

Prof. Dr. R. von Sengbusch u. M. Schneidereit, Hamburg\*)

# Verbesserungen des Ahrensburger Warmwasserkreislauf-Modells durch eine Denitrifikationsphase

1963 haben wir mit der Züchtung von Karpfen ohne Zwischenmuskelgräten und mit der Entwicklung von Halteverfahren zunächst für die Züchtung im ganzjährigen Warmwasser-Kreislauf begonnen.

Hierbei wurde die Wasseraufbereitung durch das Belebtschlammverfahren nach dem Vorbild der normalen Wasserkläranlagen vorgenommen. Aus den Aquarien (A) gelangt das Wasser mit Kot und Futterresten in einen belüfteten Teil (B), aus diesem in einen Absetzteil (D), von diesem in einen belüfteten Klarwasserteil (E) und dann zurück in das Aquarium (A)

das Aquarium (A)  $A \ B \ D_2 \overset{1}{E} \ A_1$   
 $\overset{2}{B} \ D_1$

A, mit Fischen besetzt, bildet Ammoniak.

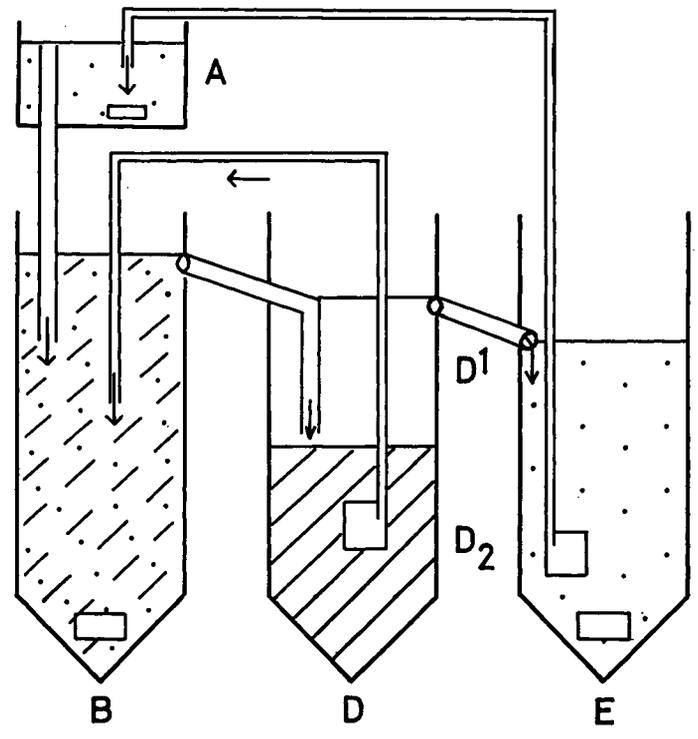
B, allein „gefüttert“ und nach Schlamm-Bildung, bildet Nitrit und Nitrat in steigender Menge, während Ammoniak abgebaut wird.

Das Gesamtsystem leidet in der Hauptsache unter steigendem Nitratgehalt.

Günter von Sengbusch hat auf Grund von Literaturstudien den Vorschlag gemacht, das Belebtschlammsystem durch einen unbelüfteten, aber bewegten Teil zu ergänzen. Ein mit Schlamm angereicherter und bewegter Teil (C) baut Nitrit und Nitrat ab, aber Ammoniak auf.

Schließt man einen belüfteten (B) und einen unbelüfteten und bewegten Teil (C) zusammen, so verschwinden Nitrit, Nitrat und Ammoniak.

Abb. 1  
Ahrensburger Belebtschlamm-system  
 $A \ B \ D_2 \overset{1}{E} \ A_1$   
 $\overset{2}{B} \ D_1$



Wir haben zunächst folgenden Aufbau vorgenommen:  $A \ B \ C \ D_2 \overset{1}{E} \ A_1$   
 $\overset{2}{B} \ C \ D_1$

oder umgekehrt:  
C — B

Bei dieser Reihenfolge ergaben sich nach einiger Zeit Schlammabsetz-schwierigkeiten. Diese konnten durch

die Folge:  $A \ D_2 \overset{1}{E} \ A_1$   
 $\overset{2}{C} \ B \ D_1$

behothen werden.

Dieses System läuft seit Monaten einwandfrei, und es gibt bei einem Fisch-Wasser-Verhältnis von 1 : 200 bis 1 : 100 gute Zuwachsraten bei Karpfen.

Versuche, die nach dem ursprünglichen Belebtschlammverfahren gelaufen sind, haben in der Praxis in der Regel versagt. Es ist anzunehmen, daß sich diese Schwierigkeiten beheben lassen, wenn

\*) Forschungsstelle von Sengbusch, Hamburg.

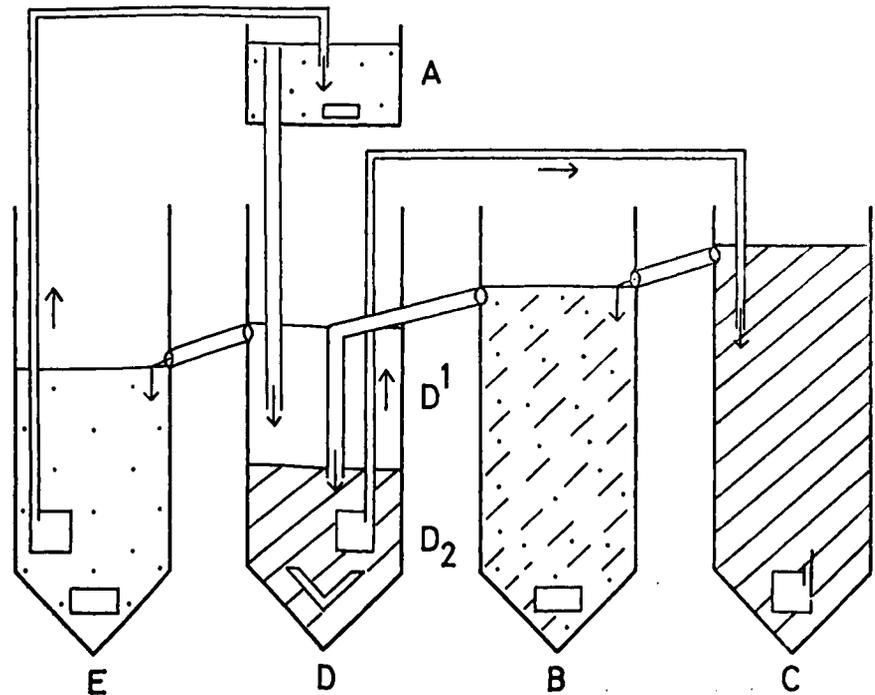


Abb. 2

Bewegtschlamm-system ergänzt durch einen unbelüfteten, aber bewegten Teil

$A \ D_2 \overset{1}{E} \ A_1$   
 $\overset{2}{C} \ B \ D_1$

Wassermenge in Kreislauf 107:

- A = 50,0 l (Durchflußmenge 0,51/min/kg Fisch)
- D = 148,6 l
- C = 159,4 l (Verweildauer 1½—5 Std.)
- B = 153,4 l
- E = 135,4 l
- ---

648,8 l

Wassermenge in Kreislauf 108:

- A = 50,0 l (Durchflußmenge 0,9 l/min/kg Fisch)
- D = 57,6 l
- C = 58,3 l
- B = 58,3 l
- E = 54,3 l
- ---

278,5 l

man einen unbelüfteten, aber bewegten C-Teil einschaltet, und außerdem in dem System zwei Kreisläufe realisiert

werden: einmal  $A \overset{1}{D_2} E A$

und zum anderen

$\overset{1}{D_2} C B \overset{1}{D_2} = A \overset{1}{D_2} C B \overset{1}{D_2} E A$

Bei einer neuen Variante dieses Systems haben wir C durch einen bewegten Schlammunterteil  $D_2$  ersetzt

und benutzen die Folge:  $A B \overset{1}{D_2} B \overset{1}{D_2}$

Hierbei verzichten wir außerdem noch auf E, weil das Klarwasser in  $D^1$  reichlich Sauerstoff enthält und bei Belüftung in A sofort ausreichend Sauerstoff aufnimmt.

Bei zu schnellem Durchlauf durch C oder B und  $D_2$  fällt der pH-Wert in den Systemen und die  $NO_3^-$ - und  $NH_4^+$ -Werte steigen.

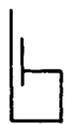
Verlangsamt man den Durchlauf, so normalisiert sich der pH-Wert um 7 und es verschwinden die  $NO_3^-$ ,  $NH_4^+$ - und  $NH_3$ -Werte.

Der Rückfluß aus B oder C nach D soll zwischen  $D^1$  und  $D_2$  münden. Die Bewegung in  $D_2$  soll so eingerichtet werden, daß  $D^1$  stets klar bleibt.

Es ist wahrscheinlich, daß das beobachtete Absinken des pH-Wertes in unseren alten Belebtschlammanlagen, das durch Ca OH oder andere alkalische Stoffe normalisiert wird, durch zu schnellen Durchfluß durch B zustande kommt.

Durch die Verweildauer des Wassers in B und C kann der pH-Wert gesteigert werden. Je kürzer die Verweildauer ist, desto stärker sinkt der pH-Wert, z. B. bis 4,5. Je länger die Verweildauer ist, desto höher wird der pH-Wert, z. B. 7,0 bis 7,5. Bei einer Wassertemperatur um + 23° C und einer Verweildauer von 2 Stunden pendelt er um pH 7. Es ist günstiger, den pH-Wert durch Verringern des Durchflusses zu senken, als

Zeichenerklärung



Pumpe



Belüfter



Rührer



Schlammwasser



belüftetes Schlammwasser



belüftetes Klarwasser

Abb. 3

Ein vereinfachtes Belebtschlammssystem, bei dem in  $D_2$  der Schlamm bewegt wird (Denitrifizierung)  $A \overset{1}{D_2} B \overset{1}{D_2}$

Wassermenge in Kreislauf 103:

A = 50,0 l (Durchflußmenge 0,4 l/min/kg Fisch)

D = 150,0 l

B = 159,6 l

359,6 l

oder  $A B \overset{1}{D_2} B \overset{1}{D_2}$

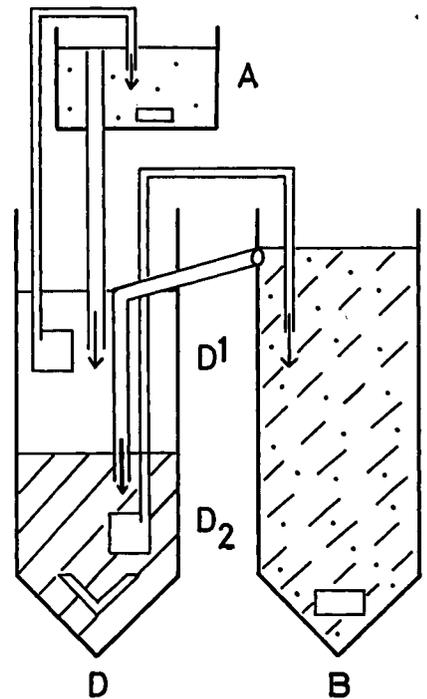
Wassermenge in Kreislauf 104:

A = 150,0 l (Durchflußmenge 0,5 l/min/kg Fisch)

B = 900,0 l

D = 900,0 l

1950,0 l



dies durch eine Zugabe von Ca OH zu erreichen.

Auch bei Anwendung des Systems mit der vereinfachten Folge erhält man gute Zuwachsraten bei Karpfen. Bei einem Verhältnis von Fischgewicht zu Wasser von 1 : 200 und enger ist der Futterquotient 1,5 bis 2,0 bei Karpfen von 300 bis 400 g Gewicht. Auch Aale leben und fressen in diesen beiden Systemen gut.

Das System, bei dem in  $D_2$  der Schlamm in Bewegung gehalten wird, und die Einleitung von A Wasser statt in B in  $D_2$  erfolgt, eröffnet die Möglichkeit, alte Anlagen durch den Einbau von Rührern in  $D_2$  in Anlagen mit Denitrifikation zu verwandeln.

Chemische Daten:

$O_2$ in . . . . .	A	8,0 mg/l
	$D^1$	4,0 — 5,0 mg/l
	$D^2$	0,0 — 1,0 mg/l
$NO_2$ im gesamten System . . . . .		0,0 mg/l
$NO_3$ . . . . .		0,0 — 30,0 mg/l
$NH_3$ . . . . .		0,0 — 2,5 mg/l
$P_2O_5$ . . . . .		0,0 — 25,0 mg/l
pH . . . . .		6,8 — 7,5

Der Schlamm, bleibt bei einer Belastung von 1 : 200 in seiner Menge konstant. Bei stärkerer Belastung ergibt sich die Notwendigkeit, die Schlammmenge zu reduzieren.

Es wird in Zukunft die Aufgabe sein, spezielle Rentabilitätsversuche über Futtereinheit : Fischeinheit durchzuführen und die Belastungen oberhalb von 1 : 100 bezüglich des möglichen Nutzens zu prüfen.

Das verbesserte System eröffnet, wie wir feststellen konnten, neue Möglichkeiten:

1. Die bessere Wasserqualität gegenüber dem Ahrensburger Modell erlaubt

es, auch Aale zu kultivieren, was bisher nicht möglich war.

2. Das im System vorhandene Plankton kann genutzt werden:

a) um Lebendfutter wie Hüpfertlinge, Schnecken u. a. zu erzeugen,

b) um ohne Zufutter entweder direkt Nahrungsstoffe (z. B. Marmorkarpfen, Silberkarpfen) oder Zierfische und andere Wassertierarten, d. h. „Endprodukte“, zu produzieren,

c) um ohne Zufutter Brut von Fischen zu ernähren.

3. Mit dem im System anfallenden Schlamm kann ebenfalls

a) Futter erzeugt werden, z. B. Regenwürmer, Schnecken u. a. und

b) bei Verfütterung z. B. an Enten oder andere Tierarten, die Schlamm zu „filtrieren“ in der Lage sind, auch direkt, eventuell mit etwas Zufutter, Nahrung erzeugt werden.

4. Die Voraussetzungen für die züchterische Bearbeitung von Karpfen und anderen Wassertieren sind wesentlich verbessert. Man wird nicht nur die direkt als Nahrung für den Menschen zu nutzenden Arten züchterisch im Kreislaufsystem bearbeiten, sondern auch Zierfische rationeller als bisher züchten, vermehren und halten können.

Unser Ziel ist es, organische Substanz zu erhalten und sie in möglichst kurzen, biologischen Ketten zu nutzen, nicht aber organische Substanz und anorganische N-Verbindungen zu vernichten.

Ob es in Zukunft möglich sein wird, die Abwässer und den städtischen Müll für die Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln auszunutzen, wird davon abhängen, in welchem Ausmaß sie durch schädliche, nicht abbaubare Stoffe belastet sind.

Anm.: Literaturangaben liegen bei der Schriftleitung vor.

## Literatur-Verzeichnis

- Allen, M.B.u.  
von Niel, C.B. Experiments on bacterial denitrification.  
J. Bact. 64, 397 (1952)
- Wuhrmann, K. Nitrogen removal in sewage treatment processes. Verhandlg. Int. Ver.f. Limnologie, Bd. XV, S. 580, s. auch: Ergebnisse von Großversuchen an hochbelasteten Belebtschlamm-anlagen und Tropfkörpern. Schweiz. Zeitung f. Hydrolog. XV, 78 (1953)
- Baalsrud, K.u.  
Baalsrud, K.S. Studies on Thiobacillus denitrif.  
Arch. Mikrobiol. 20, 34 (1954)
- Kluyver, A.J.u.  
Verhoeven, W. Studies on true dissimilatory nitrate reduction IV. On adaption in Micrococcus denitrificans, Leeuw. J. Micr.a. Serol 20, 337 (1954)
- Kehr, D. Über die Totalkläranlage des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft der Techn.Hochschule Hannover GWF 104, 285 (1963)
- Bringmann, G.u.  
Kühn, R. Ein Schnelldenitrifikationsverfahren mit automatischer Redox-Steuerung.  
Ges.-Ing. 83, 333 (1962) und Halbtechnische Stabilisierung und Intensivierung der Denitrifikation. Ges.-Ing. 85, 19 (1964)
- Rüffer, H. Nitrifikation und Denitrifikation bei der Abwasserreinigung.  
Jahrbuch vom Wasser (1964)
- Wuhrmann, K. Stickstoff- und Phosphor-Elimination. Ergebnisse von Versuchen im techn. Maßstab. Vortrag Eidg. Techn.Hochschule Zürich, Fortbildungskursus EAWAG 1964
- Meyer, D. Totalkläranlage, Versuche und Theorie.  
Dissertation

Meske, Ch., Sengbusch,  
R.v., Szablewski, W.

Beschleunigtes Wachstum von Karpfen  
in Aquarien mit Hilfe biologischer  
Wasserklärung.

Experientia 21, 614 (1965)

Sengbusch, R.v.,  
Lühr, B., Meske,  
Ch., Szablewski, W.

Aufzucht von Karpfenbrut in Aquarien.  
Arch. Fischereiwiss. XVII, 2, 89-94 (1967)

Müller, U., Schönborn,  
W., Sengbusch, G.v.

Intensivhaltung von Karpfen im geschlos-  
senen Kreislaufsystem.

Im Druck laut mündlicher Mitteilung.

Oktober 1975