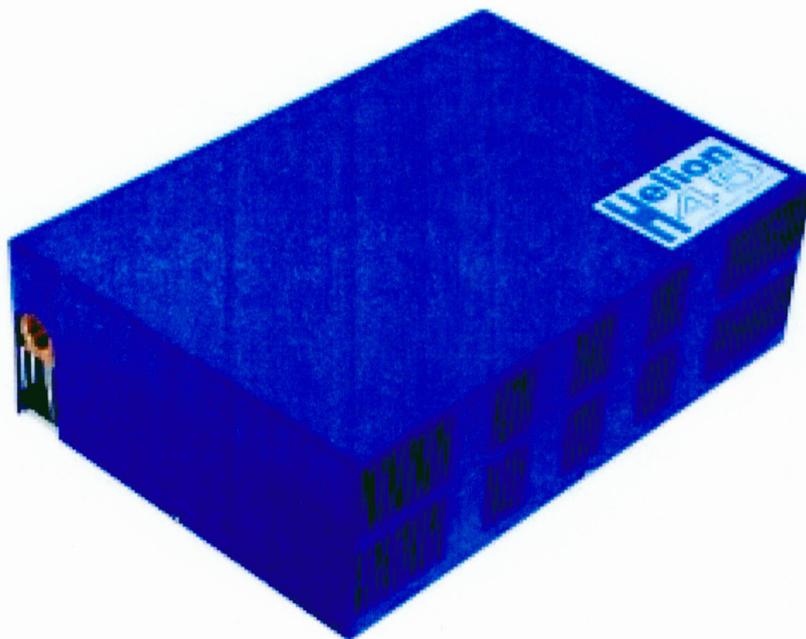
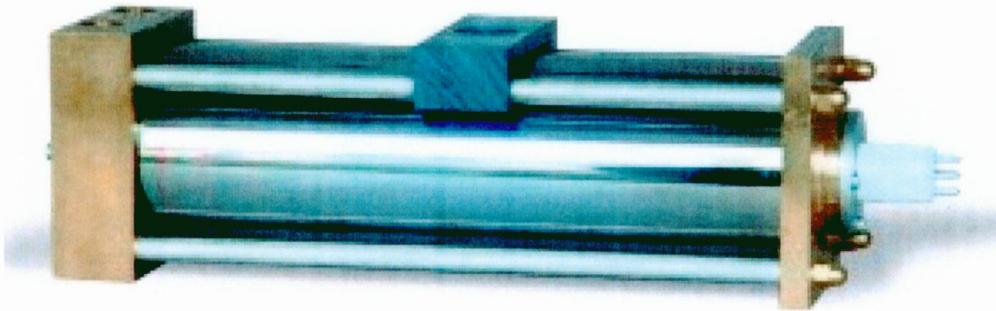


Dossier

**Performance-Charakteristika des UV-C-Burners "Helion 45",
und seiner Prototypen "NIQ-Reactor" & "VWX1"**



Datum
12. Juli 2012

Autor: Dr. Ralph Weyandt

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH
Im Maisel 14
D-65232 Taunusstein

Seite 1 von 18

Sponsor Hr.
Ing. Heinz Hartig
I-B-H Technologie
Rudolf-Diesel-Ring 6
D-82054 Sauerlach
Deutschland

Dieses Dossier basiert auf verschiedenen Studienberichten und Performance-Prüfungen

Bericht 1:	Datum	03.08.2004
	Titel	Photometrische und fluorimetrische Untersuchungen zur UV-Eliminierung des Fluoreszein mit dem Prototyp "VVX1"
	Autor(en)	Dr. R. Weyandt / Dr. H. Lebertz
	Quelle	Sponsor
Bericht 2:	Datum	03.08.2004
	Titel	Eliminierungsrate von Mikroorganismen nach Behandlung mit dem UV-Burner "VVX1"
	Autor(en)	Dr. R. Weyandt / Dr. H. Lebertz
	Quelle	Sponsor
Bericht 3:	Datum	19.06.2006
	Titel	Eliminierung von Atrazin / "NIQ-REAKTOR"
	Autor(en)	Dr. R. Weyandt / Dr. H. Lebertz
	Sponsor	Dipl.-Ing. Heinz Hartig, HATEC GmbH, Echelsbacher Strasse 5a, D-81373 München
	Quelle	SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH
Bericht 4:	Datum	15.07.2008
	Titel	Untersuchungen zur UV-Eliminierung ausgewählter mikrobiologischer Spezies mittels UV-Burner Prototyp "NIQ-REAKTOR".
	Autor(en)	Dr. R. Weyandt / Dr. H. Lebertz
	Sponsor	Dipl.-Ing. Heinz Hartig, HATEC GmbH, Echelsbacher Strasse 5a, D-81373 München
	Quelle	SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH
Bericht 5:	Datum	15.07.2008
	Titel	Eliminierungsrate von Mikroorganismen nach Behandlung mittels UV-Burner "NIQ-REAKTOR"
	Author(s)	Dr. R. Weyandt / Dr. H. Lebertz
	Sponsor	Dipl.-Ing. Heinz Hartig, HATEC GmbH, Echelsbacher Strasse 5a, D-81373 München
	Quelle	SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH
Bericht 6:	Datum	06.07.2011
	Titel	Screening Test - Eliminierung ausgewählter Pestizide, Chloramphenicol (antibiotisch), und Ethinyl-Estradiol (Hormon)
	Autor(en)	Dr. R. Weyandt / Dr. H. Lebertz
	Sponsor	Dipl.-Ing. Heinz Hartig, Ing.-Büro Heinz Hartig, Lommiserstrasse 16, CH-9545 Wängi
	Quelle	SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH

Taunusstein, 12. Juli 2012

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH



(i.V. Dr. Ralph G. Weyandt)
Projektleiter



(i.V. Dr. Herbert Lebertz)
Projektmanager

Inhalt

1	ZUSAMMENFASSUNG	5
2	ZIEL DER DURCHGEFÜHRTEN STUDIEN	5
3	BESCHREIBUNG DES PHOTOCHEMISCHEN REAKTORS	5
4.1	ELIMINIERUNG VON FLUORESZEIN, “VVXI”	6
4.1.1	ZIEL DER UNTERSUCHUNGEN	6
4.1.2	TESTDESIGN	6
4.1.2.1	Ergebnisse der fluorimetrischen Analysen	7
4.1.3	ANMERKUNGEN	7
4.2	ELIMINATION VON ATRAZIN	8
4.2.1	ZIEL DER UNTERSUCHUNG	8
4.2.2	TESTDESIGN	8
4.2.3	MODELLSUBSTANZ ATRAZIN	8
4.2.4	CHEMISCHE ANALYSEN	8
4.2.5	ERGEBNISSE	8
4.3	ELIMINIERUNG VON ANTIBIOTIKA	9
4.3.1	ZIEL DER UNTERSUCHUNG	9
4.3.2	TESTDESIGN	9
4.3.3	MODELLSUBSTANZ CHLORAMPHENICOL	9
4.3.4	CHEMISCHE ANALYSEN	9
4.3.5	ERGEBNISSE	10
4.4	ELIMINIERUNG AUSGEWÄHLTER PESTIZIDE	11
4.4.1	ZIEL DER UNTERSUCHUNG	11
4.4.2	TESTDESIGN	11
4.4.3	PESTIZIDÜBERSCHT	11
4.4.4	CHEMISCHE ANALYTIK	12
4.4.5	ERGEBNISSE	12
4.5	ELIMINIERUNG DER ENDOKRINEN DISRUPTOREN	13
4.5.1	ZIEL DER UNTERSUCHUNGEN	13
4.5.2	TESTDESIGN	13
4.5.3	MODELLSUBSTANZ ETHINYL ESTRADIOL	13
4.5.4	ERGEBNISSE	13
4.6	UV-ELIMINATION AUSGEWÄHLTER MIKROBIELLEN SPEZIES, “VVX1”	14
4.6.1	ZIEL DER UNTERSUCHUNGEN	14
4.6.2	TESTDESIGN	14
4.6.3	MIKROBIELLE SPEZIES	14
4.6.4	ERGEBNISSE	14
4.6.4.1	Mikrobielle Zellzahlen	14
4.6.4.2	Detektion nach 2 Tagen Inkubation	14
4.6.4.3	Detektion nach 5 Tagen Inkubation	15

4.6.4.4	Kalkulation der Eliminierung / Reduktionsrate basierend auf mikrobiellen Zellzählungen in 200 ml	15
4.7	ELIMINIERUNG VON MIKROORGANISMEN	16
4.7.1	ZIEL DER UNTERSUCHUNGEN	16
4.7.2	TESTDESIGN	16
4.7.3	ERGEBNISSE	16
5	ZITIERTE LITERATUR	17
6	WEITERE ANGABEN	17
7	ANHANG	18

1 ZUSAMMENFASSUNG

Das vorliegende Dossier fasst diverse, am SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH in Taunusstein, Deutschland, durchgeführte Studien zusammen, die die Leistungsfähigkeit des photochemischen Reaktors Typ "Helion 45" und seiner Prototypen "NIQ-Reactor" & "VVX1" belegt. Die Studien thematisieren sowohl die Elimination von Mikroorganismen als auch die Photodegradation von ausgewählten Chemikalien, die unterschiedliche Gruppen von Wasserkontaminanten repräsentieren.

Die durchgeführten Studien belegen spezifische Eliminationsraten von bis zu >99% in Abhängigkeit von der ausgewählten Modellkontamination und von den jeweiligen Versuchsbedingungen.

Hinweis: Bei den durchgeführten Testungen handelt es sich sämtlich um Screeningversuche zur Effektivität, d.h. es wurden im Vorfeld zu den Testungen keine Versuche durchgeführt, um das Testdesign zu optimieren, bzw. das Verhalten der Einzelsubstanzen während der Versuchsdurchführung zu hinterfragen.

Die Untersuchungen zum Verhalten ausgewählter chemischer Substanzen wurden generell bei erhöhten Durchflussgeschwindigkeiten (bis Faktor 4) durchgeführt, so dass unter Praxisbedingungen deutlich bessere Abreicherungsraten erwartet werden dürfen.

Grundsätzlich sind ferner Reaktivitäten und Adsorptionsphänomene einzelner Testsubstanzen nicht auszuschließen. Aufstockungen und Wiederfindungen sowie statistische Absicherungen waren im Zusammenhang mit diesen Screenings nicht vorgesehen. Im Einzelfall können deshalb Schwankungen und Wertestreuungen auftreten, die nicht näher diskutiert werden können.

2 ZIEL DER DURCHGEFÜHRTEN STUDIEN

Das Ziel der durchgeführten Studien war die Ermittlung von Eliminationsraten von Mikroorganismen und chemischen Modellsubstanzen, die als potentielle Kontaminanten des Grund- und Trinkwassers beschrieben sind.

3 BESCHREIBUNG DES PHOTOCHEMISCHEN REAKTORS

Die Hauptkomponenten des **Helion 45** sind vier Reaktorkammern mit Quarzglaswirbelnoppfen mit 4 VUV¹-Lichtquellen. Die Druckbeaufschlagung des Wassers führt zu einer definierten Rückstaubildung, die zu einer Drehbewegung des Wasserkörpers beiträgt. Die parabolischen Kurven der Übergabekanalwände erzielen eine Beschleunigung des Wassers, die sich verjüngenden Kanalwände erzeugen zudem einen Düseneffekt, der eine Clusterbildung verhindert. Zusätzlich induziert diese Bauweise eine hohe Rotationsgeschwindigkeit, wodurch sich der Weg des Wassers um ca. 480% pro Reaktorkammer verlängert. Insgesamt gewährleisten diese bautechnischen Details eine hochfrequente Verwirbelung, so dass aufgrund der maximierten Exposition des Wassers die UV-Lichtquelle mit ihren lokalen Maxima bei 185 nm und 254 nm optimal ausgenutzt wird.

¹ VUV = Vacuum Ultra Violet

4 Ergebnisse

4.1 ELIMINIERUNG VON FLUORESZEIN, "VVXI"

(Die Inhalte basieren auf Bericht Nr. 1 vom 03.08.2004 "Photometrische und fluorimetrische Untersuchungen zur Elimination von Fluoreszein mit Hilfe des Entkeimungsmoduls 'VVX1 Mikrowasserwerk' (Prototyp).")

4.1.1 ZIEL DER UNTERSUCHUNGEN

Detektion der UV-Eliminierungsrate von Fluoreszein als Modells substanz.

4.1.2 TESTDESIGN

Die Versuchsdurchführung erfolgte am 3. August 2004. Insgesamt wurden 50 Liter Trinkwasser örtlicher Herkunft mit Fluoreszein² beaufschlagt und über das UV-Burner-Modul "NIQ-Reaktor" geleitet. Die Flußrate wurde auf 5,45 Liter / Minute eingestellt. Vor dem Start des Tests wurde der UV-Burner für 60 Sekunden ohne Kontakt zur Lösung vorgewärmt. Das Speisewasser besaß eine Initialtemperatur von 23°C.

Die Proben wurden nach 60, 180, 240, und 300 Sekunden direkt am Auslass des Gerätes gemessen.

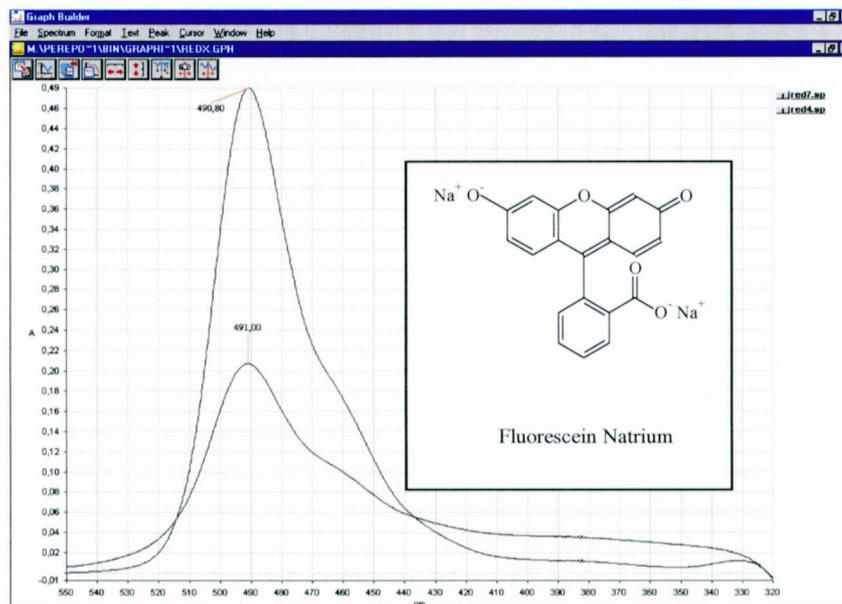
4.1.2.1 Ergebnisse der photometrischen Analysen (Perkin Elmer Spectral Photometer Lambda 2)

Tabelle 1: Extinktionswerte in Abhängigkeit von der Betriebszeit

Betriebszeit des UV-Burners [Sekunden]	Extinktion [492 nm]
Kontrolle*	0,4762
0	0,4389
60	0,5162
180	0,2348
240	0,2067
300	0,1951

* Messwert nach Versuchsende bei ausgeschaltetem Modul, nach Modulpassage

Abb 1: Absorptionsspektrum des Speisewassers: A = Kontrolle, B = Prozesswasserprobe nach 5 Minuten



² Freie Säure, Fluka 46955, MG 332,32

4.1.2.1 Ergebnisse der fluorimetrischen Analysen

Die Messungen erfolgten am Perkin Elmer Luminometer LS50 (Ex 480nm, Em 512nm, Spaltbreite jeweils 2,5 nm).

Table 2: Emissionsintensität abhängig von der Betriebszeit

Betriebszeit des UV-Burners [Sekunden]	Intensität
Kontrolle*	0,9709
0	0,8975
60	0,8145
180	0,3724
240	0,3236
300	0,3085

* Messwert nach Versuchsende bei ausgeschaltetem Modul, nach Modulpassage

4.1.3 ANMERKUNGEN

1. Nach 5 Minuten Betriebszeit waren 41% des Indikators / der Markersubstanz Fluoreszein gemäß der photometrischen Messung eliminiert und 32% gemäß den fluorimetrischen Messungen. Nach 5 Minuten wurde noch kein Plateau erreicht, dies bedeutet, dass eine Verlängerung der Versuchsphase vermutlich eine höhere Elimination des Fluoreszeins erbringen würde.
2. Die Kinetik der Photoelimination bleibt an dieser Stelle unklar. Die Elimination wurde in Abb. 2 als lineare Korrelation dargestellt; jedoch kann ein sigmoider Kurvenverlauf nicht ausgeschlossen werden.
3. Es gibt einige Hinweise für eine "Aktivierung" der Testsubstanz nach ungefähr 60 Sekunden; dies könnte auf einen Temperatureinfluss hindeuten.

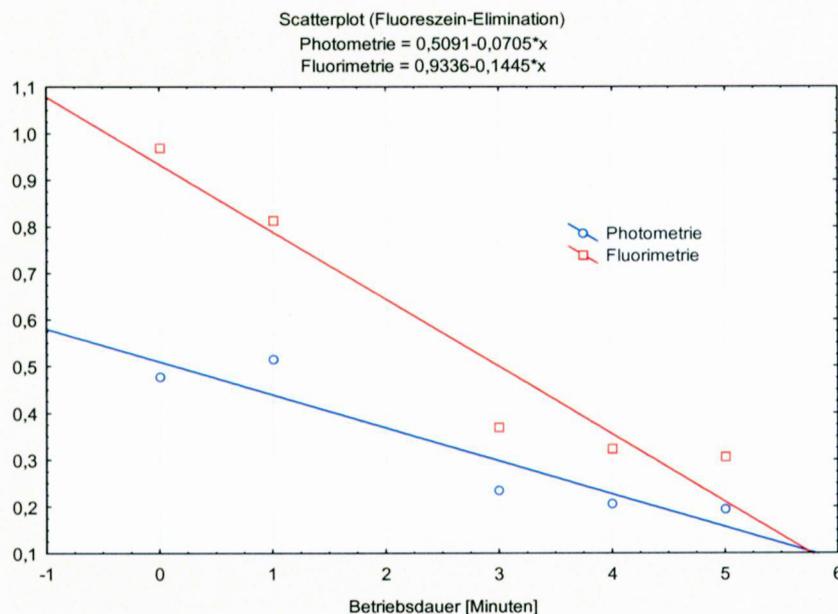


Abb. 2: Kinetik der Fluoreszein-Elimination

4.2 ELIMINATION VON ATRAZIN

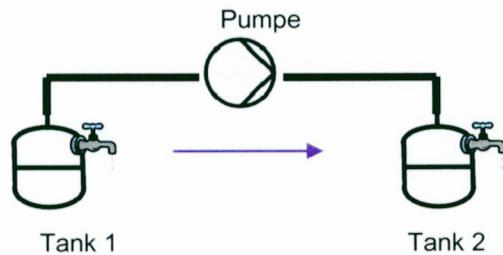
(Die Inhalte basieren auf Bericht Nr. 3 vom 19.06.2006 "Eliminierung von Atrazin / "NIQ-REAKTOR")

4.2.1 ZIEL DER UNTERSUCHUNG

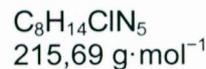
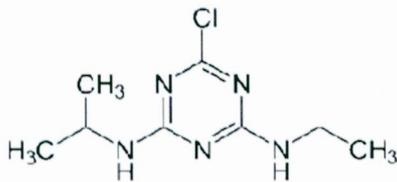
Detektion der UV-Elimination von Atrazin (6-Chlor-N-ethyl-N-isopropyl-1,3,5-triazin-2,4-diamin), Bestimmung der Elimination nach 10-facher Modul-Passage.

4.2.2 TESTDESIGN

Die Untersuchung wurde 2006 durchgeführt. Gegenstand des Experimentes war die Elimination des Pestizids Atrazin während der Passage durch den UV-Burners "NIQ-Reaktor". Das Speisewasservolumen betrug 140 Liter; die initiale Konzentration des Atrazins 0,36 µg/l; Jeweils eine 1-Liter Probe wurde nach 10, 20, und 30 Minuten entnommen und extrahiert; die Flussrate betrug 4 Liter / min.



4.2.3 MODELLSUBSTANZ ATRAZIN

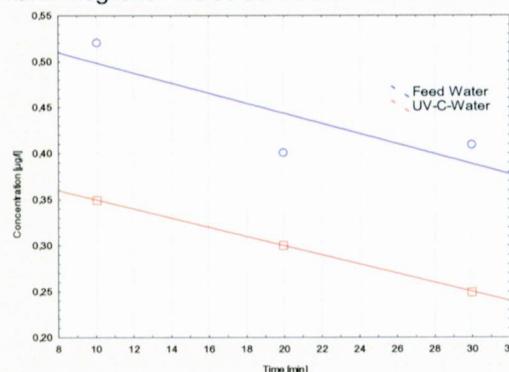


4.2.4 CHEMISCHE ANALYSEN

Festphasenextraktion; Detektion mittels GC-ECN/NPD und HPLC, Nachweisgrenze (NG) jeweils: 0.05 µg/l

4.2.5 ERGEBNISSE

Nach 30-minütiger Passage des UV-C-Burners (das entspricht einem Gesamtvolumen von ca. 120 Litern) wurde die Atrazinkonzentration auf ~30% des Ursprungsgehaltes reduziert. Bei der Photodegradation wurden dabei weder Desethylatrazin (NG <0,05µg/l), noch Deisopropylatrazin (NG <0,1µg/l) als mögliche Metabolite/Umwandlungsprodukte festgestellt. Die Konzentrationsabnahme von Atrazin im Speisewassertank kann möglicher Weise auf Löslichkeitseffekte zurückgeführt werden.



4.3 ELIMINIERUNG VON ANTIBIOTIKA

(Die Inhalte basieren auf Bericht Nr. 6 vom 06.07.2011 "Screening Test – Eliminierung von ausgewählten Pestiziden, Chloramphenicol (Antibiotikum), und Ethinyl-Estradiol (Hormon))

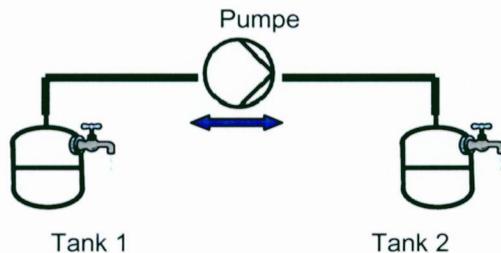
4.3.1 ZIEL DER UNTERSUCHUNG

Detektion der UV-Elimination von Chloramphenicol mittels UV-C-Modul "Helion 45"

4.3.2 TESTDESIGN

Pumpkreislauf

- Speisewasser: Trinkwasser örtlicher Herkunft (Taunusstein, Deutschland), öffentliches Versorgungsnetz
- Speisewasservolumen: 15 Liter
- Testsubstanz: Antibiotikum Chloramphenicol
- Konzentration des eingesetzten Chloramphenicols: ~2 µg/l
- Qualität der Chemikalie: pa. oder besser
- Durchflußrate der Pumpe: 25 Liter / Minute
- UV-C-Lampe: 10 Min "Einfahren" mit frischem Wasser (ohne Prüfsubstanz) um eine stabile Leistung des Burners sicher zu stellen.

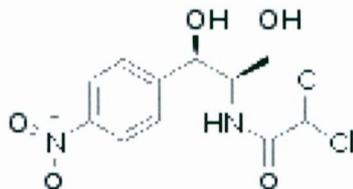


Probenübersicht

Probe A	Probe B	Probe C	Probe D
Kontrollwert / Ausgangskonzentration (vor Passage des Moduls)	Konzentration nach 1 Passage	Konzentration nach 3 Passagen	Konzentration nach 8 Passagen

4.3.3 MODELLSUBSTANZ CHLORAMPHENICOL

(2,2-dichloro-N-[1,3-dihydroxy-1-(4-nitrophenyl)propan-2-yl]acetamid);



4.3.4 CHEMISCHE ANALYSEN

- ELISA³ Assay Kit Chloramphenicol, R-biopharm No. R1505;
- LC-MSMS-05 (LC Agilent 1200 / API 4000)

³ ELISA = Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay

4.3.5 ERGEBNISSE

- A) ELISA: Die Elimination nach 8 Passagen (25 Liter/Min) beträgt ca. 18.7 %.
- B) LC/MSMS: Die Elimination nach 0, 1, 3, und 8 Passagen (25 Liter/Min) verläuft uneinheitlich; möglicherweise können hierfür Löslichkeitsprobleme und/oder Oberflächenanheftungen verantwortlich gemacht werden. Die Elimination liegt auf Basis der durchgeführten Untersuchungen im Bereich von 11,5% bis 47% der Ausgangskonzentration.

Probe A	Probe B	Probe C	Probe D
0 Passagen	1 Passage	3 Passagen	8 Passagen
2,08 µg/l	1,10 µg/l	1,84 µg/l	1,69 µg/l

4.4 ELIMINIERUNG AUSGEWÄHLTER PESTIZIDE

(Die Inhalte basieren auf Bericht Nr. 6 vom 06.07.2011 "Screening Test – Eliminierung ausgewählter Pestizide, Chloramphenicol (antibiotisch), und Ethinyl-Estradiol (Hormon))

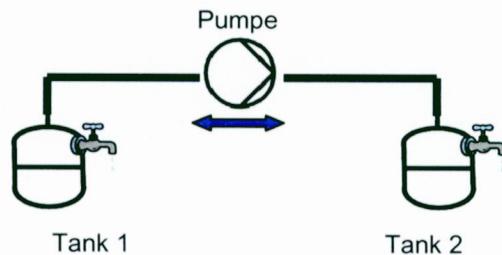
4.4.1 ZIEL DER UNTERSUCHUNG

Detektion der UV-Elimination unterschiedlicher Pestizide mittels UV-C-Modul "**Helion 45**"

4.4.2 TESTDESIGN

Pumpkreislauf

- Speisewasser: Trinkwasser örtlicher Herkunft (Tausenstein, Deutschland), öffentliches Versorgungsnetz
- Speisewasservolumen: 15 Liter
- Testsubstanzen: Spike-Mix bestehend aus 50 verschiedenen Testsubstanzen aus der Gruppe der Pestizide.
- Konzentration des eingesetzte Chemikalien: je ~1 bis 2 µg/l
- Qualität der Chemikalie: pa. oder besser
- Durchflußrate der Pumpe: 25 Liter / Minute
- UV-C-Lampe: 10 Min "Einfahren" mit frischem Wasser (ohne Prüfsubstanz) um eine stabile Leistung des Burners sicher zu stellen.
- Alle Pestizide wurden vor der ersten Passage und nach 1, 3 und 8 Passagen quantifiziert.



4.4.3 PESTIZIDÜBERSICHT

Acephat	Cymoxanil	Hexazinon	Molinate
Alachlor	Desethylatrazin	Imidachloprid	Monocrotophos
Aldicarb-sulfon	Desethylterbutylazin	isoChloridazon	Monuron
Atrazin	Desisopropylatrazin	Isoproturon	Oxamyl
Azoxystrobin	Diflufenican	Linuron	Propazin
Bromacil	Dimethoat	Metalaxyl	Propiconazol
Carbendazim	Diuron	Metamitron	Rimsulfuron
Chlorfenvinphos	Epoxiconazol	Methabenzthiazuron	Simazin
Chloridazon	EPTC	Methomyl	Tebuconazol
Chloroxuron	Ethoprophos	Metobromuron	Terbutylazin
Chlorpyrifos	Flazasulfuron	Metolachlor	Thiachloprid
Chlortoluron	Flusilazol	Metoxuron	
Coumatetralyl	Flutriafol	Metribuzin	

4.4.4 CHEMISCHE ANALYTIK

Alle Pestizide wurden mittels LC-MSMS-05 (LC Agilent 1200 / API 4000) gemessen.

Probenübersicht

Probe A	Probe B	Probe C	Probe D
Kontrollwert Ausgangskonzentration, vor Passage des Moduls	Konzentration nach 1 Passage	Konzentration nach 3 Passagen	Konzentration nach 8 Passagen

4.4.5 ERGEBNISSE

Die Eliminationsrate ist abhängig von der Pestizid-Spezies. Manche Pestizide, zum Beispiel Oxamyl oder Chloroxuron, können nach 1 Durchlauf bereits bis zu ~75% eliminiert werden, nach 8 Durchläufen sind sie zu 100% abgereichert, andere Pestizide werden partiell abgebaut, einige wenige bleiben nach 8 Durchläufen stabil.

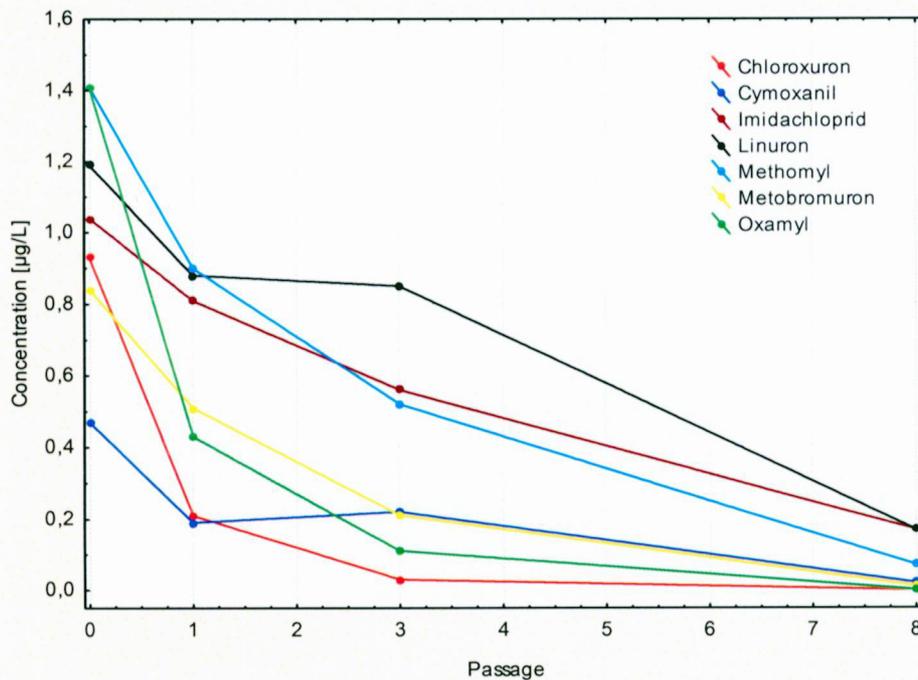


Abb. X: Eliminierungskurven ausgewählter Pestizide

Die Elimination jedes einzelnen Pestizids wird in Abhängigkeit von der Anzahl der Passagen im Anhang aufgelistet.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass bei statistischer Betrachtung aller 50 Pestizide die Elimination bei ~13% nach der ersten Passage, bei ~20% nach 3 Passagen, und bei ~40% nach 8 Passagen liegt.

Unter der Annahme, dass der Durchfluss unter Praxisbedingungen nur 1/3 des Pumpendurchsatzes im durchgeführten Versuch beträgt, kann die Eliminationsrate durch Extrapolation angepaßt werden auf ~20% nach der 1. Passage, und ca. 40% nach ~3 Passagen. Da keine Kinetik zur aufgetretenen „Photodegradation“ für die verschiedenen getesteten Chemikalien vorliegt, müssen die generierten Eliminationsraten und Extrapolationswerte als Werteuntergrenze verstanden werden, für die Praxis dürften sogar höhere Leistungen erwartet werden (Wir empfehlen eine bezüglich Durchflussrate, Kontaktzeit, Temperatur und verbesserter Chemikalienauswahl optimierte Testung Ihres UV-C-Prototypen „Helion 45“).

4.5 ELIMINIERUNG DER ENDOKRINEN DISRUPTOREN

(Die Inhalte basieren auf Bericht Nr. 6 vom 06.07.2011 "Screening Test – Eliminierung ausgewählter Pestizide, Chloramphenicol (antibiotisch), und Ethinyl-Estradiol (Hormon))

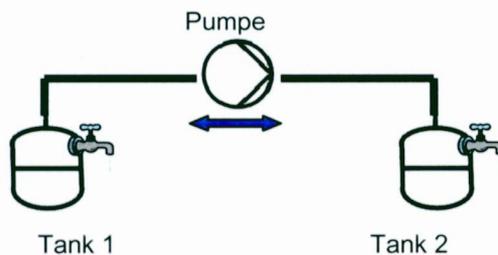
4.5.1 ZIEL DER UNTERSUCHUNGEN

Detektion der UV-Elimination von Ethinyl-Estradiol mittels UV-C-Modul "**Helion 45**"

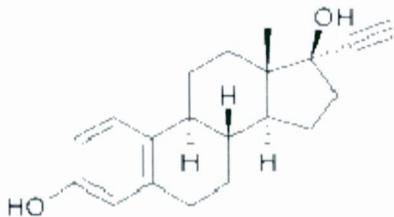
4.5.2 TESTDESIGN

Pumpkreislauf

- Speisewasser: Trinkwasser örtlicher Herkunft (Taunusstein, Deutschland), öffentliches Versorgungsnetz
- Speisewasservolumen: 15 Liter
- Testsubstanz Ethinyl-Estradiol (Hormon)
- Konzentration der eingesetzten Chemikalie: ~4 µg/l
- Qualität der Chemikalie: pa. oder besser
- Durchflußrate der Pumpe: 25 Liter / Minute
- UV-C-Lampe: 10 Min "Einfahren" mit frischem Wasser (ohne Prüfsubstanz) um eine stabile Leistung des Burners sicher zu stellen.
- Alle Pestizide wurden vor der ersten Passage und nach 1, 3 und 8 Passagen quantifiziert.



4.5.3 MODELLSUBSTANZ ETHINYL ESTRADIOL



monähnliches bio-
s in zahlreichen
einzunehmender

mol-1

4.5.4 ERGEBNISSE

Die Testung dieser hormonähnlichen Prüfsubstanz verlief ohne verwertbares Ergebnis, da sie in der Kontrolle nicht nachgewiesen werden konnte. Es kann an dieser Stelle nicht ausgeschlossen werden, dass sich die Substanz im Speisewasser nicht gleichmäßig verteilte, oder sich an innere Oberflächen der Testanlage anlagerte.

4.6 UV-ELIMINATION AUSGEWÄHLTER MIKROBIELLEN SPEZIES, "VVX1"

(Die Inhalte basieren auf Bericht Nr. 4 vom 15.07.2008 "Untersuchungen der UV-Eliminierung von ausgewählten mikrobiellen Spezies mittels UV-Burner Prototyp "NIQ-REAKTOR")

4.6.1 ZIEL DER UNTERSUCHUNGEN

Detektion der UV-abhängigen Elimination unterschiedlicher mikrobieller Spezies.

4.6.2 TESTDESIGN

Die mikrobiellen Untersuchungen wurden am 28. Juli 2004 durchgeführt. Gegenstand der Untersuchung war die UV-abhängige Eliminierung von Test Spezies in Trinkwasser während der Passage des UV-burner "NIQ-REAKTOR". Die Flußrate wurde auf 5,45 Liter / Minute eingestellt. Vor dem Start des Tests wurde der UV-burner für 60 Sekunden ohne Kontakt zur Lösung vorgewärmt. Das Speisewasser hat eine Initialtemperatur von 22,4°C. Vor dem Testen wurden alle Röhrchen und Gefäße, die mit Mikroorganismen in Kontakt kamen mittels Autoklavieren sterilisiert.

Während dem Betrieb wurden 1 Liter Proben nach 10, 30, 60, 90, and 150 Sekunden direkt nach dem Ausgang des Gerätes genommen.

4.6.3 MIKROBIELLE SPEZIES

- *Saccharomyces cerevisiae* (DSMZ 7045)
- *Bacillus subtilis* (ATCC 6633), (Endosporen und vegetative Zellen)
- *Escherichia coli* (DSMZ 11250)

Die mikrobiellen Stocklösungen wurden in sterilem Trinkwasser vorbereitet. Die mikrobiellen Anzahlen wurden mittels einer Thoma-Zählkammer eingestellt. Der Einsatz des Speisewassers wurde mit einer Mischung aus den drei Spezies (unbehandeltes Trinkwasser) eingesetzt.

Detektion / Quantifizierung von Mikroorganismen

Test Spezies	Nähragar	Inkubations Details
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Sabouraud-Agar	37°C, 2-5 Tage
<i>Bacillus subtilis</i>	Plate-Count-Agar	30°C, 2-5 Tage
<i>Escherichia coli</i>	Endo-Agar	37°C, 2-5 Tage

100 µl jeder Speisewasserprobe wurden auf der Nähragaroberfläche mit einem Spiral-Plater ausplattiert, wohingegen die UV-behandelten Wasserproben (200 ml jeweils) nach dem Burner durch sterile Membranfilter (Porengröße 0.45µm), welche auf den Agar Platten platziert wurden, filtriert wurden.

4.6.4 ERGEBNISSE

4.6.4.1 Mikrobielle Zellzahlen

Austritt	Sabouraud-Agar [CFU/ml]	Plate-Count-Agar [CFU/ml]	Endo-Agar [CFU/ml]
Speisewasser 1	750.000	65.000	38.000
Speisewasser 2	140.000	48.000	38.000

4.6.4.2 Detektion nach 2 Tagen Inkubation

Austritt nach UV-Burner [Sekunden]	Sabouraud-Agar [CFU/ 200 ml]	Plate-Count-Agar [CFU/ 200 ml]	Endo-Agar [CFU/ 200 ml]
10	3*	116	0
30	1*	24	0
60	1*	18	0
90	0*	18	0
150	2*	22	0

* Spezies aus dem Trinkwasser; keine Hefen.

4.6.4.3 Detektion nach 5 Tagen Inkubation

Austritt nach UV-Burner [Sekunden]	Sabouraud-Agar [CFU/ 200 ml]	Plate-Count-Agar [CFU/ 200 ml]	Endo-Agar [CFU/ 200 ml]
10	4*	überwachsen	25*
30	3*	44	8*
60	1*	23	7*
90	1*	20	2*
150	3*	23	3*

* Spezies aus dem Trinkwasser; keine Hefen, keine *Escherichia coli*.

4.6.4.4 Kalkulation der Eliminierung / Reduktionsrate basierend auf mikrobiellen Zellzählungen in 200 ml

Test Spezies	Initiale mikrobielle Quantitäten [CFU/ml]	Ausbeute [CFU/ml]	Reduktionsrate [%]
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	150×10^6	0	100 > 8 Log-Levels
<i>Bacillus subtilis</i>	13×10^6	23	99,9998 % ~7 Log-Levels
<i>Escherichia coli</i>	$7,6 \times 10^6$	0	100 % > 6 Log-Levels

4.7 ELIMINIERUNG VON MIKROORGANISMEN

(Die Inhalte basieren auf Bericht Nr. 2, vom 03.08.2004 "Eliminierungsrate von Mikroorganismen nach Behandlung mittels UV-Burner "VVX1")

4.7.1 ZIEL DER UNTERSUCHUNGEN

Detektion der UV-abhängigen Eliminierungsrate von undefinierten mikrobiell-kontaminierten Wassers (vom Sponsor bereitgestellt).

4.7.2 TESTDESIGN

Mit Mikroorganismen kontaminiertes Wasser, welches vom Auftraggeber bereit gestellt wurde, wurde mit Hilfe einer Eheim-Pumpe bei Durchflussraten von 4 L/min und 8 L/min durch ein UV-Modul geleitet. Ziel der Untersuchung war es, eine Keimabreicherung nachzuweisen. Proben von jeweils 1L wurden nach Passage über das UV-Modul in sterile Probenahmegefäße abgefüllt. Das kontaminierte Wasser (vor Modul-Passage) sowie die über das UV-Modul geleiteten Wasserproben wurden einer mikrobiologischen Analyse unterzogen. Zu diesem Zweck wurden jeweils 100 mL über sterile Membranfilter filtriert und anschließend nach Transfer auf CaSO-Agar (zum Nachweis aerober heterotropher Bakterien), Sabouraud-Agar (Zum Nachweis von Schimmelpilzen und Hefen) sowie MacConkey-Agar (zum Nachweis von E. coli und coliforme Bakterien) bei 20°C bzw. 36°C für bis zu 4 Tage bebrütet. Zusätzlich wurden Aliquote der Proben von jeweils 100µL sowie 10µL von Verdünnungen der Originalproben direkt auf die entsprechenden Agars ausplattiert, um so auch hohe Keimdichten noch quantifizieren zu können. Verwendetes Prüfwasser: Nicht näher definiertes, mit Mikroorganismen kontaminiertes Wasser (vom Sponsor bereitgestellt).

4.7.3 ERGEBNISSE

Probenbezeichnung	Anzahl Mikroorganismen in KBE/100 mL / [% Keimreduktion]			
	CaSO-Agar, 20°C	CaSO-Agar, 36°C	Sabouraud-Agar	MacConkey-Agar
Wasser vor UV-Behandlung	359000	260000	(52000)*	141000
Wasser nach Passage über das UV-Modul, 4L/min	1320 / [99,6]	360 / [99,9]	(41) *) /35 SP	63 / [99,96]
Wasser nach Passage über das UV-Modul, 8L/min	600 / [99,8]	240 / [99,9]	(51) *) /38 SP	35 / [99,98]

* Bakterienkolonien, keine Hefen und Schimmelpilze; SP = Pilze

Die Ergebnisse zeigen, dass durch die Passage des kontaminierten Wassers eine sehr starke Keimreduktion zu verzeichnen ist. Die Reduktionsraten betragen >99% in allen Fällen. Die Keimreduktion von Schimmelpilzen konnte nicht quantifiziert werden, da im Original die Agarplatten durch Bakterien überwachsen waren.

5 ZITIERTE LITERATUR

<http://www.drugbank.ca/drugs/DB00977>

6 WEITERE ANGABEN

- i. "*Beschreibung Reaktorkopf für photochemischen Reaktor*". Geschriebene Kommunikation durch Hr. Dipl.-Ing Heinz Hartig datiert am 11. Juni 2012.
- ii. "*Beschreibung Wirbelnoppen*". Geschriebene Kommunikation durch Hr. Dipl.-Ing Heinz Hartig datiert am 11. Juni 2012.

7 ANHANG

Tabelle: Ergebnisse, Einzelwerte in [$\mu\text{g/l}$]

Chemikalie	Ausgangs- konzentration	Nach 8 Passagen
Acephat	0,74	0,73
Alachlor	1,12	0,71
Aldicarb-sulfon	1,11	0,93
Atrazin	0,84	0,54
Azoxystrobin	1,08	0,31
Bromacil	1,14	1,07
Carbendazim	0,99	1,02
Chlorfenvinphos	1,53	0,46
Chloridazon	1,02	0,95
Chloroxuron	0,93	n.n.
Chlorpyrifos	0,85	0,36
Chlortoluron	0,84	0,43
Coumatetralyl	0,99	0,96
Cymoxanil	0,47	0,02
Desethylatrazin	0,99	0,66
Desethylterbutylazin	0,82	0,58
Desisopropylatrazin	1,20	0,78
Diflufenican	0,90	0,64
Dimethoat	0,87	0,74
Diuron	0,98	0,53
Epoxiconazol	1,16	0,65
EPTC	0,95	0,78
Ethoprophos	1,02	0,89
Flazasulfuron	1,18	0,80
Flusilazol	1,03	0,79
Flutriafol	0,90	0,72
Hexazinon	0,92	0,93
Imidachloprid	1,04	0,17
isoChloridazon	0,90	0,29
Isoproturon	0,86	0,86
Linuron	1,19	0,17
Metalaxyl	1,02	0,96
Metamitron	0,99	0,78
Methabenzthiazuron	0,82	0,81
Methomyl	1,41	0,07
Metobromuron	0,94	0,01
Metolachlor	0,96	0,51
Metoxuron	1,07	0,57
Metribuzin	0,93	0,80
Molinate	0,82	0,72
Monocrotophos	1,08	0,91
Monuron	1,12	0,13
Oxamyl	1,41	n.n.
Propazin	1,10	0,68
Propiconazol	1,17	0,96
Rimsulfuron	1,09	0,67
Simazin	1,00	0,65
Tebuconazol	0,95	0,77
Terbutylazin	0,91	0,53
Thiachloprid	0,93	0,38
Chloramphenicol	2,08	1,69

n.n. = im Rahmen der Nachweisgrenze nicht nachweisbar

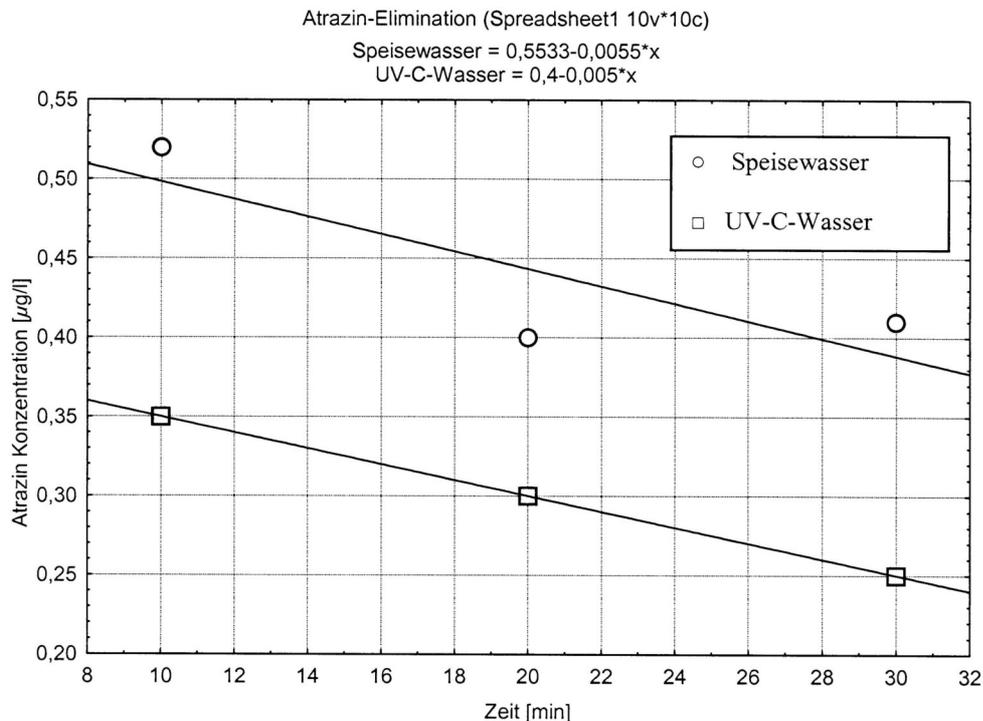
Seite 2 zu unserem Schreiben vom 08.05.2006 an
Herrn Heinz Hartig, HATEC GmbH, München

Bericht Performancetest zur Atrazin-Elimination

- 1 Ziel der Untersuchungen**
– Atrazin, Ermittlung der Elimination nach Modulpassage

- 2 Methodik**
Pumpversuch; Speisewasservolumen ca. 140 Liter; Ausgangskonzentration an Atrazin ca. 0,5 µg/l; Entnahme von je 1-Liter-Proben jeweils Speisewasser und nach Modulpassage (UV-C-Wasser) nach 10, 20 und 30 Minuten. Chemische Analytik: Festphasenextraktion; Detektion mittels GC-ECN/NPD sowie HPLC

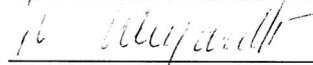
3 Ergebnisse

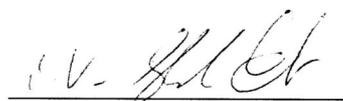


- 4 Anmerkung**
Die Atrazinkonzentration nimmt im Verlauf des Pumpversuchs im Speisewasser ab, dies kann auf anfänglich unvollständige Lösung bzw. ungleichmäßige Verteilung und/oder auf Adsorptionsprozesse zurückzuführen sein. Unabhängig davon kann festgestellt werden, dass durch die UV-C-Behandlung ca. 30% des Atrazins eliminiert werden, wobei weder Desethylatrazin (BG <0,05µg/l) noch Desisopropylatrazin (BG <0,1µg/l) als Metabolite auftreten.

Für Rückfragen stehen wir jederzeit gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen,
SGS Institut Fresenius GmbH


(Dr. Ralph G. Weyandt)


(Dr. Herbert Lebertz)

Entkeimung wie in der Natur

Fotochemische Wasserreinigung

Je mehr Menschen Wasser benötigen und nutzen, desto stärker wird das Trinkwasser belastet und bedarf der Aufbereitung. Die hohe Belastung des Wassers durch Haushalte und Industrie weltweit hat dazu geführt, dass laut Angaben des WWF pro 1,5 Liter verbrauchtem Wasser nur ein Liter frisches Wasser aus der Natur nachgeliefert werden kann. Es besteht also die Notwendigkeit, die Reinigungsprozesse der Natur technologisch zu flankieren. Dies umso mehr, als sauberes Trinkwasser in Zukunft eine noch größere Rolle für das friedliche Zusammenleben der Menschen spielen wird.

Das gilt natürlich im besonderen Maße für Entwicklungs- und Schwellenländer, wo das Agrar- und Industriewachstum, das mit Schadstoffausleitungen in die Gewässer einhergeht, derzeit noch als wichtiger angesehen werden denn Umweltschutz. Doch auch in den voll industrialisierten Ländern besteht das Problem der Wasseraufbereitung weiter. Dazu trägt nicht zuletzt der steigende Einsatz pharmazeutischer Produkte bei. Jedes Medikament, welches einem Menschen oder einem

Die Gewinnung sauberen Trinkwassers ist weltweit eine zentrale Herausforderung, bedingt durch Bevölkerungswachstum und zunehmende Industrialisierung. Die Natur kann mit dem nötigen „Recycling“ des Wassers nicht mehr Schritt halten kann. Ein Schweizer Unternehmen¹ bietet eine Aufbereitungstechnologie an, die natürliche, auf ultraviolettem Licht basierende Reinigungsmechanismen einsetzt.

Von Detlef Scholz, Wolfratshausen

Tier verabreicht wird, findet über die Ausscheidungen den Weg zum Klärwerk. Und da dieses nicht alles herausfiltern kann, landen diese Substanzen in der Umwelt und über kurz oder lang wieder in den Wasserreservoir. Man findet daher in unserem Trinkwasser zunehmend Rückstände wie Antibiotika, Rheumamittel, Barbiturate, Röntgenkontrastmittel, Lipidsenker, Betablocker, Hormone usw. So haben Wissenschaftler der Bremer Jacobs University Arzneimittelrückstände im Berliner Trinkwasser gefunden.²

Für viele dieser Stoffe gibt es noch gar keine gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte. Die zu erlassen ist auch gar nicht so einfach, denn wie soll man schädliche Auswirkungen einschätzen, die sich aufgrund von kombinierten Wechselwirkungen ergeben? Chemiker sprechen von so genannten oligo-dynamischen Eigenschaften. Das bedeutet, dass verschiedene Stoffe sich gegenseitig in ihrer Wirkung verstärken oder neue Wirkungen entfalten können. Die schadenswirksame „Haltbarkeit“ vieler dieser chemischen Stoffe ist enorm. Zeiträume in welchen überhaupt kein Abbau erfolgt, belaufen sich auf 10 bis 40 Jahren. So meldete die Medizinauskunft, dass sich Rückstände von Schlafmitteln im Grundwasser finden, die vor 40 Jahren eingenommen worden waren.³

Man findet in unserem Trinkwasser zunehmend Rückstände wie Antibiotika, Rheumamittel, Barbiturate, Röntgenkontrastmittel, Lipidsenker, Betablocker Hormone usw.

Reinigung durch UV-Licht

Die Natur reinigt das Wasser außer durch Verwirbelung, Fließvorgänge und natürliche Filterung in Bodenschichten auch mittels perma-

nenter Oxidationsprozesse. Diese werden mit Hilfe des ultravioletten Anteils im Sonnenlicht auf photochemischem Wege ausgelöst. Die im Sonnenlicht enthaltenen kurzwelligen UVC-Strahlen (280 bis 200 Nanometer) und VUV-Strahlen (200 bis 100 nm) zerstören oder schädigen den Zellkern von Mikroorganismen, wodurch diese an der Reproduktion gehindert oder meist sogar abgetötet werden (Abb. 1).

Der Wasser-Reinigungsreaktor „Helion 45“ (Abb. 2) der Schweizer Firma IBH Technologie nutzt in seinem Reaktor (Abb. 3) dieses natürliche Reinigungsprinzip der „photochemischen Nassverbrennung“ auf effizientere Weise. Denn die natürliche UVC-Strahlung ist nicht immer umfassend wirksam und der VUV-Anteil zu niedrig. Einige Keime besitzen eine sehr hohe UV-Toleranz und überleben daher den Vorgang. Kommt dagegen wie im „Helion 45“ zusätzlich zur UVC- noch ein ausreichend hoher Anteil der energiereicheren VUV-Strahlung zum Einsatz, so wird laut IBH die Entkeimungsleistung nahezu verdreifacht. Pilze, Schimmelpilzsporen, Bakterien wie der EHEC-Erreger, Viren wie H5N1 (Vogelgrippe) oder H1N1 (Schweinegrippe) sowie auch organische Schadstoffe wie Pflanzenschutzmittel (Pestizide, Insektizide), Hormone und eben die schon angesprochenen Arzneimittelreste sollen je nach Konzentration fast zu 100 Prozent abgebaut werden. Dabei kommen keinerlei weitere chemische Oxidationsmittel zum Einsatz.

Die emittierte VUV-Strahlung produziert zunächst aus dem im Wasser befindlichen Sauerstoff (O_2) atomaren Sauerstoff (O). Diese an sich schon hoch reaktiven Sauerstoffatome verbinden sich mit Wasserstoffatomen (H) zu OH-Radikalen. Das sind freie Radikale, also sehr reaktionsfreudige Verbindungen, welche alle Arten von organischen Stoffen zerstören. Die Radikale selbst zerfallen aufgrund ihrer Instabilität innerhalb von etwa 100

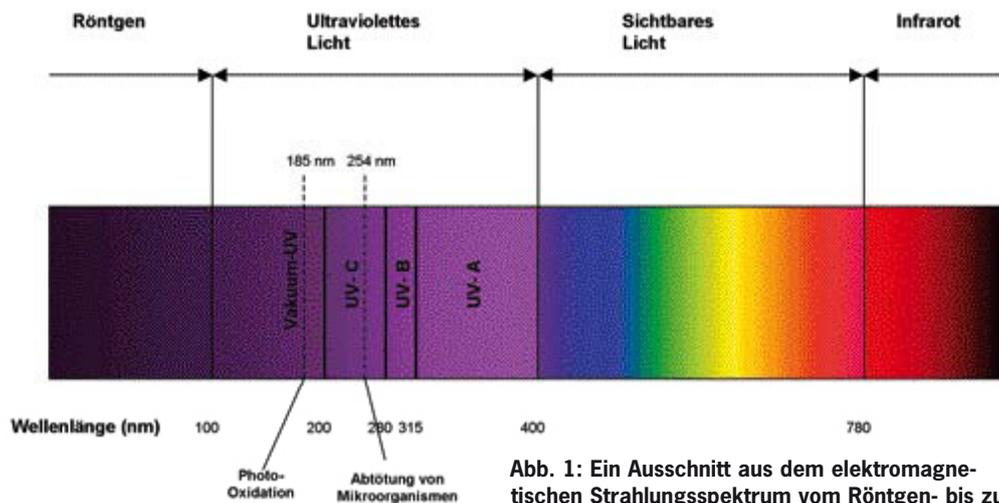


Abb. 1: Ein Ausschnitt aus dem elektromagnetischen Strahlungsspektrum vom Röntgen- bis zum Infrarotbereich. Die Frequenzen bei 185 und 254 Nanometer kommen im „Helion 45“ zum Einsatz.



Abb. 2: Das Gehäuse mit der UV-Bestrahlungseinheit ist nicht viel größer als ein dickes Buch.

Millisekunden zu Wasserstoff und Sauerstoff, woraus sich schließlich molekularer Sauerstoff (O_2) und Wasser bildet. Bei der Fotooxidation sollen keinerlei gefährliche Zwischenprodukte im Reaktor entstehen. Es bleiben nur ungiftige, nicht mehr aktive Substanzen wie Wasser und Kohlendioxid zurück, welche wieder in den Biokreislauf integriert werden können, so IBH-Chef Heinz Hartig.

Verschachtelte Quarzrohre

Die UV-Strahlungsquelle des „Helion 45“ befindet sich in einem Glasrohr aus synthetischem Quarz (Kammer 1), das von einem weiteren Rohr aus synthetischem Quarz (Kammer 2) umgeben ist. Dieses ist ebenfalls von einem Rohr (Kammer 3) umhüllt, das allerdings aus Natur-Quarz besteht, ebenso wie das äußere (vierte) Rohr (Kammer 4), dessen äußere Wandung mit einer Reflexionsschicht versehen ist. Diese soll 98 Prozent der UVC-Strahlung in den Reaktor zurückstrahlen. Da die Rohre 3 und 4 aus normalem Quarz bestehen, absorbieren sie die VUV-Strahlung unterhalb 200 nm, die somit den Reaktor nicht verlassen kann. Der Naturquarz der beiden äußeren Röhren dient auch der Vitalisierung des Wassers.

Das zu reinigende Wasser fließt durch das Vier-Kammer-System sukzessive hindurch (Abb. 4). Radikal-Erzeugung und Oxidation geschehen hauptsächlich in den beiden inneren Kammern. In den äußeren zwei Kammern wirkt nur mehr die UVC-Strahlung zur weiteren Entkeimung. Die Nutzung der VUV-Strahlung führe zu

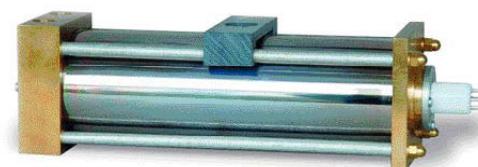


Abb. 3: Herzstück des Wasserreinigungssystems ist der Reaktor mit der UV-Bestrahlungseinheit.

einer fast 100-prozentigen (log 8, entspricht 99,999999 Prozent) Entkeimung, da bei diesen Energien UV-Resistenzen so gut wie ausgeschlossen werden können. Die VUV-Strahlung bricht zudem UV-resistente großmolekulare Verbindungen auf, wodurch sie gut oxidierbar werden.

Um die Strahlung (besonders der VUV-Wellenlänge) von innen in die nachfolgenden Kammern zu leiten, sind spezielle optische Linsen (patentiert) angebracht, die die VUV-Strahlungsausbeute um rund 80 Prozent der optischen Eingangsleistung erhöhen. Sie sorgen zudem für eine entsprechende Verwirbelung des

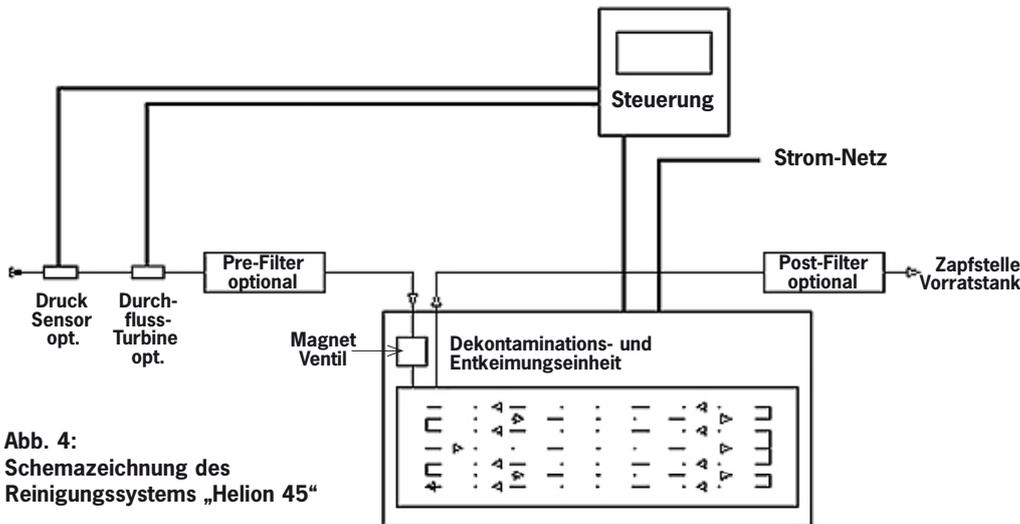


Abb. 4: Schemazeichnung des Reinigungssystems „Helion 45“

Wassers. Im Endeffekt dehnt dieses Konstruktionsmerkmal die notwendige Verweilzeit für die photochemische Nassverbrennung deutlich über die maximal erforderliche Oxidationszeit aus. Die durchschnittlich erforderliche Verweilzeit für die Oxidation von Eiweißkörpern liegt bei rund 100 Millisekunden.

Zusätzliche Vitalisierung

Die spezielle Geometrie der Reaktionskammern bezweckt nicht nur eine längere Verweilzeit und optimale

nimmt die geräteschädliche Verkalzung erheblich ab. Ein weiterer Effekt der hochfrequenten Wirbel besteht darin, die durch statischen Druck im Wasser gebildeten Molekülcluster wieder aufzubrechen. Das Wasser erhält damit seine natürlichen Lösungseigenschaften zurück.

Der hohe Reinheitsgrad verleiht dem ausfließenden Wassers ein enormes Redoxpotential von circa 600-700 Millivolt. Dies ist grundsätzlich nicht schädlich, da es nur mehr die Sauerstoffaktivität darstellt. Es ist aber ein Hinweis dafür, dass das Wasser, wenn überhaupt, nur mehr minimale organische Verunreinigungen besitzt. Wird das Wasser über Aktivkohle geleitet, stellt sich ein natürlicher Redox-Wert von 250 bis 450 mV wieder ein. In den Reaktorkammern selber herrscht, bedingt durch die OH-Radikale, ein Redoxpotential von bis zu 2 Volt.

Bei geeigneter Anlagentechnik ist die Fotooxidation das Verfahren mit dem geringsten Strombedarf und der schnellsten Abbauleistung, so Hartig. Für die Oxidation wird ausschließlich der im Wasser befindliche Sauerstoff verwendet. In bestimmten Fällen kann zur Verstärkung zusätzlich Sauerstoff eingeleitet werden. Der Verstärkungsfaktor beträgt bis zu 500 Prozent. Nicht verbrauchter Sauerstoff schadet nicht. Der konstruktive Aufwand ist vergleichsweise gering und die Wartung einfach und kostengünstig. Nach dem Stand der heutigen Technik ist die UV-Entkeimung die effektivste Entkeimungsmethode für Wasser.



Abb. 5: Über die Steuereinheit lässt sich das System komfortabel überwachen und bedienen.

Die VUV-Reaktoren eignen sich nicht nur für die Trinkwasseraufbereitung, sondern können auch in Gewerbe und Industrie zum Einsatz können. Dabei erlaubt die modulare Bauweise auch einen Parallelbetrieb zur Erhöhung des Durchsatzes oder einen seriellen zur Verbesserung der Reinigungswirkung. Zur komfortablen Bedienung verfügt die Anlage über eine elektronische Steuerung mit Betriebsanzeige (Abb. 5).

Es bleiben nur ungiftige, nicht mehr aktive Substanzen wie Wasser und Kohlendioxid zurück, welche wieder in den Biokreislauf integriert werden können.

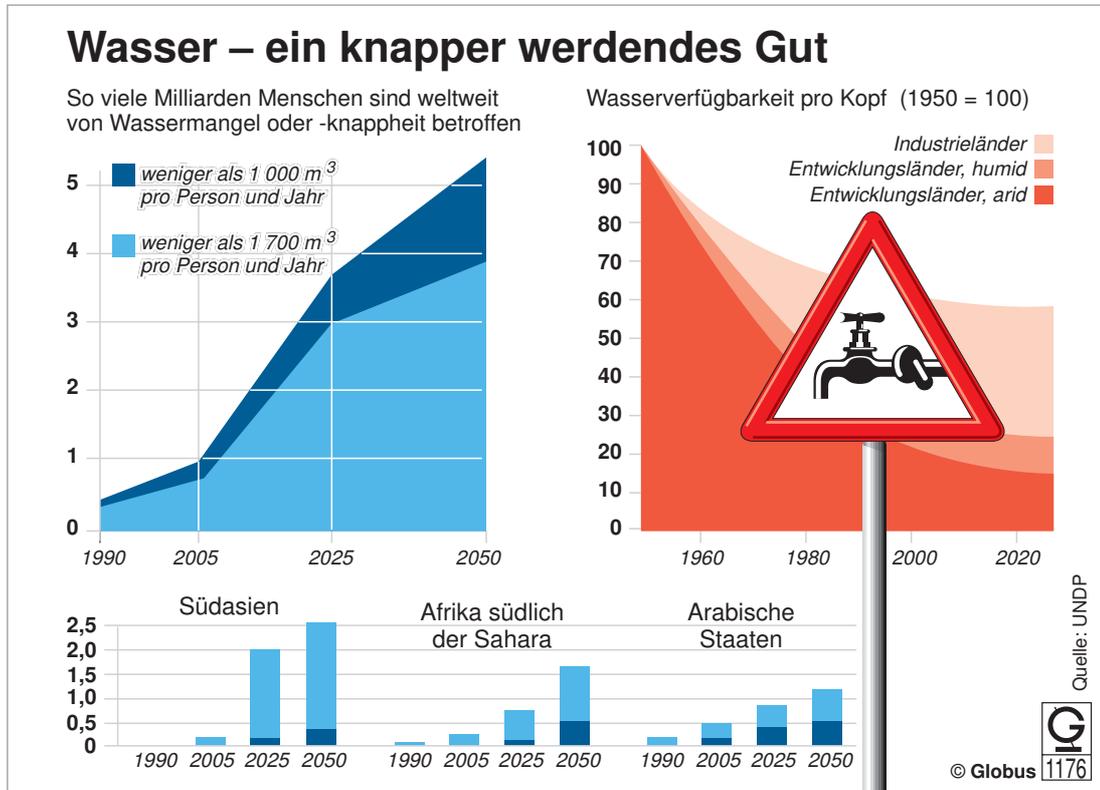
Strahlungsexposition des zu behandelnden Wassers, sondern vitalisiert dieses auch. Die radiale Einspeisung des Wassers zwischen den Kammern erzeugt eine hohe Beschleunigung (Drall), während die wie statische Turbinen (patentiert) wirkenden Übergänge hochfrequente Wirbel verursachen. Diese verändern gelöste Kalzium- und Magnesiumkristalle in ihrer Struktur derartig, dass sie eine wesentlich geringere Tendenz zur Verkalzung aufweisen. In der Folge

Technische Merkmale

- Entkeimungsleistung (zum Beispiel Bakterien, Pilze, Viren): bis 100 Prozent
- Dekontaminierung chemischer Verunreinigungen bei 4 Litern Durchfluss/Minute: 95 Prozent
- Atrazintest (Pflanzenschutzmittel-Pestizide): bis 100 Prozent
- Maße (Breite x Höhe x Tiefe)
- Gehäuse: 313 mm x 110 mm x 210 mm
- Kapazität: 1-9 Liter/Minute
- Max. Eingangsdruck: 4,5 bar
- Verweilzeit bei 4 Liter/Minute.: 6 Sekunden
- Betriebsbereitschaft nach Einschaltung:
 - für Entkeimung: < 60 Sekunden
 - für Dekontamination: < 180 Sekunden
- Energiebedarf: rund 45 Watt / Start: 65 W

Fußnoten

- 1 IBH Technologie, www.i-b-h.org
- 2 <http://blikeberlin.wordpress.com/2010/10/07/medikamentenrueckstaende-im-berliner-trinkwasser/>
- 3 www.medizinauskunft.de/artikel/gesund/Essen_Trinken/16_08_medikamentenrueckstaende.php



Konkurrenzkampf verschärft sich

Wasser ist das wichtigste Lebensmittel, das wir haben. Verschmutztes Wasser birgt ein hohes Gesundheitsrisiko. Schon heute haben über eine Milliarde Menschen keinen Zugang zu ausreichend sauberem und bezahlbarem Wasser. Und der Konkurrenzkampf um das kostbare Gut wird sich mit wachsender Weltbevölkerung, Industrialisierung und nicht zuletzt mit dem Klimawandel weiter verschärfen. Wieder werden vor allem die Armen und Schwachen die Verlierer sein: Kleinbauern, die ihre Felder nicht mehr bewässern können, Mädchen und Frauen, die viele Stunden täglich brauchen, um Wasser zu holen. 1 700 Kubikmeter Wasser pro Person und Jahr decken den Bedarf von Landwirtschaft, Industrie, Energieerzeugung und Umwelt. Weniger als 1 000 Kubikmeter gelten als Wassermangel.

Globus

Statistische Angaben: UNDP

SHRIRAM INSTITUTE FOR INDUSTRIAL RESEARCH
SOUTHERN REGIONAL BRANCH

Performance checks on Helion 45 water purification system

MICROBIAL REDUCTION RATE-

Sl.No	Test species	Reduction rate (%)
1	Escherichia coli	100
2	Bacillus subtilis	99.9999
3	Saccharomyces cerevisiae	100

ELIMINATION OF CHLORAMPHENICOL-

Sl.No	Test parameters	Input water* 0 Passage	Out put water 1 passage	% Reduction**	Out put water 2 passages	% Reduction**
1	Chloramphenicol	1.747	0.777	55.5	0.222	87.6

*spike level: 2ppb

** Percent reduction is based on the initial spike value

ELIMINATION OF PESTICIDES[#]-

Sl.No	Test parameters	Input water* 0 Passage	Out put water 1 passage	% Reduction**	Out put water 2 passages	% Reduction**
1	Atrazine	2.096	1.511	27.9	0.862	58.9
2	Isoproturon	2.258	1.664	26.3	1.276	43.5
3	Alachlor	1.889	1.054	44.2	0.852	54.9
4	Ethion	1.023	0.790	22.8	0.279	72.7
5	Butachlor	1.530	0.706	53.9	0.618	59.6
6	Chlorpyrifos	1.462	0.699	52.2	0.229	84.3
7	Dimethoate	1.529	0.567	62.9	0.375	75.5
8	Carbendazim	1.123	0.714	36.4	0.457	59.3
9	Monocrotophos	0.458	0.316	31.0	0.302	34.1
10	Azoxystrobin	1.895	0.608	67.9	0.158	91.7
11	Cymoxanil	1.540	0.210	86.4	0.050	96.8
12	Diuron	1.821	0.689	62.2	0.133	92.7
13	Chlorfenvinphos	2.029	0.777	61.7	0.253	87.5

*spike level: 2ppb

** Percent reduction is based on the initial spike value

[#] Five passages of spike water will be carried out to ascertain the reduction percent.

Augsburger Allgemeine Zeitung (vom 13.07.2012)

Verdacht auf Colibakterien im Pfrontener Trinkwasser

Die Pfrontener Bürger müssen ihr Trinkwasser derzeit abkochen. Es werden Colibakterien im Wasser vermutet. Zwei Proben sollen nun für Sicherheit sorgen.

Allgäuer Zeitung (vom 30.08.2004)

"Gift" in geringen Dosen

Von Thilo Jörgl und Renate Meier, Marktoberdorf/Ostallgäu - Die Vorstellung, mit dem morgendlichen Kaffee oder Tee schon eine Portion Pflanzenschutzmittel zu sich zu nehmen, gefällt sicher niemanden. Umso mehr verunsicherte unlängst die Nachricht, dass in 18 Wasserversorgungen des Ostallgäus Dichlorbenzamid nachgewiesen wurde.

Augsburger Allgemeine Zeitung (vom 21.02.2013)

Legionellen im Donaucenter: Seit 87 Tagen Duschverbot

Am Mittwoch ist das Wasser wegen Sanierungsarbeiten ganz abgestellt worden.

Seit 87 Tagen dürfen die Bewohner des Neu-Ulmer Donaucenters nun schon nicht mehr zuhause duschen. Der Öffentliche Gesundheitsdienst im Neu-Ulmer Landratsamt hat das Verbot Ende November 2012 wegen der Gesundheitsgefahr, die von Legionellen ausgeht, ausgesprochen. Bisher gelang es nicht, die Bakterien aus den Wasserleitungen zu entfernen.

Freisinger Tagblatt (vom 16.06.08)

Chlor gegen Bakterien im Trinkwasser

Aßling - Aßling beginnt mit der Chlorung des Trinkwassers. Nach der Verunreinigung der Quelle im Kupfgraben durch Bakterien und Keime wird nun Chemie eingesetzt.

Donaukurier (vom 27.02.2013)

Warnung vor Folgen falsch entsorgter Medikamente

Warnung vor Folgen falsch entsorgter Medikamente. Umweltschützer warnen vor den Folgen falsch entsorgter Arzneimittel für Menschen und Tiere. Weil Altmedikamente zunehmend die Umwelt und das Trinkwasser belasteten, müsse dringend ein zentrales Sammelsystem eingerichtet werden.

Nürnberger Nachrichten (vom 01.12.2010)

Gutachten nährt Sorge um Trinkwasser

Untersuchung zeigt Risiken eines Lkw-Parkplatzes im Fürther Wasserschutzgebiet auf

FÜRTH - Im Kampf gegen den geplanten Lkw-Stellplatz eines Autohauses im Wasserschutzgebiet bei Weikershof fährt der Bund Naturschutz (BN) schweres Geschütz auf: ein hydrogeologisches Gutachten, das die Gefahr schwerer Schäden für Fürths Trinkwasserversorgung aufzeigt.

Medikamentenrückstände im Trinkwasser.

Allgemeines

Jedes Medikament welches einem Menschen oder einem Tier verabreicht wird findet über die Ausscheidungen den Weg zum Klärwerk. Nicht alles bleibt im Klärwerk hängen. Nach dem Klärwerk landen diese Substanzen in der Umwelt und irgendwann sind sie wieder zum Teil im Grundwasser und letztlich wieder im Trinkwasser.

Die Medikamentsubstanzen wirken nicht nur im Organismus sondern auf dem ganzen Weg den diese Stoffe nehmen. Die Wirkung dieser Stoffe wird zwar laufend weniger, aber viele dieser Stoffe treten in Wechselwirkung mit anderen Substanzen ein und können oligodynamische Eigenschaften annehmen. Das bedeutet, dass verschiedene Stoffe sich gegenseitig in ihrer Wirkung verstärken und/oder neue und unvorhersehbare Wirkungen entfalten.

Die "Haltbarkeit" vieler dieser chemischen Stoffe ist enorm. Zeiträume in welchen überhaupt kein Abbau erfolgt belaufen sich zwischen 10 und 40 Jahren. Also genug Zeit um in das Grundwasser und in unseren Wasserhahn zu gelangen. Viele Stoffe sind in nur sehr geringen Mengen im Trinkwasser enthalten, jedoch ist bekannt, dass gerade diese geringen Mengen eine schleichende Gewöhnung und Resistenz erzeugen.

Manche Medikamente werden darum im Körper auf Dauer weniger wirksam und andere werden eventuell unwirksam.

Welche Stoffe sind gemeint?

- Hormone (in großen Mengen und Ausführungen)
- Antibiotika (in großen Mengen und Ausführungen)
- Röntgen Kontrastmittel
- Betäubungsmittel
- Psychopharmaka
- Schmerzmittel (in großen Mengen und Ausführungen)
- Drogen (Rauschgifte, alle Arten)

Auswirkungen (vereinfacht dargestellt).

Antibiotika:

Es stört die Zellteilung von Einzellern wie Bakterien. Durch den Dauereintrag entstehen multiresistente Bakterienstämme. Sie können ihre Multiresistenz auf andere Bakterienarten übertragen. Sie stören z.B. die Funktion von Klärwerken, oder sie verhindern den Abbau von organischen Verbindungen.

Hormone:

Den größten Anteil stellt die Antibabypille (Östrogene) dar. Unmengen dieser Substanzen gelangen in das Wasser. Sie verursachen unkontrollierte Stoffwechselaktivitäten, z.B. Spermien werden geschädigt und führen zu Unfruchtbarkeit. Untersuchungen in der Schweiz haben ergeben, dass männliche Bachforellen "verweiblichen" und keine Fortpflanzung mehr möglich ist. Denkbar ist, dass sich dieser Effekt auch auf andere Arten und auch auf den Menschen, ausdehnt.

Röntgenkontrastmittel:

Die komplexe Zusammensetzung ist sehr stabil und belastet die Umwelt. Genaue Details bezüglich der Auswirkungen sind noch nicht bekannt.

Betäubungsmittel:

Diese Stoffe führen zu Gewöhnungsprozessen und wirken auf Dauer nicht mehr. Durch den Dauerkontakt über das Trinkwasser ist die Gefahr einer Gewöhnung gegeben, sodass der quantitative Einsatz dieser Mittel, um den gewünschten Effekt zu erzielen, erhöht werden muß.

Betäubungsmittel finden innerhalb der Drogenszene große Beachtung und Beliebtheit. Sie gelangen völlig unkontrolliert in die Umwelt.

Psychopharmaka:

Der Effekt gleicht dem der Betäubungsmittel und Rauschmittel.

Schmerzmittel:

Diese Stoffe haben eine Verwandtschaft mit den Betäubungsmitteln und Psychopharmaka. Die Auswirkungen gleichen denen von Betäubungsmitteln.

Drogen:

Diese Substanzen sind verwandt mit den Betäubungsmitteln und Psychopharmaka. Seit ca. 2006 sind diese Stoffe in den Ballungsgebieten großer Städte zunehmend im Trinkwasser vorhanden. Über das Trinkwasser wird ein kontinuierlicher Kontakt mit diesen Substanzen ermöglicht.

Dies alles sind organische Stoffe und können durch die Reaktor-Technik der Firma **IBH Technologie** aus dem Wasser entfernt, oder signifikant reduziert werden.



Gegenüberstellung Reversosmose, Filteranlagen, UV-Desinfektion zum Oxidationsreaktor NIQ-Reihe (Helion 45)

Reversosmose:

Das Verfahren drückt Wasser durch eine feine Membrane die nur von H_2O Molekülen durchdrungen werden kann. Dabei werden im Idealfall alle Festkörper (Salze, Bakterien) die **größer als das H_2O Molekül** sind zurückgehalten.

Das ausfließende Wasser ist ein "Fast" - Destillat.

Vorteile:

Das ausfließende Wasser ist zum großen Teil frei von div. Salzen sowie von organischen Stoffen (Bakterien, Pilzen, Pestiziden usw.).

Nachteile:

Das ausfließende Wasser beinhaltet weiterhin alle Stoffe welche **kleiner als das Wassermolekül** sind. Viele organische Stoffe (siehe unter Vorteile) sind kleiner als das Wassermolekül und sind darum im Ausfluss enthalten. Stoffwechselprodukte (Metaboliten) sind häufig kleiner als das H_2O Molekül. Vieren sind meist kleiner als das H_2O Molekül.

Osmosewasser ist als Trinkwasser für den Organismus ungeeignet, weil es einem Destillat entspricht.

Die fehlenden Salze schädigen durch den enormen osmotischen Druck die Zellen der Schleimhäute, Speiseröhre und Magen.

Das Verfahren ist sehr kraftaufwändig und führt generell nach kurzer Zeit zum **Mikrobruch der Osmosemembranen** wodurch im Auslaufwasser auch wieder Stoffe enthalten sind die größer als das H₂O Molekül sind. Eine defekte Osmosemembrane verkeimt sehr schnell und stark. **Das ausfließende Wasser beinhaltet oft mehr Mikroorganismen als das Rohwasser.**

Um eine ca. 50%ige Ausbeute (Rohwasser zu Osmosewasser) zu erreichen, muß mit Betriebsdrücken oberhalb 60 - 200 Bar gearbeitet werden. Dies erfordert starke Pumpen welche einen entsprechend hohen Strombedarf haben.

Eine solche Anlage kann nicht mehr über Solarstrom versorgt werden.

Einer Reversosmose **muß(!)** eine Enthärtungsanlage vorgeschaltet werden.

Kalzium- und Magnesiumsalze zerstören die Membranen schon nach kurzer Zeit. Darum müssen sie vorher entfernt werden. Die Kosten sind enorm und benötigen zusätzlich Rohwasser und Salz zur Regeneration der Ionenaustauscherharze in der Enthärtungsanlage, außerdem benötigt eine solche Anlage zusätzlich viel Strom.

Die Standzeit der Osmosemodule liegt im Allgemeinen bei max. einem Jahr. Sie sind sehr teuer und der Arbeitsaufwand zum Wechseln ist hoch.

Grundsätzlich ist eine Reversosmoseanlage sehr unwirtschaftlich und ungesund, jedoch in einigen Fällen die geeignetste Methode Problemfälle zu lösen.

Filteranlagen:

Grundsätzlich ist es möglich alle unerwünschten Stoffe durch geeignete Filter aus dem Wasser zu entfernen. Ein Filter kann rein mechanisch, es bleiben alle Stoffe welche größer als die Maschenweite des Filters sind, hängen, oder, im Falle von Ionenaustauschern werden durch elektrische "Wertigkeiten" Ionen ausgetauscht.

Mechanische Filter sind aus Papier, Stoff, Keramik (Ultrafiltration), Aktivkohle oder Sintermaterialien. Sie sind nicht oder nur sehr ungenügend wiederaufbereitbar.

Ionenaustauscher sind aus speziellen Harzen, welche bei der Regeneration elektrisch geladen werden können. Ionenaustauscher können wiederaufbereitet (regeneriert) werden.

Vorteile:

Die meisten mechanischen Filter sind vergleichsweise kostengünstig und, bis auf Ionenaustauscher (für Spezialanwendungen), einfach in der Handhabung.

Nachteile:

Allen mechanischen und elektromechanischen Filtern ist gemeinsam, dass sie sehr schnell verkeimen und von den Keimen innerhalb kürzester Zeit durchwachsen werden. Das ausfließende Wasser beinhaltet dann mehr Keime als das einfließende Wasser.

Diese Einschränkung gilt auch für den Fall, dass die Filter erschöpft sind und chemische Stoffe durchbrechen. Dies ist häufig bei Aktivkohlefiltern zu beobachten. Das bedeutet u.U., dass Filter den gesamten angesammelten Rückhalt wieder an das durchfließende Wasser abgeben.

Werden Ultrafeinfilter nicht regelmäßig und intervallkonform erneuert, werden sie zu wahren Keimschleudern und verstopfen in kürzester Zeit.

Ein weiterer gravierender Nachteil ist, dass alle mechanischen Filter zum **Sondermüll** werden. Im Prinzip wird der unerwünschte Stoff von einem Ort zum anderen verschoben. Bei den Ionenaustauschern ist es etwas anders, hier wird bei der Regeneration der Sondermüll in Form von Abwasser produziert.

Grundsätzlich können je nach den Stoffen im Filter entsprechend hohe Entsorgungskosten entstehen.

Die UV-Desinfektion

Diese Art der Wasserentkeimung ist schon einige Jahrzehnte im Gebrauch und stellt ein sehr ausgereiftes Verfahren zur Wasserbehandlung dar.

UVC-253 nm (die übliche UV-Entkeimungsstrahlung) ist in der Lage Bakterien und Pilze, sowie höhere Organismen wie z.B. Amöben zu schädigen und im Idealfall zu abzutöten.

Der Idealfall ist dann gegeben, wenn die Strahlungs-dosis hoch genug ist, um Keime so zu schädigen, dass sie absterben.

Für eine ausreichende Strahlungs-dosis sorgt neben einer ausreichenden Lampenleistung die Verweilzeit innerhalb der Strahlung. Diese bestimmt die Durchfluss-geschwindigkeit, bzw. die Durchflussleistung (Liter/Zeiteinheit).

Vorteile:

Die Strahlung lässt sich vergleichsweise Kostengünstig herstellen.

Die Materialien (Quarze) sind kostengünstig und problemlos zu beschaffen.

Die Reaktorkonstruktion ist einfach.

Ein, bei richtiger Konstruktion und Auslegung, hochwirksames Verfahren zur Wasserentkeimung.

Nachteile:

Das Wasser muß(!) transparent sein.

Viele Keime vertragen enorme Mengen an **UVC-253 nm** bzw. haben ein sehr hohes "**Reparaturpotential**". Sie sind in der Lage sich fast schlagartig zu reparieren. Dabei wurde beobachtet, dass viele der Keime immer mehr Strahlungsleistung vertragen.

Vor allem die Keime, welche als Oberflächenkeime (z.B. E-coli) bezeichnet werden können, sind zunehmend **UVC-253 nm** tolerant.

UVC-253 nm ist nicht(!!!) in der Lage organische Substanzen (Bakterien, Pilze, Medikamentenrückstände, Pestizide, Hormone usw.) zu **oxidieren** (verbrennen).

Das bedeutet, dass die Substanz (Eiweiß) aus denen z.B. Keime bestehen zurück bleibt.

UVC-253 nm hat keine molekülspaltenden Eigenschaften.

Diese Eiweiße können bei empfindlichen Menschen u.U. als **Allergene** wirksam werden.

Pflanzenschutzmittel sind organische Verbindungen. Sie müssen(!) zwangsläufig

UVC-253 nm stabil sein. Diese Substanzen werden auf Pflanzen ausgebracht und sollen nicht sofort von der UV-Strahlung der Sonne wieder zerstört werden.

Alle diese Stoffe bleiben im mit **UVC-253 nm** behandelten Wasser zurück.

Diese Substanzen haben einen nicht unerheblichen Einfluss auf Mensch und Tier.

Sie bleiben bei diesem Verfahren völlig unberührt. Das Wirkspektrum dieser Stoffe ist bis jetzt noch nicht vollumfänglich bekannt. Aus diesem Grund gibt es für viele dieser Stoffe keine gesetzlichen Grenzwerte.

Die Fotooxidation:

Die Fotooxidation verwendet ebenfalls **UVC-Strahlung**. Sie ist jedoch kurzwelliger und energiereicher.

Die wirksame Strahlung ist **UVC-185 nm**. Sie wird auch als **VUV-Strahlung** (Vakuum-UV-Strahlung) bezeichnet.

UVC-185 nm ist molekülsplattend und kann u.a. Sauerstoff (O₂) und Wasserstoff (H₂) in Einzelatome (O und H) zerlegen. Sie bilden ein Radikal (OH), welches das stärkste Oxidationsmittel darstellt. Es **oxidiert** (verbrennt) alle organischen Stoffe.

Die molekülsplattendende Eigenschaft der **UVC-185 nm** Strahlung kommt diesem Oxidationsprozess entgegen, weil auch die organischen Stoffe (Makromoleküle) zerlegt und dadurch leicht oxidierbar werden.

Dieser Vorgang kommt auch in der Natur zur Anwendung, wenn auch in minimalem Umfang.

Im Oxidationsreaktor (NIQ-Reaktor) werden diese Radikale in sehr hoher Konzentration erzeugt und sorgen für einen komplett ablaufenden Oxidationsvorgang.

Das Endprodukt der Stoffe sind CO₂, Wasser und Mineralstoffe.

Untersuchungen an schwer knackbaren Stoffen (Atrazin) haben ergeben, dass es zu keiner unvollständigen Oxidation (Verbrennung) kommt.

Das ausfließende Wasser ist keimfrei bzw. dekontaminiert.

Vorteile:

Die Fotooxidation erfasst **alle(!)** organischen Stoffe. (Der Wirkungsgrad ist von der Fließgeschwindigkeit und der Menge der Inhaltsstoffe abhängig). Es sind keine chemischen Entkeimungsmittel (Zusatzstoffe) erforderlich.

Sie benötigt nur Vorfilter, wenn u.a. die Transparenz mangelhaft ist. Die Vorfilter sind billig und wenig wartungsaufwändig.

Die Fotooxidationsreaktoren von IBH-Technologie verwenden sowohl **UVC-185 nm** als auch **UVC-253 nm** und benötigen aufgrund der Konstruktion vergleichsweise wenig Strom und kann z.B. beim "**Helion 45**" über eine Solaranlage versorgt werden. Wichtige Salze werden nicht entfernt, oder verändert. Das Wasser ist aufgrund der verbliebenen Salze für den Organismus nicht schädlich und in den meisten Fällen ohne zusätzliche Behandlung trinkbar.

Die Fotooxidation liefert die besten Entkeimungs- und Dekontaminationsleistung aller zu diesem Zweck auf dem Markt befindlicher Anlagen.

Das "**Helion 45**" von **IBH-Technologie** ist speziell zu diesem Zweck entwickelt und konzipiert worden. In handelsüblichen UV-Anlagen kann die **VUV-Technik** (Fotooxidation) von IBH-Technologie aus physikalischen Gründen nicht eingesetzt werden.

Der apparative Aufwand zur Neutralisierung von Chlor/Brom und zur Entfernung von Chrom ist billig und einfach.

Der Wartungsaufwand ist wenig arbeitsintensiv und sehr kostengünstig.

Nachteile

Die Fotooxidation benötigt transparentes(!!) Wasser. Es muß(!!) Sauerstoff (O₂) im Wasser vorhanden sein.

Befindet sich Chlor/Brom im Wasser muß dieses vorher neutralisiert werden.
Befindet sich im Rohwasser Chrom muß dieses vorher entfernt werden.

Die Fotooxidation reduziert Nitrat (NO₃) zu Nitrit (NO₂). Dies ist jedoch unerheblich, da der Oxidationsvorgang dieses weitgehend wieder zu Nitrat (NO₃) oxidiert.

Beschaffungs- und Wartungskosten ca. in Euro

Das "**Helion 45**" von **IBH-Technologie** reinigt ca. 13 Tonnen (13.000 Liter) Wasser pro Tag.

Die dafür erforderlichen Anschaffungskosten sind im ungünstigsten Fall (mit Vorfilter) ca. 4000 Euro (Endkunde). Die jährlichen Wartungskosten belaufen sich auf etwa 400 Euro (Wartung, Brenner, Reinigung, durchgeführt von einer Firma).

Der Strombedarf liegt im ungünstigsten Fall bei max. 58 Watt/h (ohne Pumpen).

Über **Filteranlagenkosten** sind seriöse Aussagen nicht möglich, da es eine Vielzahl möglicher Filtertypen gibt und die Kosten stark von der Belastungsart abhängig sind.

Eine **Reversosmoseanlage** für diese Menge gereinigten Wassers würde im ungünstigsten Fall ca. 80.000 - 100.000 Euro erfordern. Die jährlichen Wartungskosten (Osmosemodule und Regenerationszubehör (Salz)) schlagen mit etwa 10.000 - 15.000 Euro zu Buche.

Der Strombedarf liegt im ungünstigsten Fall bei ca. 2 - 4 KW/h.

Eine **UVC-253 nm** Entkeimung mit all ihren Nachteilen kostet min. 300 Euro.

Dies ist jedoch eine vergleichsweise kleine Anlage.

Die **Oxidationstechnologie** ist allen Wasserreinigungsanlagen eindeutig überlegen.