

Was tun, wenn das häusliche Wasser einer Verbesserung bedarf? (Teil 1)

Dieser Frage stellte sich ein Projekt des Strömungsinstituts, in dem der Einfluss der klassischen häuslichen Reinigungsverfahren – wie Aktivkohle, Membranfiltration, Umkehrosmose, Destillation oder Ionenaustausch – auf ein Trinkwasser untersucht worden war. Im WASSERZEICHEN Nr. 43 hatten wir die Ergebnisse präsentiert.¹ Es zeigte sich u. a., dass viele der Verfahren das Wasser zwar chemisch reinigen, z. T. aber Veränderungen bewirken, welche wir als Beeinträchtigung der Wasserqualität beurteilen müssen.

Was ist also in einem solchen Fall tun? Der zweite Teil des Projekts war deshalb der Frage gewidmet, ob ein durch Aktivkohle bzw. Umkehrosmose gereinigtes Wasser² in einem weiteren Schritt mithilfe einfacher Verfahren in Richtung eines hochwertig reinen Quellwassers verbessert werden kann. Über die Ergebnisse dieser Untersuchungen berichten wir im Folgenden. Um den Umfang nicht zu sprengen, erscheint dieser Bericht in zwei Teilen.

Ausgewählte gereinigte Wässer

Das ursprüngliche Ausgangswasser war Leitungswasser aus einem Dorf im Elsass (EW), das gechlort wird und durch Einträge aus der Landwirtschaft belastet ist. Dieses Wasser wurde mit den beiden Verfahren Aktivkohle und Umkehrosmose gereinigt. Mit Aktivkohle geschah dies gleich bei der Entnahme des Wassers im Elsass. Für die Umkehrosmose wurde das Ausgangswasser ins Institut nach Herrischried gebracht und dort portionsweise in einem Umkehrosmose-Gerät gereinigt.

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.

Bei der Umkehrosmose sollen durch eine Membran mit sehr kleinen Poren Schwermetalle, Pestizide, Medikamentenrückstände, Chlor, Bakterien, Viren, Asbest, Nitrate, Nitrite, anorganische Mineralien und radioaktive Elemente zurückgehalten werden, da nur noch Wassermoleküle und sehr, sehr kleine Ionen die Poren passieren können. Umkehrosmose-Geräte bestehen meist aus meh-

1 Schleyer (2016) und stroemungsinstitut.de/wp-content/uploads/2016/06/WZ43_Reinigung.pdf

2 Es wurden dabei zwei wichtige Verfahren ausgewählt

renen Bauteilen wie Vorfilter (Sedimentfilter und Aktivkohle-Filter), Umkehrosmose-Membran mit einer Porengröße von z. B. 0,0001 µm sowie Nachfilter. Das verwendete Gerät enthielt, wohl aus ästhetischen Gründen, eine zusätzliche LED-Beleuchtung des auslaufenden Wasserstrahles, die aber für die physikalische Reinigung selbst unerheblich war.

Im Folgenden werden die weiteren Behandlungen des Aktivkohle-Wassers (AK) und des Umkehrosmose-Wassers (UO) für eine mögliche Qualitätsverbesserung beschrieben.

Auswahl der Behandlungsverfahren

Um aus der großen Anzahl von Behandlungsmöglichkeiten vielversprechende für die umfangreichen Hauptversuche auszuwählen, wurde zunächst in zwei Serien die Wirkung von 40 Behandlungsverfahren mit der Methode der Wirkungssensorik untersucht. Diese Vorversuche fanden bei der Kwalis gGmbH in Dipperz mit Leitungswasser und in Herrischried mit unserem Quellwasser statt. In beiden Fällen wurden diese Ausgangswässer vor den Behandlungen mit Umkehrosmose gereinigt.

Aus dieser Fülle wurden die wirksamsten sieben einfachen Verfahren und zwei Kombinationen davon mit fünf Untersuchungsmethoden (siehe nächsten Abschnitt) geprüft. Die Wasserbehandlungen waren:

Sog	(Sog)
Verwirbelung	(Wirb)
Sonnenlicht	(SoLi)
Tageslicht	(TagLi)
Mineralien	(Min)
Zugabe von Tau	(Tau)
Sog und Tageslicht	(Komb1)
Sog, Verwirbelung, Tageslicht und Mineralien	(Komb2)
Flowforms	(FlowF)

Die Ergebnisse der beiden Behandlungen mit Sonnenlicht und Mineralien sind Gegenstand der folgenden Darstellung im vorliegenden Teil 1. Ergebnisse von vier weiteren Verfahren werden im nächsten Heft des WASSERZEICHENS beschrieben.

Verwendete Untersuchungsmethoden

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

- Zur Reinheit:* Chemisch-mikrobiologische Untersuchung,
- Zur Beweglichkeit:* Untersuchung der Strömungsdynamik anhand der Tropfbildmethode,
- Zur Lichtemission nach Anregung:* Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie,
- Zur Wirkung auf Organismen:* Wachstums- und Vitalitätsuntersuchungen an Süßwasseralgen,
- Zur Wirkung auf den Menschen:* Wirkungssensorische Untersuchung.

Die Untersuchungsmethoden können hier nur kurz beschrieben werden. Eine ausführlichere Darstellung findet sich auf unserer Website³ und im wissenschaftlichen Projektbericht.⁴

Chemisch-mikrobiologische Untersuchung

Mit den in der staatlichen Trinkwasserverordnung aufgeführten Verfahren wurde die Veränderung wichtiger chemisch-physikalischer Parameter, wie des Kalk- und Nitratgehalts, des pH-Werts sowie der Keimzahlen ausgewählter Bakterien, bestimmt.

Strömungsdynamik

Natürlich reines Grund- und Quellwasser vollzieht vielfältige innere Bewegungen mit vielgestaltigen Formen. Diese kann die Tropfbildmethode sichtbar machen. Anhand der Entwicklung, Ausgestaltung und Anordnung der Strömungsformen einer Wasserprobe kann im Tropfbildversuch abgelesen werden, wieweit dieses Wasser einem natürlich reinen, hochwertigen Grundwasser vergleichbar ist.⁵ 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 (FAS)

Die vom Forschungsinstitut KWALIS in Dipperz entwickelte Fluoreszenz-Anre-

³ <http://stroemungsinstitut.de/untersuchungsmethoden>, für die Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie siehe Strube, Stolz (2004).

⁴ Liess et al. (2016, 2017)

⁵ Wilkens et al. (2000), Schwenk (2004), Schwenk (2001)

gungs-Spektroskopie (FAS)⁶ ist eine optische Methode, bei der 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 Wasserproben werden eingefroren und bei definierter Temperatur untersucht.

Die Auswertung der relativen Lumineszenz ergibt eine Charakterisierungsmöglichkeit der untersuchten Wasserprobe. Die Proben können untereinander und mit den bislang gesondert untersuchten 24 verschiedenen Proben von käuflichen Tafel- und Mineralwässern⁷ verglichen werden.

Die FAS-Untersuchungen wurden bei KWALIS durchgeführt.

Algenuntersuchungen

Algen werden heute in der Toxikologie und zum Teil auch in der Trinkwasserversorgung als Indikatoren für die Wasserqualität verwendet.⁸ Mithilfe dieser Standardmethode unter Hinzunahme der morphologischen Eigenschaften (Ausbildung der Zellformen) zeigen die verwendeten Algen ein Gesamtbild der Wirkung einer Wasserprobe, wodurch auch schwache Beeinflussungen der Wasserqualität aufgezeigt werden können.

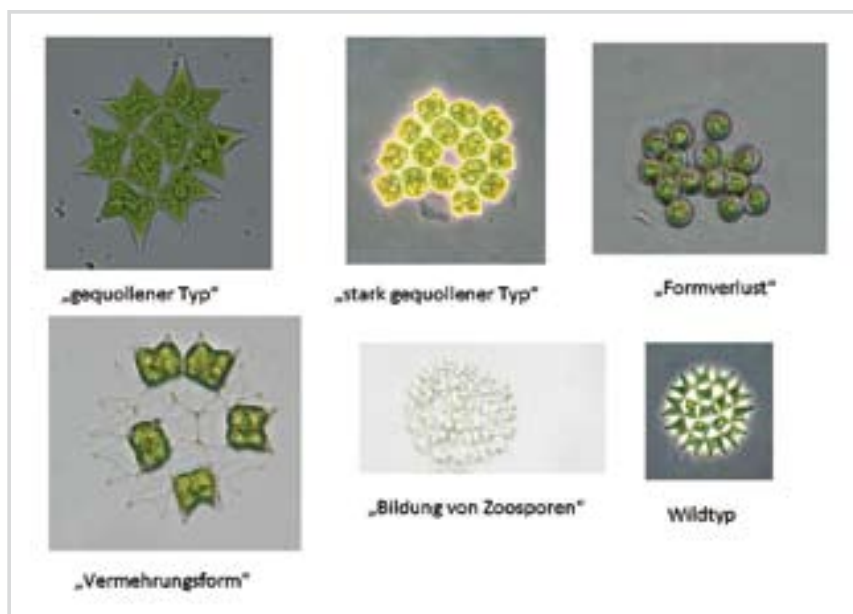


Abb. 1: Beispiele für Zellform-Veränderungen des Wildtyps der verwendeten Algenart *Pediastrum duplex*

6 Forschungsinstitut KWALIS gemeinnützige GmbH, Fuldaer Str. 21, 36160 Dipperz, Email: office@kwalis.de

7 Strube (2003)

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

Wirkungssensorische Untersuchung

Die wirkungssensorische Untersuchung beschreibt alle bei Verkostung der Wasser auftretenden Wahrnehmungen des Probanden. Er notiert die im Vergleich vorher – nachher zusätzlich oder abweichend auftretenden Wahrnehmungen und verifiziert sie durch wiederholte Durchführung im zunächst verblindeten oder teilverblindeten Versuch.⁹ Die Wahrnehmungen werden vorurteilslos und objektiv aufgenommen, zunächst rein beschreibend und ohne Wertung.¹⁰ Unsere bisherigen Erfahrungen mit dieser Methode zeigen, dass man so bei Wasser auch Unterschiede beschreiben kann, die allein durch physikalische Prozesse im Wasser bewirkt wurden.

Zielsetzung

Durch die Untersuchungen sollte geprüft werden, ob sich die Qualität von zwei unterschiedlich gereinigten Trinkwässern durch weitere Behandlungen der Qualität von unbelastetem Quellwasser annähern lässt. Eine Qualitätsverbesserung würde sich bei den einzelnen Untersuchungsmethoden in folgender Weise zeigen:

Chemisch-Mikrobiologische Untersuchung: Keine Änderung

Tropfbildmethode: Verbesserte oder zumindest gleichwertige Strömungsdynamik,

Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie: Erhöhung der Lumineszenzwerte,

Algenuntersuchung: Verringerte Schädigung durch Erhöhung des Anteils normalgeformter Zellen,

Wirkungssensorische Untersuchung: Verbesserung der Lebenskräfte-förderlichen Wirkungen bzw. Zunahme der Wasser-typischen Wirkungen.

Eigenschaften der gereinigten Wässer AK und UO vor weiterer Behandlung

Chemisch-mikrobiologische Untersuchung

Die Ergebnisse der chemisch-mikrobiologischen Untersuchung des ursprünglichen Ausgangswassers und der beiden gereinigten Wässer sind in Tab. 1 wiedergegeben.

⁹ *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

¹⁰ Eine ausführliche Darstellung dieser Methode findet sich in: D. Schmidt (2010), sowie J. Strube (2010)

Parameter	Ausgangswasser EW	nach Aktivkohle AK	nach Umkehr- osmose UO	Grenzwert
Mikrobiologisch:				
Gesamtkeimzahl: 22°C	0/0	0/3	7/12	100
Gesamtkeimzahl: 36°C	0/0	0/5	3/15	100
Chemisch – Physikalisch:				
Geruch, qualitativ	-/leicht	-/leicht	-/leicht	geruchlos
Färbung, qualitativ	farblos	farblos	farblos	farblos
pH-Wert	7,4/7,4	7,4/7,5	6,9/6,5	6,5 – 9,5
Leitfähigkeit [µS/cm]	640/657	661/662	25/20	2790
Gesamthärte [°dH]	23/24	23/23	0,5/1	-
Natrium (Na ⁺) [mg / l]	20/17	21/17	3/3	200
Nitrat (NO ₃ ⁻) [mg / l]	16/18	24/18	0/2	50
Chlor [mg / l]	0,07/0,07	0,05/0,05	0,015/0,037	0,3
Atrazin [ng / l]	2,5	< BG (0,5)	< BG (0,5)	100
Desethylatrazin [ng / l]	10,6	< BG (1)	< BG (1)	100

Tab. 1: Chemisch-mikrobiologische Untersuchung des ursprünglichen Ausgangswassers und der beiden gereinigten Wässer, Werte von zwei Messungen, BG: Bestimmungsgrenze, Grenzwerte entsprechen der Trinkwasserverordnung

* Für Pestizide gilt ein Einzel-Grenzwert von 100 ng / l. Die Summe aller nachgewiesenen Pestizide und ihrer Abbauprodukte darf 500 ng / l nicht überschreiten

Tropfbilduntersuchung

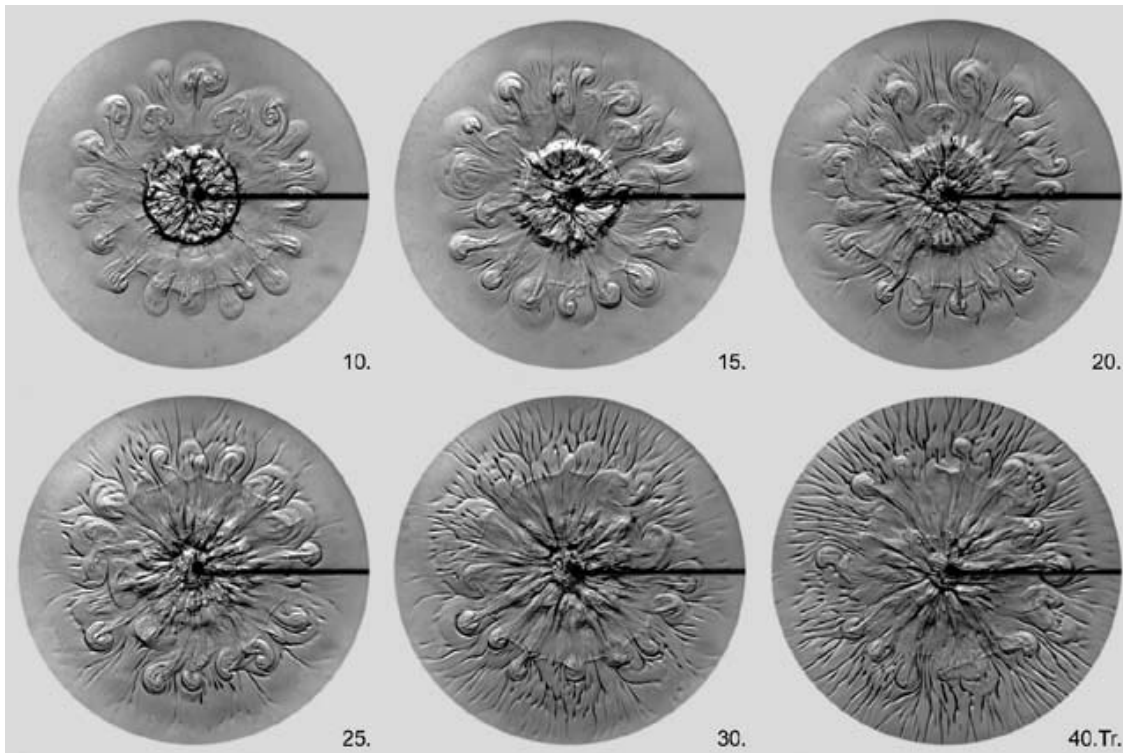


Abb. 2: Ursprüngliches Ausgangswasser (EW): repräsentative Strömungsbilder (jeweils 10., 15., 20., 25., 30. und 40. Strömungsbild)

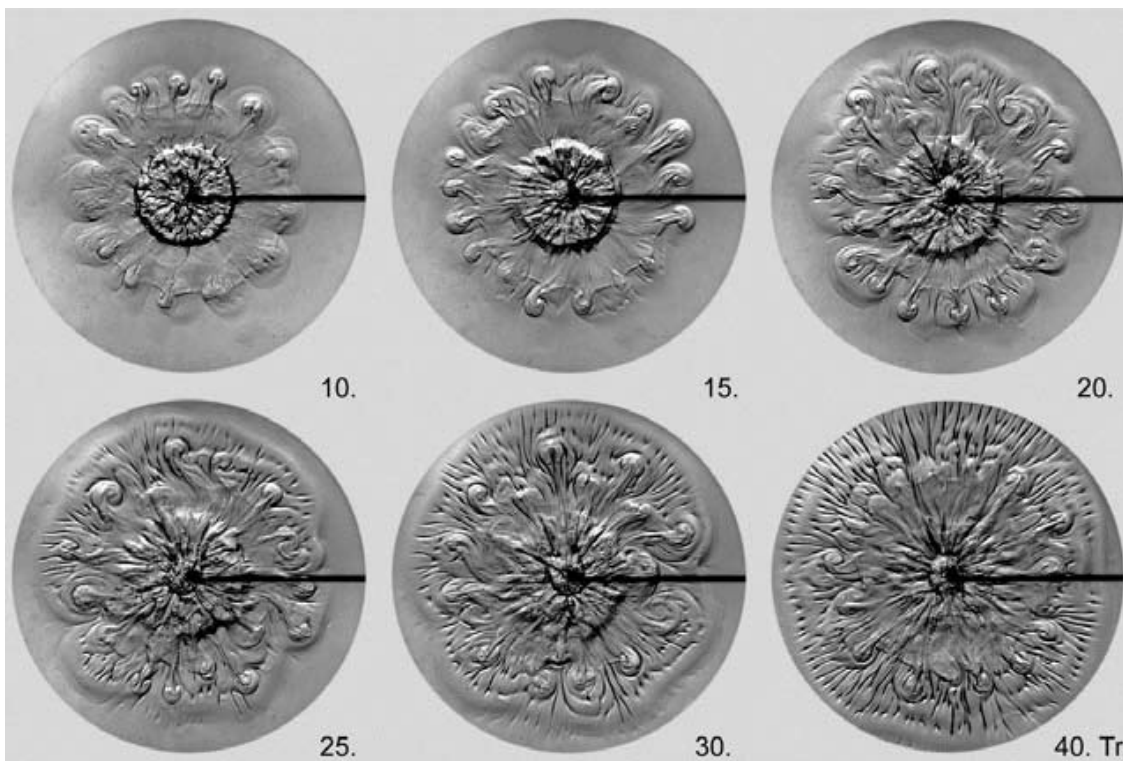


Abb. 3: Aktivkohle-Wasser (AK): Repräsentative Strömungsbilder (jeweils 10., 15., 20., 25., 30. und 40. Strömungsbild)

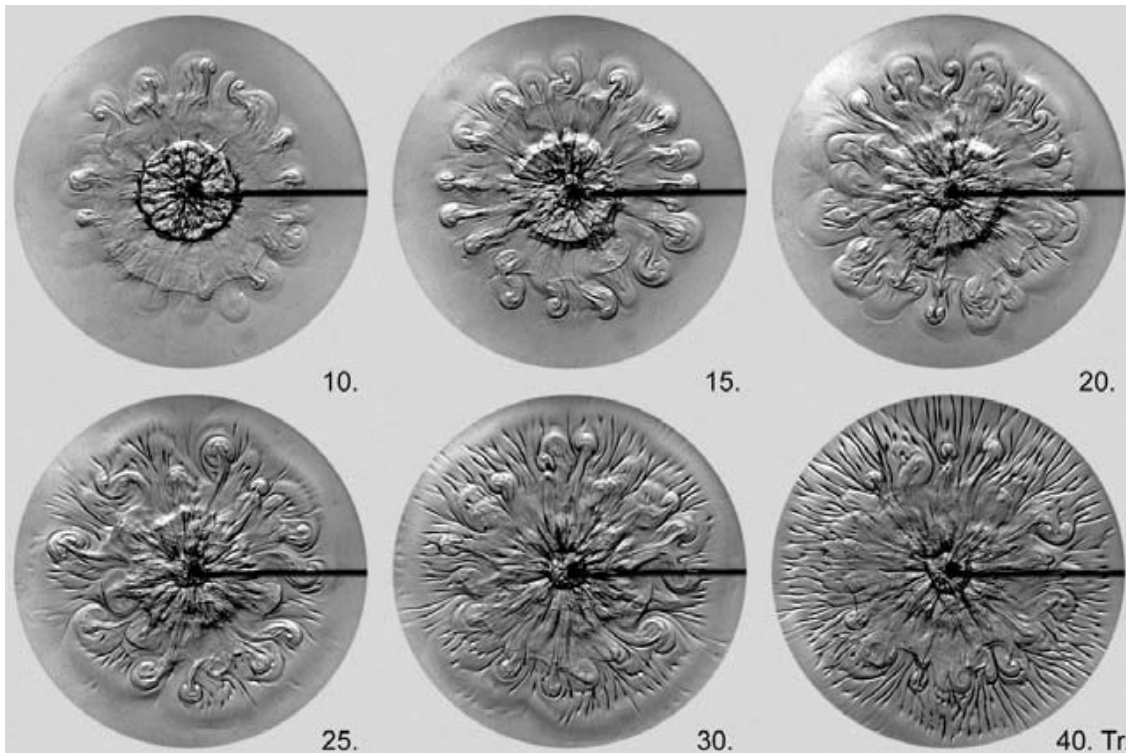


Abb. 4: Umkehrosmose-Wasser (UO): Repräsentative Strömungsbilder (jeweils 10., 15., 20., 25., 30. und 40. Strömungsbild)

Beim ursprünglichen Ausgangswasser waren die Strömungsformen besonders zum Ende der Versuche geringer bewegt, weniger gestaltet und schwächer konturiert.

Die beiden gereinigten Wässer zeigten dagegen im Tropfbild gut bewegte und vielfältig gestaltete Formen. Die Ausprägung der Konturen und die Strömungsdynamik waren beim Aktivkohle-Wasser gut, beim Umkehrosmose-Wasser sehr gut.

Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie

Wie Tabelle 2 zeigt, waren die mittleren Lumineszenz-Werte des ursprünglichen Ausgangswassers (EW) und der beiden gereinigten Wässer AK und UO aufgrund des ungleichen Gehalts an Mineralien sehr unterschiedlich.

Probe	Mittelwert Mw1w [counts/ 1s]
EW	371 746
AK	130 501
UO	20 276

Tab. 2: Mittlere Lumineszenz-Werte des Ausgangswassers und der beiden gereinigten Wässer

Algenuntersuchungen

Bei den Algen wird geprüft, welche Formen (siehe Abb. 1) sich nach 24 Stunden Wachstum in einer Wasserprobe entwickelt haben. Abb. 5 zeigt die Verteilung der Formen im Kontrollwasser (K, destilliertes Wasser), im Ausgangswasser (EW) und in den mit Aktivkohle (AK) und Umkehrosmose (UO) gereinigten Wässern.

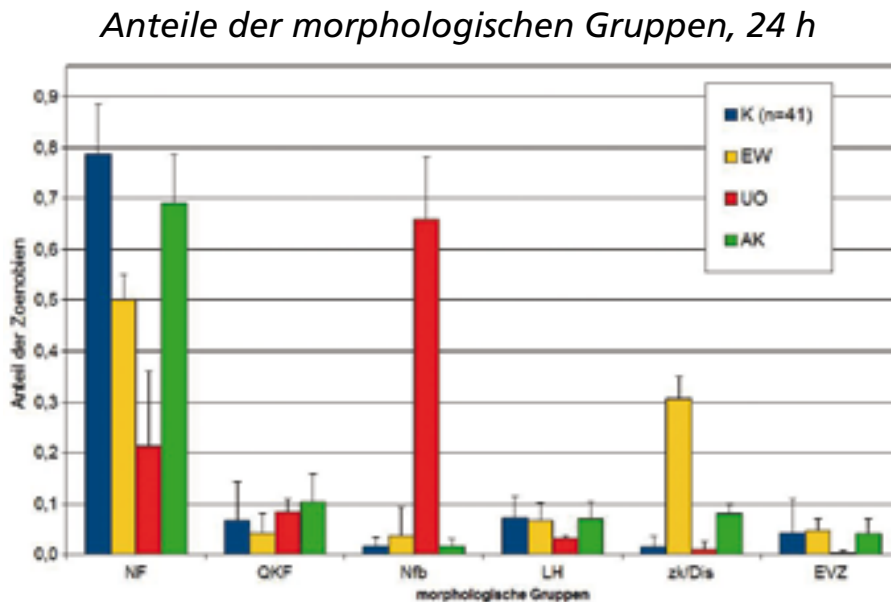


Abb. 5: Durchschnittliche Anteile der morphologischen Gruppen von *P. duplex* nach 24 h, Mittelwerte + Standardabweichung

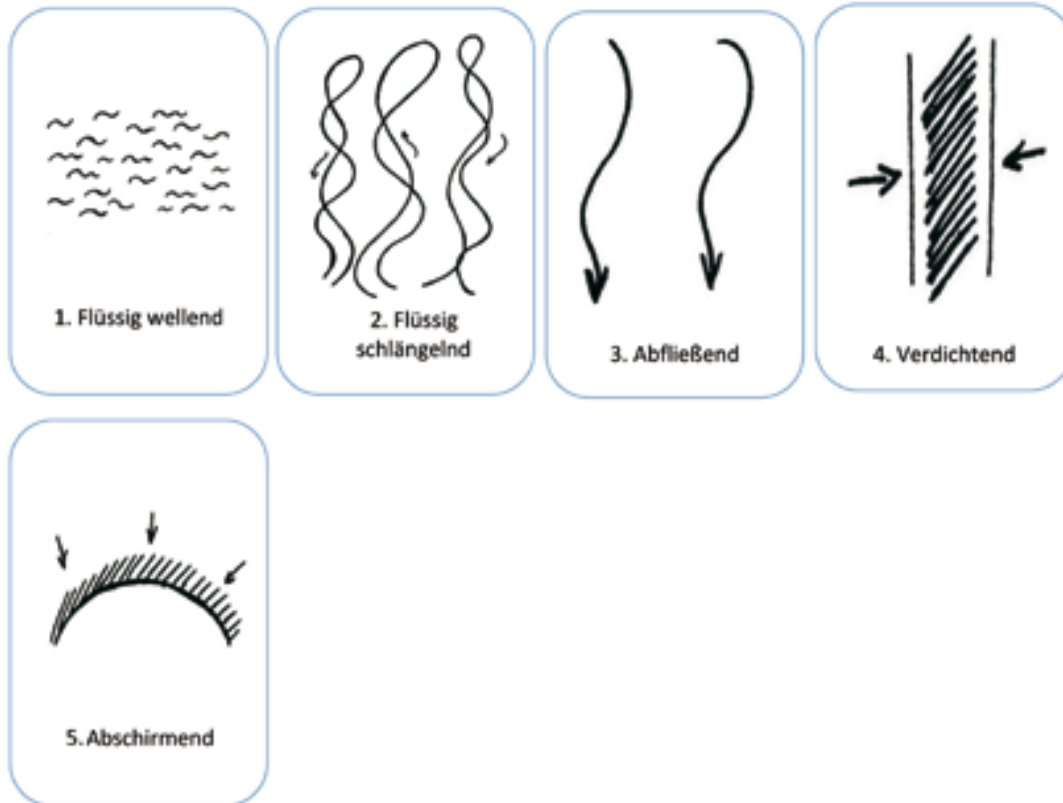
Dargestellt sind in Abb. 5 von links nach rechts die üblicherweise zahlenmäßig vorherrschende, arttypische Normalform (NF), die Quellformen (QKF) sowie ein Stadium mit einem Aussehen entsprechend der Normalform, aber meist deutlich kleiner und farblos (Nfb). Bei verschiedenen Wässern oder Vergiftungen nimmt die Zahl der im Medium gefundenen Zellen deutlich ab, dafür finden sich die Zellhüllen (LH), welche deshalb ebenfalls mitgezählt werden. Es folgt eine Tabellenspalte mit morphologisch disharmonischen bzw. geschädigten Zellen (zk/Dis) sowie die Spalte EVZ, die Einzel-, Zweier- oder Viererverbände enthält sowie Algengruppen im Vermehrungsstadium.

Nach 24 h zeigten die Algen in Aktivkohle-Wasser eine fast vollständige Angleichung der normalgeformten Koloniemorphologie an diejenige der Kontrolle. Bei den in Umkehrosmose-Wasser gewachsenen Algenkulturen war dagegen eine deutliche Beeinträchtigung des Energiestoffwechsels mit erheblichen Veränderungen der Wachstums- und der morphologischen Eigenschaften zu beobachten.

Wirkungssensorische Untersuchung

Die wirkungssensorisch wahrgenommenen Elemente wurden – soweit dies möglich ist – skizziert und vollständig in der Tabelle aufgelistet. Die Zahlen in der Tabelle entsprechen den Zahlen in der Skizze.

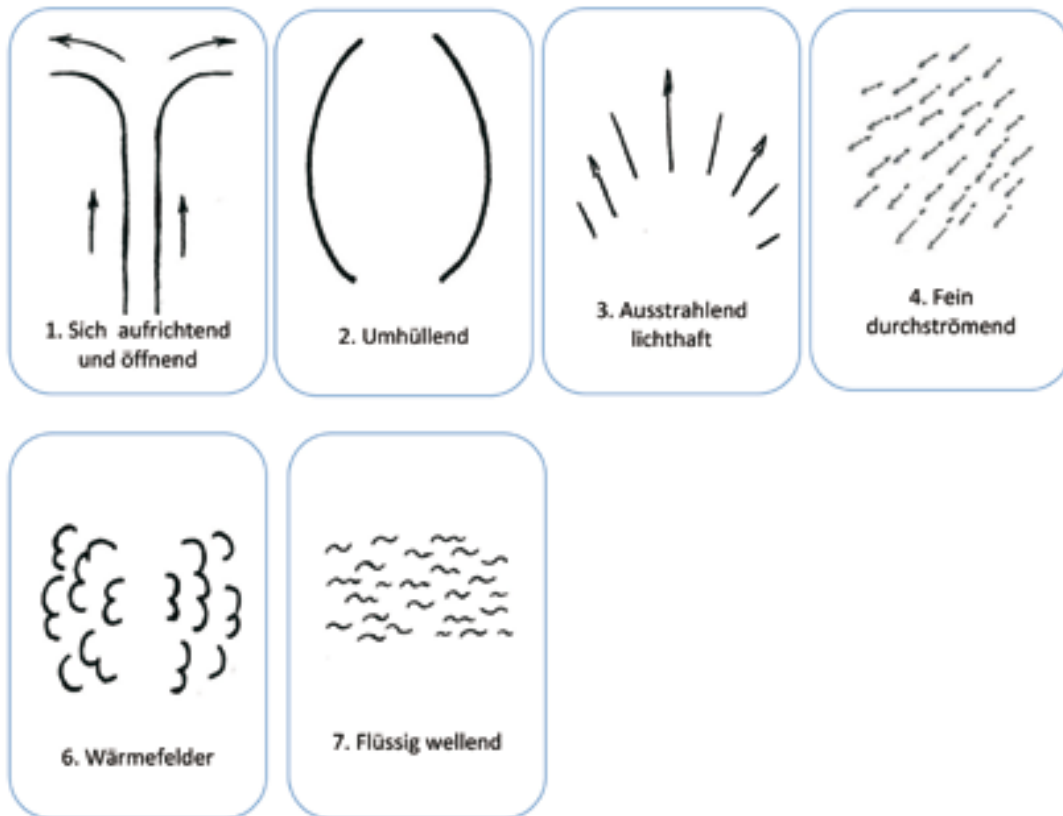
Ursprüngliches Ausgangswasser



Wahrgenommene Elemente	Wahrgenommene Wirkungen
1. Schwache, wässrig wellende Bewegungen*	Herabziehend, verdichtend einengend, abschirmend schwächend, erstarrend
2. Schwache, wässrig schlängelnde Bewegungen*	Bewusstsein verdunkelnd
3. Herabfließende, träge und dichte, dunkle, zähflüssige Ströme, einen dunklen zentralen Bereich bildend	Gräuliche Leere im Gefühlsbereich
4. Von der Peripherie hereindrückende, verdichtende und einengende Bewegungen	Den Willen schwächend
5. Bildung einer abschirmenden Umhüllung	Lange nachwirkend

Abb. 6: *Ursprüngliches Ausgangswasser: Symbolische Darstellung und Beschreibung der wahrgenommenen Elemente und Wirkungen*
 *wassertypische Elemente

Aktivkohle-Wasser

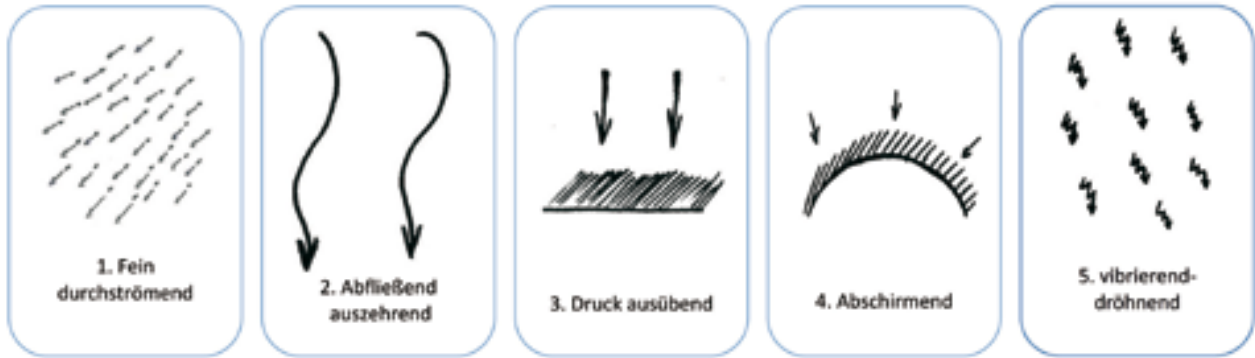


Wahrgenommene Elemente	Wahrgenommene Wirkungen
1. Aufrichtende, sich öffnende Bewegung	Leicht durchlichtend
2. Kräftige, feste Umhüllung	Einhüllend
3. Ausstrahlendes Licht	Durchwärmend
4. Fein durchfließende, prickelnde Bewegungen, in fülliger, poröser Substanz	Füllig unterstützend
5. Leichte (nicht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

Abb. 7: *Aktivkohle-Wasser: Symbolische Darstellung und Tabelle der wahrgenommenen Elemente und Wirkungen*

**wassertypische Elemente*

Umkehrosmose-Wasser



Wahrgenommene Elemente	Wahrgenommene Wirkungen
1. Feine, chaotisch durchströmende Bewegungen	Durchströmend
2. Scharfe, auszehrende, herabführende Bewegungen	Herabziehend
3. Druck	Stark auszehrend
4. Dunkler, fester, runder, abschirmender Umraum	Leerend, entkräftend
5. Vibrierend-dröhnende, zackige Bewegungen	den Denkbereich unterdrückend
	Neutral im Gefühlsbereich
	Sehr schwächend im Willensbereich
	Starke anhaltende Wirkung

Abb. 8: Umkehrosmose-Wasser: Symbolische Darstellung und Tabelle der wahrgenommenen Elemente und Wirkungen

Beim Aktivkohle-Wasser waren einzelne Wasser-typische Elemente wahrzunehmen, dazu Wärme und Leichte, sowie Prozess-bedingte durchströmende Elemente in kräftiger Umhüllung. Naturgemäße Elemente waren vorhanden, leicht unterstützend, freilassend, leicht nachwirkend.

Beim Umkehrosmose-Wasser waren dagegen keine Wasser-typischen, sondern vornehmlich Prozess-typische Elemente und Wirkungen wie Druck und Ereignisse an den Membranen des Geräts wahrnehmbar. Die Wirkungen waren besonders auszehrend und sehr entkräftend, neben einer erstarrenden, vibrierenden Wirkung, wie sie ähnlich bei Elektrizitätsprozessen auftreten, in abschirmender Umhüllung, nicht freilassend und stark nachwirkend.

Zusammenfassende Beurteilung: Aktivkohle

Die Reinigung mithilfe von Aktivkohle kann zur Entfernung organischer Verunreinigungen (Pestizide, Medikamentenrückstände) und auch von Chlor und Chlorprodukten empfohlen werden. Die Wirkung auf den Menschen ist freilassend, relativ neutral bis unterstützend, das Strömungsverhalten gut und das Algenwachstum weitgehend ungestört.

Nicht empfohlen wird die Behandlung zum Entfernen einer Verkeimung oder einer Belastung durch mineralische Stoffe (hartes Wasser, erhöhter Nitratgehalt, etc.).

Zusammenfassende Beurteilung: Umkehrosmose

Die Reinigung von allen untersuchten Substanzen wie auch von Bakterien war erfolgreich. Die Strömungsqualität war sehr gut. Bei den Algen und bei der wirkungssensorischen Untersuchung fanden sich jedoch stark auszehrende, entkräftende, lange anhaltende Wirkungen. Als weitere Frage stellt sich hier die weitgehende Mineralienarmut, welche nicht dem Ideal eines reinen, die Lebenskräfte unterstützenden Quellwassers entspricht.

Die Behandlung mittels Umkehrosmose ist zwar eine der Möglichkeiten, ein Wasser substanziell zu reinigen, aber ohne eine die Kräftewirkung wieder regenerierende weitere Behandlung wird dieser Reinigungsprozess nicht empfohlen.

Behandlungen zur Verbesserung der gereinigten Wässer

Im vorliegenden Aufsatz können aus Platzgründen zunächst nur die Ergebnisse der zwei Behandlungsverfahren Sonnenlicht und Mineralien ausführlich dargestellt werden. Ergebnisse vier weiterer Verfahren folgen im nächsten WASSERZEICHEN-Heft.

Sonnenlicht

Für die Behandlung mit Sonnenlicht wurden zwei Glasgefäße durch ein 400 mm langes Quarzrohr miteinander verbunden. Das Probenwasser wurde zuerst in das untere Gefäß gefüllt. Anschließend wurde das Quarzrohr mit dem oberen Gefäß aufgesetzt und die Anordnung in direkter Sonnenbestrahlung langsam in die Horizontale geneigt, bis das Wasser ruhig aus dem einen Gefäß in das andere fließen konnte. Dieser Fließvorgang wurde für jede Probe 7-mal wiederholt.

Mineralien

Bei der Behandlung mit Mineralien wurden drei Mineralien, nämlich Rosenquarz (roh gebrochen), Amethyst und Bergkristall (jeweils als Trommelsteine), auf den Boden eines großen Becherglases gelegt. Anschließend wurde das Probenwasser mit einem kräftigen Schwall über die Steine gegossen und das Gefäß aufgefüllt. Die Probe wurde 3 Stunden ruhen gelassen und danach für die Versuche abgefüllt.

Ergebnisse der Behandlungen

Chemisch-mikrobiologische Untersuchung

Wesentliche Veränderungen durch die jeweiligen Behandlungen im Vergleich zu den unbehandelten gereinigten Wässern ergaben sich nicht.

Tropfbilduntersuchung

Beim Aktivkohle-Wasser führten – aufgrund der oben beschriebenen hohen Strömungsqualität der beiden gereinigten Wässer – die Behandlungen eher zu einer Verschlechterung. Diese Wirkung war bei den Behandlungen mit Wirbel und Sonnenlicht am geringsten.

Beim Umkehrosmose-Wasser trat eine solche Verschlechterung nur bei den Behandlungen mit Sog, Tau und bei den beiden Kombinationsbehandlungen auf.

Bei keiner Behandlung war eine deutliche Steigerung der schon hohen Strömungsqualität zu beobachten.

Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie

Nach Erfahrungen mit käuflichen Tafel- und Mineralwässern drückt sich eine nicht stofflich bedingte Steigerung der Qualität durch höhere Lumineszenz-Werte aus.

Eine deutliche Verbesserung der Lumineszenz zeigte sich für beide gereinigten Wässer bei der Behandlung mit Mineralien (Tab. 3) und beim Umkehrosmose-Wasser auch bei der Wirbel-Behandlung. Die übrigen Behandlungen führten zu keinen Änderungen oder leichten Verminderungen der Lumineszenz-Werte.

Aktivkohle-Wasser		Umkehrosmose-Wasser	
Probe	Mittelwert Mw1w [counts/ 0,1s]	Probe	Mittelwert Mw1w [counts/ 0,1s]
AK (s. Tab. 2)	130 501	UO (s.Tab. 2)	20 276
Sonnenlicht	120 963	Sonnenlicht	19 518
Mineralien	158 448	Mineralien	38 526

Tab. 3: *Mittlere Lumineszenz-Werte der beiden gereinigten Wässer und der mit Sonnenlicht und Mineralien behandelten Proben*

Algen-Untersuchungen

Bei diesen Untersuchungen werden die Ergebnisse mit zwei Wässern verglichen:

1. **das Wasser der Kontrolle**, in welchem die Algen unter Standardbedingungen ihre Lebensprozesse vollziehen. Die Kontrolle soll den störungsarmen Wachstumsverlauf mit den hierbei entstehenden morphologischen Formen abbilden,
2. das durch eines der beiden Verfahren Aktivkohle bzw. Umkehrosmose **gereinigte Wasser**.

Ziel aller Verbesserungsprozesse sollte ein Wachstum der Algen entsprechend der Kontrolle mit den dort gefundenen morphologischen Formen sein.

In **Aktivkohle-Wasser** gewachsene Algen zeigten nach 24 h Wachstum morphologische Eigenschaften ähnlich der Kontrolle. Während unter Kontrollbedingungen in der Regel achtzellige Kolonien vorherrschen, traten diese zahlenmäßig im Aktivkohle-Wasser zurück zugunsten 16- und 32-zelliger Kolonien. Alle untersuchten Behandlungen waren nicht in der Lage, das Vorherrschen von 16- und 32-zelligen Kolonien im Verhältnis zu 4- und 8-zelligen Kolonien zu verändern.

AK: Anteile der morphologischen Gruppen, 24 h

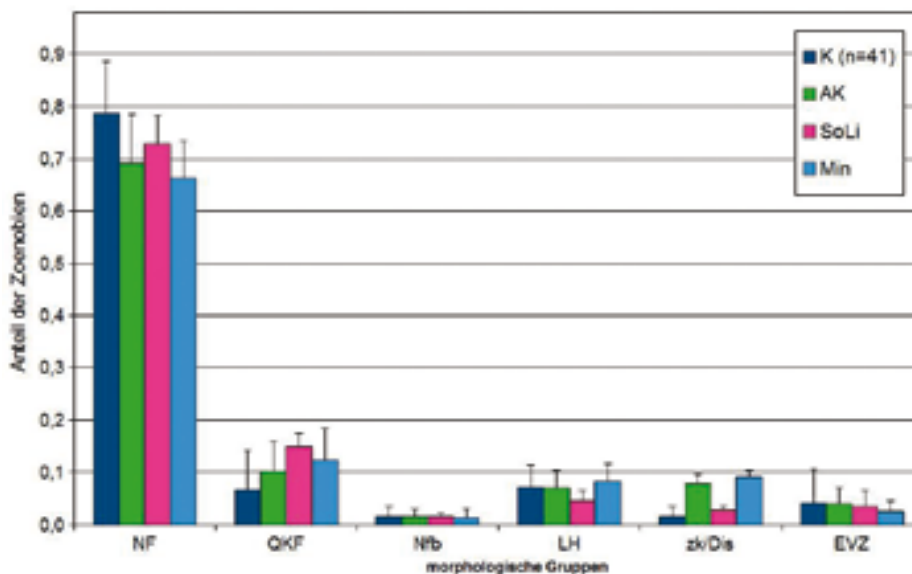


Abb. 9: *Behandlungen von AK-Wasser: Durchschnittliche Anteile der morphologischen Gruppen von *P. duplex* nach 24 h, gewachsen in Kontrollmedium (K, links), sowie rechts anschließend Behandlungen mit Sonnenlicht (SoLi), bzw. Mineralien (Min).*

In **Umkehrosmose-Wasser** gewachsene Algen zeigten eine Verringerung der normal-geformten Kolonien (NF) um etwa 75 % bei entsprechender Zunahme der Zahl farbloser Kolonien (Nfb) im Vergleich zur Kontrolle (Abb. 10). Diese Veränderung wurde durch die Behandlungen mit Sonnenlicht und Mineralien noch verstärkt. Dies wird als Beeinträchtigung des Energiestoffwechsels der Algen interpretiert, da einerseits das Wachstum (Vermehrungsverhalten) beeinträchtigt ist, als auch das Chlorophyll abgebaut wird.

UO: Anteile der morphologischen Gruppen, 24 h

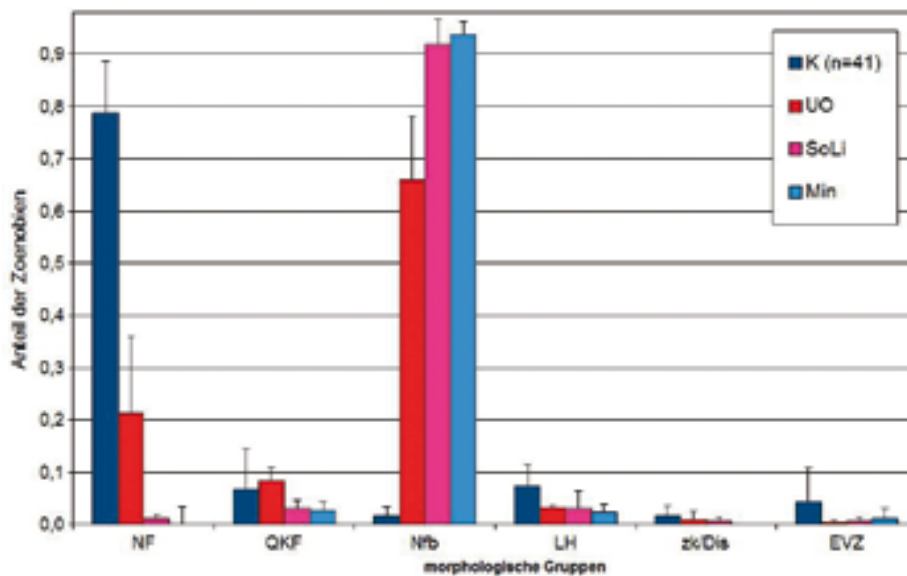
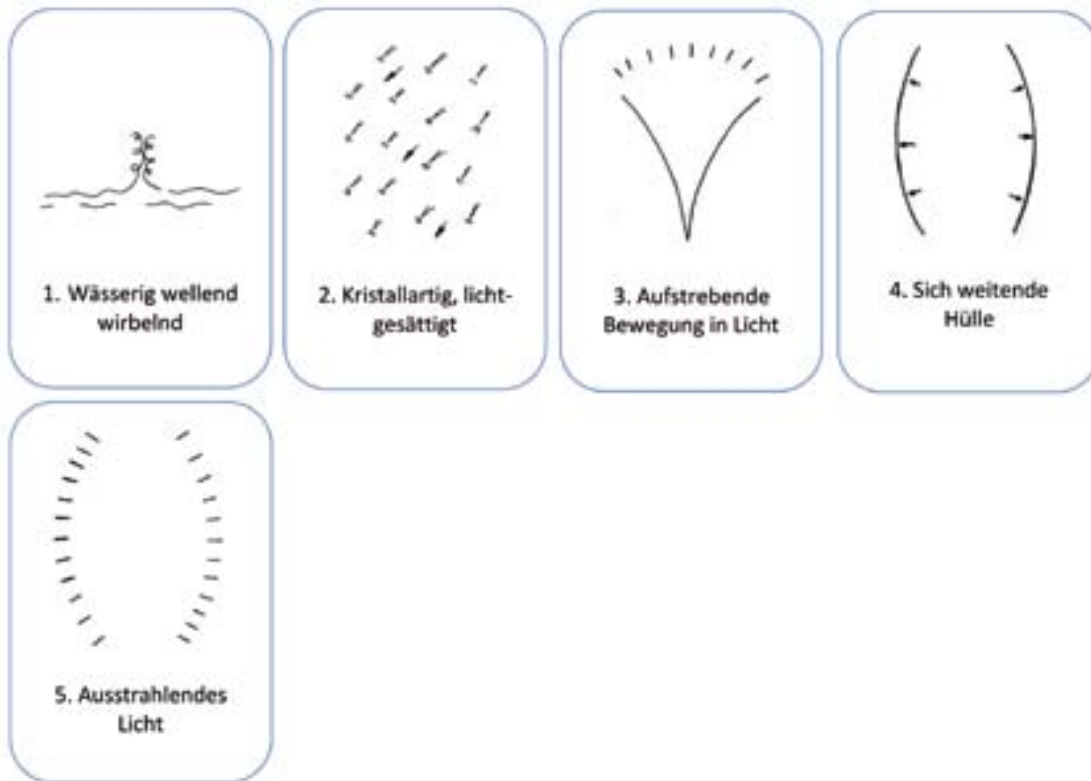


Abb. 10: Behandlung von UO-Wasser: Durchschnittliche Anteile der morphologischen Gruppen von *P. duplex* nach 24 h, gewachsen in Kontrollmedium (K, links), sowie rechts anschließend Behandlung mit Sonnenlicht (SoLi), bzw. Mineralien (Min).

Wirkungssensorik

Die Wirkungen der Behandlungen waren so kräftig, dass die Eigenschaften der beiden unterschiedlich gereinigten Wässer zum großen Teil nicht mehr wahrnehmbar waren. Deshalb sind im Folgenden die beobachteten Elemente für die beiden gereinigten Wässer AK und UO in den Skizzen und Tabellen zusammen aufgetragen, wobei die zusätzlich im Umkehrosmose-Wasser auftretenden Elemente markiert sind.

Behandlung mit Sonnenlicht (SoLi)

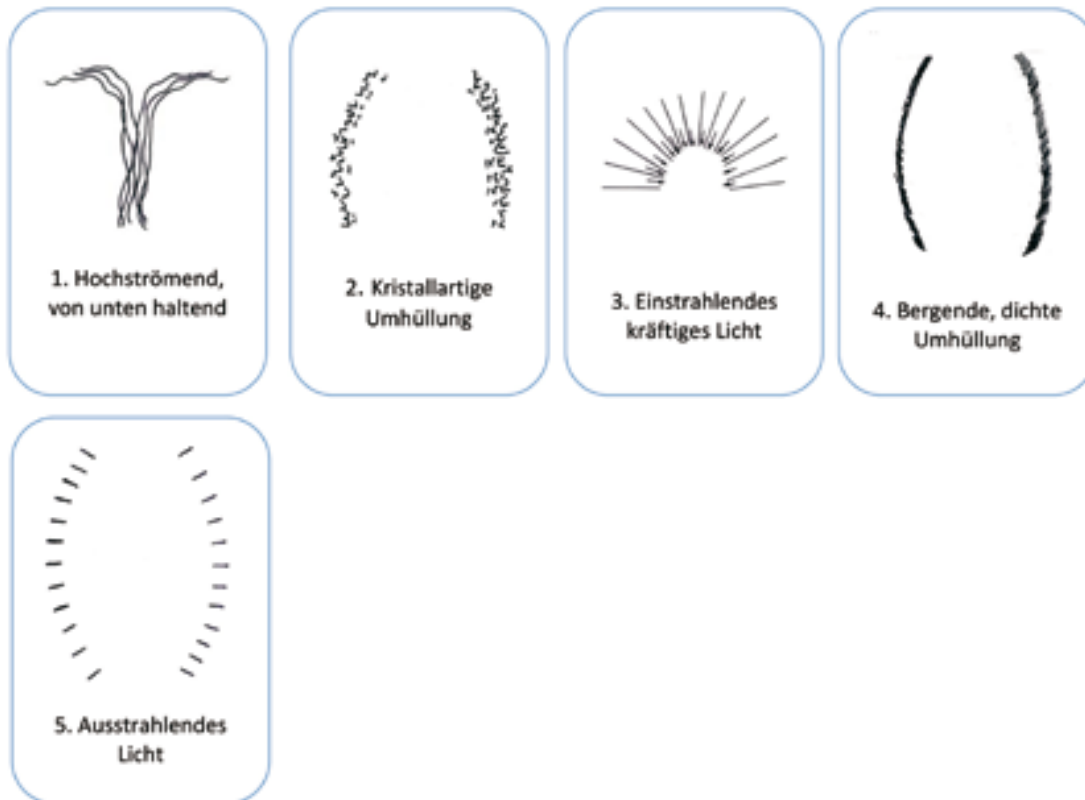


Wahrgenommene Elemente	Wahrgenommene Wirkungen
1. Wässrig wellende wirbelnde Bewegung* 2. Einfallende, kristallartige, licht-gesättigte Elemente 3. Sich öffnende aufstrebende Bewegung in Licht 4. Sich weitende Hülle 5. Ausstrahlendes Licht Keine Umkehrosmose-spezifische Elemente zu beobachten	Sehr durchlichtend Belebend, kräftigend Weitend, öffnend Leichte Nachwirkend

Abb. 11: Sonnenlicht: Symbolische Darstellung und Beschreibung der wahrgenommenen Elemente und Wirkungen nach Umkehrosmose und Aktivkohle

*wassertypische Elemente

Behandlung mit Mineralien (Min)



Wahrgenommene Elemente	Wahrgenommene Wirkungen
1. Hochströmende, von unten haltende Bewegung 2. Kristallartige Umhüllung 3. Einstrahlendes kräftiges Licht 4. Sehr umschlossene, bergende, dichte Umhüllung 5. Ausstrahlendes Licht Keine Umkehrosmose-spezifischen Elemente zu beobachten.	Haltend, einengend Umschließend, bergend Kräftigend Sehr durchlichtend Nachwirkend

Abb. 12: Mineralien: Symbolische Darstellung und Beschreibung der wahrgenommenen Elemente und Wirkungen nach Umkehrosmose und Aktivkohle.

Zusammenfassende Beurteilung der Behandlungsverfahren

Die in diesem zweiten Teil des Projektes untersuchten Nachbehandlungsverfahren führten vor allem zu behandlungsspezifischen Wirkungen. Die Eigenschaften eines hochwertigen, unbelasteten Quellwassers wurden nicht erreicht. Trotzdem können die Behandlungsmethoden mit ihren spezifischen Wirkungen empfohlen werden, wenn diese erwünscht sind. Für eine generelle, andauernde Behandlung werden sie nicht empfohlen.

Sonnenlicht

Strömungsqualität, Lumineszenz und Algen veränderten sich durch diese Behandlung im Vergleich zu den unbehandelten Wässern nicht. In der Wirkungssensorik war eine deutlich positive Wirkung durch die Behandlung mit Sonnenlicht zu beobachten, die ausreichend war, um die Einflüsse der Umkehrosmose-Reinigung zu entfernen, aber nicht so tiefgreifend, dass sie sich in den anderen Untersuchungsmethoden gezeigt hätte.

Mineralien

Diese Behandlung änderte bei der Strömungsqualität und den Algen wenig. Bei der Lumineszenz und der Wirkungssensorik war jedoch eine deutlich positive Wirkung zu beobachten, die bei der Wirkungssensorik ausreichte, um die Einflüsse der Umkehrosmose-Reinigung zu entfernen.

Frühere Versuche zeigten, dass bestimmte Mischungen von Mineralien auch disharmonische Einflüsse vermitteln können. Eine sorgfältige Auswahl ist dabei nötig.

Manfred Schleyer, Christine Sutter, Christian Liess

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, P. Stolz, M. Schleyer (2016): 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 (2017): 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.
- Schleyer, M. (2016): Entwicklung von Verfahren zur Qualitätsverbesserung von gefiltertem bzw. gereinigtem Trinkwasser, *WASSERZEICHEN* Nr. 43, Herrischried, S. 32-50.
- 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. (2003). Poster Salzburger Wasser-Tage 2003 Kongress „Wasser – Schatz der Zukunft“ Salzburg, Großglockner Hochalpenstraßen AG.
- 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.