

Arzneistoffe in Zu- und Abläufen von Kläranlagen des Landes Sachsen-Anhalt

Untersuchungen zur Reinigungswirkung der
Wasserhyazinthe *Eichhornia crassipes* im Nachklärteich
der Kläranlage Zörbig 2007-2008



SACHSEN-ANHALT

Landesamt für Umweltschutz

Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (LAU)
Fachbereich 2 Abfallwirtschaft, Bodenschutz, Anlagentechnik Wasserwirtschaft

Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW)
Geschäftsbereich 5.0 Gewässerkundlicher Landesdienst

Dr. Hans-Holger Liste, Julius Kühn-Institut (JKI) Berlin

Dr. Olga Gorbachevskaya, Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der
Humboldt-Universität zu Berlin (IASP).

Titelbild: Nachklärteich der KA Zörbig (LAU 2007)

Inhaltsverzeichnis		Seite
1.	Einleitung	1
2.	Sonderuntersuchungen 2007-2008	2
2.1	Kläranlage Zörbig und Messstellen	3
2.2	Messprogramm	4
2.3	Analytik	6
2.4	Hinweise zur Auswertung	6
3.	Darstellung der Messergebnisse und Auswertung	7
3.1	Entwicklung von Eichhornia crassipes -Bedeckungsgrad	7
3.2	Messergebnisse	8
3.2.1	Chemisch-physikalische Kenngrößen	8
3.2.2	Arzneistoffe	9
4.	Zusammenfassung	14
5.	Literatur	15

Anlagen

- Anlage 1** **Entwicklung von Eichhornia crassipes -Bedeckungsgrad (Fotos)**
- Anlage 2** **Einzelmesswerte 2007-2008 (chemisch-physikalische Kenngrößen, Arzneistoffe)**
- Anlage 3** **Rückhalt von 10 ausgewählten Arzneistoffen in der KA Zörbig 2007**
- Anlage 4** **Rückhalt von 4 ausgewählten Arzneistoffen im Nachklärteich der KA Zörbig 2008**

1. Einleitung

Das Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt untersucht in Zusammenarbeit mit dem Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW) seit mehreren Jahren die Herkunft und den Verbleib von Arzneistoffen in der Umwelt /1/ bis /4/.

Für Humanarzneistoffe und deren Metabolite ergibt sich der Haupteintragspfad in die Umwelt über den Patienten bzw. Anwender in das kommunale Abwasser (private Haushalte, Krankenhäuser, Pflegeeinrichtungen usw.) und somit in die Kläranlagen.

Untersuchungen zum Vorkommen von Arzneistoffen in Kläranlagenzu- und -abläufen belegen, dass sehr viele der analysierten Wirkstoffe im Klärprozess nur in geringem Umfang eliminiert werden. Sowohl in den Kläranlagenabläufen als auch in Klärschlämmen können viele Wirkstoffe und deren Metabolite nachgewiesen werden, die dann über diese Quellen in die Umwelt gelangen (siehe /5/ bis /11/). Um diesen Stoffeintrag in die Umwelt zu minimieren, wurden und werden verschiedene technische und naturnahe Behandlungsverfahren auf ihre Einsatzmöglichkeiten in der Praxis geprüft (z.B. /12/ bis /13/).

Dieser Bericht informiert über Ergebnisse, die bei Untersuchungen zur Auswirkung eines naturnahen Behandlungsverfahrens an der Kläranlage Zörbig gewonnen wurden. Im Mittelpunkt des Verfahrens stand der Einsatz der Wasserhyazinthe *Eichhornia crassipes* im Nachklärteich (NKT) der Kläranlage (KA) Zörbig mit der Zielstellung, den Rückhalt für Arzneistoffe im Nachklärteich zu verbessern.

Im Jahr 2007 begannen unter Beteiligung des Julius Kühn-Institutes (JKI) Berlin (Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen) und des Institutes für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin (IASP) die entsprechenden Untersuchungen. Die Wasserhyazinthe wurde auf der Grundlage wissenschaftlicher Berichte und Publikationen ausgewählt, die eine schadstoffeliminierende Wirkung dieser Pflanze beschreiben /14/ bis /19/.

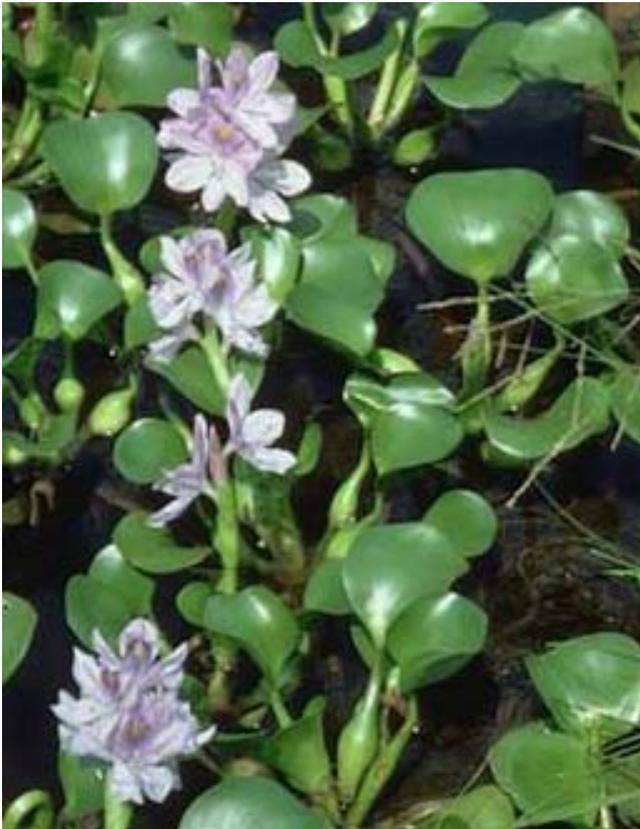


Bild 1: *Eichhornia crassipes* in Blüte (Quelle: Encarta® Online-Enzyklopädie 2009)

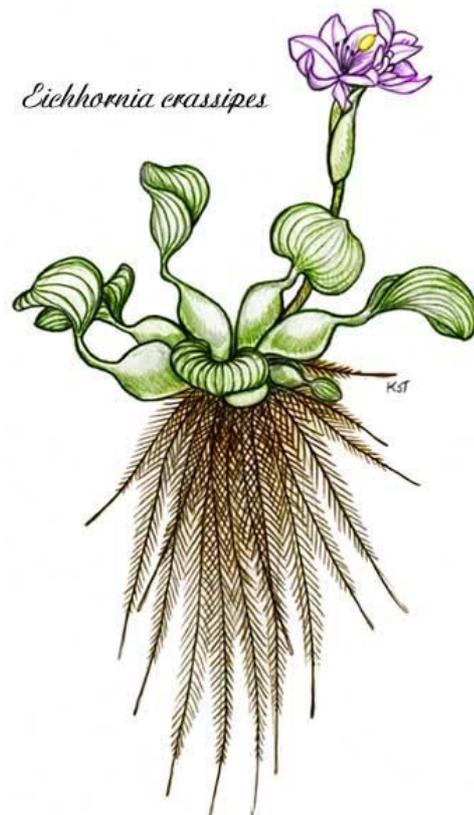


Bild 2: Zeichnung einer Einzelpflanze von *Eichhornia crassipes* (Quelle: Limnologische Station, TU München 2006)

Die Wasserhyazinthe gehört zu den Hechtkraut- oder Wasserhyazinthengewächsen (*Pontederiaceae*) und ist eine Pflanze mit verdickten Blattstielen, die sich insbesondere in feuchtwarmen Gebieten in Nord- und Südamerika, Afrika, Australien und Asien ausbreitet. Aus der Literatur ist bekannt, dass die Wasserhyazinthe aus Südamerika importiert wurde, um als Zierpflanze in Teichen eingesetzt zu werden /20/. Die rosettenförmig wachsende Pflanze wurzelt entweder im Schlick oder schwimmt frei an der Wasseroberfläche. Dick angeschwollene Blattstiele, die mit einem luftigen Gewebe (Aerenchym) gefüllt sind, halten die Pflanze an der Wasseroberfläche (siehe Bild 4). Die Wasserhyazinthe vermehrt sich überwiegend vegetativ, d.h. durch Ausläufer, die zahlreiche Tochterrosetten bilden.

Unter subtropischen und tropischen Bedingungen wächst sie stehende Gewässer (z.B. Victoriasee), Wasserstraßen und Kanäle zu. Sie verstopft so auch Wasserturbinen und behindert die Schifffahrt. Massenhaft in Reisfeldern wachsende Wasserhyazinthen gefährden die Ernte. Durch Wasserhyazinthen wird der Sauerstoffaustausch in Gewässern gestört, die einheimische Vegetation verdrängt und die Wasserverdunstung erhöht.



Bild 3: *Eichhornia crassipes* auf Nachklärteich der KA Zörbig (LAU 2008)



Bild 4: Blattstielquerschnitt, Aerenchym (Quelle: wapedia.mobil/de)

Pro Tag (!) erzeugt die Wasserhyazinthe 3-4 neue Ableger. Nach nur 6-8 Wochen Wachstum ist jede einzelne Pflanze dazu fähig, wirksam metallische Schadstoffe und sogar einen Ölfilm von der Wasseroberfläche zu absorbieren. Nach 4 Monaten Wachstum, wenn das höchste Wachstum erreicht ist, wird die Pflanze zum „Schadstoff-Fresser“. *Eichhornia* scheint Schwermetalle (Blei, Strontium, Quecksilber) bis zur 10.000fachen Konzentration des umgebenden Wassers zu akkumulieren /21/ bis /23/.

Aufgrund dieser Ergebnisse wird seit einigen Jahren von den NASA-Laboratorien am Mississippi die Wasserhyazinthe erfolgreich als ökologisches Abwasser-Reinigungssystem erprobt /24/.

Die Stadt San Diego in den USA klärt bereits seit über 10 Jahren mit Wasserpflanzen ihr Abwasser. Neben Schilfkläranlagen werden hauptsächlich Wasserhyazinthen zur Wasserreinigung eingesetzt. Pro Woche werden über 50 Tonnen Biomasse geerntet, die zu Biogas vergoren werden.

2. Sonderuntersuchungen 2007-2008

Im Rahmen des Gewässerüberwachungsprogramms Sachsen-Anhalt (GÜSA) wurden auch 2007 Sonderuntersuchungen zu Arzneistoffen in Zu- und Abläufen von kommunalen Kläranlagen durchgeführt. Neben der Kläranlage Weißenfels waren auch die Kläranlagen Oranienbaum und Zörbig, die beide über Nachklärteiche verfügen, im

Untersuchungsprogramm. Die Ergebnisse der Untersuchungen werden im 3. Bericht des LHW und des LAU zum Sondermessprogramm „Arzneimittel im Grundwasser, in Fließgewässern und in Zu- und Abläufen von kommunalen Kläranlagen des Landes Sachsen-Anhalt (Zeitraum 2006-2007)“ veröffentlicht /25/.

Im Jahr 2008 wurden die Untersuchungen an der Kläranlage Zörbig in modifizierter Form fortgesetzt.

2.1 Kläranlage Zörbig und Messstellen

Die Kläranlage (KA) Zörbig wurde 1994 in Betrieb genommen und verfügt über eine Ausbaugröße von 20.000 Einwohnerwerten (EW). Bei der KA Zörbig handelt es sich um eine Belebtschlammanlage (BSA) mit weitergehender Nährstoffeliminierung. 2007 und 2008 wurde das Abwasser von ca. 9.400 Einwohnern und ca. 6.900 Einwohnergleichwerten (insgesamt 16.300 EW) in der Kläranlage behandelt.



Bild 5: Nachklärteich (im Hintergrund Bereich, der mit *Eichhornia crassipes* besetzt wurde, Abschnittbeginn mit Pfeil gekennzeichnet bis Auslaufbauwerk)

Im Untersuchungsjahr 2007 wurden an 6 über das Jahr verteilten Terminen am KA-Zulauf, am Zulauf zum Nachklärteich (siehe Bilder 6 und 8) und am KA-Ablauf Beprobungen durchgeführt (siehe Tab. 1). Der Besatz des letzten Abschnittes des Nachklärteiches mit der Wasserhyazinthe *Eichhornia crassipes* erfolgte am 06.06.2007. Entfernt wurden die Pflanzen am 23.10.2007.

Im Jahr 2008 erfolgte eine Intensivierung der Untersuchungen zur Reinigungswirkung der Wasserhyazinthe *Eichhornia crassipes* im Nachklärteich der Kläranlage Zörbig im Bezug auf Arzneistoffe. Es wurden an 10 Terminen im Nachklärteich vor dem Bereich, der mit *Eichhornia crassipes* besetzt war („vor der Eichhornia-Barriere“, siehe Bilder 7 und 8) sowie am KA-Ablauf Probennahmen durchgeführt. Der Nachklärteich war im Bereich unmittelbar vor dem KA-Ablauf im Zeitraum vom 03.06.2008 bis zum 27.10.2008 mit der Wasserhyazinthe besetzt.



Bild 6: Zulauf Nachklärteich (Probennahmestelle 2007 „Zulauf NKT“)



Bild 7: Nachklärteich mit *Eichhornia crassipes* im Vordergrund (Probennahmestelle 2008 „NKT, vor Barriere“)

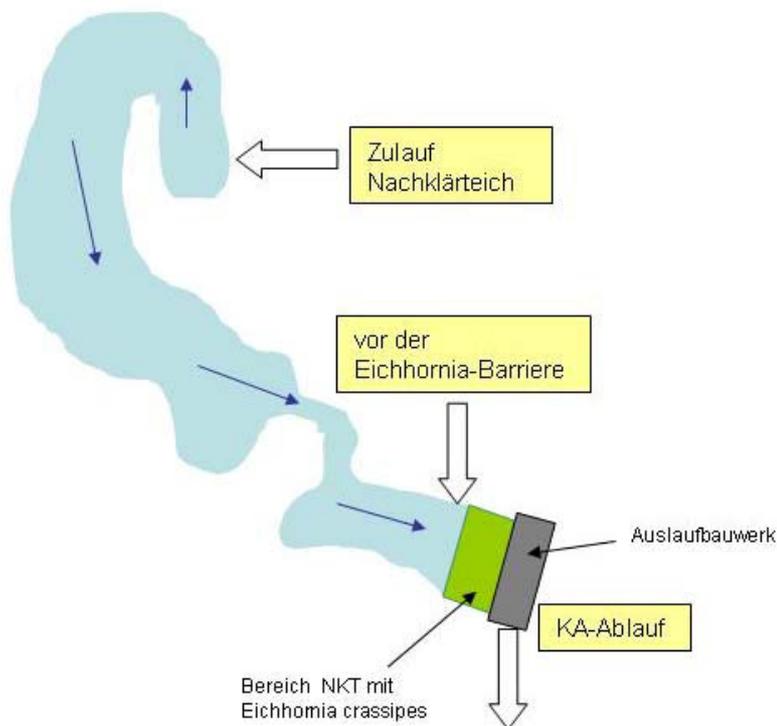


Bild 8: Skizze zu Probennahmestellen am Nachklärteich (NKT) und KA-Ablauf sowie zum zeitweise mit der Wasserhyazinthe *Eichhornia crassipes* besetzten letzten Abschnitt des NKT der KA Zörbig

2.2 Messprogramm

Im Jahr 2007 wurden an 3 Probennahmestellen ca. alle 2 Monate Beprobungen durchgeführt. Insgesamt 10 Arzneistoffe sowie ausgewählte physikalisch-chemische Parameter wurden analysiert (siehe Tab. 1).

Im Jahr 2008 erfolgten nur noch an 2 Probennahmestellen Beprobungen. Die erste Probennahme wurde vor dem Besatz des letzten Abschnittes des Nachklärteiches mit der Wasserhyazinthe *Eichhornia crassipes* durchgeführt. Danach erfolgten in der Regel alle 14 Tage Beprobungen von Juni bis Oktober (insgesamt 8). Die letzte Probennahme fand 4 Wochen nach Entfernung der Wasserhyazinthen (manuelle Ernte) statt.

Eine erste Auswertung der Untersuchungsergebnisse des Jahres 2007 zeigte, dass eine deutliche Abnahme der Stoffkonzentrationen im Nachklärteich unter den vorgegebenen Bedingungen nur bei den Arzneistoffen nachgewiesen werden kann, die im Belebungsbecken der KA schlecht zurückgehalten werden. Somit umfasste das

Messprogramm im Jahr 2008 neben chemisch-physikalischen Parametern nur noch 4 ausgewählte Arzneistoffe.

Tab. 1: Messprogramm 2007 und 2008

2007	2008
Temperatur (Luft, Wasser) pH-Wert elektrische Leitfähigkeit Sauerstoffgehalt Trübung Färbung Geruch	Temperatur (Luft, Wasser) pH-Wert elektrische Leitfähigkeit Sauerstoffgehalt Trübung Färbung Geruch Biochemischer Sauerstoffbedarf 5 Chemischer Sauerstoffbedarf Gesamter org. Kohlenstoff Ammonium Nitrit Nitrat Gesamter anorganischer Stickstoff Gesamter gebundener Stickstoff Phosphor-gesamt
Phenazon Diclofenac Ibuprofen Bezafibrat Clofibrinsäure Carbamazepin Iopamidol Iopromid Clarithromycin Roxithromycin	Diclofenac Carbamazepin Iopamidol Clarithromycin
	Fotodokumentation der jeweils vorhandenen Bedeckungsfläche mit <i>Eichhornia crassipes</i>

Informationen zu den Anwendungsgebieten der analysierten Arzneistoffe sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Tab. 2: Arzneistoffe und deren Anwendungsgebiete

Arzneistoff	Anwendungsgebiet
Phenazon	Analgetikum (Schmerzmittel)
Diclofenac	Analgetikum, Antirheumatikum (Rheumatische Beschwerden)
Ibuprofen	Analgetikum, Antirheumatikum (Rheumatische Beschwerden)
Bezafibrat	Lipidsenker und Metaboliten (Stoffwechselerkrankungen)
Clofibrinsäure	Lipidsenker und Metaboliten (Stoffwechselerkrankungen)
Carbamazepin	Antiepileptikum (Epilepsieerkrankungen)
Iopamidol	Röntgenkontrastmittel
Iopromid	Röntgenkontrastmittel
Clarithromycin	Antibiotikum
Roxithromycin	Antibiotikum

2.3 Analytik

Das Labor des Landesbetriebes für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW) Außenstelle Wittenberg hat eine Methodik entwickelt, die es ermöglicht, möglichst viele der zu untersuchenden Arzneistoffe gleichzeitig analytisch zu erfassen (siehe auch /2/).

Probenvorbereitung und Dotierung

Die zu analysierenden Arzneistoffe wurden aus dem beprobten KA-Wasser isoliert und angereichert. Die Probenaufarbeitung erfolgte durch:

- Druckfiltration der Probe (ca. je 2 x 1l) über Glasfaserfilter 40µm
- Einstellung des pH-Wertes auf 3-4, Zusatz von EDTA
- Festphasenextraktion der Probe zur Anreicherung der Analyten
- Elution der Analyten von der Festphase mittels organischem Lösemittel
- Einengen des Lösemittelextraktes bis zur Trockne und Aufnahme des Rückstandes in Wasser/Puffer
- Filtration über „Minisart®“- Membranfilter

Messung und Auswertung

Die Bestimmung der Arzneistoffe erfolgt mittels Flüssigchromatographie-Tandem Massenspektrometrie (LC-MS/MS). Dieses Analysensystem ermöglicht die Trennung und Quantifizierung der Analyten. Die Bedingungen der flüssigchromatographischen Trennung wurden für alle Arzneistoffe optimiert.

Eine Übersicht über die Bestimmungsgrenzen (BG) der einzelnen Arzneistoffe im Abwasser ist der Tabelle 3 zu entnehmen.

Tab. 3: Bestimmungsgrenzen (BG) für Arzneistoffe (2007 und 2008)

Arzneistoffe	BG in µg/l
Clofibrinsäure, Bezafibrat, Phenazon, Carbamazepin	0,001
Acetylsalicylsäure, Diclofenac, Iopamidol, Iopromid, Clarithromycin, Roxithromycin	0,005
Ibuprofen	0,025

2.4 Hinweise zur Auswertung

Da es sich bei den auf ausgewählte Arzneistoffe untersuchten Abwasserproben um nur 6 bzw. 10 auf das Untersuchungsjahr verteilte Stichproben pro Probennahmestelle handelt, sind die Daten statistisch nicht gesichert. Darüber hinaus sind Schwankungen der Parameter (Abwassermenge und Arzneistoffkonzentration im Zu- und Ablauf der Kläranlage) zum jeweiligen Probennahmezeitpunkt zu beachten.

Arzneistoffkonzentrationen

Für die Berechnung des arithmetischen Mittelwertes der Arzneistoffkonzentrationen wurde bei Analysen mit dem Ergebnis „kleiner Bestimmungsgrenze“ (" $<BG$ ") der Zahlenwert ($\frac{1}{2} BG$) bei allen Auswertungen verwendet.

Probennahmestrategie

Für die Interpretation der gewonnenen Messwerte sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- geringe Häufigkeit der Probennahme – keine statistisch gesicherten Ergebnisse
- keine korrespondierende Probennahme
- Art der Probennahme (Einzelprobe) und Tageszeit – Schwankungen der Arzneistoffkonzentrationen im Tagesrhythmus nicht berücksichtigt
- Analytik – schwebstoffgebundene Arzneistoffe nicht erfasst, nur Wasserphase analysiert

3. Darstellung der Messergebnisse und Auswertung

3.1 Entwicklung von *Eichhornia crassipes* - Bedeckungsgrad

Der letzte Abschnitt des Nachklärteiches wurde sowohl im Jahr 2007 als auch im Jahr 2008 mit ca. 20 Ausgangspflanzen der Wasserhyazinthe *Eichhornia crassipes* besetzt (siehe Pkt. 2.1). Die folgende Tabelle enthält eine zeitliche Auflistung der Entwicklung der Wasserhyazinthe. In der Anlage 1 ist zudem der Grad der Entwicklung der Pflanzen auf entsprechenden Fotos dokumentiert. Eine vollständige Bedeckung der für die Pflanzen vorgesehenen Wasserfläche wurde in beiden Jahren nach ca. 8 Wochen erreicht. Danach wurde es erforderlich, regelmäßig Pflanzen zu entnehmen, da die Wasserhyazinthen den abgegrenzten Bereich von ca. 100 m² Wasserfläche zu durchbrechen drohten.

Tab. 4: Entwicklung von *Eichhornia crassipes* – Bedeckungsgrad

Datum	Grad der Entwicklung von <i>Eichhornia crassipes</i>
06.06.2007	Besatz mit ca. 20 Pflanzen
17.07.2007	Bedeckung von ca. 8 %
20.08.2007	Bedeckung von ca. 99 %
23.10.2007	Bedeckung von 100 %
23.10.2007	nach Probenahme Entnahme aller Pflanzen
19.06.2008	Besatz mit ca. 20 Pflanzen
01.07.2008	Bedeckung von ca. 1 %
17.07.2008	Bedeckung von ca. 15 %
31.07.2008	Bedeckung von ca. 60 %
01.09.2008	Bedeckung von 100 %, Pflanzen groß und dicht
30.09.2008	Bedeckung von 100 %, teilweise Entnahme von Pflanzen
27.10.2008	Entnahme aller Pflanzen

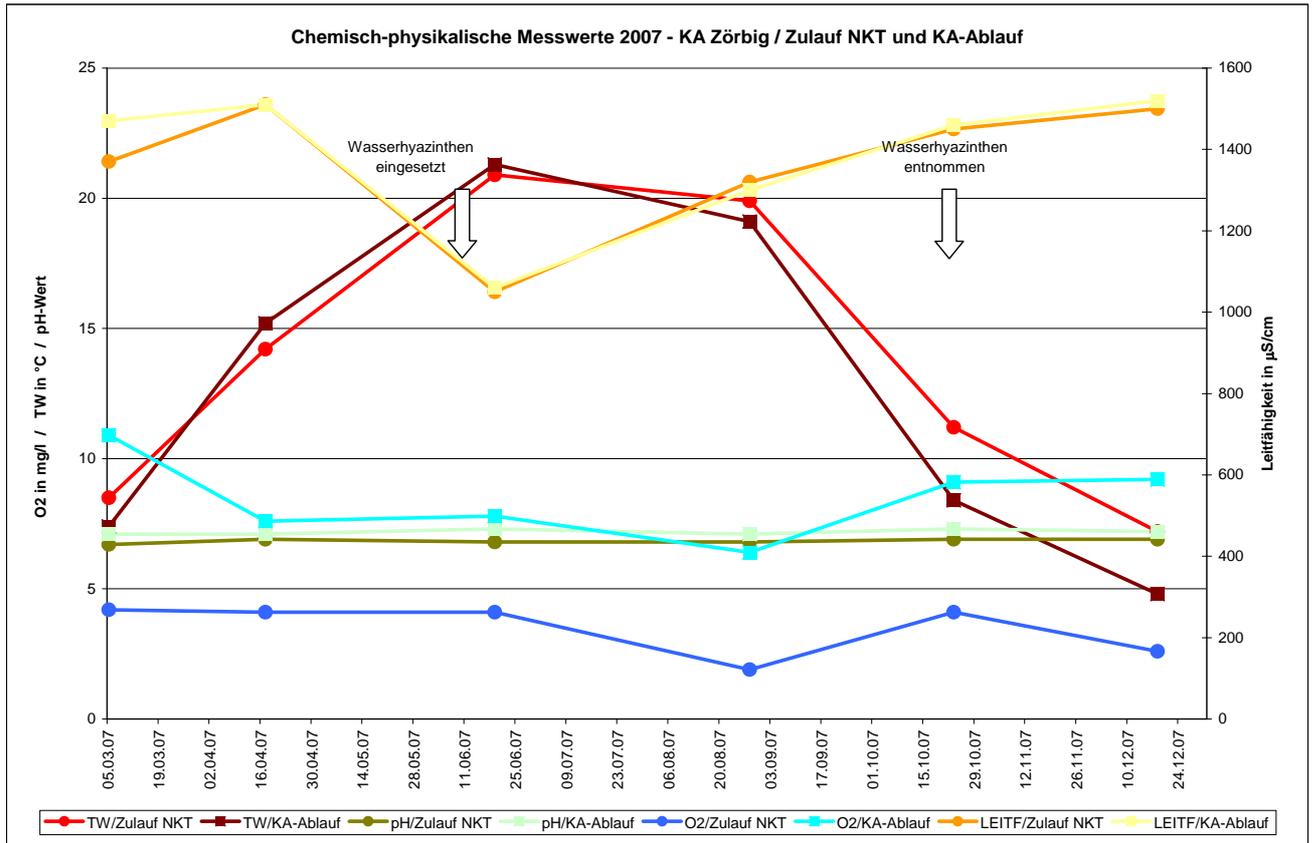
Im Herbst, mit einsetzenden Temperaturen von < 10 °C zeigten Blattverfärbungen erste witterungsbedingte Schädigungen der Wasserhyazinthen an. Aufgrund der Temperaturempfindlichkeit von *Eichhornia crassipes* war eine Entnahme aller Pflanzen vor Wintereinbruch erforderlich, da sonst abgestorbenes Pflanzenmaterial zu einer Verschlammung des Nachklärteiches und zur Verunreinigung des Wassers geführt hätte (siehe Bild 9). Die 2007 und 2008 entfernte Pflanzenmenge betrug jeweils ca. 3,5 t.



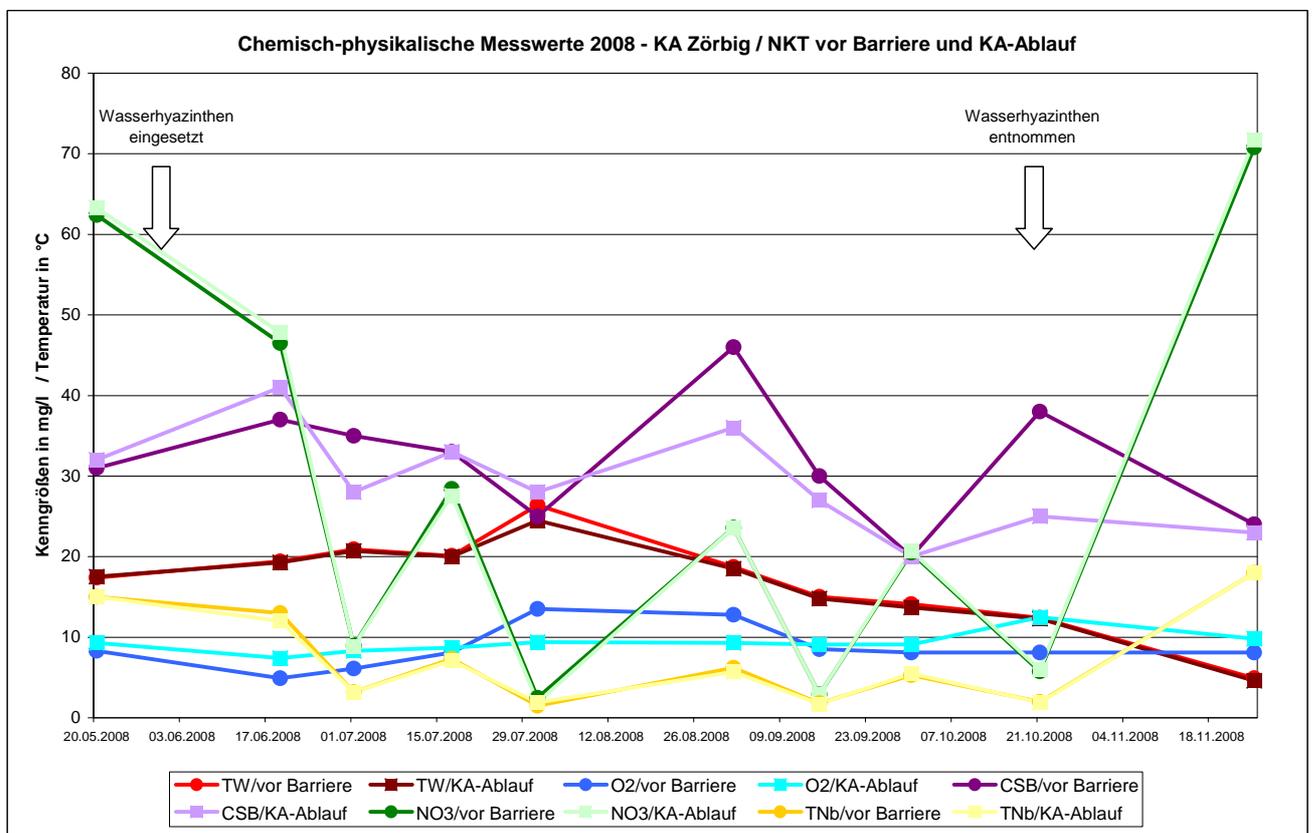
Bild 9: Nachklärteich (letzter Abschnitt) der KA Zörbig – nach Entnahme der Pflanzen im Herbst 2008

3.2 Messergebnisse

3.2.1 Chemisch-physikalische Kenngrößen



Graf. 1: Messwerte 2007 zu Wassertemperatur, pH-Wert, Sauerstoffgehalt und Leitfähigkeit für die Probenahmestellen Zulauf zum Nachklärteich und KA-Ablauf



Graf. 2: Messwerte 2008 zu Wassertemperatur, Sauerstoffgehalt, CSB, Nitrat und gesamten gebundenen Stickstoff für die Probenahmestellen Nachklärteich vor Barriere und KA-Ablauf

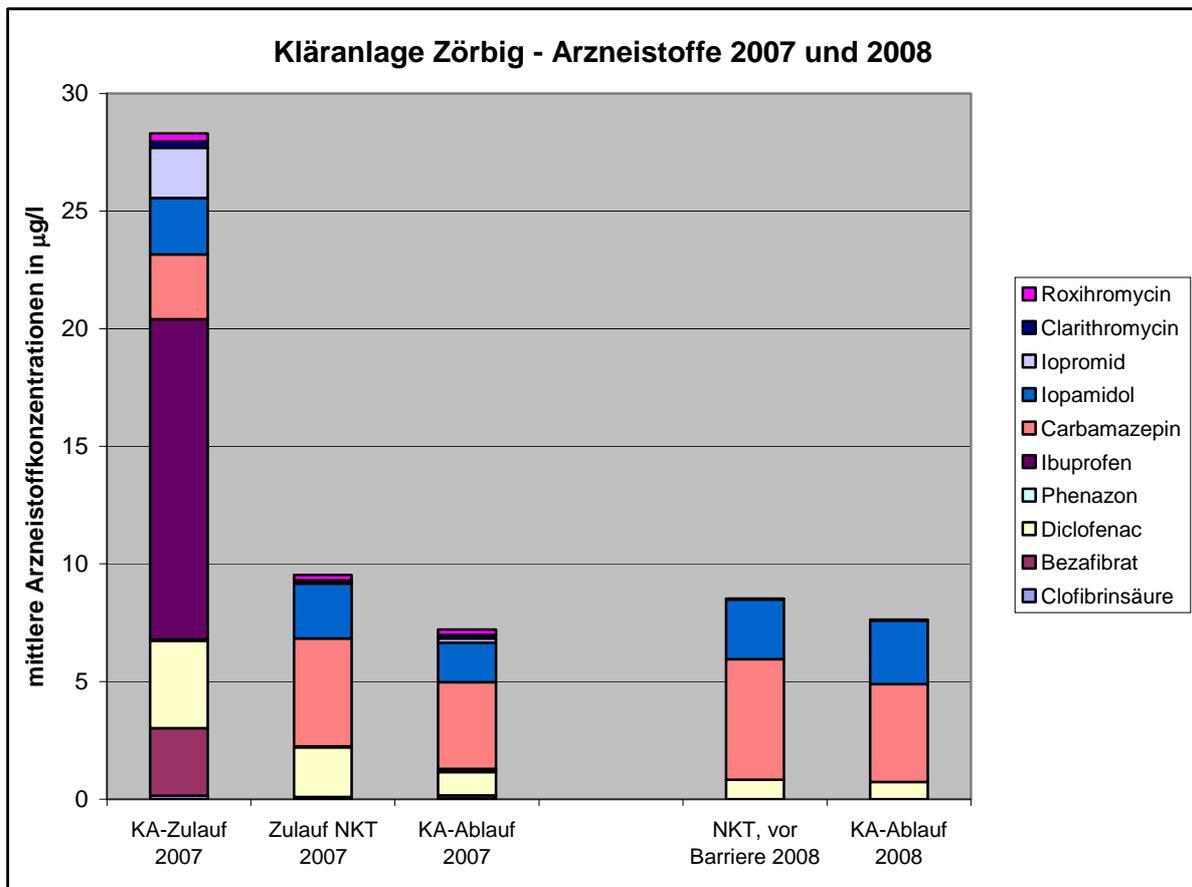
Neben den Arzneistoffen wurden im Jahr 2007 fünf chemisch-physikalische Kenngrößen bestimmt. Im Ergebnis der sechs über das gesamte Jahr verteilten Probennahmen zeigte sich für die ermittelten pH-Werte sowie für die Leitfähigkeitswerte ein nahezu identischer Verlauf am Zulauf zum Nachklärteich und am KA-Ablauf. Die gemessenen Sauerstoffkonzentrationen lagen im KA-Ablauf deutlich über denen des Zulaufes zum Nachklärteich. Die Schwankungen im Jahresgang sind aber synchron (siehe Anlage 2, Graf. 1).

Im Jahr 2008 wurden zusätzlich Kenngrößen zur organischen Belastung sowie Nährstoffe analysiert. Der Vergleich zwischen den Konzentrationen vor der Eichhornia-Barriere und dem KA-Ablauf zeigt nur beim CSB eine Verringerung der Konzentrationen auf. So liegt der Mittelwert im Zeitraum von Juni bis Oktober im KA-Ablauf um ca. 3 mg/l niedriger. Der vor der Eichhornia-Barriere gemessene Sauerstoffgehalt war nur geringfügig niedriger als der am KA-Ablauf gemessene. Lediglich während der warmen Sommermonate wurden am KA-Ablauf niedrigere Sauerstoffkonzentrationen festgestellt (siehe Anlage 2, Graf. 2).

Bei den Nährstoffen (Ammonium, Nitrat, Nitrit, Phosphor) wurden über den gesamten Untersuchungszeitraum vor der Eichhornia-Barriere nahezu die gleichen Werte wie am KA-Ablauf ermittelt (siehe Anlage 2).

3.2.2 Arzneistoffe

Die Grafik 3 zeigt die aus den Konzentrations-Mittelwerten der einzelnen Arzneistoffe gebildeten Arzneistoffsummen der Probennahmestellen 2007 und 2008. Insbesondere die Arzneistoffe Carbamazepin, Iopamidol und Diclofenac sind anteilig im gereinigten Abwasser, welches über den Nachklärteich zum KA-Ablauf gelangt, in größeren Mengen als die anderen analysierten Arzneistoffe vertreten, da diese im Klärprozess der BSA nur schwer zurückgehalten werden.



Graf. 3: Mittlere Arzneistoffkonzentrationen in µg/l – dargestellt als Summen der analysierten Arzneistoffe

Die höchsten Einzelmesswerte wurden im Jahr 2007 für Ibuprofen am KA-Zulauf mit 20,0 µg/l und für Carbamazepin am Zulauf zum Nachklärteich mit 8,7 µg/l sowie am KA-Ablauf mit 6,9 µg/l ermittelt. Bei den Analysen im Jahr 2008 erreichte ebenfalls Carbamazepin sowohl im Nachklärteich vor der Eichhornia-Barriere mit 9,6 µg/l als auch am KA-Ablauf mit 5,8 µg/l jeweils den Spitzenwert.

Erkennbar sind leicht geringere Arzneistoffsummenkonzentrationen am KA-Ablauf im Vergleich zum Zulauf zum Nachklärteich 2007 bzw. im Nachklärteich vor der Eichhornia-Barriere 2008. Diese resultieren im Wesentlichen aus einem Rückhalt von Diclofenac und Carbamazepin aus dem gereinigten Abwasser während der Passage des Nachklärteiches einschließlich der Eichhornia-Barriere. Eine statistisch gesicherte Aussage zum Einfluss der Wasserhyazinthen auf die Arzneistoffkonzentrationen im Wasser des Nachklärteiches ist aufgrund der wenigen Messwerte nicht möglich.

Die berechneten Mittelwerte für die Arzneistoffkonzentrationen sind der nachfolgenden Tabelle 5 zu entnehmen. Aus der Konzentrationsdifferenz, die sich für jeden einzelnen Arzneistoff aus der Konzentration am Zulauf zum Nachklärteich bzw. im Nachklärteich vor der Eichhornia-Barriere und dem KA-Ablauf ergab, erfolgte die Berechnung der jeweiligen mittleren Rückhaltwerte.

Tab. 5: Mittelwerte in µg/l für die 2007 und 2008 analysierten Arzneistoffe und die sich daraus ergebenden Rückhaltwerte

Arzneistoffe 2007	NKT Zulauf	KA Ablauf	Differenz absolut	Rückhalt NKT in %
Clofibrinsäure	0,017	0,032	-0,014	-
Bezafibrat	0,082	0,130	-0,049	-
Diclofenac	2,105	0,995	1,110	48
Phenazon	0,017	0,081	-0,065	-
Ibuprofen	0,023	0,045	-0,022	-
Carbamazepin	4,583	3,683	0,900	22
Iopamidol	2,334	1,687	0,647	18
Iopromid	0,039	0,169	-0,130	-
Clarithromycin	0,104	0,148	-0,044	-
Roxithromycin	0,231	0,234	-0,003	-

Arzneistoffe 2008	NKT vor Barriere	KA Ablauf	Differenz absolut	Rückhalt NKT# in %
Diclofenac	0,822	0,727	0,095	19
Carbamazepin	5,120	4,160	0,960	20
Iopamidol	2,546	2,697	-0,151	-
Clarithromycin	0,042	0,048	-0,006	-

NKT... Nachklärteich

NKT#... Nachklärteich, nur letzter Abschnitt "Eichhornia-Barriere" bis Auslaufbauwerk

Für Arzneistoffe, die bereits im Klärprozess der Anlage (BSA) zu über 90 % (z.B. Ibuprofen, Bezafibrat) zurückgehalten wurden, konnte im Jahr 2007 keine weitere deutliche Reduktion der Konzentrationen nach der Passage durch den Nachklärteich mit oder ohne Besatz durch *Eichhornia crassipes* nachgewiesen werden.

Dagegen wurde bei Arzneistoffen (z.B. Diclofenac, Carbamazepin, Iopamidol), die in der BSA nur schlecht zurückgehalten werden, ein Rückhalt im Nachklärteich für den jeweiligen Arzneistoff festgestellt. Bei alleiniger Betrachtung des Zeitraumes mit Besatz durch *Eichhornia crassipes* zeigt sich eine deutliche Konzentrationsverringerung nur für Diclofenac (siehe Tab. 5, Anlage 3). Allerdings ist hier der Umstand zu beachten, dass keine korrespondierenden Probennahmen erfolgten und somit Schwankungen der Zulaufkonzentrationen nicht berücksichtigt werden konnten.

Die Analysen 2008 konzentrierten sich auf die 3 oben genannten Arzneistoffe Diclofenac, Carbamazepin, Iopamidol sowie das Antibiotikum Clarithromycin.

Für Iopamidol und Clarithromycin wurde überwiegend kein Rückhalt im abgegrenzten Abschnitt des Nachklärteiches festgestellt.

Bei Carbamazepin lagen im KA-Ablauf sowohl der Jahresmittelwert (10 Messwerte) als auch der Mittelwert der Konzentrationen, die während des Besatzes durch *Eichhornia crassipes* ermittelt wurden (8 Messwerte), deutlich niedriger. Es wurden Rückhaltwerte von > 10 % festgestellt (siehe Anlage 4).

Für Diclofenac war lediglich der Jahresmittelwert im KA-Ablauf deutlich niedriger als der der Probennahmestelle vor der Eichhornia-Barriere (siehe Tab. 5, Anlage 4). Ausgehend von der Annahme, dass die Zulaufkonzentrationen in den Jahren 2007 und 2008 für diesen Arzneistoff annähernd gleich waren, zeigt sich bei der Betrachtung der Messwerte am Zulauf zum Nachklärteich (Messwerte 2007 im MITTEL: 2,1 µg/l) und vor der Eichhornia-Barriere (Messwerte 2008 im MITTEL: 0,8 µg/l) bereits eine deutliche Verringerung der Diclofenac-Konzentration. Wie aus Untersuchungen des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung - UFZ bekannt ist, wird Diclofenac photochemisch abgebaut [26], was sehr wahrscheinlich durch die lange Fließstrecke im Nachklärteich begünstigt wird. Der Einfluss von *Eichhornia crassipes* auf den Rückhalt von Diclofenac scheint in Auswertung der Messwerte 2008 eher gering zu sein.

Eine Betrachtung der Einzelmesswerte (Anlagen 3 und 4) zeigt, dass gute Rückhaltwerte im Nachklärteich für Diclofenac, Carbamazepin, Iopamidol über die gesamte jeweilige Untersuchungszeit verteilt, d. h. auch außerhalb des Besatzes mit *Eichhornia crassipes*, erreicht wurden.

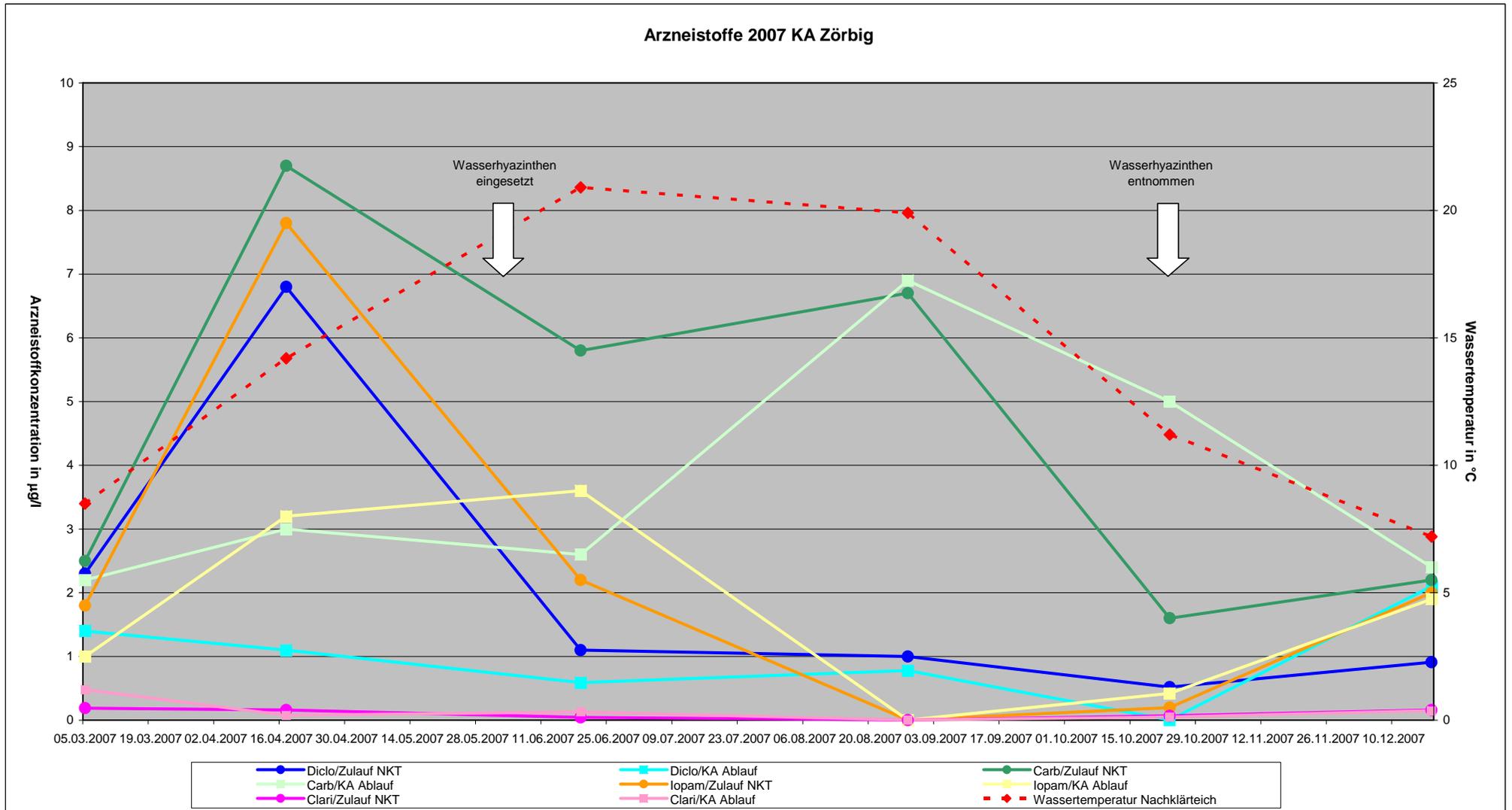
In den nachfolgenden Grafiken 4 und 5 erfolgt eine Darstellung des Konzentrationsverlaufes der 4 Arzneistoffe Diclofenac, Carbamazepin, Iopamidol und Clarithromycin sowie der jeweiligen Wassertemperatur im Nachklärteich.

2007 wurden deutlich niedrigere Diclofenac-Konzentrationen am KA-Ablauf als am Zulauf zum Nachklärteich festgestellt. Die schlechteren Werte im Juni lassen sich mit zunehmender Eintrübung des Wassers durch vermehrtes Algenwachstum erklären, was die lichtabhängigen Abbauvorgänge behinderte. 2008 war dieser Effekt nicht nachweisbar, da die Messstellen vor der Eichhornia-Barriere und am KA-Ablauf nur einen kurzen Fließweg von etwa 9 m auseinander lagen.

Für Carbamazepin zeigte sich 2007 und 2008 ein Rückhalt im NKT. Der Kurvenverlauf 2008 deutet auf mögliche temperaturabhängige Prozesse hin.

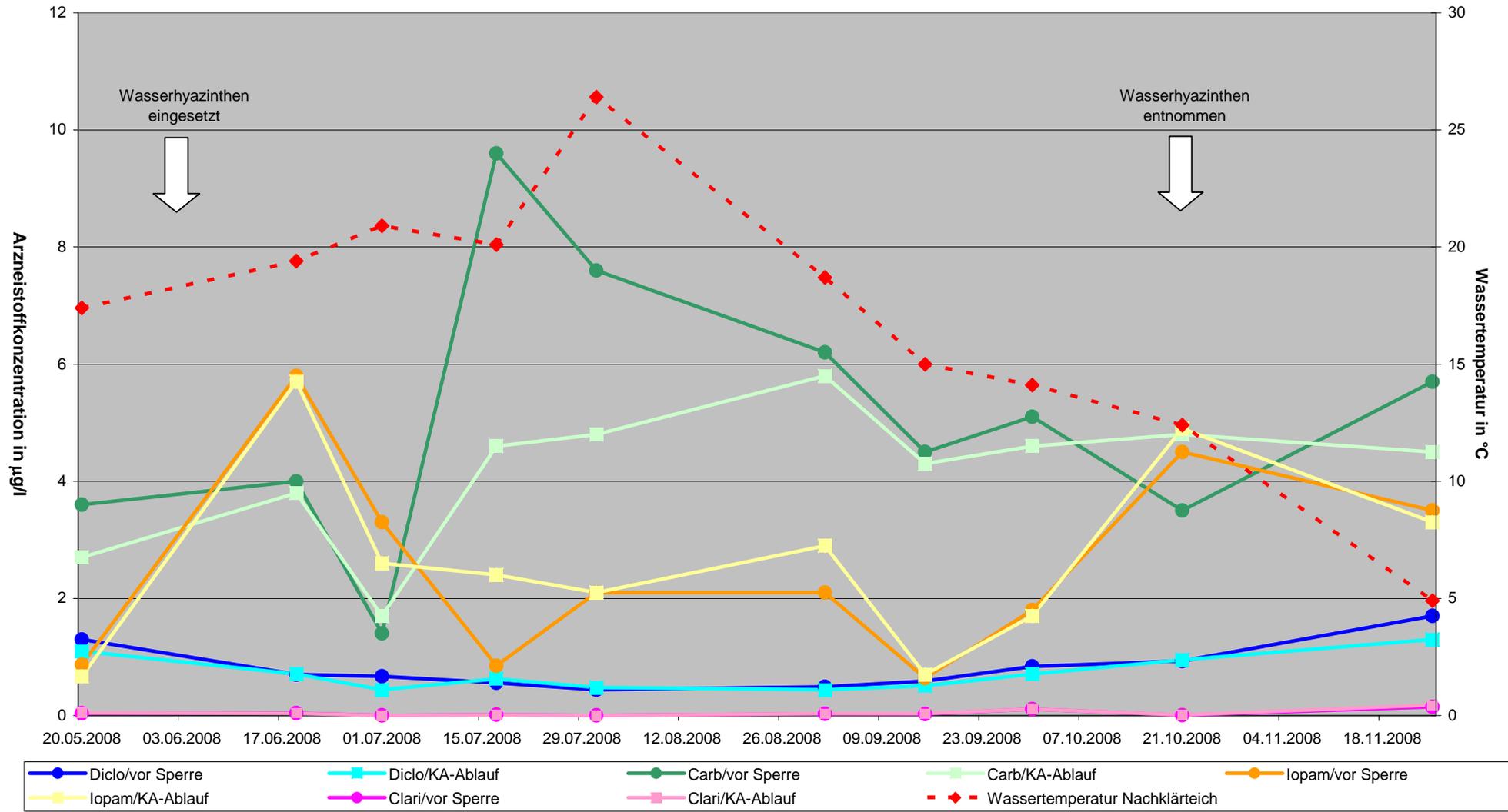
Die für Iopamidol und Clarithromycin ermittelten Stoffkonzentrationen lassen keine Rückschlüsse auf stattfindende Abbauvorgänge zu.

Diese grafischen Darstellungen verdeutlichen, dass ein Einfluss auf die Konzentrationen der analysierten Arzneistoffe durch die Wasserhyazinthe *Eichhornia crassipes* unter den gegebenen Versuchsbedingungen nicht nachgewiesen werden konnte.



Graf.4: Darstellung der Einzelmesswerte 2007 für 4 Arzneistoffe und die Wassertemperatur im Nachklärteich

Arzneistoffe 2008 KA Zörbig



Graf. 5: Darstellung der Einzelmesswerte für 4 Arzneistoffe 2008 und die Wassertemperatur im Nachklärteich

4. Zusammenfassung

Im Rahmen der 2007 und 2008 durchgeführten Untersuchungen sollte die Reinigungswirkung der Wasserhyazinthe *Eichhornia crassipes* im Nachklärteich der KA Zörbig mittels Analyse der Stoffkonzentrationen ausgewählter Arzneistoffe und verschiedener chemisch-physikalischer Kenngrößen nachgewiesen werden. Ziel ist es, ein naturnahes Verfahren zur Eliminierung solcher Arzneistoffe einzuführen, die in den Kläranlagen nicht oder nur schlecht zurückgehalten werden und so über das gereinigte Abwasser in die Umwelt gelangen können.

Im Jahr 2007 wurden Sonderuntersuchungen zu Arzneistoffen in Zu- und Abläufen von kommunalen Kläranlagen durchgeführt. Es wurden hierzu an 6 über das Jahr verteilten Terminen am Zulauf zum Nachklärteich und am Zu- und Ablauf der KA Zörbig Beprobungen durchgeführt und 10 ausgewählte Arzneistoffe analysiert.

Im Jahr 2008 wurden die Untersuchungen an der KA Zörbig auf solche Arzneistoffe begrenzt, die während des Klärprozesses in den Belebungsbecken schlecht zurückgehalten werden. Für diese Arzneistoffe besteht eine bessere Nachweismöglichkeit ihres Rückhaltes im Nachklärteich als für solche Arzneistoffe, die bereits in den Belebungsbecken sehr gut zurückgehalten werden. Ergänzend wurden Kenngrößen zur organischen Belastung sowie Nährstoffe analysiert.

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse zeigen, dass es sehr schwierig ist, für Arzneistoffe allgemein gültige Aussagen zur Konzentration im Abwasser und zu den Eliminationsleistungen der Kläranlagen zu treffen. Es konnten folgende Ergebnisse gewonnen werden:

- Für die KA Zörbig konnten z. T. sehr gute Rückhaltwerte für die Mehrzahl der analysierten Arzneistoffe ermittelt werden.
- Im Kläranlagenzulauf dominierte Ibuprofen und im Nachklärteich sowie dem Kläranlagenablauf Carbamazepin.
- Im Nachklärteich wurde für Arzneistoffe, die im Klärprozess (BSA) nur schlecht zurückgehalten werden, eine zusätzliche Verringerung der Stoffkonzentrationen festgestellt.
- Die Wasserhyazinthe *Eichhornia crassipes* wuchs und vermehrte sich trotz der für sie nicht optimalen klimatischen Bedingungen hervorragend.
- Für die 4 sowohl 2007 als auch 2008 analysierten Arzneistoffe erfolgte im Nachklärteich durchschnittlich ein Rückhalt von 25 % für Diclofenac, von 18 % für Carbamazepin, von 10 % für Iopamidol und von 6% für Clarithromycin.
- Diese Rückhaltwerte verringern sich, wenn nur der Zeitraum des Besatzes mit der Wasserhyazinthe *Eichhornia crassipes* in die Mittelwertberechnung einbezogen wird.
- Der Stoffrückhalt von Diclofenac im Nachklärteich wird auf einen durch die lange Fließstrecke des gereinigten Abwassers begünstigten photochemischen Abbau der Verbindung zurückgeführt.
- Für den mit *Eichhornia crassipes* besetzten Abschnitt des Nachklärteiches wurde für die 2008 analysierten Nährstoffe kein deutlicher Konzentrationsunterschied am KA-Ablauf im Vergleich mit der Probennahmestelle vor der Eichhornia-Barriere sichtbar.
- **Ein Einfluss der Wasserhyazinthe *Eichhornia crassipes* auf den Rückhalt der analysierten Arzneistoffe im Nachklärteich wurde unter den gegebenen Versuchsbedingungen nicht deutlich.**

Wasserhyazinthen können, wie Untersuchungen bestätigt haben (z.B. /22/), in unseren Breiten stoffbezogen zur Phytoremediation eingesetzt werden. Maximale Abbauleistungen sind jedoch an Wassertemperaturen über 20 °C gebunden /27/.

Um den Stoffabbau zu unterstützen, müssen die Pflanzen länger mit dem zu reinigenden Abwasser in Kontakt bleiben. Dies kann durch eine andere Beckengestaltung (siehe /28/ und Bild 9) sowie eine Kreislaufführung des Abwassers erreicht werden /29/. Neuzüchtungen, die weniger oder nicht temperaturempfindlich sind, könnten einen enormen Vorteil für den

Einsatz der Pflanzen bei der Abwasserbehandlung erbringen. Im Moment stellen neben der klimaabhängigen Abbauleistung auch die Notwendigkeit der Entnahme aller Pflanzen im Herbst und der Neubesatz im Frühsommer einen großen Nachteil des Einsatzes der Wasserhyazinthe *Eichhornia crassipes* in der Abwasserbehandlung dar.



Bild 9: Abwasserbehandlung mit Wasserhyazinthen in der Dominikanischen Republik (Los Cocos) (Quelle: Fundacion Global Nature)

Ein weiterer Aspekt, der noch der Untersuchung bedarf, ist die Auswirkung des dichten Pflanzenteppichs der Wasserhyazinthen und der damit verbundene Lichtmangel im Becken. Lichtgebundene Abbauprozesse bestimmter Mikroorganismen oder Schadstoffe können so negativ beeinflusst werden /30/ /26/.

Grundsätzlich könnten Wasserhyazinthen bei der Abwasserbehandlung zur Reduktion von Schadstoffen einschließlich Arzneistoffen in kleineren Kläranlagen auch in unseren Breiten zum Einsatz kommen. Für deren praktischen Einsatz zur Schadstoffminimierung z. B. in spezifisch gestalteten Nachklärteichen oder unter ganzjährig temperatur- und lichtoptimierten Gewächshausbedingungen sind noch verschiedene Verfahrensoptimierungen und Untersuchungen zu Auswirkungen auf andere Schadstoff minimierende Prozesse (chemisch-physikalische, mikrobiologische) sowie Analysen des erforderlichen finanziellen Aufwandes erforderlich.

5. Literatur

- [1] LAU/LHW (2004): 1. Bericht zum Sondermessprogramm Arzneimittel im Grundwasser, in Fließgewässern und in Zu- und Abläufen von kommunalen Kläranlagen des Landes Sachsen-Anhalt (Zeitraum 2002-2003).
- [2] LAU/LHW (2006): 2. Bericht zum Sondermessprogramm Arzneimittel im Grundwasser, in Fließgewässern und in Zu- und Abläufen von kommunalen Kläranlagen des Landes Sachsen-Anhalt (Zeitraum 2004-2005).
- [3] LAU (2006): Arzneistoffe in Zu- und Abläufen von kommunalen Kläranlagen des Landes Sachsen-Anhalt (Bericht zum Sondermessprogramm 2002-2004), Fachinformation LAU Nr.:3/2006.
- [4] LAU (2007): Arzneistoffe in Zu- und Abläufen von kommunalen Kläranlagen des Landes Sachsen-Anhalt (Bericht zum Sondermessprogramm 2005-2006), Fachinformation LAU Nr.:7/2007.
- [5] Kunst, S. et al. (2002): Endokrin wirksame Substanzen in Kläranlagen Vorkommen, Verbleib und Wirkung -, Arbeitsbericht der ATV-DVWK-AG IG-5.4.

- [6] Scharf, S. et al. (2002): Arzneimittelwirkstoffe im Zu- und Ablauf von Kläranlagen. Bericht des UBA Österreich BE-201.
- [7] BLAC (2003): Arzneimittel in der Umwelt – Auswertung der Untersuchungsergebnisse. Bericht an die 61. Umweltministerkonferenz (UMK) am 19./20. November 2003 in Hamburg.
- [8] MUNLV (2004): Untersuchungen zum Eintrag und zur Elimination von gefährlichen Stoffen in kommunalen Kläranlagen. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben, Düsseldorf, März 2004.
- [9] Mersmann, P. (2003): Transport- und Sorptionsverhalten der Arzneimittelwirkstoffe Carbamazepin, Clofibrinsäure, Diclofenac, Ibuprofen und Propyphenazon in der wassergesättigten und –ungesättigten Zone, Dissertation.
- [10] LANUV NRW (2007): Eintrag von Arzneimitteln und deren Verhalten und Verbleib in der Umwelt – Literaturstudie. Fachbericht 2 des LANUV NRW.
- [11] Schulte-Oehlmann, U. et al. (2007): Humanpharmakawirkstoffe in der Umwelt: Einträge, Vorkommen und der Versuch einer Bestandsaufnahme. UWSF – Z Umweltchem Ökotox 19 (3), S. 168–179.
- [12] Hegemann, W. et al. (2002): Einfluss der Verfahrenstechnik auf die Eliminierung ausgewählter Estrogene und Xenoestrogen in Kläranlagen – ein BMBF-Verbundprojekt (Ergebnisse von Stufenbeprobungen auf kommunalen Kläranlagen). Gas- und Wasserfach, GWF, Wasser-Abwasser 143 Nr. 5, S. 422-428.
- [13] POSEIDON (2004): Assessment of Technologies for the Removal of Pharmaceuticals and Personal Care Products in Sewage and Drinking Water Facilities to Improve the Indirect Potable Water Reuse. Report August 2004.
- [14] IASP (2006): Biologische Reinigung von kontaminierten Wässern mit der Wasserhyazinthe (*Eichhornia crassipes*). Institut für agrar- und stadtoökologische Projekte/Humboldt-Universität Berlin (Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät), Institutsbericht 2005.
- [15] Mahmood, Q. et al. (2005): Lab scale studies on water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) for biotreatment of textile wastewater. Caspian J. Env. Sci., Vol. 3 No. 2, S.: 83-88.
- [16] Tin Win, D. et al. (2003): Lead removal from industrial waters by water hyacinth. AU J.T. 6 (4): 187-192.
- [17] Zimmels, Y.; F. Kirzhner; J. Schreiber (2008): Removal of high organic loads from winery wastewater by aquatic plants. Water Environment Research, Vol. 80, S.: 806-822.
- [18] Ebel, M. (2007): Cyanid-Phytoremediation mit *Eichhornia crassipes*. Dissertation RWTH Aachen.
- [19] Wissing, F.; K. Hofmann (2002): Wasserreinigung mit Pflanzen. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- [20] Gopal, B. (1987): Water hyacinth. Elsevier Science Publishers, Amsterdam.

- [21] Hu, CH.; L. Zhang et al. (2007): Physiological responses induced by copper bioaccumulation in *Eichhornia crassipes*.
Hydrobiologia; Vol. 579, Nr. 1. März 2007, S. 211-218.
- [22] Lessing, N.; R. Lösch (2001): *Eichhornia crassipes* als Phytoremediationspflanze: Untersuchungen über Anreicherung und Verteilung von Blei und Cadmium in den Wurzeln und den Blättern.
Poster Uni Düsseldorf, Geobotanik.
- [23] von Seggern, H. (2005): Wasserhyazinthe – Fluch oder Chance?
Hochschule Bremen.
- [24] NASA (2008): A new image for the water hyacinth (Stennis Space Center).
Artikel aus Internet: <http://technology.ssc.nasa.gov>
- [25] LAU/LHW (2009): 3. Bericht zum Sondermessprogramm „Arzneimittel im Grundwasser, in Fließgewässern und in Zu- und Abläufen von kommunalen Kläranlagen des Landes Sachsen-Anhalt (Zeitraum 2006-2007). (in Bearbeitung)
- [26] Bartels, P. et al. (2007): Ökotoxikologische Aspekte am Beispiel des photochemischen Abbaus von Diclofenac. Workshop „Arzneimittelrückstände im Wasser und Abwasser“, 22.02.2007, Magdeburg.
- [27] Vymazal, J.; L. Kröpfelova (2008): Water hyacinth.
In “Wastewater treatment in constructed wetlands with horizontal sub-surface flow”, Springer Verlag, S. 124-129.
- [28] Miguel, E. (2006): Natural biological treatment systems: aquatic macrophyte systems. Fundacion Global Nature, “Curso de capacitacion sobre tratamiento de aguas residuales mediante filtros con plantas” 13.-15.07.2006 San Jose´de Los Llanos (Dominikanische Republik).
- [29] Zimmels,Y; F. Kirzhner; A. Kadmon (2009): Effect of circulation and aeration on wastewater treatment by floating aquatic plants.
Separation and Purification Technology Vol. 66 (3), S.: 570-577.
- [30] Gersberg, R.M.; D.A. Silvaggio (1992): Fate of coliphage during wastewater treatment by water hyacinth (*Eichhornia crassipes*).
Ecological Engineering, 1; S.: 355-263.

Anlagen

- Anlage 1** **Entwicklung von Eichhornia crassipes -Bedeckungsgrad (Fotos)**
- Anlage 2** **Einzelmesswerte 2007-2008 (chemisch-physikalische Kenngrößen, Arzneistoffe)**
- Anlage 3** **Rückhalt von 10 ausgewählten Arzneistoffen in der KA Zörbig 2007**
- Anlage 4** **Rückhalt von 4 ausgewählten Arzneistoffen im Nachklärteich der KA Zörbig 2008**

Entwicklung von *Eichhornia crassipes* - Bedeckungsgrad

Sonderuntersuchungen Kläranlage Zörbig 2007

Besatz 06.06.2007 bis 23.10.2007



17.07.2007 ca. 8 % Bedeckung (Foto LAU)



20.08.2007 ca. 99 % Bedeckung (Foto JKI)



23.10.2007 100 % Bedeckung (Foto JKI)

Sonderuntersuchungen Kläranlage Zörbig 2008

Besatz 03.06.2008 bis 27.10.2008 (Fotos LHW Sachsen-Anhalt)



19.06.2008 ca. 20 Pflanzen



01.07.2008 ca. 1 % Bedeckung



17.07.2008 ca. 15 % Bedeckung



31.07.2008 ca. 60 % Bedeckung



01.09.2008 ca. 100 % Bedeckung



30.09.2008 100 % Bedeckung; es wurden durch das Klärwerkspersonal stetig Pflanzen entfernt

27.10.2008 Pflanzenentnahme
(Fotos LAU)



Einzelmesswerte 2007 - Arzneistoffe in µg/l

Probenahmestelle	Datum	Clofibrin- säure	Bezafibrat	Diclofenac	Phenazon	Ibuprofen	Carbama- zepin	Iopamidol	Iopromid	Clarithro- mycin	Roxithro- mycin
KA Zörbig, Zulauf	05.03.2007	0,095	1,900	3,800	0,020	9,200	1,500	0,330	<0,005	0,590	0,650
KA Zörbig, Zulauf	17.04.2007	0,130	2,700	4,000	0,056	8,500	2,700	0,071	<0,005	<0,005	0,160
KA Zörbig, Zulauf	19.06.2007	0,170	4,800	1,300	<0,001	20,000	2,100	0,037	0,150	0,220	0,240
KA Zörbig, Zulauf	28.08.2007	0,120	1,100	4,900	<0,001	12,000	4,600	<0,005	1,500	<0,005	<0,005
KA Zörbig, Zulauf	23.10.2007	0,110	2,500	1,900	0,006	17,000	2,400	<0,005	0,110	0,430	0,560
KA Zörbig, Zulauf	18.12.2007	0,270	4,200	6,400	0,250	15,000	3,200	14,000	11,000	0,420	0,390
KA Zörbig, Zulauf Nachklärteich	05.03.2007	0,046	0,200	2,300	<0,001	0,017	2,500	1,800	<0,005	0,190	0,280
KA Zörbig, Zulauf Nachklärteich	17.04.2007	0,035	0,200	6,800	0,038	<0,025	8,700	7,800	<0,005	0,160	0,670
KA Zörbig, Zulauf Nachklärteich	19.06.2007	<0,001	<0,001	1,100	<0,001	<0,025	5,800	2,200	<0,005	0,043	0,034
KA Zörbig, Zulauf Nachklärteich	28.08.2007	<0,001	0,004	1,000	0,013	<0,025	6,700	<0,005	0,019	<0,005	<0,005
KA Zörbig, Zulauf Nachklärteich	23.10.2007	<0,001	0,003	0,520	<0,001	<0,025	1,600	0,200	0,017	0,069	0,180
KA Zörbig, Zulauf Nachklärteich	18.12.2007	0,022	0,082	0,910	0,047	0,070	2,200	2,000	0,190	0,160	0,220
KA Zörbig, Ablauf	05.03.2007	0,085	0,430	1,400	0,044	0,080	2,200	1,000	<0,005	0,480	0,700
KA Zörbig, Ablauf	17.04.2007	0,016	0,120	1,100	0,360	<0,025	3,000	3,200	<0,005	0,076	0,210
KA Zörbig, Ablauf	19.06.2007	0,052	0,078	0,590	0,043	<0,025	2,600	3,600	0,150	0,130	0,100
KA Zörbig, Ablauf	28.08.2007	0,007	0,012	0,780	0,014	<0,025	6,900	<0,005	0,180	<0,005	<0,005
KA Zörbig, Ablauf	23.10.2007	<0,001	<0,001	<0,005	<0,001	<0,025	5,000	0,420	0,058	0,050	0,110
KA Zörbig, Ablauf	18.12.2007	0,029	0,140	2,100	0,027	0,140	2,400	1,900	0,620	0,150	0,280

Einzelmesswerte 2007 - Chemisch-physikalische Kenngrößen

Probenahmestelle	Datum	TW in °C	LF in mS/cm	pH	O2 in mg/l
KA Zörbig, Zulauf	05.03.2007	8,1	1890	7,7	1,6
KA Zörbig, Zulauf	17.04.2007	11,8	2100	7,0	2,0
KA Zörbig, Zulauf	19.06.2007	17,2	1650	7,6	0,2
KA Zörbig, Zulauf	28.08.2007	17,0	1920	7,4	1,6
KA Zörbig, Zulauf	23.10.2007	11,6	2000	6,9	5,1
KA Zörbig, Zulauf	18.12.2007	8,2	1950	7,8	2,7
KA Zörbig, Zulauf Nachklärteich	05.03.2007	8,5	1370	6,7	4,2
KA Zörbig, Zulauf Nachklärteich	17.04.2007	14,2	1510	6,9	4,1
KA Zörbig, Zulauf Nachklärteich	19.06.2007	20,9	1050	6,8	4,1
KA Zörbig, Zulauf Nachklärteich	28.08.2007	19,9	1320	6,8	1,9
KA Zörbig, Zulauf Nachklärteich	23.10.2007	11,2	1450	6,9	4,1
KA Zörbig, Zulauf Nachklärteich	18.12.2007	7,2	1500	6,9	2,6
KA Zörbig, Ablauf	05.03.2007	7,4	1470	7,1	10,9
KA Zörbig, Ablauf	17.04.2007	15,2	1510	7,1	7,6
KA Zörbig, Ablauf	19.06.2007	21,3	1060	7,3	7,8
KA Zörbig, Ablauf	28.08.2007	19,1	1300	7,1	6,4
KA Zörbig, Ablauf	23.10.2007	8,4	1460	7,3	9,1
KA Zörbig, Ablauf	18.12.2007	4,8	1520	7,2	9,2

Einzelmesswerte 2008

Probennahmestelle	Datum	TW °C	pH	LF µS/cm	O2 mg/l	Diclofenac µg/l	Carbamazepin µg/l	Iopamidol µg/l	Clarithromycin µg/l
KA Zörbig/NKT vor Barriere	20.05.2008	17,4	7,3	1530	8,3	1,300	3,600	0,870	0,038
KA Zörbig/NKT vor Barriere	19.06.2008	19,4	7,1	1530	4,9	0,700	4,000	5,800	0,041
KA Zörbig/NKT vor Barriere	01.07.2008	20,9	7,2	1530	6,1	0,670	1,400	3,300	<0,005
KA Zörbig/NKT vor Barriere	17.07.2008	20,1	7,3	1430	8,1	0,560	9,600	0,850	0,014
KA Zörbig/NKT vor Barriere	31.07.2008	26,4	8,3	1330	13,5	0,440	7,600	2,100	<0,005
KA Zörbig/NKT vor Barriere	01.09.2008	18,7	7,5	1330	12,8	0,490	6,200	2,100	0,029
KA Zörbig/NKT vor Barriere	15.09.2008	15,0	7,4	1390	8,5	0,590	4,500	0,640	0,027
KA Zörbig/NKT vor Barriere	30.09.2008	14,1	7,2	1350	8,1	0,840	5,100	1,800	0,110
KA Zörbig/NKT vor Barriere	21.10.2008	12,4	7,2	1370	8,1	0,930	3,500	4,500	0,006
KA Zörbig/NKT vor Barriere	25.11.2008	4,9	7,2	1510	8,1	1,700	5,700	3,500	0,150
KA Zörbig, Ablauf	20.05.2008	17,5	7,4	1530	9,3	1,100	2,700	0,670	0,047
KA Zörbig, Ablauf	19.06.2008	19,3	7,3	1530	7,4	0,710	3,800	5,700	0,040
KA Zörbig, Ablauf	01.07.2008	20,7	7,4	1530	8,3	0,440	1,700	2,600	<0,005
KA Zörbig, Ablauf	17.07.2008	20,0	7,5	1430	8,7	0,630	4,600	2,400	0,016
KA Zörbig, Ablauf	31.07.2008	24,5	7,8	1340	9,4	0,480	4,800	2,100	<0,005
KA Zörbig, Ablauf	01.09.2008	18,5	7,3	1320	9,3	0,440	5,800	2,900	0,036
KA Zörbig, Ablauf	15.09.2008	14,8	7,5	1400	9,1	0,510	4,300	0,700	0,033
KA Zörbig, Ablauf	30.09.2008	13,7	7,4	1360	9,1	0,710	4,600	1,700	0,110
KA Zörbig, Ablauf	21.10.2008	12,3	7,4	1370	12,5	0,950	4,800	4,900	0,011
KA Zörbig, Ablauf	25.11.2008	4,6	7,3	1510	9,8	1,300	4,500	3,300	0,180

Rückhalt von 10 ausgewählten Arzneistoffen in der KA Zörbig 2007

Datum	Clofibrinsäure								
	KA	Zulauf	Rückhalt	Zulauf	KA	Rückhalt	KA	KA	Rückhalt
	Zulauf	NKT	in %	NKT	Ablauf	in %	Zulauf	Ablauf	in %
05.03.2007	0,095	0,046	51,58	0,046	0,085	0,00	0,095	0,085	10,53
17.04.2007	0,130	0,035	73,08	0,035	0,016	54,29	0,130	0,016	87,69
19.06.2007	0,170	0,001	99,71	0,001	0,052	0,00	0,170	0,052	69,41
28.08.2007	0,120	0,001	99,58	0,001	0,007	0,00	0,120	0,007	94,17
23.10.2007	0,110	0,001	99,55	0,001	0,001	0,00	0,110	0,001	99,55
18.12.2007	0,270	0,022	91,85	0,022	0,029	0,00	0,270	0,029	89,26
MITTEL	0,149	0,017	85,89	0,017	0,032	9,05	0,149	0,032	75,10

Datum	Bezafibrat								
	KA	Zulauf	Rückhalt	Zulauf	KA	Rückhalt	KA	KA	Rückhalt
	Zulauf	NKT	in %	NKT	Ablauf	in %	Zulauf	Ablauf	in %
05.03.2007	1,900	0,200	89,47	0,200	0,430	0,00	1,900	0,430	77,37
17.04.2007	2,700	0,200	92,59	0,200	0,120	40,00	2,700	0,120	95,56
19.06.2007	4,800	0,001	99,99	0,001	0,078	0,00	4,800	0,078	98,38
28.08.2007	1,100	0,004	99,64	0,004	0,012	0,00	1,100	0,012	98,91
23.10.2007	2,500	0,003	99,88	0,003	0,001	83,33	2,500	0,001	99,98
18.12.2007	4,200	0,082	98,05	0,082	0,140	0,00	4,200	0,140	96,67
MITTEL	2,867	0,082	96,60	0,082	0,130	20,56	2,867	0,130	94,48

Datum	Diclofenac								
	KA	Zulauf	Rückhalt	Zulauf	KA	Rückhalt	KA	KA	Rückhalt
	Zulauf	NKT	in %	NKT	Ablauf	in %	Zulauf	Ablauf	in %
05.03.2007	3,800	2,300	39,47	2,300	1,400	39,13	3,800	1,400	63,16
17.04.2007	4,000	6,800	0,00	6,800	1,100	83,82	4,000	1,100	72,50
19.06.2007	1,300	1,100	15,38	1,100	0,590	46,36	1,300	0,590	54,62
28.08.2007	4,900	1,000	79,59	1,000	0,780	22,00	4,900	0,780	84,08
23.10.2007	1,900	0,520	72,63	0,520	0,003	99,52	1,900	0,003	99,87
18.12.2007	6,400	0,910	85,78	0,910	2,100	0,00	6,400	2,100	67,19
MITTEL	3,717	2,105	48,81	2,105	0,995	48,47	3,717	0,995	73,57

Datum	Phenazon								
	KA	Zulauf	Rückhalt	Zulauf	KA	Rückhalt	KA	KA	Rückhalt
	Zulauf	NKT	in %	NKT	Ablauf	in %	Zulauf	Ablauf	in %
05.03.2007	0,020	0,001	97,50	0,001	0,044	0,00	0,020	0,044	0,00
17.04.2007	0,056	0,038	32,14	0,038	0,360	0,00	0,056	0,360	0,00
19.06.2007	0,001	0,001	0,00	0,001	0,043	0,00	0,001	0,043	0,00
28.08.2007	0,001	0,013	0,00	0,013	0,014	0,00	0,001	0,014	0,00
23.10.2007	0,006	0,001	91,67	0,001	0,001	0,00	0,006	0,001	91,67
18.12.2007	0,250	0,047	81,20	0,047	0,027	42,55	0,250	0,027	89,20
MITTEL	0,056	0,017	50,42	0,017	0,081	7,09	0,056	0,081	30,14

Datum	Ibuprofen								
	KA	Zulauf	Rückhalt	Zulauf	KA	Rückhalt	KA	KA	Rückhalt
	Zulauf	NKT	in %	NKT	Ablauf	in %	Zulauf	Ablauf	in %
05.03.2007	9,200	0,017	99,82	0,017	0,080	0,00	9,200	0,080	99,13
17.04.2007	8,500	0,013	99,85	0,013	0,013	0,00	8,500	0,013	99,85
19.06.2007	20,000	0,013	99,94	0,013	0,013	0,00	20,000	0,013	99,94
28.08.2007	12,000	0,013	99,90	0,013	0,013	0,00	12,000	0,013	99,90
23.10.2007	17,000	0,013	99,93	0,013	0,013	0,00	17,000	0,013	99,93
18.12.2007	15,000	0,070	99,53	0,070	0,140	0,00	15,000	0,140	99,07
MITTEL	13,617	0,023	99,83	0,023	0,045	0,00	13,617	0,045	99,63

NKT ... Nachklärteich

Rückhalt von 10 ausgewählten Arzneistoffen in der KA Zörbig 2007

Datum	Carbamazepin								
	KA	Zulauf	Rückhalt	Zulauf	KA	Rückhalt	KA	KA	Rückhalt
	Zulauf	NKT	in %	NKT	Ablauf	in %	Zulauf	Ablauf	in %
05.03.2007	1,500	2,500	0,00	2,500	2,200	12,00	1,500	2,200	0,00
17.04.2007	2,700	8,700	0,00	8,700	3,000	65,52	2,700	3,000	0,00
19.06.2007	2,100	5,800	0,00	5,800	2,600	55,17	2,100	2,600	0,00
28.08.2007	4,600	6,700	0,00	6,700	6,900	0,00	4,600	6,900	0,00
23.10.2007	2,400	1,600	33,33	1,600	5,000	0,00	2,400	5,000	0,00
18.12.2007	3,200	2,200	31,25	2,200	2,400	0,00	3,200	2,400	25,00
MITTEL	2,750	4,583	10,76	4,583	3,683	22,11	2,750	3,683	4,17

Datum	Iopamidol								
	KA	Zulauf	Rückhalt	Zulauf	KA	Rückhalt	KA	KA	Rückhalt
	Zulauf	NKT	in %	NKT	Ablauf	in %	Zulauf	Ablauf	in %
05.03.2007	0,330	1,800	0,00	1,800	1,000	44,44	0,330	1,000	0,00
17.04.2007	0,071	7,800	0,00	7,800	3,200	58,97	0,071	3,200	0,00
19.06.2007	0,037	2,200	0,00	2,200	3,600	0,00	0,037	3,600	0,00
28.08.2007	0,003	0,003	0,00	0,003	0,003	0,00	0,003	0,003	0,00
23.10.2007	0,003	0,200	0,00	0,200	0,420	0,00	0,003	0,420	0,00
18.12.2007	14,000	2,000	85,71	2,000	1,900	5,00	14,000	1,900	86,43
MITTEL	2,407	2,334	14,29	2,334	1,687	18,07	2,407	1,687	14,40

Datum	Iopromid								
	KA	Zulauf	Rückhalt	Zulauf	KA	Rückhalt	KA	KA	Rückhalt
	Zulauf	NKT	in %	NKT	Ablauf	in %	Zulauf	Ablauf	in %
05.03.2007	0,003	0,003	0,00	0,003	0,003	0,00	0,003	0,003	0,00
17.04.2007	0,003	0,003	0,00	0,003	0,003	0,00	0,003	0,003	0,00
19.06.2007	0,150	0,003	98,33	0,003	0,150	0,00	0,150	0,150	0,00
28.08.2007	1,500	0,019	98,73	0,019	0,180	0,00	1,500	0,180	88,00
23.10.2007	0,110	0,017	84,55	0,017	0,058	0,00	0,110	0,058	47,27
18.12.2007	11,000	0,190	98,27	0,190	0,620	0,00	11,000	0,620	94,36
MITTEL	2,128	0,039	63,31	0,039	0,169	0,00	2,128	0,169	38,27

Datum	Clarithromycin								
	KA	Zulauf	Rückhalt	Zulauf	KA	Rückhalt	KA	KA	Rückhalt
	Zulauf	NKT	in %	NKT	Ablauf	in %	Zulauf	Ablauf	in %
05.03.2007	0,590	0,190	67,80	0,190	0,480	0,00	0,590	0,480	18,64
17.04.2007	0,003	0,160	0,00	0,160	0,076	52,50	0,003	0,076	0,00
19.06.2007	0,220	0,043	80,45	0,043	0,130	0,00	0,220	0,130	40,91
28.08.2007	0,003	0,003	0,00	0,003	0,003	0,00	0,003	0,003	0,00
23.10.2007	0,430	0,069	83,95	0,069	0,050	27,54	0,430	0,050	88,37
18.12.2007	0,420	0,160	61,90	0,160	0,150	6,25	0,420	0,150	64,29
MITTEL	0,278	0,104	49,02	0,104	0,148	14,38	0,278	0,148	35,37

Datum	Roxithromycin								
	KA	Zulauf	Rückhalt	Zulauf	KA	Rückhalt	KA	KA	Rückhalt
	Zulauf	NKT	in %	NKT	Ablauf	in %	Zulauf	Ablauf	in %
05.03.2007	0,650	0,280	56,92	0,280	0,700	0,00	0,650	0,700	0,00
17.04.2007	0,160	0,670	0,00	0,670	0,210	68,66	0,160	0,210	0,00
19.06.2007	0,240	0,034	85,83	0,034	0,100	0,00	0,240	0,100	58,33
28.08.2007	0,003	0,003	0,00	0,003	0,003	0,00	0,003	0,003	0,00
23.10.2007	0,560	0,180	67,86	0,180	0,110	38,89	0,560	0,110	80,36
18.12.2007	0,390	0,220	43,59	0,220	0,280	0,00	0,390	0,280	28,21
MITTEL	0,334	0,231	42,37	0,231	0,234	17,92	0,334	0,234	27,82

Rückhalt von 4 ausgewählten Arzneistoffen im Nachklärteich der KA Zörbig 2008

Datum	Diclofenac		
	Nachklärteich	KA	Rückhalt in KA
	vor Barriere	Ablauf	in %
20.05.2008	1,300	1,100	15,38
19.06.2008	0,700	0,710	0,00
01.07.2008	0,670	0,440	34,33
17.07.2008	0,560	0,630	0,00
31.07.2008	0,440	0,480	0,00
01.09.2008	0,490	0,440	10,20
15.09.2008	0,590	0,510	13,56
30.09.2008	0,840	0,710	15,48
21.10.2008	0,930	0,950	0,00
25.11.2008	1,700	1,300	23,53
MITTEL	0,822	0,727	11,25

Datum	Carbamazepin		
	Nachklärteich	KA	Rückhalt in KA
	vor Barriere	Ablauf	in %
20.05.2008	3,600	2,700	25,00
19.06.2008	4,000	3,800	5,00
01.07.2008	1,400	1,700	0,00
17.07.2008	9,600	4,600	52,08
31.07.2008	7,600	4,800	36,84
01.09.2008	6,200	5,800	6,45
15.09.2008	4,500	4,300	4,44
30.09.2008	5,100	4,600	9,80
21.10.2008	3,500	4,800	0,00
25.11.2008	5,700	4,500	21,05
MITTEL	5,120	4,160	16,07

Datum	Iopamidol		
	Nachklärteich	KA	Rückhalt in KA
	vor Barriere	Ablauf	in %
20.05.2008	0,870	0,670	22,99
19.06.2008	5,800	5,700	1,72
01.07.2008	3,300	2,600	21,21
17.07.2008	0,850	2,400	0,00
31.07.2008	2,100	2,100	0,00
01.09.2008	2,100	2,900	0,00
15.09.2008	0,640	0,700	0,00
30.09.2008	1,800	1,700	5,56
21.10.2008	4,500	4,900	0,00
25.11.2008	3,500	3,300	5,71
MITTEL	2,55	2,70	5,72

Datum	Clarithromycin		
	Nachklärteich	KA	Rückhalt in KA
	vor Barriere	Ablauf	in %
20.05.2008	0,038	0,047	0,00
19.06.2008	0,041	0,040	2,44
01.07.2008	0,003	0,003	0,00
17.07.2008	0,014	0,016	0,00
31.07.2008	0,003	0,003	0,00
01.09.2008	0,029	0,036	0,00
15.09.2008	0,027	0,033	0,00
30.09.2008	0,110	0,110	0,00
21.10.2008	0,006	0,011	0,00
25.11.2008	0,150	0,180	0,00
MITTEL	0,042	0,048	0,24

Signatur	Rückhalt in KA
	100 - 81 %
	80 - 61 %
	60 - 41 %
	40 - 21 %
	20 - 0 %
	kein Rückh. nachgew.

Zahl	Zahlenwert 1/2 BG
	