

Verbesserte Methoden der mikrobiologischen Wasserreinigung für die Haltung von Wasserschildkröten

HANS-JOACHIM BARTELS

Mit 1 Abbildung

Abstract

Advanced microbiological water treatment for turtle tanks

Two aquaria (ca. 550 l) with ten turtles (ca. 5 kg) have been linked through a pump (1.000 l/h) to a water purification unit with bacteria (BARTELS 1989). The height of the percolating filter for the nitrifying bacteria was now reduced to 5 cm for better aeration. The denitrifying bacteria (in one aquarium in the ground, in the second between the two bottom plates) are fed, every two weeks, with 40 g of wine acid, dissolved in water, resulting in a 200 ml solution, and alternating doses of about 2 g potassium-dihydrogen-phosphate and sodium-dihydrogen-phosphate. Whilst WILKE's system (1990) would require an aquarium of 720 l water content for ten turtles, changed weekly, amounting to a calculated water demand of 38 m³ per annum, the described method worked from summer 1992 to end of 1993 with about 1 m³ p. a. for cleaning, replacement of evaporation losses and minor water changes. The values for nitrates, nitrites, and ammonia were kept within the legal limits applying to drinking water.

Key words: Microbiological water purification; nitrification; denitrification; turtles.

Einleitung

Ich habe in dieser Zeitschrift ein Verfahren vorgeschlagen, wie man das Wasser in einem Aquarium mit einer Weichschildkröte ohne Wasserwechsel zwei Jahre lang klar und für das Tier geeignet halten kann (BARTELS 1989). Triebfeder meiner Bemühungen war der Wunsch, grundlegende biologische Prozesse mit dem Ziel nachzuahmen, Trinkwasser und Energie sparsam zu verwenden. Die Basis bildete das Wissen, wie man durch gezielten Einsatz von Bakterien Nitrat, Nitrit und Ammonium aus dem Aquarienwasser entfernt, und das Wasser so für Schildkröten weiterhin ein gutes Milieu bleibt. Ammonium, Nitrit und Nitrat sind typische Verschmutzungsindikatoren des Wassers. Darüber hinaus sind Ammoniak bei höherem (basischem) pH-Wert und Nitrit bei niedrigerem (saurem) pH-Wert sogar in geringen Konzentrationen beispielsweise für Fische giftig.

Aufgabenstellung in Anlehnung an die Ökologie der Bakterien

Hier schildere ich nun eine weiter ausgearbeitete Methode, mikrobiologische Reinigungsprozesse einzusetzen. Den Abschnitt „Grundlagen“ meines Berichtes von 1989 benötigt der Leser als Hintergrundinformation.

Durch die Fütterung der zehn Wasserschildkröten mit pflanzlicher und tierischer Nahrung, durch deren Verdauung und durch die Umwandlung der Ausscheidungsprodukte durch Bakterien entsteht im Wasser Ammonium. Je nach den Bedingungen kann sich Ammonium oder Ammoniak im Wasser anreichern oder von Bakterien unter Verbrauch von Sauerstoff zu Nitrit und Nitrat umgewandelt werden. Diesen unter oxidativen Bedingungen ablaufenden Prozeß nennt man Nitrifikation. Damit also das Ammonium ständig durch Bakterien über die Zwischenstufe Nitrit in Nitrat übergeführt wird, muß im Wasser viel Sauerstoff gelöst sein. Das kann man durch Umwälzen des Wassers erreichen. Auch der Vorgang der Reduktion von Nitraten zu Stickstoffgas, Denitrifikation genannt, ist mikrobiell unter bestimmten Bedingungen möglich. Ohne den Prozeß des ständigen Abbaus des Nitrates zu Stickstoffgas, das aus dem Aquarium entweicht, würde sich Salpetersäure in kurzer Zeit bis zu einem Wert anhäufen, der zum Beispiel weit über der Grenzkonzentration liegt, die in Deutschland im Trinkwasser erlaubt ist. Um die Umwandlung der Salpetersäure durch Bakterien zu ermöglichen – das Aquarienwasser würde beim Stocken dieses Prozesses bald lebensfeindlich niedrige pH-Werte aufweisen –, muß nur sehr wenig Sauerstoff gelöst sein.

Mikrobiologische Umsetzungen, die in sauerstoffarmen Wässern auch auftreten können, bei denen Nitrat nicht durch Denitrifikation bis zum molekularen Stickstoff, sondern bis zum Ammonium reduziert wird, bezeichnet man als Nitratammonifikation. Als Energie- und Kohlenstoffquelle für nitratammonifizierende Bakterien sind organische Substanzen erforderlich. Laboruntersuchungen von GOTTFREUND & SCHWEISFURTH (1982) zeigten, daß bei bestimmten organischen Nährsubstraten, zum Beispiel Traubenzucker, höhere Nitratanteile durch Nitratammonifikation als durch Denitrifikation abgebaut werden. Solche Substrate darf man also nicht verwenden, Weinsäure dagegen ist geeignet (JETER & INGRAHAM 1981).

Um Anhaltspunkte zu erlangen, bis zu welchen Grenzwerten die drei erwähnten Verschmutzungsindikatoren im Wasser einer Anlage für Schildkröten tolerierbar sind, wurden zum Vergleich für Menschen und Fische geltende Grenzwerte herangezogen. SCHÄPERCLAUS et al. (1990) geben als höchstzulässige Nitratkonzentration 30 mg/l für Forellen und 80–100 mg/l für Karpfen an. Für das Trinkwasser gelten Werte bis 50 mg/l. Eine Stellungnahme von BORNEFF (1984), wie sie inhaltlich von allen Fachleuten aus den Bereichen Medizin und Hygiene geteilt wird, besagt, daß Trinkwasser mit 90 mg/l den hygienischen Anforderungen genügt. Auch das Bundesgesundheitsamt (1986) läßt in einer Empfehlung zeitlich nicht begrenzte Überschreitungen der Nitratwerte bis zu einem Gehalt von 90 mg/l zu.

Für Nitrite gilt ein Grenzwert von 0,1 mg/l Trinkwasser. Bis zu der Frist von einem Jahr kann der Ausnahmewert 2,0 mg/l toleriert werden.

Stickstoffhaltige Verbindungen werden durch das entstehende Ammoniak giftig. Die Trinkwasserverordnung von Deutschland gibt für Ammonium 0,5 mg/l als Grenzwert an. Geologisch bedingte Überschreitungen im Trink-

wasser sind bei uns bis zu 30 mg/l erlaubt (Beispiel stark reduzierender Untergrund). Nach der WHO (1986) ist die im Verdauungstrakt des Menschen täglich gebildete Ammoniummenge 4.000 mg. Eine solche Menge wird vom Darm resorbiert, von der Leber zu Harnstoff umgebaut und über die Nieren ausgeschieden.

Hier war eine einfache Methode zu finden, womit die obigen Grenzwerte – vielleicht nur die obigen Überschreitungswerte oder die Ausnahmewerte? – gewährleistet werden können.

Methoden, Ergebnisse und Diskussionen

In der Anlage wende ich die Anreicherungskultur von bestimmten Bakteriengruppen an, ein Verfahren, das vom Prinzip und in der Durchführung sehr einfach ist. Durch Festlegen einer Anzahl von Faktoren stellte ich einerseits für die Nitrifikanten, andererseits für die denitrifizierenden Bakterien Bedingungen her, unter denen sie sich bei Konkurrenz durchsetzen konnten. Bakterienstämme, aus denen sich die gewünschten Organismen anreichern ließen, erhielt ich aus einem kleinen Klumpen Ackerboden, den ich mit Regenwürmern als Futter in das Aquarium gab.

Da meine Aquarien für Wasserschilkröten alle in einem kleinen Raum untergebracht sind, kann ich allein aus Platzmangel nicht an jedem Aquarium eine Kläranlage installieren. Deshalb sind seit Anfang 1988 die beiden Aquarien 1 und 2 (zusammen ca. 550 l Wasser) der Abbildung 1 durch einen Wasserkreislauf unter Zwischenschaltung der Kläranlage 3 zur Nitrifikation miteinander verbunden. Die Pumpe (1.000 l/h) hebt das Wasser von 2 nach 1; von 1 nach 2 läuft das Wasser nach unten. Die Pumpe schaltete sich innerhalb von 24 h 10mal für 15 min ein.

Die Nitratgehalte des Aquarienwassers stiegen in den Jahren 1988 und 1989 jeweils langsam an, allerdings zu langsam, wenn man den theoretischen Wert betrachtet, der sich aus der Nitrifikation der Futtermengen ergibt. Also muß auch eine Denitrifikation in Gang gekommen sein. Sie war aber nicht kräftig genug, um das anfallende Nitrat laufend vollständig zu Stickstoffgas umzuwandeln. So mußte ich in diesen Jahren das Wasser in 1 und 2 dreimal pro Jahr wechseln. 1990 hatten die denitrifizierenden Bakterien bessere Lebensbedingungen gefunden, so daß ich nur noch einmal in der Jahresmitte das Wasser teilweise wechselte.

Seit dem 1.10.1990 reicherte ich bestimmte Denitrifizierer in 1 und 2 dadurch an, daß ich als Nahrung regelmäßig so viel Weinsäurelösung in 1 und 2 dosierte, daß noch keine Trübung durch Bakterienwachstum im Aquarienwasser auftrat, aber der Nitratgehalt des Wassers sank. Man sah gelegentlich Gasblasen aufsteigen. Die Weinsäurelösung wurde in den Bodengrund von 1 und unter den Zwischenboden von 2 gedrückt. Von April bis Juni 1991 wurden pro Monat 160 g Weinsäure zugefügt, im folgenden Halbjahr pro Monat nur 40 g. Versuchsweise dosierte ich ab Januar 1992

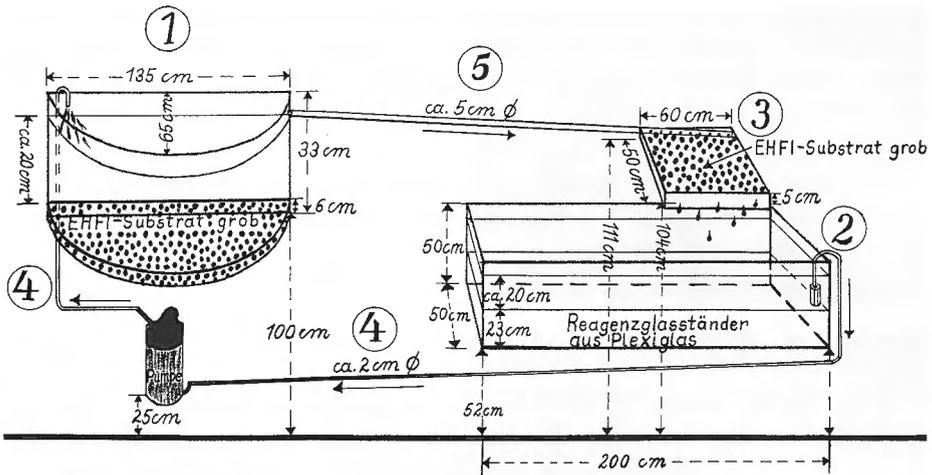


Abb. 1. Die Schildkröten-Anlage.

- 1 Aquarium aus Plexiglas mit Gesteinskörnchen (EHFI-Substrat) zur Denitrifikation.
- 2 Aquarium aus Glas mit einem Zwischenboden 23 cm über der Bodenplatte. Denitrifikation erfolgt im Raum zwischen den beiden Platten.
- 3 Tropfkörper mit Gesteinskörnchen zur Nitrifikation.
- 4 Pumpe mit Rohrleitungen, die das Wasser aus 2 nach 1 emporhebt.
- 5 Rohr, in dem das Wasser aus 1 nach 3 fließt.

The aquarium unit for turtles.

- 1 Aquarium (acryl glass) with gravel bed for denitrification.
- 2 Aquarium (glass) with double bottom plate 23 cm above bottom plate. Denitrification occurs between the two.
- 3 Percolating filter with gravel bed for nitrification.
- 4 Pump with tubes raising the water from 2 to 1.
- 5 Back flow tube.

80 g pro Monat, alle 14 Tage je 40 g. Letztere Menge Weinsäure war in so viel Wasser gelöst, daß 200 ml Lösung resultierten. Ich verteilte mit einer 20-ml-Vollpipette jeweils 2 ml dieser Lösung an möglichst vielen Stellen in den beiden Aquarien. Diese Arbeit dauerte etwa 10 min, also 20 min im Monat.

Die Nitratwerte lagen im ersten Quartal 1991 um 50 mg/l, im zweiten Vierteljahr um 20 mg/l, in den nächsten 2 Monaten um 10 mg/l. Die Werte der fünf Proben in Tabelle 1 sind als Nitratstickstoff angegeben. Umgerechnet bedeutet dies, daß der geringste Wert 1,2 mg/l und der höchste 9,7 mg/l ist. Das Ziel meiner Bemühungen habe ich also sehr gut erreicht.

Für den Menschen ist Nitrat primär nicht toxisch, doch durch die Möglichkeit der bakteriellen Reduktion zu Nitrit besteht eine Sekundärtoxizität (Blausucht bei Säuglingen) sowie eine Tertiärtoxizität (krebserzeugende Nitrosoverbindungen) (ROHMANN & SONTHEIMER 1985). Da aber nach KÜBLER (1958) Nitrate bereits in den oberen Darmabschnitten resor-

Probennummer	91001547	91001795	91002193	91002772	92000016
Datum	3. 9.1991	1.10.1991	4.11.1991	3.12.1991	6. 1.1992
pH-Wert [1]				8,1	
Chloridgehalt [mg/l Cl]	140	140	160	170	180
Sulfatgehalt [mg/l SO ₄]	48	48	56	67	75
Nitratstickstoff [mg/l N]	0,61	0,28	1,6	2,2	1,7

Tab. 1. Wasserchemische Daten von 1991.
Chemical water data 1991.

biert werden, die normalerweise keimarm beziehungsweise keimfrei sind oder keine nitratreduzierenden Keime aufweisen (auch beim Säugling nicht), sind weder Erwachsene und ältere Kinder noch gesunde Säuglinge im Normalfall gefährdet.

Wesentlich toxischer als Nitrate sind Nitrite, die entweder durch biochemische Reduktion aus Nitraten oder durch Nitrifikation aus Ammonium entstehen. Nitrite sind in natürlichen Wässern zwar ubiquitär verbreitet, aber im Vergleich zu den Nitraten liegen die Konzentrationen erheblich niedriger. Das ist auch in meiner Anlage der Fall. Tabelle 2 zeigt die Daten von fünf Wasserproben, die ich jeweils im Abstand von einem Monat aus den zwei Aquarien entnommen habe. Wenn man die Werte von Nitritstickstoff auf Nitrit in Milligramm pro Liter umrechnet, erhält man als geringsten Wert 0,043 mg/l und als höchsten 0,52 mg/l. Meine Daten bewegen sich also zumindest unterhalb des Ausnahmewertes für Menschen (2 mg/l).

Probennummer	92000230	92000444	92000575	92001056	92001264
Datum	17. 2.1992	19. 3.1992	21. 4.1992	18. 5.1992	17. 6.1992
pH-Wert [1]	8,1	8,2	7,9	7,8	8,0
Ammoniumstickstoff [mg/l N]	0,11	0,16	0,24	0,98	2,23
Nitritstickstoff [mg/l N]	0,015	0,013	0,12	0,071	0,16

Tab. 2. Wasserchemische Daten von 1992.
Chemical water data 1992.

Die Giftwirkung des Nitrits wird durch die salpetrige Säure bestimmt, die im Dissoziationsgleichgewicht mit dem Ion steht. Der prozentuale Anteil des Nitrits an salpetriger Säure im Wasser kann der Tabelle 91 a in SCHÄPERCLAUS et al. (1990) entnommen werden. Dieser Anteil ist im sauren Bereich aber sehr viel höher als bei pH 8,0. Letzterer pH-Wert ist im Aquarienwasser im Mittel (Tab. 2) und genau im Leitungswasser von Stade zu finden. Auf Grund dieses basischen pH-Wertes sind die Nitritwerte für meine Schildkröten unschädlich. Dies nehme ich an, da bei vorübergehendem Nitritanstieg im alkalischen Bereich als Toleranzgrenze für Süßwasserfische etwa 1 mg/l gilt. Nitrit und Ammonium sind im Leitungswasser in Stade nicht nachweisbar.

Die Ammoniumwerte der Tabelle 2 sind als Ammoniumstickstoff angegeben. Umgerechnet auf das Ammoniumion haben wir als kleinsten Wert 0,14 mg/l und als größten 2,87 mg/l vorliegen. Damit bleiben die Werte weit unter dem Grenzwert von 30 mg/l für geologisch bedingten Ammoniumgehalt im Trinkwasser und sind sicherlich für die Schildkröten tolerierbar. Für Süßwasserfische ist das Wasser in meinen Aquarien nicht geeignet. Sie scheiden die Endprodukte des Stickstoff-Stoffwechsels als Ammoniak passiv über die Kiemen aus und erleiden im ammoniumhaltigen Wasser einen Rückstau des Ammoniums im Organismus, wenn der pH-Wert des Wassers über 7,5 liegt. Denn im alkalischen Bereich steigt der Anteil von giftigem Ammoniak am Ammonium stark an. Schildkröten scheiden über die Nieren Ammonium, Harnstoff und Harnsäure aus.

Die pH-Werte des Aquarienwassers verändern sich auch bei Zugabe größerer Mengen von Weinsäure nur unwesentlich (Tab. 2). Die Werte bleiben im Bereich guter Lebensmöglichkeiten für viele Organismen und in den Vorgaben der Trinkwasserverordnung von 1990.

Da die Analysen des Jahres 1992 (Tab. 2) auch Werte ausweisen, die nicht innerhalb der Grenzwerte der Trinkwasserverordnung von 1990 liegen, versuchte ich 1993 die Methodik und dadurch die Ergebnisse zu verbessern. So lief die Pumpe jeden Tag 6 h ununterbrochen. Alle 14 Tage pipettierte ich zusammen mit der Weinsäurelösung im Wechsel Lösungen von etwa 2 g Kaliumdihydrogenphosphat und Natriumdihydrogenphosphat-1-hydrat in den Boden Grund von 1 und unter die Zwischenplatte von 2. Die pH-Werte änderten sich dadurch nicht. Doch die Nitrat-, Nitrit- und Ammoniumwerte liegen jetzt ohne Ausnahme innerhalb der Grenzen der Trinkwasserverordnung von 1990 (Tab. 3).

Probennummer	93001501	93001633	93001627
Datum	18.10.1993	1.11.1993	15.11.1993
Ammoniumstickstoff [mg/l N]	0,19	0,037	0,072
Nitritstickstoff [mg/l N]	0,038	0,011	0,011
Nitratstickstoff [mg/l N]	4,4	7,5	8,7

Tab. 3. Wasserchemische Daten von 1993.

Chemical water data 1993.

Die Anlage ist Ende 1993 sechs Jahre in Betrieb. Der Raum unter dem Zwischenboden von 2 wurde in den 6 Jahren nicht gereinigt. Einmal im Jahr nahm ich das grobe EHFI-Substrat von 1 heraus, spülte es durch, brachte es wieder ein und füllte 1 mit temperiertem Leitungswasser auf. In den Jahren 1992/93 habe ich 18 Monate in 1 weder das Wasser gewechselt noch das Substrat gereinigt. Die Proben für die Analysen der Tabelle 3 stammen aus dieser Zeit. Außerdem habe ich das EHFI-Substrat von 3 einmal im Jahr heruntergenommen,

durchgespült und wieder aufgeschüttet. Bei sorgfältigem Vorgehen dauerten die beiden Arbeitsgänge etwa 8 h. Nach 3½ Jahren tauschte ich die Pumpe gegen eine neue mit etwas höherer Wattzahl aus. Wohl durch die stärkere und längere Bewegung des Wassers wuchsen in 1 keine Schmieralgen mehr.

Art	Sex	Tier erhalten am	Masse [g]	
			Jan 91	Jan 92
<i>Sacalia bealei</i>	m	Dez 84	320	330
<i>Sacalia bealei</i>	w	Dez 84	310	320
<i>Chelus fimbriatus</i>	w	Feb 86	1850	2240
<i>Trachemys scripta elegans</i>	m	Sep 87	350	350
<i>Emydura subglobosa</i>	m	Apr 88	390	390
<i>Emydura subglobosa</i>	m	Apr 88	300	330
<i>Kinosternon m. minor</i>	m	Mai 88	160	160
<i>Cuora amboinensis</i>	m	Okt 88	300	460
<i>Graptemys barbouri</i>	m	Dez 90	130	130
<i>Chelodina novaeguineae</i>	?	Jun 91		25

Tab. 4. Die zehn Schildkröten, die in der Anlage gepflegt werden.
The ten turtles kept in the two connected aquaria.

Die Schildkröten und Haltungsbedingungen

Ich pflege zehn Schildkröten mit einer Gesamtmasse von knapp 5 kg in der Anlage (Tab. 4). Die Massen der adulten Schildkröten blieben im Kontrolljahr 1991 etwa gleich. Die Fransenschildkröte und die Amboina-Scharnierschildkröte wachsen kontinuierlich, letztere hat ihre Masse innerhalb der letzten drei Jahre mehr als verdoppelt. Nur die Neuguinea-Schlangehalsschildkröte wird in einem kleinen Aufzuchtbecken gepflegt. Das Wasser darin bleibt aber in der Anlage, das heißt, ich gieße das verschmutzte in eines der Aquarien und entnehme sauberes aus dem anderen.

Gefüttert wird alle fünf Tage. Hauptnahrung sind Bananen, Garnelen, Fische (für die Fransenschildkröte ausschließlich) sowie Gelatinepudding mit Hackfleisch als Hauptbestandteil und etwas Multi-Sanostol. Die Schlangehalsschildkröte bekommt vor allem Regenwürmer.

Die Temperaturen des Aquarienwassers liegen im Winterhalbjahr bei etwa 23 °C, im Sommer um 26 °C. Über 1 hängt eine 7-W-Lampe, über 2 eine 15-W-Lampe, je eine Osram Dulux Electronic. Das Fenster des Raumes liegt näher an 2 als an 1. Die Glasscheiben von 2 sind all die Jahre völlig ohne Algenbewuchs geblieben, die Scheiben von 1 wurden bis 1992 von Schmieralgen besetzt, die ein- bis zweimaliges Putzen im Jahr erforderten. Das Wasser in beiden Aquarien ist durchweg glasklar. Besonders zufriedenstellend ist auch, daß die 10 Schildkröten offensichtlich sehr gesund blieben und gewachsen sind.

Ergänzende Betrachtungen

In einer Anlage wie der beschriebenen können sich sowohl stickstoff- als auch schwefelhaltige Verbindungen bis zu toxischen Konzentrationen anreichern. Nun einige Zeilen zu den S-haltigen Stoffen. Das gewaschene Sediment aus 1 wird im Laufe der Zeit immer dunkler durch schwer lösliche Sulfide. Wenn ich möglichst viel der dunklen Masse in möglichst wenig Aquarienwasser gewann, mischte, die Masse abfiltrierte und das Wasser analysierte, erhielt ich jedes Mal 0,0 mg/l Sulfidschwefel. Schwefelwasserstoffgas wird nur in geringen Mengen frei (geruchliche Nachweisgrenze 0,03 mg/l), wenn man Weinsäurelösung in das Substrat pipettiert. Im Aquarienwasser wird das Gas bald wieder in ungiftige, da unlösliche, Schwefelverbindungen umgewandelt.

Pfleger von Wasserschildkröten könnten sich beim Lesen dieses Berichtes die Frage stellen, ob nicht im Gegensatz zur Situation bei häufigem Wasserwechsel die Mineralsalze in meiner Anlage unzulässig hohe Konzentrationen erreichen. Aus Tabelle 1 geht ja für Chlorid und Sulfat hervor, daß die Werte von Monat zu Monat steigen. Die zulässigen Grenzwerte für Chlorid und Sulfat im Trinkwasser sind 250 mg/l und 240 mg/l. Sachsse (1967) gibt sogar noch 0,1–0,2% Meersalz zum Aquarienwasser und begründet diese Maßnahme ausführlich. Von unzulässig hohen Mineralsalzmengen in meinen beiden Aquarien kann also nicht die Rede sein.

Man muß beim Faktor Salzgehalt des Wassers aber nicht ausschließlich an die Schildkröten, sondern zunächst an die Bakterien denken. Wenn man die kurzen Ausführungen über die Zugabe von Nährstoffen für denitrifizierende Bakterien liest (BARTELS 1989), könnte leicht der Eindruck entstehen, daß Denitrifikanten zu ihrem Wachstum außer Phosphat kein anderes Mineralsalz benötigen. Dies ist aber nicht der Fall. JETER & INGRAHAM (1981) geben zehn Salze an, die für die Vermehrung von Denitrifikanten unabdingbar sind. Da ich diese Salze, etwa in Form einer Nährlösung, nicht zuführe, müssen sie auf anderem Wege in meine Aquarien gelangen. Einmal enthält wohl jedes Leitungswasser Spuren dieser Salze, in der Hauptsache aber ist es die Nahrung der Schildkröten, die das Wasser damit anreichert.

Die Organismen mit ihrem Stoffwechsel und die physikalischen Faktoren befinden sich in einer solchen Anlage in einem biologischen Gleichgewicht, das einige Elastizität besitzt. Allerdings bedarf es eines wissenden, aufmerksamen Betreuers. Dazu gehört auch, daß er einfache hygienische Maßnahmen beachtet, denn durch meine Methode reichern sich humanpathogene Bakterien an. Es sind zwar sogenannte Opportunisten, die sich nur in geschwächten Menschen vermehren können, aber die allgemein bei der Haltung von Schildkröten üblichen Maßnahmen gelten hier besonders.

Wenn man die großen Kläranlagen der Städte mit meiner winzigen Kläranlage vergleicht, so fallen zwei Vorteile der Minianlage sofort ins Auge: 1) Der immerwährende Kreislauf des Wassers; die Klärung braucht also nicht schnell

optimal zu sein. 2) Während des ganzen Jahres liegen für Bakterien günstige Temperaturen vor. Dagegen herrschen in den großen Klärwerken zumindest im Winter schlechte Verhältnisse vor.

WILKE (1990) würde für meine 10 Schildkröten ein Aquarium mit etwa 720 l Wasser benötigen. Da er wöchentlichen Wasserwechsel vorschlägt, ergäbe dies einen errechneten jährlichen Verbrauch von 38 m³. Ich komme mit circa 1 m³ aus zum Wechseln, Reinigen und Ersetzen des verdunsteten Wassers. Ich spare also viel Wasser und auch Energie.

Danksagung

Ich bedanke mich herzlich bei folgenden Damen und Herren für ihre Unterstützung. CHRISTOPH GLOWIENKA zeichnete die Vorlage für Abbildung 1. KATJA BEBERNISS und HORST-DIETER FRANKE vom Staatlichen Amt für Wasser und Abfall in Stade waren für die Durchführung der chemischen Analysen verantwortlich. URSULA FRIEDERICH und Prof. Dr. WALTER SACHSSE haben den Bericht durch kritische Anmerkungen bereichert.

Zusammenfassung

Zwei Aquarien (ca. 550 l) für zehn Wasserschildkröten (ca. 5 kg) und ein Tropfkörper sind über eine Pumpe zu einer Anlage verbunden. Auf der Grundlage einer früheren Arbeit (BARTELS 1989) wurde die Reinigung des Aquarienwassers durch Bakterien weiter entwickelt und deutlich verbessert. Der Tropfkörper für die nitrifizierenden Bakterien ist jetzt flach (5 cm hoch) wegen der besseren Luftzufuhr. Für die Denitrifizierer sind im Bodengrund des einen Aquariums und unter dem Zwischenboden des zweiten günstige Bedingungen geschaffen durch die regelmäßige Gabe (alle 14 Tage) von Weinsäurelösung (40 g aufgefüllt bis 200 ml Lösung) und je circa 2 g KH₂PO₄ und NaH₂PO₄ im Wechsel. Damit wurde ohne Wasserwechsel ab Sommer 1992 bis Ende 1993 erreicht, daß die Nitrat-, Nitrit- und Ammoniumwerte innerhalb der Grenzen der Trinkwasserverordnung von 1990 lagen.

Schriften

- BARTELS, H.-J. (1989): Mikrobiologische Reinigungsprozesse im Aquarienwasser und ihre Handhabung am Beispiel der Haltung einer Wasserschildkröte. – *Salamandra*, Bonn, 25(1): 39–53.
- BORNEFF, J. (1984): Podiumsdiskussion „Stickstoffverbindungen in Grundwässern“ (Zusammenfassung von R. OTT). – *Gas/Wasser/Wärme*, 38(6): 214–216.
- Bundesgesundheitsamt (1986): Nitrat im Trinkwasser. Ausnahmeregelungen gemäß § 4 Trinkwasserverordnung. – *Bundesgesundhbl.*, Bonn, 29(6): 192–193.
- GOTTFREUND, J. & R. SCHWEISFURTH (1982): Über die Herkunft von Ammonium im Wasser. – *Vom Wasser*, 58: 69–75.
- JETER, R. M. & J. L. INGRAHAM (1981): The denitrifying procaryotes. – In: STARR, M. P. et al. (Hrsg.): *The Procaryotes*. Vol. I: 913–925. – Berlin, Heidelberg, New York (Springer Verlag), 1258 S.
- KÜBLER, W. (1958): Die Bedeutung des Nitratgehaltes von Gemüse in der Ernährung des Säuglings. – *Z. Kinderheilk.*, Berlin, 81: 405–416.
- LEHR, U. (1990): Verordnung über Trinkwasser und über Wasser für Lebensmittelbetriebe. – *Bundesgesetzbl.*, Teil I, Bonn: 2612–2629.

- ROHMANN, U. & H. SONTHEIMER (1985): Nitrat im Grundwasser. Ursachen, Bedeutung, Lösungswege. – DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Inst. Univ. Karlsruhe: 468.
- SACHSSE, W. (1967): Vorschläge zur physiologischen Gefangenschaftshaltung von Wasserschildkröten. – Salamandra, Frankfurt/M., 3(3): 81–91.
- SCHÄPERCLAUS, W., H. KULOW & K. SCHRECKENBACH (1990): Fischkrankheiten. Teil 2: Einwirkung von Nitraten und Nitriten: 838–840, Ammoniakvergiftung: 841–866, Schwefelwasserstoff- und Sulfid-Vergiftung: 869–872. – Berlin (Akademie-Verlag).
- SCHLEGEL, H. G. (1992): Allgemeine Mikrobiologie. – Stuttgart, New York (Georg Thieme), 634 S.
- WHO (1986): Ammonia. – Environment. Health Criteria, Geneva, 54: 1–210.
- WILKE, H. (1990): Schildkröten. – München (Gräfe und Unzer), 70 S.

Eingangsdatum: 25. November 1992/13. Dezember 1993

Verfasser: Dr. HANS-JOACHIM BARTELS, Wallstraße 5, D-21682 Stade.