

# **Rohwasserbeschaffenheit und Trinkwasseraufbereitung Wiekhorn**

**Auftraggeber**            **Stadtwerke Delmenhorst GmbH**

**Auftragnehmer**        **TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser,  
Karlsruhe**

**Bearbeiter**            **Dr.-Ing. Stefan Stauder**  
**Dr.-Ing. Sebastian Hesse**

**Karlsruhe, Januar 2017**

## INHALTSVERZEICHNIS

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>EINLEITUNG .....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>2</b> | <b>GEWINNUNG WIEKHORN .....</b>  | <b>4</b>  |
|          | 2.1 Rohwasserbeschaffenheit .....                                      | 4         |
|          | 2.2 Teilbehandlung des Rohwassers .....                                | 4         |
|          | 2.3 Aufbereitungsversuche .....  | 5         |
| <b>3</b> | <b>GEWINNUNG ANNENHEIDE .....</b>                                      | <b>7</b>  |
|          | 3.1 Rohwasserbeschaffenheit .....                                      | 7         |
|          | 3.2 Gewinnungs- und Aufbereitungstechnik .....                         | 7         |
|          | 3.3 Aufbereitungswirksamkeit .....                                     | 8         |
| <b>4</b> | <b>VERGLEICH DER TRINKWASSERBESCHAFFENHEITEN .....</b>                 | <b>10</b> |
| <b>5</b> | <b>AUFBEREITUNGSMÖGLICHKEITEN FÜR DAS ROHWASSER<br/>WIEKHORN .....</b> | <b>11</b> |
|          | 5.1 Mitaufbereitung im Werk Annenheide .....                           | 11        |
|          | 5.2 Konzeption Trinkwasseraufbereitung Wiekhorn .....                  | 12        |
| <b>6</b> | <b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>   | <b>14</b> |

## 1 Einleitung

Die Stadtwerke Delmenhorst versorgen rd. 80.000 Einwohner mit jährlich etwa 4°Mio. m<sup>3</sup> Trinkwasser. Dabei stellt die Eigengewinnung Annenheide die Hauptmenge bereit. Zusätzlich werden etwa 0,9 Mio. m<sup>3</sup>/a Fernwasser vom Oldenburgisch-Ostfriesischen Wasserverband bezogen.

Eine zweite Eigengewinnung, mit der Bezeichnung Wiekhorn, dient seit 2011 nicht mehr zur Bereitstellung von Trinkwasser. Aufgrund baulich bzw. technischer Mängel wären im zugehörigen Wasserwerk „An den Graften“ umfangreiche Investitionen erforderlich. Allerdings sind vier Brunnen zur Grundwasserhaltung weiterhin in Betrieb. Daraus werden jährlich rd. 2 Mio. m<sup>3</sup> Wasser gefördert und nach Teilbehandlung im Werk „An den Graften“ in den Vorfluter abgeschlagen.

Es liegt ein Ratsbeschluss vor, dieses Grundwasser wieder zu nutzen. In diesem Zusammenhang waren die aktuelle Rohwasserbeschaffenheit zu ermitteln und Möglichkeiten zur Wasseraufbereitung zu untersuchen. Eine Variante besteht darin, das Rohwasser Wiekhorn nach Bau einer entsprechenden Transportleitung im Werk Annenheide mit aufzubereiten.

## 2 Gewinnung Wiekhorn

### 2.1 Rohwasserbeschaffenheit

Zur Ermittlung seiner physikalisch-chemischen Beschaffenheit wurde das Rohmischwasser der Brunnen 3, 4 und 5 Wiekhorn im Zulauf zum Wasserwerk „An den Graffen“ am 7.10.2016 entsprechend beprobt. Darüber hinaus erfolgten Vor-Ort-Messungen, da die Auswertung der vorhandenen Befunde stark schwankende Werte für einzelne Parameter ergab, die auf Veränderungen der Wasserbeschaffenheit beim Probentransport hinwiesen.

Nach den als Anlagen 1a und 1b beigefügten Analyseergebnissen ist das Rohwasser Wiekhorn sauerstofffrei, mittelhart (Summe  $\text{Ca}^{2+}$  und  $\text{Mg}^{2+}$  rd.  $10^\circ\text{dH}$ ), deutlich calcitlösend und enthält stark erhöhte Mengen an Ammonium,  $\text{Fe}^{2+}$  und  $\text{Mn}^{2+}$ . Auch der Gehalt an natürlichen organischen Verbindungen („Huminstoffe“, total organic carbon „TOC“) ist sehr hoch und führt unter anderem zu einer intensiven Gelbfärbung des Wassers.

Beim Probentransport fallen Eisenoxidhydrate aus, die bei den Labormessungen einerseits zu einer erhöhten Trübung führen. Andererseits ist dies bei der Interpretation der Messwerte für die Färbung und den spektralen Absorptionskoeffizienten bei 254 nm ( $\text{SAK}_{254}$ ) zu berücksichtigen. Diese beiden Parameter können im vorliegenden Fall im Labor nicht repräsentativ bestimmt werden. Aus ergänzend durchgeführten Vor-Ortmessungen ergeben sich eine Färbung des Grundwassers von  $9,5 \text{ m}^{-1}$  und ein  $\text{SAK}_{254}$  von rd.  $60 \text{ m}^{-1}$ .

Entsprechend seinem reduzierten Chemismus ist das Grundwasser nitratfrei. Bei den Neutralsalzen fällt zudem ein leicht erhöhter Chlorid bzw. Natriumwert auf. Aufgrund der guten Pufferung (Säurekapazität bis pH 4,3) ist dies jedoch aus korrosionschemischer Sicht eher unproblematisch.

### 2.2 Teilbehandlung des Rohwassers

Wie erwähnt, erfolgt derzeit eine Teilbehandlung des Rohwassers. Dabei wird nach Belüftung in einem Rieselturm der pH-Wert durch Zugabe von Kalkmilch auf 8,7 angehoben. Anschließend erfolgt eine Sedimentation in zwei Schwebebettreaktoren. Eine nachgeschaltete Sandfilteranlage ist außer Betrieb. Die gesamte Aufbereitungsanlage hat ein sehr großes Bauvolumen und weist altersbedingt massive baulich-technische Mängel auf.

Die Befunde des Wassers aus dem Ablauf des Schwebebettreaktors in Anlage 2 zeigen, dass eine umfangreiche Teil-Aufbereitung gelingt. Ammonium und Eisen werden weitestgehend und Mangan sowie Huminstoffe mit einem Wirkungsgrad von 80 bzw. 50 % entfernt. Zu berücksichtigen ist dabei die sehr lange Aufenthaltszeit des Wassers in den Schwebebettreaktoren von über acht Stunden.

### 2.3 Aufbereitungsversuche

Um zu prüfen, inwieweit eine unter heutigen Gesichtspunkten erforderliche Aufbereitung prinzipiell möglich ist, erfolgten am 7. und 8.10.2016 im Werk „An den Graften“ orientierende Testreihen. Dabei wurden in einer Reihenrührerapparatur in mehreren Bechergläsern jeweils 0,75 L Rohwasser vorgelegt und unterschiedliche Mengen an Natronlauge bzw. einer Polyaluminiumchloridlösung zu dosiert. Nach drei Rührphasen mit abnehmender Drehzahl schloss sich eine 40-minütige Sedimentation an, während der mehrmals die Trübung im Überstau gemessen wurde. Anschließend wurden Proben aus dem Überstau membranfiltriert (Porenweite  $0,45^\circ \mu\text{m}$ ) und darin die spektralen Absorptionskoeffizienten bei 340 und 436 nm als Maß für den Huminstoffgehalt sowie Eisen und Mangan bestimmt.

Analoge Messreihen erfolgten mit Wasser aus dem Ablauf des Schwebebettreaktors, wobei sowohl Polyaluminiumchlorid als auch Eisen(III)Chlorid als Flockungsmittel getestet wurden.

Aus der Befundzusammenstellung in der oberen Tabelle von Anlage 3a ist zu erkennen, dass mit Zugabe von Natronlauge zum Rohwasser im Becherglas-Flockungsversuch ähnliche Aufbereitungsergebnisse erzielt wurden, wie in der Großanlage mittels Kalkmilch. Durch die pH-Wert-Anhebung auf 8,3 - 9,4 resultierten dabei sedimentierbare Eisenoxidhydrat-Flocken (Spalten D2, A2 und A3). Dies geht aus den nach unterschiedlichen Zeiten im Überstau gemessenen Trübungswerten hervor. Die in membranfiltrierten Proben ermittelten Werte zeigen – analog der Großanlage - eine ca. 95 %ige Verringerung der Färbung ( $\text{SAK}_{436}$ ) und eine weitest gehende Eisenabtrennung durch diese alkalische Flockung/Sedimentation.

Auch ohne Laugenzugabe kommt es als Folge des Sauerstoffeintrags während der Rührphasen zur Ausbildung von Eisenoxidhydraten, die färbende Huminstoffe binden. Diese Eisenoxidhydrate liegen jedoch in einer feindispers-kolloidalen Form vor und können somit lediglich durch Membranfiltration und nicht durch Sedimentation abgetrennt werden (Spalte A1).

Nach den Befunden in der unteren Tabelle von Anlage 3a gelingt durch Zugabe von Polyaluminiumchlorid in das Rohwasser ebenfalls eine effiziente Aufbereitung. Relativ geringe Zugabemengen von rd. 2 mg/L Al reichen dabei aus, um eine Entfärbung bzw. TOC-Elimination analog der derzeit praktizierten Laugen- bzw. Kalkmilchzugabe zu erzielen.

Die Versuche mit Wasser aus dem Ablauf des Schwebebettreaktors ergaben, dass durch eine Nachbehandlung dieses Wassers durch Flockung bzw. Flockungsfiltration eine weitergehende TOC-Elimination und Entfärbung möglich ist. Im Vergleich zu Eisen(III)Chlorid als Flockungsmittel (obere Tabelle von Anlage 3b) weist dabei Polyaluminiumchlorid Vorteile auf, insbesondere bei gleichzeitiger pH-Absenkung (Versuche C1 - C6, untere Tabelle von Anlage 3b). Zu berücksichtigen sind dabei jedoch leicht erhöhte Gehalte an gelöstem Aluminium.

### 3 Gewinnung Annenheide

#### 3.1 Rohwasserbeschaffenheit

Die Ergebnisse einer physikalisch-chemischen Vollanalyse des Rohmischwassers Annenheide vom 6.10.2016 sind als Anlagen 4a und 4b beigelegt. Ähnlich wie das Rohwasser Wiekhorn, ist auch dieses Grundwasser deutlich calcitlösend, sauerstoff- sowie nitratfrei und enthält erhöhte Mengen an den reduzierten Substanzen Ammonium,  $\text{Fe}^{2+}$  und  $\text{Mn}^{2+}$ . Wesentliche Unterschiede bestehen jedoch darin, dass das Rohwasser Annenheide eine niedrigere Pufferung (Säurekapazität bis pH 4,3) sowie deutlich geringere Gehalte an natürlichen organischen Wasserinhaltsstoffen aufweist (vgl. Färbung, TOC und  $\text{SAK}_{254}$ -Werte).

#### 3.2 Gewinnungs- und Aufbereitungstechnik

Für die Gewinnung Annenheide besteht ein Wasserentnahmerecht von 3,2 Mio.  $\text{m}^3/\text{a}$ , das weitestgehend ausgeschöpft wird. Zur Rohwasserförderung sind sieben Brunnen vorhanden, die bis in Tiefen von 20 - 50 m unter Gelände ausgebaut sind. Üblicherweise sind die Brunnen 2, 6 und 7 mit Fördermengen von jeweils  $140 \text{ m}^3/\text{h}$  24 h/Tag in Betrieb (Gesamtdurchsatz rd.  $420 \text{ m}^3/\text{h}$ ). Die übrigen Brunnen werden abhängig vom Wasserstand im Reinwasserbehälter im Wechsel mit einer Fördermenge von ebenfalls rd.  $140 \text{ m}^3/\text{h}$  zugeschaltet (4 - 6 h/Tag, rd.  $560 \text{ m}^3/\text{h}$ ). In Ausnahmesituationen können durch den Betrieb von fünf Brunnen bis zu  $700 \text{ m}^3/\text{h}$  aufbereitet werden.

Dem Rohmischwasser wird zunächst im Zulauf eines „Oxidators“ ( $\varnothing$  1,2 m, h 3 m) **Sauerstoffgas** zudosiert. Die Steuergröße hierfür liefert eine Sauerstoffmesssonde im Ablauf der nachgeschalteten Mehrschichtfilterstufe (Zielwert  $1 \text{ mg/L O}_2$ , Jahresverbrauch rd.  $9 \text{ t O}_2$ ).

Es sind drei parallel geschaltete **Mehrschichtfilter** (MSF) mit einem Durchmesser von jeweils 4 m vorhanden, in denen sich eine wirksame Schicht aus 1,5 m Quarzsand (0,71-1,25 mm) und darüber eine 1,0 m hohe Bimsschicht befindet. Aus dem Filterdurchmesser sowie den Angaben zum Förderregime errechnen sich relativ hohe Flächenbelastungen von 11 -  $15 \text{ m}^3/\text{h}$  pro  $\text{m}^2$  im Regelbetrieb. Die MSF sind auslaufgeregelt und werden bei einem Druckverlust von 0,8 bar, entsprechend einer Filterlaufzeit von 60 - 80 h, zunächst 5 Minuten mit Luft ( $45 \text{ m}^3/\text{h}$ ) und dann 10 Minuten mit Wasser ( $40 \text{ m}^3/\text{h}$ ) gespült.

Ein Teilstrom des MSF-Filtrats von etwa 250 m<sup>3</sup>/h wird zur Belüftung/Entsäuerung einer Gegenstrom-**Rieslerkolonne** zugeführt (Ø 2,2 m, h 6 m, Füllkörpertyp VSP 50, Radialgebläse 3000 Nm<sup>3</sup>/h).

Nach Zumischung des unbelüfteten Filtratstroms erfolgt eine **Entsäuerungsfiltration** in drei mit halbgebranntem Dolomit befüllten Druckfilterkesseln (Ø 4 m, h<sub>eff</sub> 2,5 m, EBCT 11 - 14 min). In jeden Kessel werden alle 1 – 2 Wochen mit einem Injektor rd. 0,7 m<sup>3</sup> Material nachgefüllt (Jahresverbrauch rd. 85 t) wobei auch eine Spülung erfolgt (2 min Luft 50 m/h, 8 min Luft/Wasser 50/24 m/h, 15 min Wasser 30 m/h).

Das aufbereitete Wasser wird in vier Reinwasserkammern (Σ 4250 m<sup>3</sup>) zwischengespeichert. Den Netzpumpen sind zwei **UV-Desinfektionsanlagen** mit einer Nennleistung von je 800 m<sup>3</sup>/h nachgeschaltet.

### 3.3 Aufbereitungswirksamkeit

Zur Ermittlung der Aufbereitungswirksamkeit wurden am 6.10.2016 auch das Reinwasser auf die physikalisch-chemische Beschaffenheit (Vollanalysen, vgl. Anlagen 5a, 5b) sowie Proben aus den einzelnen Aufbereitungsstufen auf ausgewählte Parameter analysiert. Die für den Aufbereitungsprozess relevanten Daten sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

**Tabelle 1: Aufbereitungswirksamkeit WW Annenheide**

|                     |        | Roh-<br>wasser | Abl.<br>Oxid. | Abl. MSF | Abl.<br>Riesler | Rein-<br>wasser |
|---------------------|--------|----------------|---------------|----------|-----------------|-----------------|
| Sauerstoff          | mg/L   | <0,5           | -             | 0,9      | 10,5            | 7,6             |
| pH-Wert             | -      | 6,39           | 6,28          | 6,07     | 6,85            | 7,85            |
| Säurekap. pH 4,3    | mmol/L | 1,1            | -             | 0,70     | 0,71            | 1,8             |
| Basekap. pH 8,2     | mmol/L | 1,2            | -             | 1,6      | 0,23            | 0,06            |
| Härte               | ° dH   | 5,2            | -             | -        | -               | 8,2             |
| Calcitlösekapazität | mg/L   | 101            | -             | -        | -               | 2               |
| Ammonium            | mg/L   | 0,35           | -             | < 0,01   | -               | < 0,01          |
| Eisen               | mg/L   | 11,8           | 11,9          | 0,01     | 0,01            | < 0,01          |
| Eisen gelöst        | mg/L   | 11,7           | 11,7          | < 0,01   | <0,01           | < 0,01          |
| Mangan              | mg/L   | 0,27           | 0,27          | 0,26     | 0,27            | < 0,005         |
| Phosphat, ges.      | mg/L   | 0,91           | -             | 0,02     | -               | 0,01            |
| TOC                 | mg/L   | 4,0            | -             | 2,4      | -               | 2,4             |
| SAK <sub>254</sub>  | 1/m    | 9,8            | -             | 4,6      | -               | 4,3             |

Es ist zu erkennen, dass Eisen im Ablauf des **Oxidators** noch vollständig in gelöster Form vorliegt, d.h. in der nachfolgenden MSF-Stufe erfolgt eine verfahrenstechnisch günstige Fe(II)-Filtration.

In der **MSF-Stufe** gelingt eine vollständige Entfernung von Eisen und Ammonium, wobei erwartungsgemäß kein Mangan eliminiert wird. Da bei der Ammonium- und Fe<sup>2+</sup>-Oxidation Säure entsteht, sinkt der pH-Wert sowie die Säurekapazität und die Basekapazität, d.h. der CO<sub>2</sub>-Gehalt des Wassers, nimmt entsprechend der Reaktionsstöchiometrie zu. Weiterhin werden Phosphat praktisch vollständig und Huminstoffe zu rd. 40 % entfernt (vgl. TOC/SAK-Wert). Dies ist auf adsorptive Prozesse an den in den MSF abgeschiedenen Eisenoxidhydraten zurückzuführen. Somit gelingt trotz der vergleichsweise hohen Flächenbelastung (rd. 11 m/h zum Beprobungszeitpunkt) eine einwandfreie Aufbereitung.

Der CO<sub>2</sub>-Austrag in der **Rieslerkolonne** ergibt sich aus den Analysedaten für die Basekapazität zu rd. 85%, wobei parallel 10,5 mg/L Sauerstoff eingetragen wird (= Sättigung mit Luftsauerstoff).

Dieser CO<sub>2</sub>-Austrag sowie der Anteil an unbelüftetem Wasser ermöglichen eine ausreichende bzw. angemessene Entsäuerung und Aufhärtung in der nachgeschalteten Entsäuerungfilterstufe. Die gesetzlichen pH-Anforderungen sind erfüllt und die Pufferung des Wassers wird deutlich erhöht (KS<sub>4,3</sub> = 1,8 mmol/L).

Zusammenfassend ist für das Werk Annenheide eine sehr effiziente Aufbereitung festzustellen. Hervorzuheben sind die hohen Filterbeladung von bis zu 10 kg Fe/m<sup>2</sup> und der damit verbundene relativ niedrige Spülwasserbedarf (< 1 %). Der stabile, naturnahe Aufbereitungsprozess ermöglicht zusammen mit der hohen Auslastung des Werks vergleichsweise niedrige spezifische Kosten von rd. 0,35 €/m<sup>3</sup>. Dabei wird ein Trinkwasser mit einwandfreier und aufgrund der niedrigen Wasserhärte auch aus Verbrauchersicht günstigen Beschaffenheit bereitgestellt.

## 4 Vergleich der Trinkwasserbeschaffenheiten

Zum Vergleich der Wasserbeschaffenheit in den Gewinnungen Wiekhorn und Annenheide erfolgte eine Bewertung nach dem DVGW-Arbeitsblatt W 216 „Versorgung mit unterschiedlichen Trinkwässern“. Anlage 6 zeigt die entsprechenden Parameterskalen mit den Werten der Trinkwässer Annenheide und Wiekhorn.

Es ist zu erkennen, dass sich die beiden Wässer in ihrem Chemismus relativ ähnlich sind. Lediglich für die Parameter Säurekapazität bis pH 4,3 und TOC ergeben sich deutliche Unterschiede, wobei hinsichtlich des Parameters TOC die Abweichung größer ist als das Bewertungsmaß „m“. Dieses Bewertungsmaß gibt den Bereich an, in dem die Werte der einzelnen Parameter schwanken dürfen, ohne dass Nachteile für die Wasserversorgung zu erwarten sind.

Somit wäre bei Verteilung der beiden Wässer in einem Versorgungsgebiet zu prüfen, ob aus korrosions-chemischen Gründen besondere Maßnahmen erforderlich sind.

Unabhängig von dieser Mischwasserthematik ist der erhöhte Huminstoffgehalt bzw. TOC-Wert im Wasser aus der Gewinnung Wiekhorn insbesondere deshalb problematisch, da eine Desinfektion des Trinkwassers erforderlich ist. Hierauf wird im Abschnitt 5.2 näher eingegangen.

## 5 Aufbereitungsmöglichkeiten für das Rohwasser Wiekhorn

### 5.1 Mitaufbereitung im Werk Annenheide

Wie im Abschnitt 3.2 erwähnt, ist das Werk Annenheide hoch ausgelastet, so dass der Durchsatz nicht ohne weiteres erhöht werden kann. Zudem ist die vorhandene Aufbereitungstechnik für eine Behandlung des gut gepufferten, huminstoffreichen Grundwassers Wiekhorn ungeeignet. In Tabelle 2 sind relevante Parameter der Rohwässer Annenheide und Wiekhorn für eine detailliertere Begründung dieser Aussage vergleichend gegenübergestellt.

Für die MSF-Stufe des Werks Annenheide wäre bei einer Mitaufbereitung des Grundwassers Wiekhorn mit Problemen infolge einer erhöhten Sauerstoffzehrung bedingt durch die höheren Ammoniumgehalte zu rechnen. Zu prüfen wäre vorab auch, ob überhaupt eine stabile Enteisung gelingt, da sich erhöhte Huminstoffgehalte oft störend auf den Prozess der Enteisungsfiltration auswirken.

Eine Mitaufbereitung des Grundwassers Wiekhorn in der Entsäuerungsfilterstufe Annenheide ist nicht möglich, da dieses Wasser aufgrund seiner relativ hohen Pufferung (Säurekapazität bis pH 4,3) nicht die Vorgaben des DVGW-Arbeitsblatts W 214 „Entsäuerung von Wasser – Teil 2: Planung und Betrieb von Filteranlagen“ für eine Behandlung mittels Entsäuerungsfiltration erfüllt. Es wäre nicht mehr sichergestellt, dass die erforderliche pH-Wertanhebung erreicht wird.

**Tabelle 2: Vergleich Rohwasserbeschaffenheit Annenheide und Wiekhorn**

|                    |        | Annenheide | Wiekhorn   |
|--------------------|--------|------------|------------|
| Säurekap. pH 4,3   | mmol/L | 1,1        | <b>3,9</b> |
| Ammonium           | mg/L   | 0,35       | <b>1,4</b> |
| Eisen              | mg/L   | 11,8       | 10,1       |
| Mangan             | mg/L   | 0,27       | 0,50       |
| Färbung            | 1/m    | 0,4        | <b>10</b>  |
| TOC                | mg/L   | 4,0        | <b>16</b>  |
| SAK <sub>254</sub> | 1/m    | 9,8        | <b>60</b>  |

Auch eine Entfärbung auf einen Wert unterhalb des Trinkwassergrenzwertes von  $0,5 \text{ m}^{-1}$  kann mit der Verfahrenstechnik Annenheide bei einer Mitaufbereitung des Grundwassers Wiekhorn nicht gewährleistet werden.

Darüber hinaus wäre keine sichere Desinfektion mehr möglich. Die vorhandenen UV-Anlagen sind nicht zur Behandlung eines Wassers mit erhöhten Farb- bzw. SAK<sub>254</sub>-Werten zugelassen.

## 5.2 Konzeption Trinkwasseraufbereitung Wiekhorn

Ziel der nachfolgenden Ausführungen ist es, anhand einer Grobkonzeption den Aufwand für Neubau und Betrieb einer Trinkwasseraufbereitung Wiekhorn abzuschätzen. Anthropogene Belastungen des Grundwassers wurden bei der Konzeption nicht berücksichtigt. Die Auswertung der Unterlagen zur Altablagerung „Burggrafendamm“, die sich in der Wasserschutzzone III a befindet, ergab lediglich ein geringes Gefährdungspotential. Unabhängig davon, müsste eine anthropogene Rohwasserbelastung durch ein entsprechendes Grundwassermonitoring noch überprüft bzw. ausgeschlossen werden.

Ein wesentlicher Punkt bei der Neukonzeption war eine angemessene Huminstoffentfernung. Dabei reicht die Einhaltung des Trinkwassergrenzwerts für die Färbung von  $0,5 \text{ m}^{-1}$  nicht aus, sondern es müssen die Voraussetzungen für eine sichere Desinfektion geschaffen werden. Dies ist deshalb erforderlich, da aufgrund der hydrogeologischen Randbedingungen im Fassungsgebiet mit mikrobiologischen Beeinträchtigungen des Rohwassers gerechnet werden muss.

Eine Desinfektion durch Zugabe von Chlor oder Chlordioxid ist dabei nach unserer Einschätzung nicht möglich. Es ist von einer sehr starken Zehrung dieser beiden Desinfektionsmittel durch Reaktion mit Huminstoffen und von einer erhöhten Bildungsrate für Desinfektionsnebenprodukte wie z. B. cancerogene Trihalogenmethane auszugehen.

Somit kommt insbesondere eine UV-Desinfektion in Betracht. Für den Einsatz der UV-Desinfektion sind entsprechend DVGW-Arbeitsblatt W 294 – Teil 1 SAK<sub>254</sub>-Werte im Reinwasser von unter  $10 \text{ m}^{-1}$  einzustellen. Selbst bei Einhaltung dieser Anforderung resultiert aufgrund der geringen UV-Transmission ein verhältnismäßig hoher apparativer und energetischer Aufwand.

Die genannte Mindestanforderung an den SAK<sub>254</sub> kann im vorliegenden Fall mit einer konventionellen Aufbereitung (Flockung-Sedimentation-Filtration) nicht gewährleistet werden. Es ist deshalb eine Nachbehandlung zur weitergehenden Verringerung der Huminstoffgehalte bzw. des SAK<sub>254</sub> vorzusehen. Hierfür kommen die Verfahren Nanofiltration bzw. Umkehrosmose oder Ozon/Biofiltration in Betracht.

Somit ergibt sich folgender prinzipiell möglicher Aufbereitungsprozess:

- Belüftung/Entsäuerung
- Flockung-Sedimentation
- Belüftung/Entsäuerung
- Schnellfiltration/Entmanganung
- Nanofiltration bzw. Umkehrosmose oder Ozon/Biofiltration
- UV-Desinfektion

Um geeignete Dimensionierungs- und Betriebsgrößen zu ermitteln, sind kleintechnische Vorversuche erforderlich. Von besonderem Interesse wäre dabei die Untersuchung platzsparender Belüftungs- und Sedimentationsverfahren sowie hinsichtlich der Membranverfahren ein minimierter Reinigungsaufwand bzw. Chemikalienbedarf. Bei der Variante Ozon/Biofiltration stünden als Fragestellung der Ozonbedarf, die Bromatbildung sowie die mikrobiologische Stabilisierung des Reinwassers im Vordergrund der Pilotierung.

Anhand der Ergebnisse der Vorversuche könnten eine Vorzugsvariante ausgewählt, ein entsprechender Verfahrensprozess konzipiert und genauere Kostenschätzungen durchgeführt werden. Anhand von Erfahrungen von vergleichbaren Anlagen können die spezifischen Kosten derzeit lediglich grob zu 0,7 – 1,0 €/m<sup>3</sup> abgeschätzt werden.

## 6 Zusammenfassung

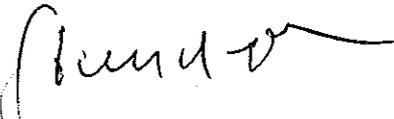
Das Rohwasser Wiekhorn ist durch hohe Gehalte an den reduzierten Substanzen Ammonium,  $\text{Fe}^{2+}$  und  $\text{Mn}^{2+}$  sowie an färbenden Huminstoffen gekennzeichnet. Letzteres ist insbesondere im Hinblick auf die erforderliche Desinfektion problematisch. Die Aufbereitungsanlage „An den Graften“ kann aufgrund baulich-technischer Mängel nicht mehr zur Trinkwassergewinnung genutzt werden und würde auch nicht mehr heutige Anforderungen an die Wasserbeschaffenheit erfüllen.

Demgegenüber ist das Rohwasser Annenheide ungebuffeter/weicher und enthält keine erhöhten Mengen an Huminstoffen. In der zugehörigen Aufbereitungsanlage erfolgt eine naturnahe, sehr effiziente und wirtschaftliche Trinkwassergewinnung. Für eine Mitbehandlung des Grundwassers Wiekhorn ist sie nicht geeignet.

Es wurde ein Grobkonzept für eine neue Trinkwasseraufbereitung Wiekhorn ausgearbeitet, das eine ähnliche Behandlung wie früher beinhaltet. Zusätzlich ist eine Behandlungsstufe zur weitergehenden Huminstoffentfernung, beispielweise mittels Nanofiltration/Umkehrosmose, vorgesehen.

Ein geeigneter Gesamtprozess sowie die spezifischen Kosten wären im Rahmen von kleintechnischen Untersuchungen zu ermitteln. Da der Wasserchemismus Wiekhorn eine komplexe Aufbereitungstechnologie erfordert, ist von um einen Faktor 2 - 3 höheren Kosten im Vergleich zur Gewinnung Annenheide auszugehen.

Karlsruhe 20.01.2017

  
i. A. Dr.-Ing. Stefan Stauder  
i. A. Dr.-Ing. Sebastian Hesse