

SUMMARY

Possibilities of water de-acidification by using chemically active filter materials

Experiments have proved that half-burned dolomite can be used in so-called dry filters with good results. In this paper special attention is given to following questions: — the influence of aeration on the removal of free carbonic acid — the quantity of dolomite required in dry filters to reach a lime/carbonic acid equilibrium — the filtering velocities required for iron and manganese removal — the oxygen absorption in different aeration conditions — mechanical removal of odour and taste — decomposition of nitrite and ammonia — the possibility to activate odour, taste and colour removal and to lower sodium permanganate consumption by adding ozone — reduction of the use of activated carbon — reduction of the quantity of free carbonic acid to be added to the waters of storage reservoirs with a very low CO₂-hardness.

Möglichkeiten der Entsäuerung von Wasser unter Einsatz chemisch reagierender Filtermaterialien

Die Anwendung chemisch reagierender Filtermassen zur Entsäuerung von Wässern stellen altbekannte und bewährte Aufbereitungsverfahren dar, von denen das MAGNO-Verfahren die grösste Bedeutung in der Aufbereitungstechnik erlangt hat. In Anbetracht der mir zur Verfügung stehenden Zeit möchte ich innerhalb dieses Vortrages lediglich der Vollständigkeit halber auf die seit mehreren Jahrzehnten in der Wasseraufbereitungspraxis eingesetzten Filtermaterialien Marmor, Magnesit, halbgebrannter Dolomit oder synthetische, auf dolomitischer, magnesitischer Basis beruhende oder aus Calciumhydroxyd, Calciumcarbonat oder Magnesiumoxyd bestehende Filtermassen hinweisen.

Ich möchte mich heute insbesondere auf neue Anwendungsbereiche chemisch reagierender Filtermassen zur Aufbereitung schwierig aufzubereitender Wässer und zur Aufbereitung von Talsperrenwässern beschränken. Durch die Heranziehung qualitativ schlechter Wässer zur Deckung des Trinkwasserbedarfes wurden die Aufgaben, die in aufbereitungstechnischer Hinsicht zu lösen sind, immer zahlreicher. Neben die Filtration, Enteisung, Entsäuerung und Entmanganung sind die Entfärbung, Senkung des Kaliumpermanganatverbrauches, Beseitigung von Nitrit, Ammoniak, Schwefelwasserstoff, die Entfernung von Phenol, Mineralöl, geruchs- und geschmacksaktiver Stoffe einschliesslich der Pestiziden getreten. Diesen veränderten Gegebenheiten Rechnung tragend, ist es Aufgabe der in der Wasseraufbereitungstechnik tätigen Ingenieure und Chemiker, Verfahren zu entwickeln, die in der Lage sind, eine möglichst wirtschaftliche Aufbereitung der Wässer zu bewirken, um die an ein Trinkwasser in physikalischer, chemischer, korrosionschemischer und hygienischer Hinsicht zu stellenden Forderungen zu erfüllen. Dem Trend der Aufbereitungstechnik folgend, soll das Aufbereitungsverfahren möglichst unkompliziert sein, sich durch Stabilität des Aufbereitungsganges, Betriebssicherheit, Wartungsarmut und Anpassung an die veränderte chemische Zusammensetzung des aufzubereitenden Wassers auszeichnen.

Man muss heute ausserdem fordern, dass die Lösung der verschiedensten Probleme mit Verfahren erfolgt, die mit möglichst grossen Flächenbelastungen arbeiten, so dass verhältnismässig geringe Investitionskosten, sowohl im Hinblick auf die maschinelle Ausrüstung als auf den umbauten Raum, entstehen. Es ist bekannt, dass chemisch reagierende Filtermassen bisher lediglich in mit Wasser überstauten Filtern eingesetzt worden sind. In der Wasseraufbereitungstechnik ist, wie aus der Literatur und der Patenliteratur zu entnehmen ist, die Verwendung von nicht mit Wasser überstauten Filtern — auch Trockenfilter genannt — unter Einsatz inerter Filterstoffe schon seit mehreren Jahren bekannt. Klein [1] hat als

erster darauf hingewiesen, dass der Einsatz chemisch reagierender Stoffe, z.B. halbgebrannter Dolomite, in nicht von Wässern überstauten Filtern möglich ist. Sinn dieser Ausführungen soll es sein, Ihnen über die Ergebnisse umfangreicher Versuche zu berichten, inwieweit die in der Wasseraufbereitungstechnik vielseitig angewandten halbgebrannten Dolomite oder synthetische, chemisch reagierende Filtermassen zur Lösung der vorstehend beschriebenen Aufgaben eingesetzt werden können und welche Folgerungen sich für die Aufbereitungstechnik und die Betriebswirtschaftlichkeit des Aufbereitungsverfahrens ergeben.

Ferner soll über Ergebnisse von Versuchen berichtet werden, die in Verbindung mit chemisch reagierenden Filtermassen die insbesondere bei sehr weichen Wässern mit geringen Gehalten an überschüssiger Kohlensäure auftretenden korrosionschemischen Probleme zu lösen suchten.

Im einzelnen sollten folgende Fragen behandelt werden:

1. Ist der Einsatz von halbgebranntem Dolomit in nicht von Wasser überstauten Filtern möglich?
2. Welchen Einfluss übt die zugesetzte Luftmenge auf die Art der Entfernung der freien Kohlensäure aus?
3. Welche spezifischen Einsatzmengen sind unter den geschilderten Verhältnissen zur Einstellung des Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichtes erforderlich?
4. Mit welchen Geschwindigkeiten ist eine einwandfreie Beseitigung der Eisen- und Mangangehalte möglich?
5. Welche Sauerstoffaufnahme des Wassers erfolgt bei unterschiedlicher Luftzugabe?
6. Findet eine teilweise Austreibung von Geruchs- und Geschmacksstoffen auf mechanischem Wege statt?
7. Erfolgt ein Abbau von Nitrit und Ammoniak?
8. Ist es durch das Verfahren möglich, eine Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit bei Verwendung von Ozon, Abbau geruchs- und geschmacksbeeinträchtigender Stoffe sowie Senkung der Farbe und des Kaliumpermanganatverbrauches zu erreichen?
9. Erfolgt durch die beschriebene Behandlung des Wassers eine weitgehende Entlastung der Kohle, so dass mit längeren Laufzeiten und grösseren Regenerierungsperioden gerechnet werden kann?

Zur Lösung dieser Aufgaben wurden Filter unter Einsatz des halbgebrannten Dolomites MAGNO-DOL angewandt, in denen im Dom der Filter eine Verdüsung des Wassers stattfand. Gleichzeitig wurde dem Wasser im Gleichstrom Luft in unterschiedlichen Mengen zugesetzt, und das Wasser-Luft-

Gemisch rieselte über das alkalische Filtermaterial. Teilweise wurde dem Wasser auch Ozon zugesetzt und das die Trockenfilter verlassende Wasser anschliessend über Aktivkohle in eine Nassstufe in geringer Schichthöhe geschickt.

Entsäuerung

Zunächst wurde — schliessend aus Beobachtungen bei Nassfiltern — der Einsatz halbgebrannter Dolomite in von Wasser nicht überstauten Filtern skeptisch beurteilt und vermutet, dass eventuell Verklebungen des Filtermaterials zu erwarten seien. Obwohl bei sämtlichen Versuchsreihen frische halbgebrannte Dolomite eingesetzt wurden, zeigte sich, dass der Einsatz halbgebrannter Dolomite in Carbonathärtebereichen von 0–10 °d, in denen die Versuche gefahren wurden, ohne Schwierigkeiten möglich ist.

Bei der Aufstellung der Kohlensäurebilanz konnte festgestellt werden: dass die aus $\Delta \text{CaO} + \text{MgO}$ errechneten Gehalte an abgebundener Kohlensäure stark von der aus der freien Kohlensäure-Rohwasser und der freien Kohlensäure-Reinwasser gebildeten Differenz abwichen. Die durchgeführten Untersuchungen zeigten, dass durch das kurz geschilderte Verfahren ein Teil der freien Kohlensäure mechanisch ausgetrieben wird, während ein anderer Teil durch das chemische Wirkungsvermögen des Filtermaterials eine Abbindung in der bei Nassfiltern üblichen Weise unter Bildung von Calcium- und Magnesiumbicarbonaten erfährt. Bei Erreichung eines bestimmten Luft-Wasser-Verhältnisses konnte ein Gleichgewicht zwischen mechanisch ausgetriebener und chemisch gebundener Kohlensäure unter den gefahrenen Versuchsbedingungen beobachtet werden. Selbst bei starker Veränderung des Luft-Wasser-Verhältnisses wurde nur eine unwesentliche Verschiebung der prozentualen Anteile an mechanisch ausgetriebener und chemisch gebundener Kohlensäure festgestellt. Es konnte beobachtet werden, dass zwischen 50 und 60 % der in dem Wasser vorhandenen freien Kohlensäure bei einem Zusatz von 3 Teilen Luft und 1 Teil Wasser mechanisch aus dem Wasser ausgetrieben wird. Die Versuche haben auch gezeigt, dass bedingt durch Variation der Luftzugabemenge einem schwankenden Gehalt an freier bzw. überschüssiger Kohlensäure Rechnung getragen werden kann. Bei dem Vergleich mit den experimentell ermittelten spezifischen Einsatzmengen an dolomitischem Halbbrand (mittlerer Korndurchmesser 1,3 mm) mit den in Nassfiltern eingesetzten spezifischen Einsatzmengen konnte festgestellt werden, dass infolge der teilweisen Austreibung der freien Kohlensäure eine Minderung der spezifischen Einsatzmenge möglich ist, die bis zu 33,3 % betragen kann. Aus den vergleichenden Betrachtungen geht hervor, dass bei nicht von Wasser überstauten Filtern geringere spezifische Einsatzmengen und daher geringere Filterdimensionen bei gleichem Wirkungsgrad erforderlich sind. Es konnte beobachtet werden, dass bei steigendem Luftzusatz eine Verringerung der spezifischen Einsatzmenge an dolomitischem Halbbrand eintritt. Für die Körnung (mittlerer Korndurchmesser 1,3 mm) konnte das Minimum bei dreifacher Luftzugabe festgestellt werden. Auch bei diesen Messungen wurden die Ergebnisse, die den Einfluss der zugesetzten Luftmenge auf die mechanisch ausgetriebene Kohlensäure behandelten, bestätigt.

Enteisenung und Entmanganung

In vielen Fällen treten neben überschüssiger Kohlensäure Verbindungen des Eisens und Mangans im Wasser auf. Aufgrund dieser Tatsache wurden auch unter Einsatz halbgebrannter Dolomite in der Körnung I die Filtergeschwindigkeiten gemessen, mit denen in von Wasser nicht überstauten Filtern fallweise unter Einsatz von Ozon eine einwandfreie Enteisenung und Entmanganung bewirkt wurde. Unter Einsatz von Schichthöhen von ca. 2 m — je nach der Höhe der Eisen- und Mangankonzentration — konnten Filtergeschwindigkeiten zwischen 25 und 35 m/h gefahren werden. Auch bei einer Geschwindigkeit von 50 m/h erfolgte noch eine einwandfreie Enteisenung und Entmanganung. Die durch-

schnittliche Mangankonzentration betrug 0,45 mg/l, die Eisengehalte schwankten zwischen 0,12 und 0,25 mg/l.

Es ist anzunehmen, dass die an der Grenzfläche des halbgebrannten Dolomites und dem Wasser auftretende pH-Wert-Erhöhung und die spezifische Oberfläche des dolomitischen Materials sich günstig auf die Enteisenung und Entmanganung bei dem beschriebenen System auswirken und auch die Ursachen dafür sind, dass selbst bei relativ hohen Geschwindigkeiten ein einwandfreies Enteisenungs- und Entmanganungsergebnis erzielt wird.

Sauerstoffaufnahme

Es ist bekannt, dass für alle oxydativ ablaufenden Prozesse entsprechende Mengen an Sauerstoff in dem Wasser vorhanden sein müssen. Es war Aufgabe der Versuche festzustellen, welche Sauerstoffkonzentrationen mit dem geschilderten System in den Wässern erreicht werden können.

Die Versuche ergaben, dass bei einem Luft-Wasser-Verhältnis von 1 : $\frac{1}{5}$ bereits eine 87 %ige Sättigung erreicht wurde. Bei Erhöhung des Verhältnisses auf 1 : 1 war eine Sauerstoffsättigung erreicht, die sich für alle oxydativ ablaufenden chemischen und biologischen Prozesse günstig auswirken dürfte.

Beseitigung geruchs- und geschmacksbeeinträchtigender Stoffe

Neben der Tatsache, dass es eine Vielzahl natürlich im Wasser vorkommender geruchs- und geschmacksbeeinträchtigender Stoffe organischer Natur gibt, wie z.B. die Stoffwechselprodukte nicht gestörten organischen Lebens, werden durch Einpeisung von gewerblichen und häuslichen Abwässern noch zusätzlich Beeinträchtigungen hervorgerufen. Insbesondere in Oberflächenwässern und Uferfiltraten sind diese Stoffe enthalten, die — je nach ihrer Konsistenz — mechanisch, oxydativ oder in Verbindung mit adsorptiv-wirkenden Mitteln, wie z.B. Aktivkohle, aus dem Wasser entfernt werden müssen. In diesem Zusammenhang wird auf die Arbeiten von J. Holluta [2], den Jahresbericht der „Arbeitsgemeinschaft der Rheinwasserwerke e.V. Düsseldorf“ [3] und auf die Untersuchungen von Schenk [4] hingewiesen.

Bisher wurde die Aufbereitung dieser Uferfiltrate, d.h. die Beseitigung geruchs- und geschmacksbeeinträchtigender Stoffe durch die Zugabe von Ozon und die Filtration über Doppeltagenfilter, die mit Aktivkohle beschickt waren, bewältigt. Sinn der Untersuchungen war es festzustellen, welche Möglichkeiten der Einsatz von halbgebrannten Dolomiten in nicht von Wasser überstauten Filtern in Verbindung von Ozon und der Aktivkohlefiltration bieten.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass ein Teil der in dem Wasser vorhandenen Geruchs- und Geschmacksstoffe auf mechanischem Wege ausgetrieben werden kann. Der Geruchsschwellenwert sank in den mechanisch behandelten (verdüsteten) Wässern um ca. 30 %. Die Ausführungen von Axt [5], die anlässlich der Tagung „Wasserchemie“ 1968 in Bad Ems gemacht wurden, konnten sinngemäss ihre Bestätigung finden. Ein weiterer Abbau erfolgte in Verbindung mit der Zugabe von Ozon auf oxydativem Wege, während die restliche Entfernung der Geruchs- und Geschmacksstoffe adsorptiv durch Filtration über Aktivkohle erfolgt, so dass Geruchsschwellenwerte von 2 und darunter ohne weiteres erreicht werden konnten. Es ist bekannt, dass die Wirkungsweise des Ozons von der Verteilung des Ozons im Wasser abhängt. Durch das angewandte System fand eine gute Durchmischung der beiden Stoffe statt. Durch die Rieselung über den mit einer hohen spezifischen Oberfläche ausgerüsteten halbgebrannten Dolomit stand ferner eine sehr grosse Oberfläche zur Verfügung, die sich ebenfalls günstig auf den Abbau dieser Produkte auf oxydativem Wege durch Ozon auswirkte. Im Verhältnis zu den üblichen Kontaktzeiten, die in der Literatur mit 10–20 Minuten angegeben werden, konnte ein optimaler Abbau der geruchs- und geschmacksaktiven Stoffe innerhalb der Filtrationszonen festgestellt werden.

Die Ursachen dürften einerseits an der innigen Durchmischung von Wasser und Ozon und der zur Verfügung stehenden Oberfläche liegen, andererseits aber auch die Auffassung von Sevcenko [6] bestätigt haben, dass beispielsweise Phenole oder phenolähnliche Produkte im alkalischen Bereich schneller durch Ozon abgebaut werden. Durch die Rieselung des mit Ozon behandelten Wassers über den halbgebrannten Dolomit wird mit Sicherheit an der Grenzfläche Korn-Wasser eine beträchtliche pH-Wert-Erhöhung eintreten, so dass diese Erscheinungen sich günstig auf den Abbau bzw. die Geschwindigkeit des Abbaus mit Ozon auswirken. Die durchgeführten Untersuchungen bezügl. des Abbaues geruchs- und geschm. beeinträchtigender Stoffe haben die Auffassung von Schlebusch [7] bestätigt, dass der Abbau sowohl von der organischen Substanz einerseits als auch von der zugesetzten Ozonmenge andererseits abhängig ist.

Entfärbung und Senkung des Kaliumpermanganatverbrauches

In vielen Fällen ist ausserdem eine Entfärbung des Wassers und eine Senkung des Kaliumpermanganatverbrauches erforderlich. Die Auffassung von Gad und Columbus [8] dass in alkalischer Lösung in Verbindung mit Ozon ein schnellerer Abbau von färbenden Substanzen wie z.B. Huminstoffen erfolgt, konnten bei den Versuchen bestätigt werden. Ohne Zweifel dürften durch die geschilderten Faktoren: gute Durchmischung des Luft-Ozon-Gemisches mit dem Wasser, hohe spezifische Oberfläche und alkalische Beeinflussung an der Grenzfläche Korn-Wasser, die Reaktionsgeschwindigkeit des Abbaus färbender Stoffe beträchtlich beeinflusst werden. Der durchschnittliche Abbau des Kaliumpermanganatverbrauches in der ersten Stufe betrug 30—35 %, während in der nachgeschalteten Nassstufe in Verbindung mit Aktivkohle ein weiterer Abbau des Kaliumpermanganatverbrauches um etwa den gleichen Prozentsatz erfolgt.

Es ist bekannt, dass der Abbau von Pestiziden auf mechanischem, oxydativem oder adsorptivem Wege erfolgen kann. In diesem Zusammenhang wird auf die Ausführungen von Herrn Prof. Quentin [9] verwiesen. Alle drei Verfahren zur Beseitigung von Pestiziden sind in dem beschriebenen System vereinigt, so dass es geeignet sein müsste, auch Pestizide aus dem Wasser in einem verhältnismässig wirtschaftlichen Aufbereitungsgang zu beseitigen.

Entfernung von Ammonium und Nitrit

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass — bedingt durch die Tatsache, dass eine Sauerstoffsättigung erreicht wird und durch die Rieselung genügend Sauerstoff für biologisch oder chemisch ablaufende Prozesse zugeführt werden kann — günstige Voraussetzungen für alle oxydativ ablaufenden Prozesse, sei es auf mechanischem oder biologischem Wege, gegeben sind. Der Abbau des Nitrits erfolgt nach unseren Untersuchungen in der vom Wasser nicht überstauten Stufe einwandfrei, hingegen konnte ein quantitativer Abbau des Ammoniaks erst in der zweiten, der Aktivkohlenstufe, beobachtet werden. Welche Zusammenhänge zwischen der Geschwindigkeit des Abbaues von Nitrit und Ammoniak bestehen, müsste anhand von Versuchen ermittelt werden. Bei den zur Verfügung stehenden Versuchswässern wurde mit dem beschriebenen System ein einwandfreier Abbau des Ammoniaks und Nitrits bei Konzentrationen im Rohwasser von 0,8—1,0 mg für Ammoniak und 0,06 und 0,11 mg für Nitrit erreicht.

Lassen Sie mich jetzt noch kurz über ein weiteres Problem berichten, das insbesondere bei der Aufbereitung sehr weicher Wässer mit geringen Gehalten an überschüssiger Kohlensäure auftritt. In zunehmendem Masse ist man gezwungen, zur Deckung des Wasserbedarfes der Bevölkerung und der Industrie Talsperren zu errichten und Talsperrenwässer für die Versorgung einzusetzen. Wie aus der Literatur und eigenen Untersuchungen bekannt ist, stellen Talsperrenwässer in Europa überwiegend sehr weiche Wässer dar, deren Konzentrationen an Kohlensäure und Sauerstoff jahreszeitlich bedingt Schwankungen unterliegen. Die von Bernhard [10] und Bartels [11] gemachten Feststellungen haben sich auch

bei Untersuchungen an einigen Talsperren in der Bundesrepublik dahingehend bestätigt, dass bei Wässern mit niedrigen Temperaturen geringe Kohlensäuregehalte und hohe Sauerstoffkonzentrationen vorhanden sind, während bei Anstieg der Temperatur ein Abfall des Sauerstoffs und ein Anstieg der freien Kohlensäure festgestellt werden kann.

Die Kohlensäurekonzentrationen schwanken in Bereichen zwischen 2—10 mg/l. Bedingt durch die geringe Carbonathärte der Talsperrenwässer, die teilweise unter 1 °d liegt, ist trotz einwandfreier Entsäuerung dieser Wässer infolge Nichtausbildung der Kalkrostschicht mit starken Korrosionen im Leitungssystem durch Sauerstoff zu rechnen, dessen Gehalt jahreszeitlich bedingt zwischen 6 mg/l bis zur Sättigung schwanken kann. Die Lösung dieser hauptsächlich auf korrosions-chemischem Gebiet liegenden Probleme wurde schon vielseitig angestrebt, und es wurde auch bereits über den Zusatz von Fremdkohlensäure und die anschliessende Entsäuerung des Wassers zu Erhöhung der Härte berichtet.

Exakte Untersuchungsergebnisse lagen jedoch mit Ausnahme einer Arbeit von Siegert [12] noch nicht vor. Seit dem Jahre 1963 werden in Langzeitversuchen die bei Talsperrenwässern überwiegend auftretenden korrosions-chemischen Probleme durch Zusatz von Fremdkohlensäure und anschliessende Filtration über chemisch reagierende Filtermassen zu lösen versucht. Die bisher vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass die Auffassung von Siegert bestätigt wurde, dass bei Verschiebung der Carbonathärte auf ca. 3 °d und Erhöhung der Calciumhärte auf ebenfalls mindestens 3 °d ein Rückgang der Wiedervereisung in den Rohrleitungen festgestellt werden kann.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass es zweckmässig ist, bei sehr weichen Wässern das Kalk-Kohlen-Säure-Gleichgewicht genau einzuhalten und dass zur Ueberprüfung die von Axt [13] und Hässelbarth [14] beschriebenen Methoden sich gut bewährt haben. Die durch technische Versuche gewonnenen Erkenntnisse haben sich in der Zwischenzeit bereits bei zwei Grossanlagen bestätigt. Teilweise konnte die Ausbildung der Kalkrostschicht in den Rohrleitungen, insbesondere bei vom Wasser durchflossenen Leitungen, beobachtet werden, während bei Rohrleitungen mit geringer Fliessgeschwindigkeiten zwar ein Rückgang des Eisenhaltes aber keine Ausbildung der Schutzschicht festzustellen war. Wieweit sich auch in diesen Rohrleitungen eine Schutzschicht ausbilden wird, sei dahin gestellt, und es ist zu empfehlen, die Wasserführung möglichst in Ringleitungen zu verlegen und bei Einsatz von Sticleitungen Materialien zu verwenden, die gegen Sauerstoff beständig sind.

Bezüglich der Zugabe von Fremdkohlensäure sollte beachtet werden, dass Fremdkohlensäure in möglichst feiner Verteilung mittels Kerzen dem Wasser zugesetzt wird und dass für eine möglichst gleichmässige Temperatur der Kohlensäure Sorge getragen wird, die beispielsweise durch ein elektrisch beheiztes Ölbad erreicht werden kann. Gut bewährt hat sich die Zugabe von Fremdkohlensäure unter dem Filterboden der Vorfilteranlage unter Einsatz poröser Filterkerzen. Die durchschnittliche Zugabe der Kohlensäure betrug 19 g pro m³/h, um in den aufzubereitenden Wässern eine Carbonathärte von mindestens 3 °d zu erreichen. Bedingt durch die unterschiedliche Aufhärtung im Vergleich zu Kalk (bei halbgebrannten Dolomiten und synthetischen Filtermassen ca. 1 °d pro 10 mg/l abgebundener Kohlensäure, bei Kalk 0,64 °d pro 10 mg/l abgebundener Kohlensäure) sind bei Einsatz chemisch reagierender Filtermassen geringe Kohlensäurezusätze erforderlich, so dass die an und für sich bei Kalk geringeren Entsäuerungskosten durch den geringen Zusatz an Fremdkohlensäure bei Einsatz chemisch reagierender Filtermassen ausgeglichen oder je nach dem Preis der chemischen Filtermasse zugunsten des angewandten Aufbereitungssystems der Zugabe von Fremdkohlensäure und der Filtration des Wassers über chemisch reagierende Filtermassen verschoben werden.

Im Vergleich zu Kalk bietet ferner der Einsatz chemisch reagierender Filterstoffe, seien es halbgebrannte Dolomite oder synthetische, vorwiegend aus Calciumverbindungen be-

stehende Filtermassen, den Vorteil, dass die Stabilität des Aufbereitungsganges und die Betriebssicherheit wesentlich erhöht werden. Neben dieser Tatsache erfährt das Talsperrenwasser in Verbindung mit der Entsäuerung eine weitere Filtration, wobei die bekannten schon von Haase [15] im Jahre 1936 festgestellten ausgezeichneten Filtrationswirkungen beispielsweise halbgebrannter Dolomite zum Tragen kommen. Bedingt durch die Alkalisierung des Wassers werden ebenfalls günstige Voraussetzungen für eine Restenteisung und Entmanganung des Wassers geschaffen. Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, bei der Aufbereitung von Talsperrenwässern doppelstufige Filteranlagen in Verbindung mit dem Zusatz von Flockungsmitteln zur Filtration, Enteisenung und Entmanganung zu verwenden, wobei in der ersten Stufe, welche mit inertem Filtermaterial beschickt werden soll insbesondere bei Verwendung von Aluminiumverbindungen als Flockungsmittel, ein pH-Wert von 6—6,8 eingehalten werden sollte, während in der zweiten unter Einsatz chemisch reagierender Filtermassen eine Einstellung des Kalk-Kohlen Säure-Gleichgewichtes und eine intensive Filtration des Talsperrenwassers durchgeführt wird. Wieweit durch Zugabe von Chemikalien, sei es Phosphat oder Silikat, die Ausbildung der Schutzschicht beschleunigt werden kann, sollte an weiteren Untersuchungen überprüft werden. Es hat jedoch den Anschein, dass die Ansicht von Siegert, den Sauerstoff aus dem Wasser zu entfernen, auf sehr grosse Schwierigkeiten stösst und auch in wirtschaftlicher Hinsicht dem beschriebenen Verfahren unterlegen sein dürfte.

Meine Damen und Herren, ich bin mir bewusst, dass ich Ihnen infolge der Kürze der Zeit nur einige über die bekannten Verfahren hinausgehende Möglichkeiten beschreiben konnte, mit denen unter Einsatz chemisch reagierender Filtermassen in nicht mit Wasser überstauten Filtern fallweise in Verbindung mit der Zugabe von Ozon und der Filtration über Aktivkohle oder unter Zusatz von Fremdkohlensäure und anschliessender Filtration über chemisch reagierende Filterstoffe, Probleme der Enteisenung, Entsäuerung und Entmanganung, Beseitigung geruchs- und geschmacksbeeinträchtigender Stoffe, Entfärbung des Wassers, Senkung des Kaliumpermanganatverbrauches, Entfernung von Mineralölen, Phenol und Pestiziden, der Oxydation von Ammoniak und Nitrit und korrosions-chemische Probleme bei Talsperrenwässern zu lösen versucht wurden. Es ist zu erwarten, dass die Möglichkeiten der beschriebenen Verfahren in der Wasseraufbereitungstechnik noch nicht erschöpft sind und dass eventuell durch Änderung der apparativen Einrichtung oder durch Kombination weiterer Verfahren eine Erhöhung des Wirkungsgrades und der Betriebswirtschaftlichkeit und eine Ausweitung des Anwendungsbereiches zu erlangen ist.

Literatur

1. Klein, H. U., Archiv Badewesen H 2 1966.
2. Holluta, J., GWF 101/1960.
3. 5. Jahresbericht der Arbeitsgemeinschaft Rheinwasserwerke e.V. Düsseldorf.
4. Schenk, P., GWF 103/1962 S 791.
5. Axt, G., *Ausführungen anlässlich der Tagung*. Fachgruppe Wasserchemie 1968 in Bad Ems.
6. Sevchenko, MA., *Ukrainsky chimesky Zurnal* Kiew 30 1964. Nr. 5.
7. Schlebusch, F. J., GWF H 44 1963.
8. Columbus, G. Gad C., *Ges. Ing.* 76 1955 S 268.
9. Quentin, KE., *Ausführungen anlässlich der Tagung*. Fachgruppe Wasserchemie 1968 in Bad Ems.
10. Bernhardt, H., *Stadthygiene* 1967. H 7 S 150-153. H 3 S 49-53.
11. Bartels, J., *Persönliche Mitteilungen*.
12. Siegert, C., *Wasserchemie und Grenzgebiete* Nr. 5, 1967 S 240-257.
13. Axt, G., GWF 106 H 10 1965, S 273-275.
14. Hässelbarth, U., GWF 105 H 50 1964 S 749-751.
15. Haase, LW., *Jahrbuch vom Wasser* XII Band 1937 S 93.