfahren hat das neue Hochleistungsverfahren – insbesondere wegen der mit 50 m/h etwa 5fachen Filtergeschwindigkeit – folgende Vorteile:

¹ Projektplanung: Bieske und Partner Beratende Ingenieure GmbH, 53797 Lohmar

Tabelle 1: Vergleich von Investitions- und Betriebskosten für das Rösrather Verfahren, für die Filtration über Jurakalk (75 %) und Restentsäuerung mit NaOH und für den Einsatz von Kalkwasser

	Hochleistungsentsäuerung (Filtergeschwindigkeit = nur 50 m/h)	Filtration über Jurakalk (75 %), Restentsäuerung mit NaOH	Einsatz von Kalkwasser
Investitionskosten in DM			
Wasserwerksgebäude	210.000	600.000	550.000
Verfahrenstechnik	400.000	1.400.000	750.000
Elektrotechnik	150.000	250.000	200.000
Summe	760.000	2.250.000	1.500.000
Kapitalkosten	72.000 DM/a	212.000 DM/a	142.000
Betriebskosten in DM/a			
Chemikalienkosten	30.000	29.000	10.500
Mehraufwand Energie	9.000		
Summe	39.000	29.000	10.500
Aufbereitungskosten	0,08 DM/m³	0,17 DM/m³	0,11 DM/m³

- a) Wesentlich kleinere Filterfläche
- b) Filtergeschwindigkeit = Rückspülgeschwindigkeit, d. h., ein eigenes Reservoir für Spülwasser und ein Pumpwerk sind nicht erforderlich
- c) da die Filter einen vergleichsweise geringen Durchmesser haben, können sie problemlos für den geforderten hohen Netzdruck von 16 bar ausgelegt werden
- d) der pH-Wert kann auf einen stabilen Sollwert geregelt werden, weil er nicht von der Kontaktzeit des Wassers im Filter abhängt

Im übrigen ist bekannt, daß Mangankonzentrationen von ca. 0,05 mg/l im Rohwasser problemlos auch bei sehr hohen Filtergeschwindigkeiten von bis zu 50 m/h bis unter die analytische Nachweisgrenze verringert werden können.

Für beide Verfahren wurden die Investitions- und Betriebskosten und daraus die spezifischen Aufbereitungskosten in DM/m³ ermittelt (Tabelle 1).

Die spezifischen Aufbereitungskosten für das Hochleistungsverfahren liegen nach diesen Berechnungen bei weniger als der Hälfte der Kosten für das Alternativ-Verfahren.

Im Vergleich dazu wurden in der Spalte 3 der Tabelle 1 auch die spezifischen Aufbereitungskosten für den Einsatz von Kalkwasser, hergestellt aus konventionellem Kalkhydrat, berechnet. Auch diese liegen über denen des neuen Hochleistungsverfahrens.

Eine detaillierte Darstellung des Verfahrens zeigt Bild 3. Das Rohwasser wird direkt von den Brunnenpumpen auf den erforderlichen Netzdruck von ca. 16 bar gebracht. Die

Dosierung von Kalkmilch erfolgt mittels eines speziellen Dosierkopfes vor einem statischen Mischer. Vor einem zweiten statischen Mischer wird mit Treibwasser ein Flockungshilfsmittel zugegeben, und das Wasser gelangt auf die Filter. Der pH-Wert hat sich bereits vor den Filtern soweit eingestellt, daß er durch die Veränderung der Dosierpumpendrehzahl stabil geregelt werden kann. Die Filtration erfolgt parallel über zwei Filter à 4 m² Filterfläche mit einem Mehrschichtfilteraufbau der Körnung II. Die Rückspülung eines Filters erfolgt mit dem Filtrat des Nachbarfilters bzw. mit Trinkwasser aus dem Netz. Die Filtratqualität wird durch eine kontinuierliche Trübungs- und pH-Wert-Messung überwacht, der Filterwiderstand durch Differenzdruckmeßgeräte. Das Kalkmilchsilo ist so bemessen, daß keine Lagerzeiten über 21 Tage auftreten. Das Ansetzen der Flockungshilfsmittellösung erfolgt von Hand.

4. Fazit

Die Forderung nach möglichst kostengünstigen Verfahren macht zunehmend auch vor der Trinkwasseraufbereitung nicht halt. Sehr häufig sind die Kapitalkosten für die Finanzierung der Aufbereitungsanlage und des Bauwerkes wesentlich höher als die Betriebskosten. Ein sehr kompaktes, gut regelbares Hochleistungsverfahren – das **Rösrather Verfahren** – bietet nun für bestimmte Rohwässer eine Alternative zu bestehenden Entsäuerungsverfahren, die z. T. einen sehr hohen Raumbedarf haben und/oder mit Hilfe derer der pH-Wert des Trinkwassers nicht konstant gehalten werden kann. Das Rösrather Verfahren zeichnet sich durch niedrige Investitionskosten aus und ist besonders gut geeignet, wenn nur wenig Raum zur Verfügung steht und/oder wenn die Aufbereitungsanlage hydraulisch geschlossen bleiben soll. Wenn Kohlenstoffdioxid im Filterzulauf dosiert wird, kann das Verfahren selbstverständlich auch zur Aufhärtung von sehr weichen Wässern, z. B. im Rahmen einer Talsperrenwasseraufbereitung eingesetzt werden. Versuche mit erhöhten Eisen- und Mangankonzentrationen im Rohwasser werden derzeit gefahren, um die Leistungsgrenzen des Verfahrens zu ermitteln. ✎

Alle Abbildungen: IWW Mülheim

Literaturhinweise

- [1] Stetter, D., Overath, H. et al.: Sedimentationsstabile Kalkmilch – ein neuer Weg zur Trinkwasser-Entsäuerung. – bbr 11 (1987), S. 409–414, R. Müller Verlag, Köln
- [2] Stetter, D. & Overath, H.: Stand und neuere Entwicklungen bei der zentralen chemischen Enthärtung von Trinkwasser. – bbr 03 (1996), S. 33–40 und bbr 04 (1996), S. 34–40, R. Müller Verlag, Köln
- [3] Beforth, H.: Feindisperse Kalkmilch – praktische Fortschritte zur Trinkwasseraufbereitung. – bbr 11(1990), S. 556–562, R. Müller Verlag, Köln

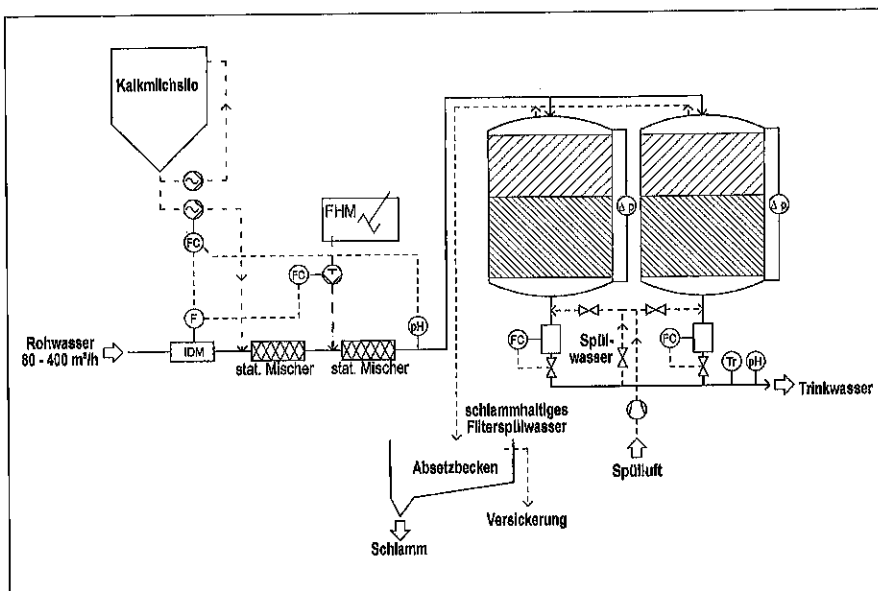


Bild 3: Verfahrensschema der ersten technischen Anlage nach dem Rösrather Verfahren