

## Entwicklung von Verfahren zur Qualitätsverbesserung von gefiltertem bzw. gereinigtem Trinkwasser

Anlass zu diesem Projekt war die bei Führungen und telefonisch immer wieder gestellte Frage, was ein privater Wassernutzer tun kann, um sein Wasser zu reinigen. Dahinter stehen immer wieder genannte Sorgen in der Bevölkerung, dass das Trinkwasser aus der öffentlichen Wasserversorgung durch Chlorungsrückstände, Pestizide, Medikamentenrückstände, Schwermetalle und andere Substanzen verschmutzt ist. Auch besteht in Ballungsgebieten oder in Regionen mit intensiv betriebener Landwirtschaft die Sorge einer Beeinträchtigung.

Untersuchen wir das Wasser, ergibt sich ein differenziertes Bild der Wasserqualität. Hinweise zu ihrer Beurteilung wurden schon im WASSERZEICHEN 37 und 35 ausgeführt und finden sich auch auf unserer Website.<sup>1)</sup> Viele Mineralwässer aber auch Leitungswässer sind von hoher Qualität. Eine sorgfältige Reinigung durch einen Trinkwasserhersteller, z. B. durch ein naturnahes Verfahren wie die Sandfiltration oder die Entfernung von Eisen oder Mangan führt in der Regel zu einer Reinigung und Verbesserung der Wasserqualität, ohne dass wir Beeinträchtigungen feststellen. Deshalb ist es nötig, im Einzelfall einen sorgfältigen Blick auf das Wasser zu richten und zu fragen, ob eine Reinigung überhaupt nötig ist.

Berechtigte Sorgen können entstehen:

- bei eigener Wasserversorgung und nachweislicher Beeinträchtigung in hygienischer Hinsicht oder landwirtschaftlicher Tätigkeit in naher Nachbarschaft,<sup>2)</sup>
- bei einem veraltetem Leitungsnetz im Haus mit z. B. Bleirohren oder Kupferrohren bei saurem Wasser,
- beim Wunsch, einen hohen Kalkgehalt des Wassers zu verringern,
- bei Chlorung des Wassers; die Chlorung deutet auch darauf hin, dass weitere Möglichkeiten der Beeinträchtigung vorliegen, welche die Chlorung als nötig erachten lassen.

Durch Unterstützung zweier Förderer führten wir deshalb eine stichprobenartige Untersuchung durch, um zu prüfen, wie sich übliche, im Handel angebotene, häusliche Reinigungsverfahren auf die Wasserqualität auswirken. Die erzielten

1) unter: Was ist gutes Wasser ([stroemungsinstitut.de/?page\\_id=1266](http://stroemungsinstitut.de/?page_id=1266))

2) Siehe hierzu auch die Pressemitteilung des Umweltbundesamts vom 10. 2. 2014 mit den Querverweisen (suchen nach: Umweltbundesamt: zu viel Nitrat im Grundwasser)

Ergebnisse entsprachen den bisherigen Erfahrungen aus Einzeluntersuchungen, so dass wir sie hier wiedergeben wollen.

### *Auswahl der Reinigungsverfahren und Geräte*

Für die Untersuchung wurden typische Vertreter der im Haushalt am häufigsten verwendeten Reinigungsverfahren ausgewählt. Die Hersteller waren dankenswerter Weise bereit, dem Institut für die Untersuchungen neue Geräte zur Verfügung zu stellen. Vor Inbetriebnahme erfolgte eine Vorbehandlung entsprechend der Herstellerangaben. Die ausgewählten Geräte werden hier kurz vorgestellt.

### *Ionenaustauscher (IT)*

Ein Verfahren zur Verhinderung von Kalkablagerungen aus dem Wasser stellt ein Austausch der Calcium- /Magnesiumionen gegen Natriumionen dar. Es handelt sich also um eine Verringerung der Konzentrationen der für die Wasserhärte verantwortlichen Ionen. Weitere mögliche Verunreinigungen bleiben unbeeinflusst.

### *Aktivkohlefilter (AK)*

Aktivkohle wird verwendet, um aus Wasser vor allem organische Verunreinigungen wie Pestizide, hormonähnliche Stoffe, Medikamentenrückstände oder Chlor und chlorierte Verbindungen zu entfernen, welche sich an den „aktivierten“ Kohlenstoff anlagern können. Zu beachten ist, dass die Kapazität des Filters begrenzt ist und dann die eingelagerten Substanzen in hoher Konzentration wieder abgeben werden können.

### *Destillation*

Eine weitere Möglichkeit der Reinigung von Wasser ist die Destillation, bei der das Wasser durch die Dampfphase geführt wird und Ionen und weitere Substanzen im Restwasser zurückbleiben. Dabei sollten Wasser und Dampf nur mit ausgewählten Materialien wie Glas oder Edelstahl in Berührung kommen. Das Wasser wird meist elektrisch erhitzt und verdampft. Der Dampf wird in einem weiteren Gerätebereich abgekühlt und das kondensierte, gereinigte Wasser in einem Auffanggefäß aufgefangen. Unserer Erfahrung nach bergen die Erhitzungsquelle wie auch die Kühlquelle eine mögliche Quelle von Beeinträchtigungen. Hier erfolgte die Kühlung durch einen über dem Kondensationsbereich sitzenden Ventilator, der Umgebungsluft ansaugte und nach oben blies. Kondensationsbereich, Ventilator und Auslauf befanden sich in einem Gehäuse aus Kunststoff.

### *Umkehrosmose (UO)*

Bei der Umkehrosmose wird zur Entfernung von Wasserbestandteilen eine Membran mit sehr kleinen Poren verwendet, durch die vornehmlich Wasser, aber nur in geringem Maße andere Bestandteile wie Ionen oder Moleküle passieren können. Hierzu ist oft ein erhöhter Druck nötig. In der Regel sind Umkehrosmose- oder auch Reversed-Osmosis-Geräte sehr komplex aufgebaut mit Vorfilter (Sedimentfilter und Aktivkohlefilter), Umkehrosmosemembran mit einer Porengröße von z. B. 0,0001 µm sowie Nachfilter.

Durch die Umkehrosmosemembran sollen Schwermetalle, Pestizide, Medikamentenrückstände, Chlor, Bakterien, Viren, Asbest, Nitrate, Nitrite, anorganische Mineralien und radioaktive Elemente zurückgehalten werden, da durch die Poren nur noch Wassermoleküle und sehr kleine Ionen passieren können. Oft wird das Wasser in einem Kreislauf gegen die Membran geführt und dabei jeweils ein Teil abgetrennt und dabei gereinigt. Es verbleibt verunreinigtes Restwasser von etwa einem Drittel der Ausgangsmenge.

### *Tischwasserfilter (TWF)*

Wegen seiner großen Verbreitung wurde auch ein so genannter Tischwasserfilter untersucht. Dieser nutzt eine Kombination von Aktivkohle, Ionentauscher und weiterer Ionenzugabe, z. B. von Silber, welches infolge seiner antimikrobiellen Eigenschaften die Gefahr einer Verkeimung des Filters und des gefilterten Wassers herabsetzen soll. Diese Geräte sollen vor allem Kalk reduzieren, die Konzentration von geruchs- und geschmacksstörenden Stoffen wie z.B. Chlor herabsetzen sowie eventuell durch die Hausinstallation bedingte Gehalte an Schwermetallen wie Blei und Kupfer vermindern. Das verwendete Gerät bestand wie die meisten aus einem Innen- und einem Außenbehälter aus Kunststoff. Das Wasser wurde zur Reinigung in den Innenbehälter eingefüllt und floss durch die Filterkartusche in den Außenbehälter.

### *Allgemeines zur Probenherstellung*

#### *Verwendetes Trinkwasser*

Für die Untersuchungen der Reinigungsverfahren wurde Trinkwasser aus einem Dorf im Elsass ausgewählt. Es handelte sich um ein hartes Wasser<sup>3)</sup>, das gechlort wird, von großen Teilen der Bevölkerung als ungenießbar empfunden und nicht getrunken wird, obwohl es der EU-Trinkwasserverordnung entspricht.

---

3) im Sinne des Wasch- und Reinigungsmittelgesetzes

<b>Parameter</b>	<b>Ausgangswasser (EW)</b>
Gesamtkeimzahl: 22°C	0
Gesamtkeimzahl: 36°C	0
Coliforme Bakterien	0
Enterokokken	0
pH-Wert	7,5
Gesamthärte [°dH]	28
Natrium (Na <sup>+</sup> ) [mg/l]	18
Kalium (K <sup>+</sup> ) [mg/l]	1
Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) [mg/l]	4
Chlorid (Cl <sup>-</sup> ) [mg/l]	19
Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) [mg/l]	10
Chlor [mg/l]	0,075

**Tab. 1:** Analysenwerte ausgewählter Parameter des in der Untersuchung verwendeten, unbehandelten Referenzwassers

Analysenwerte dieses unbehandelten Ausgangs- bzw. Referenzwassers zeigt die folgende Tab. 1. Hierbei handelt es sich um Angaben des Versorgers. Da landwirtschaftliche Einflüsse vermutet wurden, wurden auch Pestizidkonzentrationen bestimmt.<sup>4)</sup>

#### *Die verwendeten Untersuchungsmethoden*

Um ein möglichst umfassendes Bild der Wirkungen der Reinigungs- und Behandlungsverfahren zu erhalten, wurden in dieser Studie folgende Methoden zur Untersuchung der verschiedenen Qualitätsebenen verwendet:

*Reinheit:* Chemisch-Mikrobiologische Untersuchung,<sup>5)</sup>

*Beweglichkeit:* Untersuchung der Strömungsdynamik anhand der Tropfbildmethode,

*Strukturelle energetische Eigenschaften:* Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie,<sup>6)</sup>

*Wirkung auf Organismen:* Wachstums- und Vitalitätsuntersuchungen an Süßwasseralgen,

*Wirkung auf den Menschen:* Wirkungssensorische Untersuchung.<sup>7)</sup>

4) Gefunden wurde Atrazin und Abbauprodukte mit 12-13 ng / l, dies entspricht 1/10 des Grenzwertes

5) Die Untersuchungen zum Pestizidgehalt wurden durch die Kwalis gGmbH, Fulda durchgeführt

6) Diese Untersuchungen wurden durch die Kwalis gGmbH, Fulda durchgeführt

7) Eine ausführliche Beschreibung der verwendeten Untersuchungsmethoden findet sich unter [http://stromungsinstitut.de/?page\\_id=400](http://stromungsinstitut.de/?page_id=400) mit Ausnahme der Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie, welche in Strube, Stolz (2004) beschrieben ist

### *Mikrobiologisch / chemische Untersuchung*

Mit den in der Trinkwasserverordnung aufgeführten Verfahren können der Reinigungserfolg, d.h. die Veränderung wichtiger chemisch-physikalischer Parameter wie des Kalk- und Nitratgehalts, des pH-Werts, sowie die Keimzahlen ausgewählter Bakterien, der Gesamtkeimgehalt sowie coliforme Keime bestimmt werden.

### *Strömungsdynamik: Tropfbildmethode*

Natürlich reines Grund- und Quellwasser vollzieht vielfältige innere Bewegungen mit vielgestaltigen Formen. Dies kann durch die Tropfbildmethode sichtbar gemacht werden. Anhand der Entwicklung, Ausgestaltung und Anordnung der Strömungsformen einer Wasserprobe kann im Tropfbildversuch abgelesen werden, wieweit dies Wasser einem natürlich reinen, unverdorbenen Grundwasser hinsichtlich des Gestaltungs-Potentials seiner Strömungen vergleichbar ist.<sup>8)</sup> Ebenso kann die Tropfbildmethode zeigen, ob sich das Strömungsverhalten eines beeinträchtigten Wassers nach einer Behandlung wieder demjenigen von reinem, natürlichem Quellwasser annähert.

### *Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie*

Die Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie (FAS) ist ein optisches Verfahren, bei dem die Lichtemission einer Probe nach definierter Anregung gemessen wird. Die Methode beruht auf der Tatsache, dass insbesondere pflanzliche Proben nach Anregung durch Licht langfristig fluoreszieren, d.h. Licht niedrigerer Energie (größerer Wellenlänge) im Vergleich zur Anregung emittieren.

Die Auswertung der relativen Lumineszenz ergibt eine Charakterisierungsmöglichkeit der Strukturierungseigenschaften der untersuchten Wasserprobe. Die untersuchten Proben können im Vergleich untereinander charakterisiert werden. Außerdem kann eine Betrachtung in Bezug zu den bislang untersuchten 24 verschiedenen Proben der käuflichen Tafel- und Mineralwässern (Strube 2003) vorgenommen werden.

### *Algenuntersuchungen*

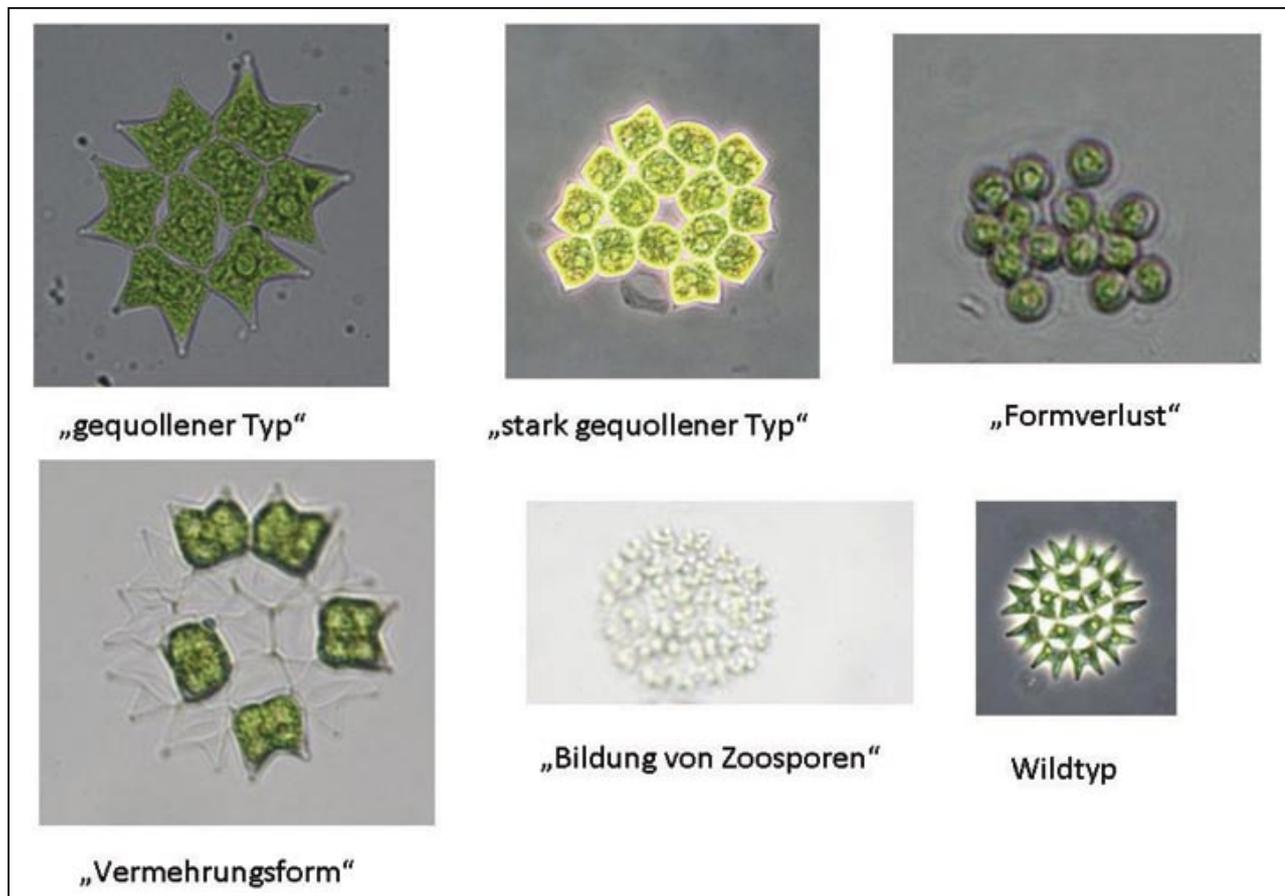
Algen werden heute in der Toxikologie und zum Teil auch in der Trinkwasserwirtschaft als Indikatoren für die Wasserqualität verwendet.<sup>9)</sup> Mithilfe dieser Standardmethode unter Hinzunahme der morphologischen Eigenschaften zeigen die verwendeten Algen ein Gesamtbild der Wirkung einer Wasserprobe,

---

8) siehe Wilkens et al. (2000), Schwenk (2004), Schwenk et al. (2001)

9) EC Dir 92 / 69 / EEC, EPA (2012), OECD (2011)

wodurch auch schwache Beeinflussungen der Wasserqualität aufgezeigt werden können.



**Abb. 1:** Beispiele morphologischer Veränderungen der verwendeten Algenart *Pediastrum duplex*

### *Wirkungssensorische Untersuchung*

Die hier verwendete wirkungssensorische Untersuchung beschreibt alle bei einer Untersuchung der Wässer auftretenden Wahrnehmungen des Probanden. Die im Vergleich vorher – nachher zusätzlich oder abweichend auftretenden Wahrnehmungen werden notiert und durch wiederholte Durchführungen im zunächst verblindeten oder teilverblindeten Versuch verifiziert.<sup>10)</sup> Die Wahrnehmungen werden vorurteilslos und objektiv aufgenommen, zunächst rein beschreibend und ohne Wertung.

Unsere bisherigen Erfahrungen mit dieser Methode zeigen, dass bei Wasser auch Unterschiede beschrieben werden können, die allein durch physikalische Prozesse im Wasser bewirkt wurden.<sup>11)</sup>

10) Unverblindet: Der Proband weiß, welche Proben er untersucht. Teilverblindet: Der Proband weiß, welche Proben er untersucht, kennt aber nicht die genaue Zuordnung z.B. von Kontrollen und Proben. Verblindet: Der Proband weiß nicht, welche Proben er untersucht

11) Eine ausführliche Darstellung dieser Methode findet sich in: D. Schmidt (2010), sowie J. Strube (2010)

### **Zielsetzung:**

Ziel des vorliegenden Projektes war es, verschiedene Reinigungsverfahren auf ein Trinkwasser anzuwenden und ihre Wirkung auf das Wasser zu prüfen. In einem weiteren Teil des Projektes wurde untersucht, wie sich weitere Behandlungen auf ein gereinigtes Trinkwasser auswirken. Die Ergebnisse dieses zweiten Teils werden in einem weiteren Bericht veröffentlicht.<sup>12)</sup>

Eine Reinigungswirkung der Geräte würde sich bei den einzelnen Methoden in folgender Weise zeigen:

*Chemisch-Mikrobiologische Untersuchung:* Verringerung des Gehalts an Kalk, Nitrat bzw. Pestiziden sowie an Bakterien

*Tropfbildmethode:* Verbesserte oder zumindest gleichwertige Strömungsdynamik,

*Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie:* Lumineszenzwerte, die hochwertigen Wässern vergleichbar sind<sup>13)</sup>

*Algenuntersuchung:* Verringerung der Schädigung durch Erhöhung des Anteils der normalgeformten Zellen

*Wirkungssensorische Untersuchung:* Verbesserung der die Lebenskräfte förderlichen Wirkungen.

Es werden folgende Abkürzungen für die ausgewählten Geräte, bzw. die Proben verwendet:

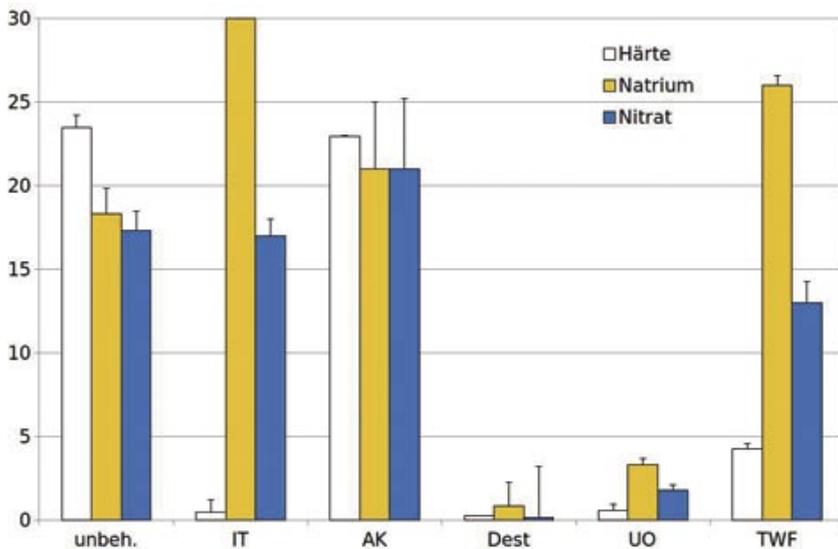
- |                                  |             |
|----------------------------------|-------------|
| 1. Unbehandeltes Ausgangswasser: | unbeh. / EW |
| 2. Ionentauscher:                | IT          |
| 3. Aktivkohlefilter:             | AK          |
| 4. Destillation:                 | Dest        |
| 5. Umkehrosmose:                 | UO          |
| 6. Tischwasserfilter:            | TW          |

### *Beispiel der Ergebnisse der Chemisch-Mikrobiologischen Untersuchung*

Die Konzentrationen an Natrium, Nitrat sowie die Härte der behandelten Wässer zeigt Abbildung 2 im Vergleich zum unbehandelten Ausgangswasser mit ihrem jeweiligen Streubereich.

12) zweiter Teil des Projektberichts: Liess *et al.* (2016b)

13) Hohe Luminszenz: Lauretana (1172 – 1431), Volvic (1680 – 1721), Plose (3280); mittlere Luminszenz: Bad Brückenauer, Montcalm, Celtic und viele weitere Marken (400 – 600); niedrige Luminszenz: Appollinaris (24), Selters (40), Staatl. Fachingen (55), Rhönsprudel (64 – 83), zur weiteren Erläuterung, siehe ausführlicher Bericht (Liess *et al.* 2016a)



**Abb. 2:** Härte (°dH) und Natrium-, bzw. Nitratgehalt (Natrium bzw. Nitrat, jeweils mg/l) der behandelten Wässer im Vergleich zum unbehandelten Wasser, jeweils mit Standardabweichung, der Natriumgehalt der Probe IT überstieg die Skala und betrug 217mg / l

### Zusammenfassung der Wirkungen der Filterung und Reinigung

Ausgewählte Darstellungen der Ergebnisse einzelner Untersuchungsmethoden finden sich jeweils nach den Zusammenfassungen.

### Eigenschaften des Referenzwassers

Das Leitungswasser aus dem Elsass entspricht der EU-Trinkwasserverordnung, ist einer Zone intensiver landwirtschaftlicher Nutzung entnommen und wird gechlort. Analysedaten dieses Wassers finden sich auf Seite 35. Abb. 3 zeigt typische Strömungsbilder dieses Wassers.

Zusammenfassung der Ergebnisse	
Chemische Merkmale:	Gechlort, Härte >20°dH (=hart), enthält Atrazin und Derivate in geringeren Mengen (1/10 des Grenzwertes), Nitratgehalt ~17 mg/l, leicht basischer pH-Wert, Leitfähigkeit 650 µS.
Bakteriologische Merkmale:	Infolge Chlorung keimfrei.
Strömungsqualität:	Mäßig bis gut.
Lumineszenz:	Rel. Lumineszenz 575 (mittlerer Bereich)
Wirkung auf Algen:	Verringerter Anteil normal geformter Kolonien (2/3 des üblichen Wertes bei 30% disharmonisch geformten Kolonien)
Kräftwirkungen:	Wasser mit schwachen wassertypischen Bewegungen und mit herabfließenden, trägen und dichten, dunklen, zähflüssigen Elementen. Lange Nachwirkung mit Einflüssen von Schwere, Verdichtung, Verdunklung, Einengung. Allgemeine Schwächung der Lebenskräfte.

Strömungsdynamische Eigenschaften des Referenzwassers:

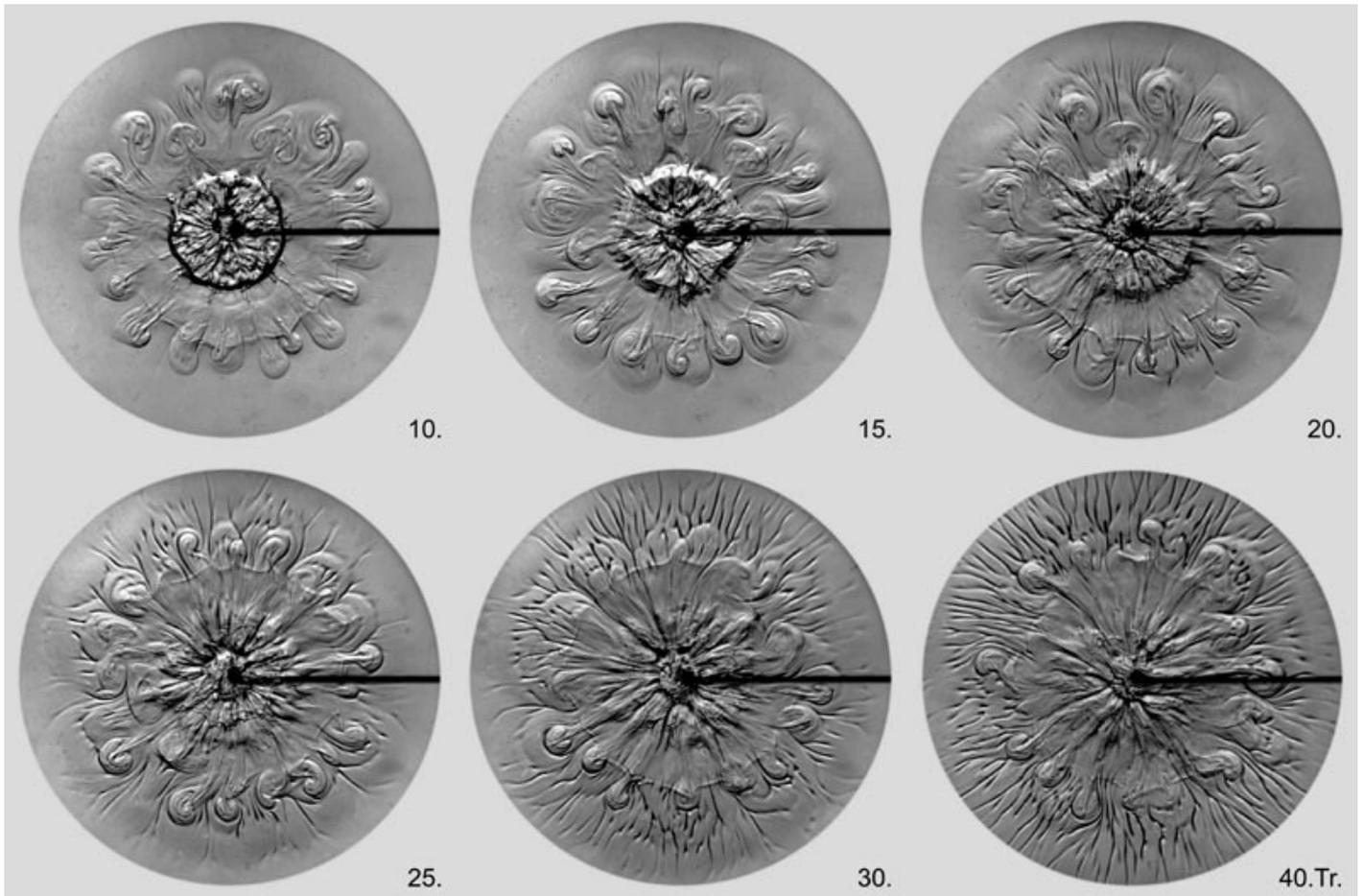


Abb. 3: Repräsentative Strömungsbilder des unbehandelten Wassers (jeweils 10., 15., 20., 25., 30. und 40. Strömungsbild)

**Charakterisierung:** Besonders zu Ende der Versuche geringer bewegte, gestaltete und konturierte Strömungsformen

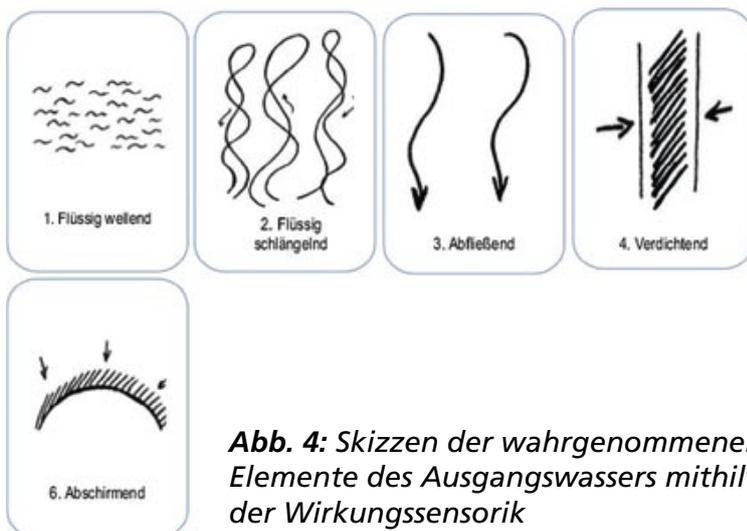


Abb. 4: Skizzen der wahrgenommenen Elemente des Ausgangswassers mithilfe der Wirkungssensorik

Probe	Wahrgenommene Elemente	Wahrgenommene Wirkungen
Ausgangswasser	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Schwache, wässrig wellende Bewegungen.</li> <li>2. Schwache, wässrig schlängelnde Bewegungen.</li> <li>3. Herabfließende, träge und dichte, dunkle, zähflüssige Ströme.</li> <li>4. Von der Peripherie her hereindrückende, verdichtende und einengende Bewegungen.</li> <li>5. Bildung eines dunklen zentralen Bereiches mit nach unten ausfließenden Bewegungen.</li> <li>6. Bildung einer abschirmenden Umhüllung.</li> </ol>	<p>Herabziehend, verdichtend, einengend, abschirmend, schwächend, erstarrend, Bewusstsein verdunkelnd,</p> <p>Gräuliche Leere im Gefühlsbereich,</p> <p>Schwächung des Willens, Lange nachwirkend.</p>

**zu Abb. 4:**  
*Beschreibung der wahrgenommenen Elemente und Wirkungen: unbehandeltes Ausgangswasser*

### Beurteilung

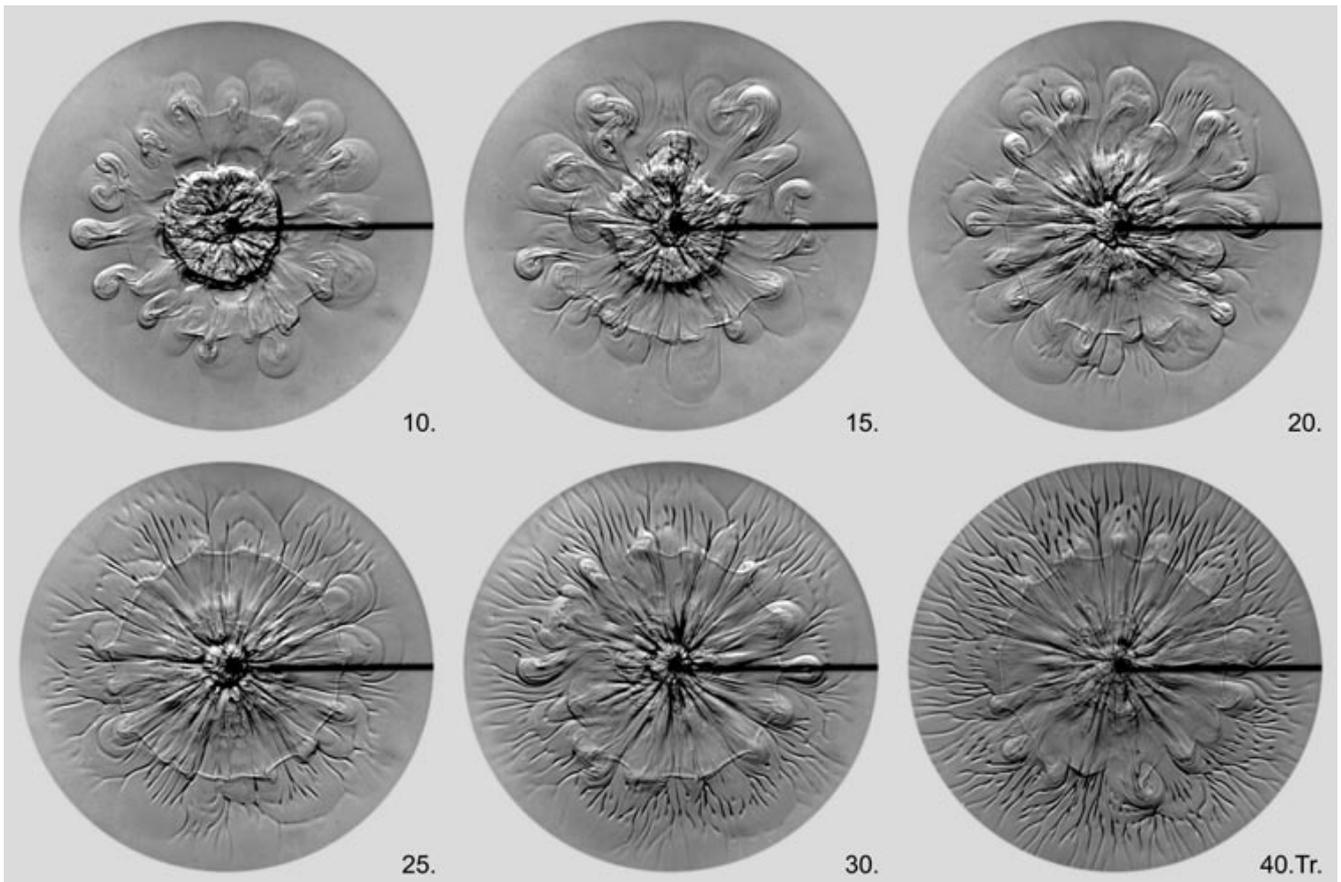
Das Ausgangswasser ist von mittlerer Mineralisierung, organisch leicht bis mäßig belastet und geschmacklich abstoßend. Es strömte mit einer etwas verringerten Beweglichkeit in vereinfachten Strömungsformen im Vergleich zu naturbelasstem Quellwasser. Seine Wirkung auf die Algen sowie auf den Menschen war nicht förderlich, was besonders an der Chlorung liegt.

Als Trinkwasser nicht zu empfehlen.

### Ionentauscher

<b>Zusammenfassung der Ergebnisse</b>	
Chemische Merkmale:	Deutlich reduzierter Härtegrad bei Anstieg der Natriumkonzentration über den Grenzwert der Trinkwasserverordnung (=200 mg / l) hinaus. Alle sonstigen Merkmale des Wassers, Nitrate, organische Stoffe wie Pestizide nicht wesentlich verändert.
Bakteriologische Merkmale:	Keine Verringerung der Keimzahl bei Passage einer verkeimten Probe.
Strömungsqualität:	Geringere Bewegung bei weniger gestalteten und konturierten Strömungsformen, hemmende Wirkung auf die Strömungsqualität, Verschlechterung.
Lumineszenz:	Rel. Lumineszenz 404 (mittlerer Bereich)
Wirkung auf Algen:	Deutliche Verringerung des Anteils an Normalformen und stärkeres Auftreten von Vermehrungsformen (Stressantwort), der gemessene Anstieg der Natriumkonzentration ist zu gering, um diesen Effekt zu erklären. Anscheinend langanhaltender Reiz, von den Algen nicht beherrschbar.
Kräftwirkungen:	Umschließende, träge herabfließende Bewegungen mit kristallförmigen, anregenden Elementen. Nicht besonders prägende und nicht anhaltende, relativ neutrale bis leicht hemmende Wirkung auf den Menschen.

*Strömungsdynamik der Probe Ionentauscher: IT*



**Abb. 5** Repräsentative Strömungsbilder der Probe Ionentauscher (jeweils 10., 15., 20., 25., 30. und 40. Strömungsbild)

**Charakterisierung:** Schwächer bewegte, gestaltete und konturierte Strömungsformen

**Beurteilung**

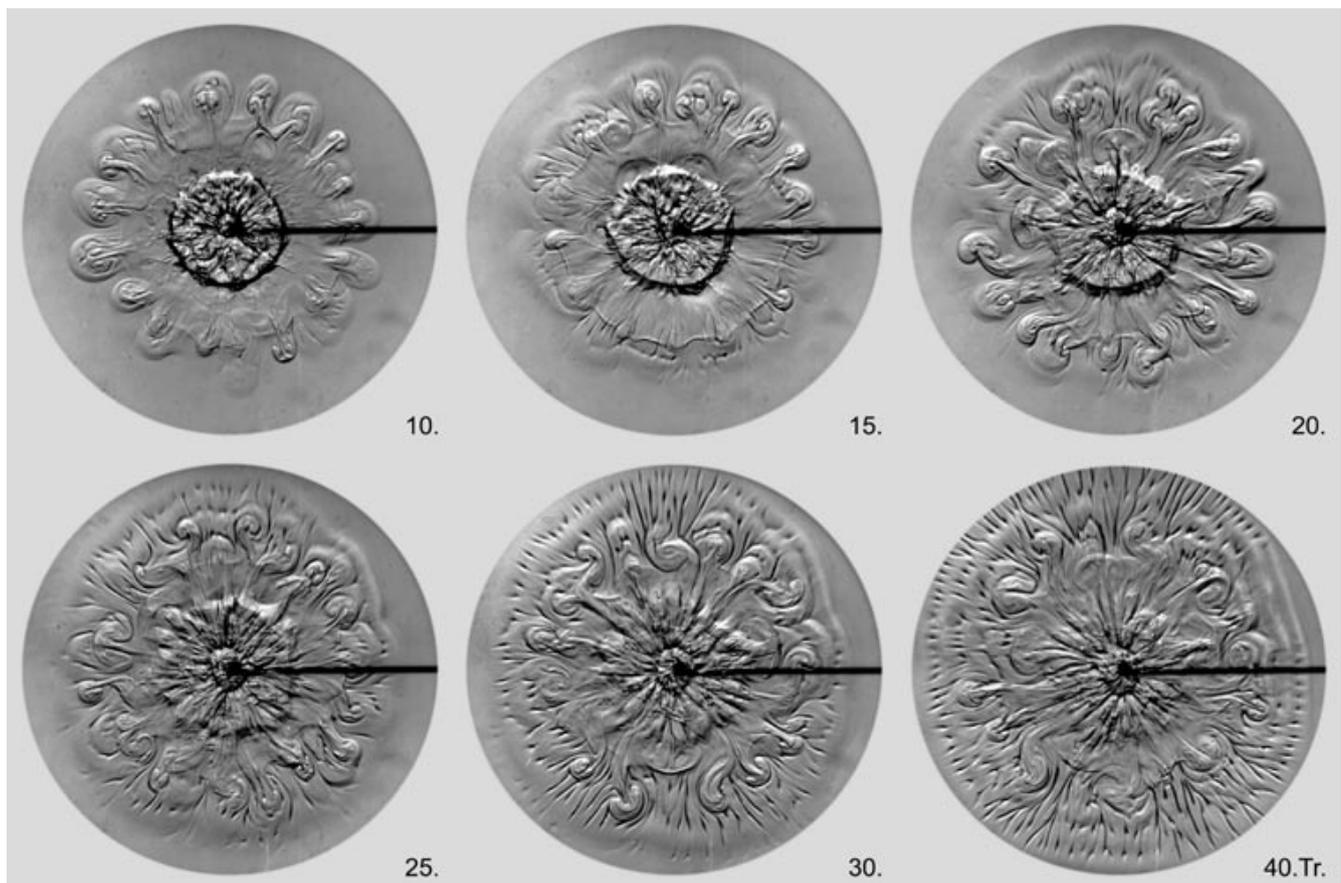
Es erfolgte eine selektive Verringerung der Wasserhärte. Insgesamt tritt eher eine Verschlechterung der allgemeinen Wasserqualität auf.

Diese Behandlung kann zur Verbesserung der technischen Eigenschaften des Wassers eingesetzt werden, zur Trinkwasserbehandlung wird sie nur bedingt empfohlen.

## Aktivkohle

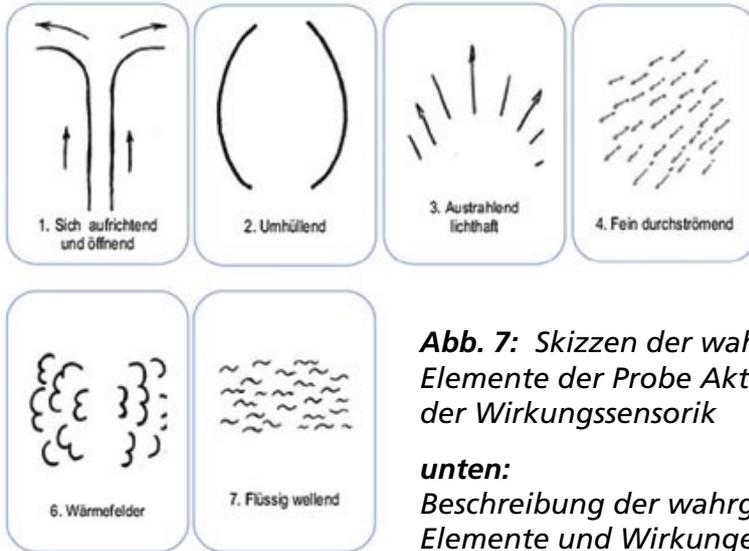
Zusammenfassung der Ergebnisse	
Chemische Merkmale:	Deutliche Verringerung des Pestizid-Anteils (unter Bestimmungsgrenze) wie auch des unangenehmen Geschmacks, weitere mineralische Substanzen (Härte und Nitratgehalt, pH-Wert) unverändert.
Bakteriologische Merkmale:	Leichte Verringerung der Keimzahl nach Passage einer verkeimten Probe.
Strömungsqualität:	Erhöhung der Strömungsqualität hin zu einer guten bis sehr guten Strömungsdynamik. Verbesserung.
Lumineszenz:	Rel. Lumineszenz 92 (unterer Bereich)
Wirkung auf Algen:	Keine Veränderung - auch keine Verbesserung.
Kräftwirkungen:	Wasser mit einhüllenden, aufstrebenden, wärmenden, durchlichtenden Elementen. Unterstützender, durchwärmender Prozess beim Menschen, freilassend, leicht nachwirkend.

### Strömungsdynamik der Probe Aktivkohle: AK



**Abb. 6:** *Repräsentative Strömungsbilder der Probe Aktivkohle (jeweils 10., 15., 20., 25., 30. und 40. Strömungsbild)*

**Charakterisierung:** Gut bewegte und gestaltete Strömungsformen mit ausgeprägter Formung bis zum Ende des Versuchs



**Abb. 7:** Skizzen der wahrgenommenen Elemente der Probe Aktivkohle mithilfe der Wirkungssensorik

**unten:** Beschreibung der wahrgenommenen Elemente und Wirkungen: Aktivkohle

Behandelte Probe	Wahrgenommene Elemente	Wahrgenommene Wirkungen
Nach Aktivkohle	1. Aufrichtende, sich öffnende Bewegung. 2. Kräftige, feste Umhüllung. 3. Ausstrahlendes Licht. 4. Fein durchfließende, prickelnde Bewegungen, in fülliger, poröser Substanz. 5. Leichte. 6. Intensives Wärmefeld. 7. Wässeriges Weben.	Leicht durchlichtend, Einhüllend, Durchwärmend, Füllig unterstützend, Freilassend im Denkbereich, Milde und Ruhe im Gefühlsbereich, Stärkend auf den Willen, Leicht nachwirkend.

**Beurteilung**

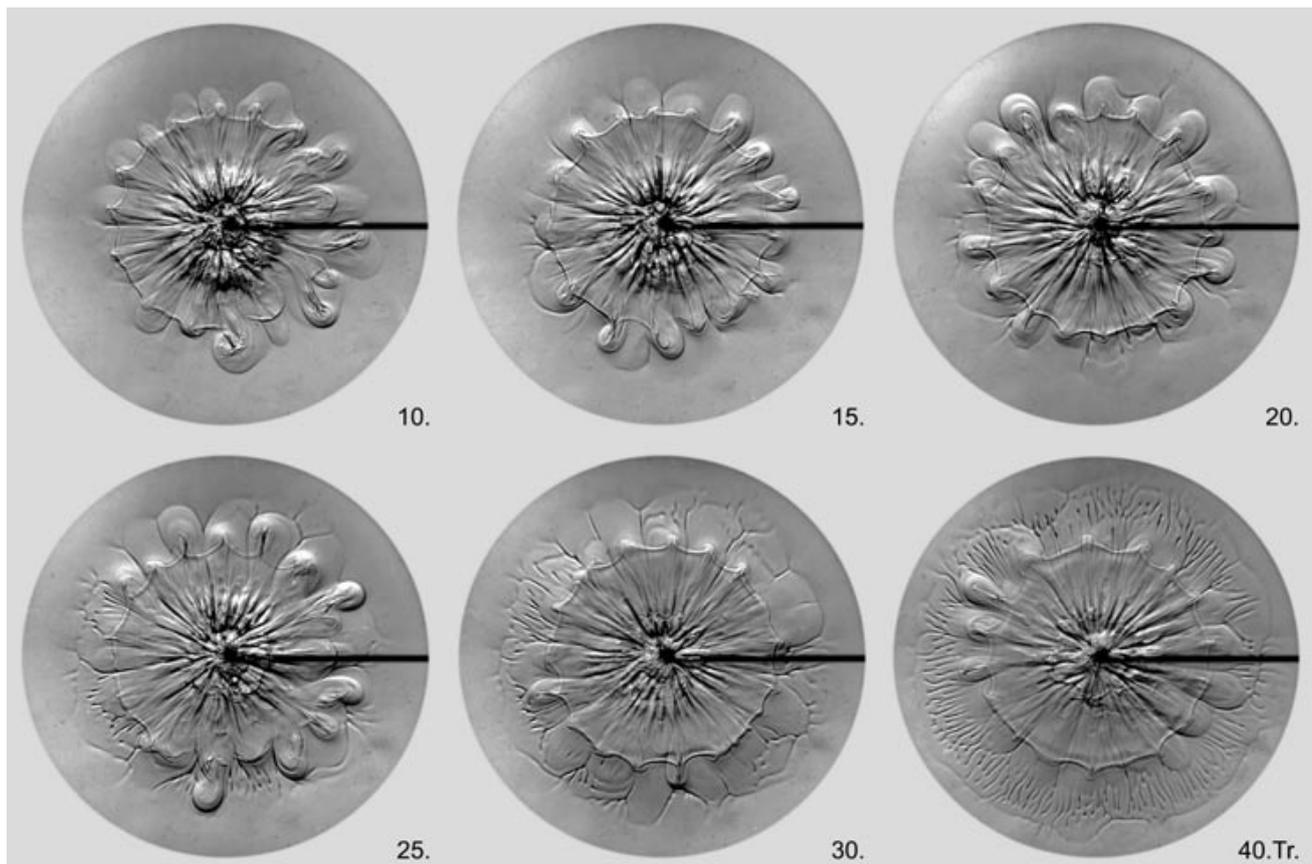
Insgesamt kann die Aktivkohlebehandlung zur Entfernung organischer Verunreinigungen (Pestizide, Medikamentenrückstände) und auch von Chlor und Chlorprodukten empfohlen werden. Sie ist ein freilassender, relativ neutraler bis unterstützender Prozess.

Die Reinigung durch Aktivkohle ist jedoch bei einer Verkeimung oder Belastung durch mineralische Stoffe (bei hartem Wasser, erhöhtem Nitratgehalt etc.) nicht geeignet. Es ist dabei auch auf die Kapazitätsgrenze zu achten, bei der ein plötzliches Freiwerden der adsorbierten Stoffe mit einer drastischen Verschlechterung der Wasserqualität erfolgen kann. Vermutlich ist die Qualität der verwendeten Aktivkohle auch von Bedeutung (z. B. Herstellung aus Kokosnussschalen wie im vorliegenden Fall oder aus Teerprodukten).

## Destillation

Zusammenfassung der Ergebnisse	
Chemische Merkmale:	Entfernung alle untersuchten Stoffe, außer dem eher flüchtigen Atrazin, sehr geringe Leitfähigkeit und Härte, leichte Ansäuerung des Wassers. Infolge der Prozessführung unangenehmer Kunststoffgeschmack.
Bakteriologische Merkmale:	Entfernung aller Bakterien.
Strömungsqualität:	Beeinträchtigungen, wahrscheinlich durch die Kunststoffbestandteile (Weichmacher) des Geräts. Deutliche Verschlechterung.
Lumineszenz:	Rel. Lumineszenz 5304 (oberer Bereich)
Wirkung auf Algen:	Leichte Verringerung des Anteils an Normalformen.
Kräftwirkungen:	Insgesamt relativ neutrale bis hemmende Wirkung bei unangenehmem Geschmack, Zunahme von einigen wassertypischen Elementen mit zusätzlicher leicht erstarrender, zusammenziehender Wirkung.

### Strömungsdynamik der Probe Destillation: Dest



**Abb. 7:** Repräsentative Strömungsbilder der Probe Destillation (jeweils 10., 15., 20., 25., 30. und 40. Strömungsbild)

**Charakterisierung:** Sehr schwach bewegte und kaum gestaltete Strömungsformen

*Beurteilung*

Die chemische und mikrobielle Reinigung war weitgehend erfolgreich, außer für flüchtige Stoffe.

Allgemein sind Verunreinigungsprobleme bei Destillationsprozessen während der Erwärmung oder Abkühlung des Wassers häufig, besonders bei kleineren Geräten für den häuslichen Gebrauch. Die aufgezeigten Veränderungen führten trotzdem das Wasser z. T. näher an das Ideal eines reinen, die Lebenskräfte unterstützenden Wassers. Als Frage stellt sich die weitgehende Mineralienarmut. Wasser ist nach einer Destillation extrem aufnahmefähig und „saugt“ viele, auch unerwünschte Substanzen auf.

Ohne weitere Behandlung nicht empfohlen.

**Umkehrosmose**

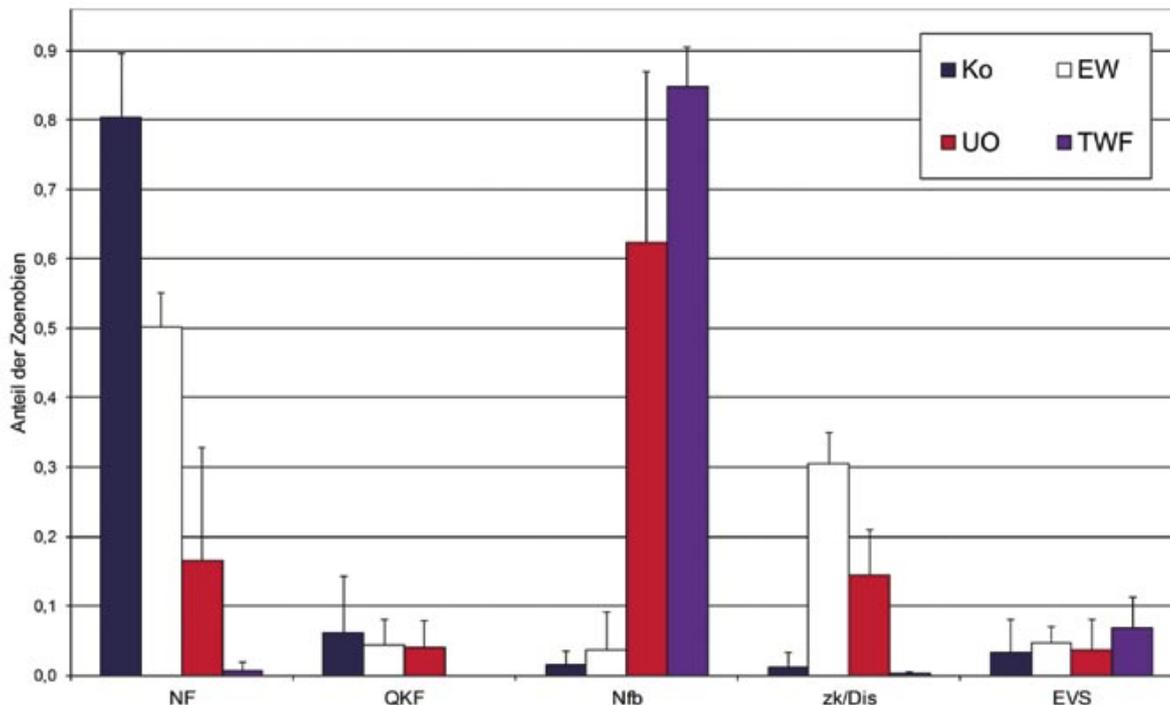
<b>Zusammenfassung der Ergebnisse</b>	
Chemische Merkmale:	Nahezu vollständige Entfernung aller untersuchten Stoffe, sehr geringe Leitfähigkeit und Härte, leichte Ansäuerung des Wassers.
Bakteriologische Merkmale:	Entfernte alle Bakterien.
Strömungsqualität:	gute bis sehr gute strömungsdynamische Eigenschaften, deutliche Verbesserung.
Lumineszenz:	Rel. Lumineszenz 1366 (oberer Bereich)
Wirkung auf Algen:	Deutliche Beeinträchtigung des Energiestoffwechsels (Zunahme an farblosen Zellen, Störung des Metabolismus durch den UO-Prozess) mit erheblichen Veränderungen der Wachstums- und der morphologischen Eigenschaften. Ursache davon zunächst nicht aus der Prozessführung erklärlich.
Kräftewirkungen:	Zunahme von einigen wassertypischen Elementen, Druck und Membranpassage waren wahrnehmbar bei besonders bezeichnenden auszehrenden, sehr entkräftenden Wirkungen, neben einer erstarrenden, zusammenziehenden Wirkung, welche sich bis auf den seelischen Bereich erstreckte.

*Weitere Erläuterungen zu den Ergebnissen der Algenuntersuchung zur Probe Umkehrosmose bzw. Tischwasserfilter*

Das Phänomen des Ausbleichens pigmenthaltiger Organismen ist z. B. durch das Farbloswerden von Korallen bekannt, dort bewirkt durch das Absterben

## Algenuntersuchung:

Anteile der morphologischen Gruppen, ~ 24 h



**Abb. 9:** Durchschnittliche Anteile der morphologischen Gruppen von *P. duplex* nach ~ 24 h in Kontrollmedium (Ko, links), bzw. Ausgangswasser (EW, 2. von links) sowie rechts folgend Umkehrosmose (UO) bzw. Tischwasserfilter (TWF). Angegeben sind die über den gesamten Projektzeitraum gemittelten Werte mit Standardabweichung (außer Kontrolle mit Werten aus früheren Untersuchungen)

NF: normal geformte Kolonien, QKF: gequollene Kolonien, Nfb: farblose Kolonien, zk/Dis: disharmonische Kolonien, EVS: Vermehrungsstadien

oder Abwandern der symbiotischen Algen aus der Korallenkolonie. Bei Algen können zahlreiche Stressfaktoren zum Ausbleichen führen wie Vergiftungen, Hitze- oder Kälte-, Licht- oder Sauerstoffstress.

Der Tischwasserfilter setzte der Wasserprobe Silberionen zu, welche bei vergleichbaren Algen zu einer Vielzahl von Schädigungen führte wie u. a. dem Abbau des ATP-Gehaltes und der Inhibition der Photosynthese mit nachfolgendem Ausbleichen der Zellen.

Vergleichbare Stressvorgänge sind auch bei den Algen in der mit Umkehrosmose behandelten Wasserprobe zu vermuten, obwohl eine direkte Stoffabgabe, z. B. von Metallionen, hier zunächst als unwahrscheinlich erscheint.

### Beurteilung

Die Reinigung aller untersuchten Substanzen wie auch von Bakterien war erfolgreich. Sowohl bei den Algen als auch bei der wirkungssensorischen Untersuchung fanden sich stark auszehrende, entkräftende, lange anhaltende Wirkungen. Diese Einflüsse scheinen prozessbedingt zu sein. Als weitere Frage stellt sich hier die weitgehende Mineralienarmut, welche nicht dem Ideal eines reinen, die Lebenskräfte unterstützenden Quellwassers entspricht.

Zur starken Demineralisierung des Wassers kam noch der beeinträchtigende Einfluss einer LED-Lampe zur Beleuchtung des ausgehenden Wasserstrahls hinzu, der vermieden werden sollte.

Die Behandlung mittels Umkehrosmose ist zwar neben der Destillation eine der Möglichkeiten, ein Wasser substanziell zu reinigen, aber ohne eine die Kräfte-wirkung des behandelten Wassers wieder regenerierende weitere Behandlung kann dieser Reinigungsprozess nicht empfohlen werden.

Es sind einzelne Geräte ohne die hier geschilderten Begleitwirkungen bekannt, die nicht näher erläuterte Nachbehandlungen des Wassers durchführen.

### Tischwasserfilter

Zusammenfassung der Ergebnisse	
Chemische Merkmale:	Teilweise Entfernung von Nitrat und Pestiziden, Zusatz von etwas Natrium, deutliche Verringerung der Härte und der Leitfähigkeit, leichte Ansäuerung des Wassers.
Bakteriologische Merkmale:	Hemmt das Wachstum von <i>E. coli</i> , (durch Silberzusatz) aber nicht von <i>Micrococcus luteus</i> (wahrscheinlich infolge unterschiedlicher Zellwandeigenschaften).
Strömungsqualität:	Leichte, variable Verbesserung.
Lumineszenz:	Rel. Lumineszenz 448 (mittlerer Bereich)
Wirkung auf Algen:	Deutliche Beeinträchtigung des Energiestoffwechsels, Zunahme an farblosen Zellen, Störung des Metabolismus mit erheblichen Veränderungen des Wachstums und der morphologischen Eigenschaften durch die Wirkung des Silbers.
Kräftewirkungen:	Durchströmende Bewegungen als Wahrnehmung des Prozesses, sich weitender, etwas lichthafter Umraum. Keine sehr kräftige, relativ neutrale, kaum anhaltende Wirkungen.

### Beurteilung

Der Tischwasserfilter war in der Lage, die Mehrzahl der Problemstoffe teilweise zu verringern, bei gleichbleibender Strömungsqualität und relativ neutraler Wirkung.

Der Prozess reinigt das Wasser nur teilweise. Eventuell ist es hilfreich, das Wasser mehrfach hindurchlaufen zu lassen. Auch hier ist auf die Kapazitätsgrenze der Aktivkohle und des Ionentauschers zu achten.

Insgesamt reicht dieser Reinigungsprozess nicht aus, bewirkt aber z. B. bei Chlorung eine deutliche Verbesserung der Wasserqualität.

### **Schlussfolgerungen**

Ziel des vorliegenden Projektes war es, verschiedene Reinigungsverfahren auf ein Trinkwasser anzuwenden und ihre Wirkung auf das Wasser zu prüfen, um bei auftretenden Problemen entsprechende Reinigungsverfahren empfehlen zu können.

Die wesentliche Frage an die hier untersuchten Verfahren war, ob die häusliche Reinigung eines Trinkwassers von beeinträchtigter Qualität nachweisbare, qualitativ positiv zu beurteilende Veränderungen der mikrobiologischen bzw. chemischen Parameter, der Strömungsdynamik des Wassers, des Nachleuchtverhaltens nach Lichtanregung, der Wachstumseigenschaften von Süßwasseralgen oder der wirkungssensorischen Wahrnehmungen durch den Menschen bewirkt. Als Ziel wurde die Qualität eines hochwertigen, reinen und unbelasteten Quellwassers angestrebt. Dieses Ziel wurde von keinem der untersuchten Verfahren erreicht. Eine Behandlung mit Aktivkohle war in der Lage, zumindest organische Verunreinigungen sowie Chlor und Chlornebenprodukte zu entfernen bei leichter qualitativer Verbesserung weiterer Qualitätsparameter.

Eine chemische und mikrobielle Reinigung des Wassers konnte mit einer Behandlung durch Umkehrosmose erzielt werden, allerdings mit erheblichen als negativ beurteilten Begleitwirkungen.

In beiden Fällen ist eine weitere Behandlung zur Qualitätsverbesserung anzuraten.

*Manfred Schleyer*

*Wir danken der Anthroposophischen Gesellschaft, Bereich Forschung und Forschungsförderung, Eberswalde, sowie Damus e. V., Fulda, für die großzügige Förderung, die dieses Projekt ermöglichte.*

### **Literatur**

European Community Directive 92/69/EEC C.3. (o. J. 383 A): Algal Inhibition Test.

EPA 712-C-006 (2012): Ecological Effects Test Guidelines OCSP 850.4500: Algal Toxicity, Washington, USA

- Liess, C., C. Sutter, M. Schleyer (2012): Untersuchung von Methoden der Wasserbehandlung zur Qualitätsverbesserung, so genannte „Vitalisierung“, „Energetisierung“ oder „Belebung“. Projektbericht, Herrischried
- Liess, C., C. Sutter, P. Stolz, M. Schleyer (2016a): Entwicklung von Verfahren zur Qualitätsverbesserung von gefilterten bzw. gereinigten Trinkwässern: Teil 1: Filterung und Reinigung. Projektbericht, Herrischried
- Liess, C., C. Sutter, P. Stolz, M. Schleyer (2016b): Entwicklung von Verfahren zur Qualitätsverbesserung von gefilterten bzw. gereinigten Trinkwässern: Teil 2: Verbesserung der lebensfördernden Eigenschaften. Projektbericht, Herrischried
- OECD (2011): Organisation for Economic Cooperation and Development: Algal growth inhibition test. OECD Guidelines for Testing of Chemicals 201, adopted 23. 3. 2006, Annex 5 corrected: 28 July 2011. Paris, France.
- Pillai, S. et al. (2014): Linking toxicity and adaptive responses across the transcriptome, proteome, and phenotype of *Chlamydomonas reinhardtii* exposed to silver. PNAS 111, p. 3490
- Schmidt, D. (2010): Lebenskräfte - Bildekräfte: Methodische Grundlagen zur Erforschung des Lebendigen. Einführung in die Bildekräfteforschung 1, Stuttgart.
- Schwenk, W. (2001) (Hrsg.): Schritte zur positiven Charakterisierung des Wassers als Lebensvermittler. Sensibles Wasser 6, Herrischried.
- Schwenk, W. (2004): Gestaltungsprozesse im Wasser als Qualitätsaspekt. Wasserforschung mit der Tropfbildmethode. In: B. Voigt (Hrsg.): Wasser. Schatz der Zukunft. S. 65-69, München.
- Strube, J. (2010): Die Beobachtung des Denkens – Rudolf Steiners „Philosophie der Freiheit“ als Weg zur Bildekräfte-Erkenntnis. Dornach, Schweiz.
- Strube, J., P. Stolz (2004). Lebensmittel vermitteln Leben – Lebensmittelqualität in erweiterter Sicht. Dipperz, KWALIS Qualitätsforschung Fulda GmbH, 3-935769-01-6
- Wilkens, A., M. Jacobi und W. Schwenk (2000): Die Versuchstechnik der Tropfbildmethode – Dokumentation und Anleitung. Sensibles Wasser 5, Herrischried.