679

Sonderdruck aus
Berichte über Landwirtschaft
Band 55 (1977/78), H. 4, S. 700-707
Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdrucks, der photomechanischen Wiedergabe und Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, vorbehalten.
© 1978 Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin

Biologische Klärung des Wassers zur Fisch- bzw. Wassertierhaltung im geschlossenen Kreislauf

Von R. v. Sengbusch, Hamburg[1, 2]

Sauberes Süß- und Salzwasser ist heute, im Gegensatz zu noch vor wenigen Jahrzehnten, kein Überflußprodukt mehr, sondern unterliegt einer zunehmenden Verknappung und Gefährdung durch die von uns geschaffene Umwelt.

Die Fischwirtschaft steht daher heute vor einer doppelten Aufgabe:

— Sie muß zunächst einmal mit der Verschmutzung der Süß- und Salzwasserreservoire fertig werden, da heute schon viele Gewässer derart verschmutzt sind, daß die früher in ihnen kultivierten Fischarten nicht mehr gedeihen oder daß die Fischarten Giftstoffe speichern, die sie für den Menschen ungenießbar machen.

— Sie muß in verstärktem Maße die Belastung der Umwelt durch die Eigenverschmutzung berücksichtigen, zumal wenn man bedenkt, daß Fische etwa siebenmal mehr Abfallstoffe erzeugen als die gleiche Gewichtsmenge Mensch, d. h., daß in der Sprache der Abwassertechnologie 10 kg Fisch einem Einwohnergleichwert entsprechen.

Blickt man auf die Entwicklung der Fischwirtschaft zurück, so kann man feststellen, daß die Fischwirtschaft in den dreißiger Jahren durch die Einführung des Tiefgefrierens von Lebensmitteln für die Konservierung einen großen Schritt vorwärts gemacht hatte.

Für die Fischwirtschaft ergab sich damals zunächst die Aufgabe, Fischarten zu selektieren, die besonders für das Tiefgefrieren und dessen Vermarktungsform geeignet sind. Die Zunahme der Bevölkerungszahl und die explosionsartige Steigerung des Lebensstandards in den Industriestaaten hat eine Steigerung der Ansprüche an die Quantität und insbesondere an die Qualität der Lebensmittel zur Folge gehabt.

Fisch ist nicht mehr gleich Fisch, sondern wird nach Eigenschaften beurteilt, die früher gar keine Rolle spielten. Zu diesen Eigenschaften gehören vor allem

— keine Zwischenmuskelgräten,

— leichte Filettierbarkeit,

— Fettarmut.

Gerade die in unseren Gegenden bedeutsamen Süßwasserfischarten, Forelle und Karpfen, erfüllen diese Forderungen aber nur ungenügend, und so stellt sich für uns die Frage, ob über die reine Artenwahl hinaus mit ähnlichen Methoden, wie sie von uns erfolgreich in der Pflanzenzüchtung angewandt wurden, z. B. durch die Einführung der besonders für die Tiefkühlindustrie geeigneten Erdbeersorte „Senga Sengana", eine züchterische Bearbeitung in Hinsicht auf die von der fischverarbeitenden Industrie geforderten Eigenschaften auch an Fischen durchführbar ist (SENGBUSCH, R. v.: „Der Züchter" Nr. 33, 1963).

Gegen die Empfehlungen der Fischfachleute, die die Durchführbarkeit anzweifelten, initiierte der Autor ein Kreislaufsystem zur Fischintensivhaltung, welches eine systemeigene Wasseraufbereitung nach dem Belebtschlammverfahren enthielt. Für diese Arbeiten standen zwar nur ein kleines altes Gewächshaus und relativ geringe

1 Forschungsstelle von SENGBUSCH GmbH, Nachfolge-Organisation des Max-Planck-Instituts für Kulturpflanzenzüchtung, Waldredder 4, 2000 Hamburg 67.

2 Ich habe der Deutschen Forschungsgsgemeinschaft für die Bereitstellung von Mitteln zur Durchführung dieser Arbeiten zu danken.

Ber. Ldw. 55 (1977/78), 700-707
© 1978 Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin
ISSN 0005-9080 / ASTM-Coden: BERLAN

Mittel zur Verfügung, dennoch gelang es, ein funktionierendes Kreislauf-System aufzubauen und mehrere sehr überraschende Ergebnisse für die Karpfenhaltung zu erzielen (System Ahrensburg: SENGBUSCH; MESKE; SZABLEWSKI).
Es konnte gezeigt werden,

1. daß ein den Fischbesatz begrenzender Raumfaktor (1 : 10 000) nicht existiert, da das Fisch : Wasserverhältnis auf etwa 1 : 100 herabgesetzt werden konnte,
2. daß beim Einschalten einer sehr effizienten Wasseraufbereitung mit der gleichen Menge Wasser im Kreislauf-System ein Vielfaches von im Freien erzeugtem Fisch produziert werden kann, das heißt, daß das zur Verfügung stehende Wasser sehr viel intensiver als im Freien genutzt werden kann,
3. daß durch die ganzjährige Warmwasserhaltung bei Karpfen in einem Jahr Gewichte erzielbar waren, die in unseren Breiten im Freien erst nach drei Jahren erreicht werden,
4. daß die Geschlechtsreife bereits nach einem Jahr statt nach drei Jahren erreicht wird,
5. daß man durch Hypophysierung von der jahreszeitlichen Geschlechtsreife unabhängig werden kann,
6. daß Forellenfutter sich für die Mast von Karpfen eignet,
7. daß bei Mast mit Forellenfutter das Karpfenfleisch fettarm und von hervorragender Qualität ist.

Mit diesem System konnten die Voraussetzungen für die züchterische Bearbeitung von Karpfen und anderen Wassertieren entscheidend verbessert werden. Unabhängig davon, stand mit dem aufgebauten Kreislaufsystem erstmalig 1964 ein System zur Intensivhaltung von Wassertieren zur Verfügung, von dem schon damals absehbar war, daß es im Rahmen der mit der Fischhaltung verbundenen Umweltfragen in der Zukunft große Bedeutung erlangen würde, da zwei Probleme in erreichbare Nähe rückten:

— drastische Reduzierung des Wasserverbrauches in der Fischhaltung,
— Unabhängigkeit der Produktionsanlagen von Umwelteinflüssen.

Nach der Emeritierung von R. v. SENGBUSCH wurden diese Arbeiten aufgrund eines Antrages von MESKE und SENGBUSCH mit Mitteln der Stiftung Volkswagenwerk im Rahmen der Bundesforschungsanstalt für Küsten- und Binnenfischerei fortgeführt.

Das mit diesen Mitteln weiter entwickelte „System Ahrensburg" enthält eine Wasseraufbereitung nach dem Belebtschlammverfahren, welches auch in der kommunalen Klärtechnologie eine verbreitete Verwendung findet (SENGBUSCH, R. v.; MESKE, CH.; SZABLEWSKI, W., Experienta 21, 1965).

Anlagen nach dem „System Ahrensburg" fanden allerdings keinen Einzug in die Praxis der Fischhaltung, da die Gehalte an Stickstoffsalzen in derartigen Anlagen kontinuierlich ansteigen und bei wirtschaftlich interessanten Besatzdichten die toxischen Grenzwerte überschreiten.

Diese Tatsache war im Grunde auch zu erwarten, da aus der kommunalen Klärtechnologie bekannt ist, daß der organische und Ammoniak-Stickstoff durch nitrifizierende Bakterien zu Nitrit und Nitrat oxidiert wird und somit im Belebtschlammverfahren keine eigentliche Stickstoff-Elimination stattfindet. Die Verwendung dieser Technik in der Fischhaltung muß somit zu einer Anreicherung von Nitrat und Nitrit im System führen.

Die zunächst in Ahrensburg erzielten relativ guten Resultate wurden mit einer anscheinend gegen Nitrat relativ unempfindlichen Fischart, dem Karpfen, gewonnen. Damit ist es aber noch nicht gesichert, daß andere Wassertiere ebenfalls diese hohen Nitratgehalte vertragen.

Der Autor setzte daher nach seiner Emeritierung seine Arbeiten zur Verbesserung der Wasseraufbereitung fort, da er diesen Punkt als entscheidende Voraussetzung sowohl für die Züchtungsarbeiten als auch für die wirtschaftliche Produktion von Wassertieren ansah.

Das Ahrensburger System besteht aus 4 Teilen:

A = den Aquarien (Fische),

B = einem Belüftungsteil,

D = einem Sedimentationsteil, in dem sich Klarwasser vom Schlammwasser trennt. Das klare Wasser von D oben fließt in

E = den Klarwasserteil mit Belüftung.
Der Schlamm aus D unten wird in Teil B zurückgepumpt.

Es gibt in diesem System zwei Kreisläufe:

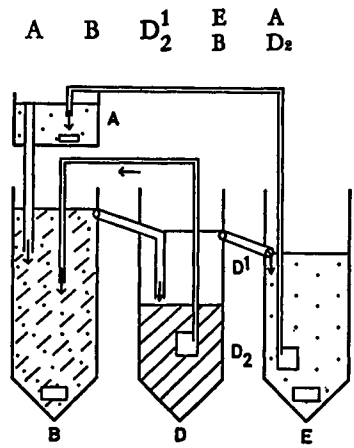


Abb. 1. Ahrensburger Belebtschlammsystem
ABD 1 EA1 2 BD2

G. v. SENGBUSCH hat mehrere Jahre diese Arbeiten verfolgt und die ungelösten Probleme kennengelernt. Im Rahmen einer Arbeitsgruppe am Battelle-Institut/Frankfurt, der er angehörte (U. MÜLLER, W. SCHÖNBORN und G. v. SENGBUSCH), wurde dann ein erweitertes System entwickelt, welches zum Unterschied zum Ahrensburger System einen zusätzlich speziell ausgelegten Denitrifizierungsteil enthält, der die Stickstoffsalze soweit abbaut, daß die Fische in praktisch salzfreiem Wasser leben (Abb. 2).

In der Zusammenfassung sagen die Verfasser in ihrer Arbeit (Arch. Fisch. Wiss. 27, 1976), die am 14. Februar 1975 zur Drucklegung eingereicht worden war, folgendes:

Zusammenfassende Bemerkungen

Die durchgeführten Versuche haben gezeigt, daß bei der Fischintensivhaltung im geschlossenen Kreislauf der hohe Stickstoffanteil im Abwasser der Fische besondere Anforderungen an die Wasseraufbereitung stellt, wenn ein kontinuierlicher Anstieg von Nitrit und Nitrat verhindert werden soll. Das für die Wasseraufbereitung eingesetzte Belebtschlammverfahren ist zwar bekannt dafür, daß ein besonders effektiver Abbau organischer Substanz erfolgt, aber die als Endprodukt auftretenden Salze Nitrat und Nitrit müssen sich in einem solchen Kreislaufsystem zwangsläufig anreichern und damit letztlich zur Selbstvergiftung des Systems führen. Erst die Kopplung des Belebtschlammverfahrens mit einer speziellen Denitrifizierungsstufe, die die Stickstoffverbindungen zu den gasförmigen Endprodukten N_2 und N_2O reduziert, ermöglicht eine Wasseraufbereitung, die eine Selbstvergiftung in der geschlossenen Kreislaufanlage verhindert.

Die Denitrifizierung mit Hilfe einer anaeroben Schlammphase ist so effektiv, daß auch bei einem Fischbesatz mit Karpfen von 1 : 40 (F. : GW.) die Nitratwerte weiter unter 100 mg/l und die Nitritwerte weit unter 1 mg/l gehalten werden konnten. Dabei stellt die Besatzstärke von 1 : 40 für Karpfen noch keine Grenze dar, da die Wachstumskurve noch immer steil ansteigt. Die für eine wirtschaftliche Intensivhaltung wichtigsten Faktoren wie Besatzstärke, Futterkoeffizient, Frischwasserzusatz und Wasseraustausch können, bezogen auf die hier genannten Werte, sicher noch optimiert werden. Durch die Einführung der speziellen Denitrifizierungsstufe erscheint aber ein wesentlicher Schritt in Richtung auf eine wirtschaftliche Fischproduktion in Kreislaufsystemen erfolgt zu sein, denn damit wird eine Besatzstärke von 1 : 30 realisierbar, die die hohen Investitionskosten für die Wasseraufbereitungsanlagen und deren Betrieb auffangen kann. In Anlagen nach dem System Battelle könnten pro 1000 m³ Wasser etwa 30 t Fisch gehalten werden, die etwa 0,2 bis 0,3 t Fischgewicht täglich produzieren.

Abb. 2 zeigt das Battelle-System:

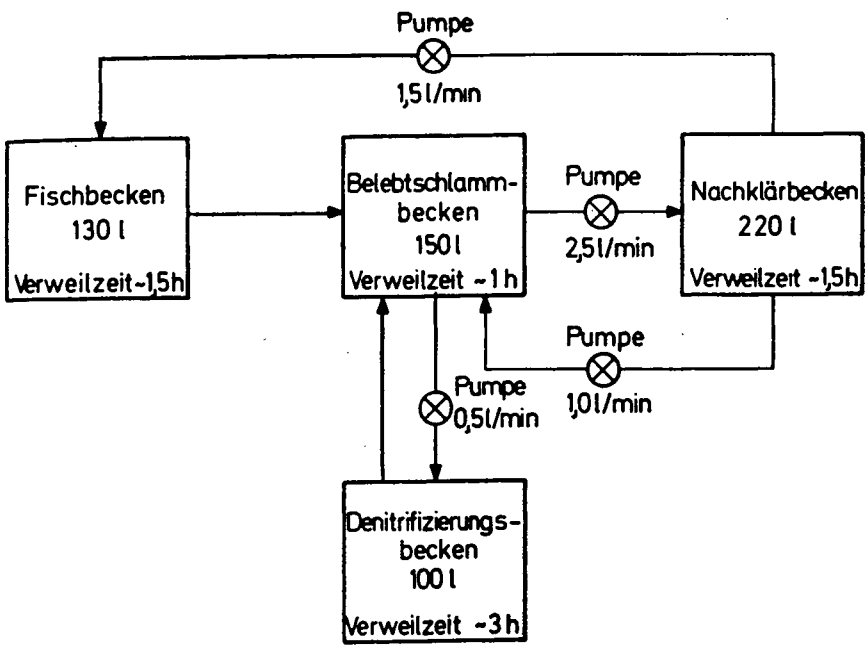
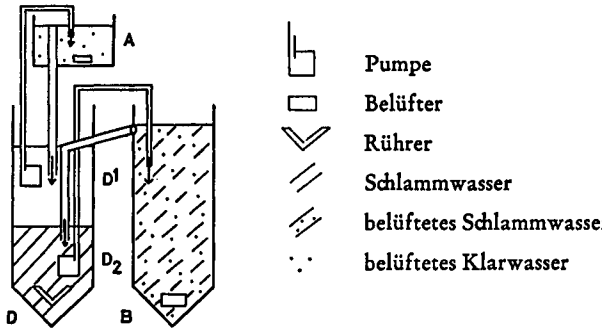


Abb. 2. Schema der Versuchsanlage B2 zur Fischproduktion mit Denitrifizierung „System Battelle". Verweilzeit = mittlere Verweildauer des Wassers in den einzelnen Becken

Der Autor hat eine vereinfachte Form des Battelle-Systems in Betrieb genommen. Diese Form besteht aus 3 Teilen:

a = Aquarien (Fischteil),
B = Belüftungsteil und
D_2 = Absetzteil. Im unteren Teil D_2 sammelt sich der Schlamm. Dieser wird bewegt und ist sauerstofffrei. Er enthält die Denitrifizierungsphase. Der obere Teil D^1 enthält Klarwasser, das ohne Belüftung bereits einen für die Fischhaltung ausreichend hohen Sauerstoffgehalt besitzt. Mit Belüftung erhält man eine fast vollständige Sättigung mit Sauerstoff. Die Zugabe von flüssigem Sauerstoff nach Dr. BERGER, Fa. Linde, dürfte in Zukunft alle Systeme mit hohem Fischbesatz noch effizienter machen.



Quelle: Sengbusch, R. v.; Schneidereit, M., 1976: Der Tierzüchter 7.

Abb. 3

Den Ergebnissen des Battelle-Institutes und den eigenen folgend, können wir heute davon ausgehen, daß es langfristig möglich sein wird, die Fischhaltung von den Frischwasserreserven soweit zu trennen, daß

— es möglich ist, Fische in Kreislaufsystemen völlig unabhängig von der Umwelt mit sehr hoher Besatzdichte mit extrem günstigen Futterkoeffizienten wirtschaftlich zu halten und zu produzieren, wobei die Überführung derartiger Systeme in die Praxis noch intensive Entwicklungsarbeit erfordert;

— es möglich ist, Fischabwässer so aufzubereiten, daß auch bei der Verwendung von Durchlaufsystemen keine Umweltbelastung auftritt.

Gerade der letzte Punkt wird in der Zukunft sogar eine notwendige Forderung werden, wenn man berücksichtigt, daß 1 kg Fisch im Durchlaufsystem aufgrund der hohen Verschmutzung der Gewässer bei Fischintensivproduktion bereits 1980 allein durch das Abwasserabgabengesetz mit etwa 4,— DM belastet werden wird.

Das verbesserte System eröffnet weiterhin folgende 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:
   — um Lebendfutter wie Hüpferlinge, Schnecken u. a. zu erzeugen,
   — um ohne Zufutter entweder direkt Nahrungsstoffe (z. B. Marmorkarpfen, Silberkarpfen) oder Zierfische und andere Wassertierarten, d. h. Endprodukte, zu produzieren,
   — um ohne Zufutter Brut von Fischen zu ernähren.
3. Mit dem im System anfallenden Schlamm kann ebenfalls
   — Futter erzeugt werden, z. B. Regenwürmer, Schnecken u. a. und
   — 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.

Die Voraussetzungen für die züchterische Bearbeitung von Karpfen und anderen Wassertieren sind also, gegen alle Prognosen, entwickelt und entscheidend verbessert worden. 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 und schädliche Lebewesen belastet sind.

NÄGEL, MESKE und MUDRACK haben kürzlich eine Arbeit veröffentlicht, die ebenfalls die Bedeutung der Denitrifikation im Kreislauf bestätigt (Arch. Fisch. Wiss. 27, 1976).

Versucht man nun neben der Verringerung der Umweltgefährdung durch die Fischintensivhaltung den wirtschaftlichen Nutzen solcher Kreislaufsysteme abzuschätzen, so läßt sich ganz allgemein feststellen, daß die Rentabilität natürlich ganz wesentlich vom Wert des erzeugten Produktes abhängt. Ob daher ein so produzierter Karpfen wirtschaftlich mit den Billigimporten aus dem Ostblock wird konkurrieren können, ist heute noch nicht abzusehen, da auch diese Länder ihre jetzige Wirtschaftspolitik nicht beliebig so werden weiterführen können. Auch dort steigen die Lohn- und Futterkosten und werden die Umweltschutzbedingungen verschärft werden.

Bereits heute absehbar ist aber, daß

— die Bruterzeugung von Nutzfischen,
— die Erzeugung hochwertiger Speisefische, wie Aale und Forellen, möglich sein werden.

Noch nicht absehbar, aber gerade deswegen Schwerpunkt der Untersuchungen des Autors, ist die Wirtschaftlichkeit der Produktion von Warmwasserfischen und insbesondere von Warmwassernutzfischarten aus den Tropen und Subtropen, die schneller wachsen und höhere Gewichte erreichen als die bekannten Süßwasserfische nördlicher Breiten.

Wir haben am 16. Februar 1976 30 *Arapaima gigas* aus dem Amazonas-Gebiet mit einem Durchschnittsgewicht von 15 g erhalten. Diese Fischart ist frei von Zwischenmuskelgräten und von hervorragender Fleischqualität. Bei Haltung und Fütterung mit Lebendfutter in einem Kreislaufsystem mit Denitrifizierung zeigen sie bisher nicht gekannte Zuwachsraten (in einem Jahr von 15 g Anfangsgewicht auf 3 kg).

Es wird also auch darauf ankommen, Futterfisch-Arten zu finden, die sich leicht vermehren und halten lassen.

Beim *Arapaima gigas* wissen wir heute noch nicht, ob uns die Vermehrung gelingen wird. Aber wenn sie gelingt, wird man, der Größe der Fische wegen, nicht die großen Mengen Brut zu erzeugen haben wie bei Cat-Fisch oder Forellen. Wenn in Europa die Vermehrung von *Arapaima gigas* auf Schwierigkeiten stoßen sollte, könnte die Vermehrung in Südamerika, dem Heimatland dieser Fischart, durchgeführt werden.

Die Fleischqualität des *Arapaima gigas* und die leichte Fangmöglichkeit, bedingt durch die Lungenatmung, ist nach Erfahrungen im Amazonas-Gebiet so hoch, daß die Gefahr der Ausrottung im Heimatgebiet gegeben ist.

Wir haben, da der Import von *Arapaima gigas* erschwert ist, eine Bestandsaufnahme in der Bundesrepublik Deutschland gemacht und festgestellt, daß es insgesamt 20 Stück dieser Art in den von uns erfaßten Aquarien der deutschen zoologischen Gärten gibt. Die ältesten sind drei Jahre alt, bis zu 25 kg schwer und 1,40 m lang. Bei guter Zusammenarbeit wird man bei Vermehrungsversuchen diese vorhandenen Individuen nutzen können. Wir wissen, daß *Arapaima gigas* Weibchen rund 50 000 Eier produzieren.

Am geeignetsten für Vermehrungsversuche wären die Tiere bei LUTZ HECK, dem Leiter des Münchner Aquariums, da diese Fische bereits drei Jahre alt und somit am weitesten an die Geschlechtsreife herangekommen sind. Man sollte daher bereits heute mit der Suche nach geeigneten Vermehrungs-Fachleuten beginnen.

Neben dem *Arapaima gigas* haben wir auch den *Pacu colossoma*, ebenfalls ein Fisch aus dem Amazonas-Gebiet geprüft und festgestellt, daß er etwa 50 Zwischenmuskelgräten hat, was ihn, und auch den *Colossoma bidens*, für industrielle Verwertung nicht sonderlich geeignet erscheinen läßt.

Wir sollten naturgemäß, entsprechend der neuen Kulturmethode, weiterhin neue Fischarten auslesen, die eine bestmögliche Ausnutzung des neuen Haltungsverfahrens

ermöglichen, dann eine Auslese der geeignetsten Futterarten vornehmen, wobei neben Fertigfutter durchaus auch an Futterfischarten zu denken ist, und, last not least, die Arbeiten fortsetzen, die Ausgangspunkt der Systementwicklung waren, nämlich die Züchtung innerhalb der Art, ein bei Fischen und anderen Wassertieren noch weitgehend unbearbeitetes, aber wirtschaftlich überaus bedeutsames Feld.

Wir haben durch das Röntgen-Verfahren mit Schirmbild eine Möglichkeit, wenn es notwendig erscheint, auch die Züchtung auf Zwischenmuskelgrätenarmut oder -freiheit durchzuführen. Die Ergebnisse von KOSSMANN, der einen hermaphroditen, autogamen Karpfen gefunden und von ihm Selbstungsnachkommenschaften erzielt hat, bieten

— erstens völlig neue Möglichkeiten der Züchtung von Karpfen und
— zweitens die Aussicht, bei anderen Fischarten erfolgreich nach hermaphroditen Formen zu suchen.

Der Autor hat 1963 mit Wasser- und Fischarbeiten begonnen. Es ist nicht zu erwarten gewesen, daß man in so kurzer Zeit alle Probleme auf diesem Gebiet hat lösen können. Die Hauptschlußfolgerungen, die wir heute ziehen können, sind: Wir befinden uns am Anfang einer Entwicklung, die uns die Möglichkeit geben wird, sowohl in den Industriestaaten als auch in den Entwicklungsländern trotz der Verschmutzung der Gewässer eine erfolgreiche Fischhaltung in gesundem Wasser durchführen zu können.

Zusammenfassung

1. Zunächst wurde im Max-Planck-Institut für Kulturpflanzenzüchtung ein ganzjähriges Wasser-Zirkulationsverfahren für die Haltung von Karpfen entwickelt (Ahrensburger System).
2. Im Battelle-Institut und in der Forschungsstelle von SENGBUSCH, die letztere als Nachfolge-Organisation des Max-Planck-Instituts für Kulturpflanzenzüchtung für die Weiterentwicklung bestimmter nicht beendeter Arbeiten, wurde die Wasserklärung durch Einschaltung der Denitrifikationsphase vervollkommnet und damit die Voraussetzung für die Haltung von empfindlichen Wassertieren (empfindlicher als Karpfen) geschaffen.
3. Durch das Kreislaufsystem Battelle ist die Vermehrung der Karpfen in ein neues gesichertes Stadium getreten.
4. Die Vermehrung der Aale ist noch nicht endgültig gelöst, aber wenn sie in ein neues Stadium treten sollte, wird auch bei den Aalen das Battelle-System zur Wende beitragen.
5. Im neuen System werden *Arapaima gigas*, ein Warmwasser-Raubfisch von hoher Qualität und Grätenfreiheit aus dem Amazonasgebiet, mit großem Erfolg gehalten und speziell die Auslese und Vermehrung geeigneter Futterfische studiert. Die Eignung von Schleien als Warmwasser-Futterfische (26 bis 28 °C), sind ein erstes Ergebnis dieser Arbeiten.

Summary

A closed-circuit biological water purification process for keeping of fishes and aquatic animals

1. First, the Max-Planck Institute for Cultivated Crop Breeding developed an all-the-year-round water circulation system for carp ponds (Ahrensburger System).
2. Then the Battelle Institute and the Sengbusch Research Centre, the latter as the successor to the Max-Planck Institute for Cultivated Crop Breeding with regard to the further development of certain uncompleted projects, perfected the purification of the water through the insertion of the denitrification phase, thus creating the preconditions for the keeping of sensitive aquatic animals (more sensitive than carp).
3. The introduction of the Battelle circulatory system means that carp multiplication has entered a new and more secure stage.
4. The multiplication of eel has not yet been finally solved, but should it reach a new stage, the Battelle system will contribute to the change here too.
5. Using the new system, arapaima gigas — a warm-water predatory fish of high quality and intermusculair bone paucity from the Amazon Basin — are being kept with great success and special attention is being paid to studying the selection and multiplication of suitable fish for use as animal fodder. An early achievement of this work has been the development of tench into warm-water feed fish (26—28 °C).

Résumé

Clarification biologique de l'eau pour l'élevage de poissons ou d'animaux aquatiques dans un circuit fermé

1. C'est à l'Institut Max Planck pour la sélection de plantes cultivées qu'un procédé de circulation d'eau durant une année entière a, dans un premier temps, été mis au point pour l'élevage de carpes (Système Ahrensburg).
2. L'Institut Battelle et le centre de recherche de Sengbusch pour la poursuite du développement de travaux inachevés — ce dernier en tant qu'établissement successeur de l'Institut Max Planck pour la sélection de plantes cultivées — ont perfectionnée la clarification de l'eau en intercalant la phase de dénitrification et ainsi créé la condition indispensable à l'élevage d'animaux aquatiques fragiles (plus fragiles que les carpes).
3. Grâce au système de circuit Battelle, la propagation des carpes est entrée dans un nouveau stade garanti.
4. La propagation des anguilles n'a pas encore trouvé de solution définitive, mais si elle devait atteindre un nouveau stade, le système Battelle provoquerait des changements également chez les anguilles.
5. Il est possible, à l'aide du nouveau système, d'élever avec succès des arapaimas gigas, poissons carnassiers vivant dans les eaux chaudes, de qualité supérieure et sans arêtes intermusculaires, en provenance de la région de l'Amazone, et d'étudier spécialement la sélection et la propagation des poissons leur servant de nourriture. Le fait d'avoir déterminé la qualification des tanches en tant que poissons servant de nourriture et pouvant vivre dans les eaux chaudes (26—28 °C) constitue un premier résultat de ces travaux.