Der Aal – Schwebfisch des Meeres

Tatsachen und Vermutungen zum Ariadne-Reflex

Dr. Günter Jens

Die Fähigkeit des Aals, bei der Flußabwärtswanderung den Stromstrich aufzusuchen und so das Meer auf schnellstem Weg zu erreichen, hat sich bisher nicht erklären lassen. TESCH (1983) befaßt sich eingehend mit den teilweise erstaunlichen Sinneswahrnehmungen des Aals, so auch mit dem Orientierungsvermögens z.B. am Magnetfeld der Erde, stellt aber Vermutungen über mechanische Reize nicht an. Als mechanische Reize lassen sich Zentrifugal-Beschleunigungen verstehen, denen der Aal, anders als die Mehrzahl der übrigen Fische, in besonderer Weise ausgesetzt ist und auf die er rheotaktisch reagieren kann.

Süßwasserfische sind in der Mehrzahl „Schwebfische", also Wasserorganismen, welche die mittlere Dichte ihres Körpers mit Hilfe ihrer Schwimmblase der Dichte des Wassers von 1,00 g/ml anpassen können. Aus Tabelle 1 geht hervor, dass Blankaale „schwerer" sind. Eine Messung an Blankaalen der Mosel ergab eine durchschnittliche mittlere Dichte von 1,03 g/ml. Das entspricht der mittleren Dichte von Meerwasser, wie sie in der Natur vorherrscht und mit 1,024 g/ml in Meerwasser-Aquarien möglichst genau eingestellt wird.

Ob eine mittlere Dichte von 1,03 g/ml auch für den Gelb- oder Freß-Aal gilt, scheint nahe zu liegen, bedarf aber der Nachprüfung.

Ein einfaches Experiment, der Schwimmflaschenversuch, führt uns vor Augen, dass es nur sehr geringer Volumen- oder Gewichtsveränderungen bedarf, um einen im Wasser schwebenden Körper aufsteigen oder absinken zu lassen. Dazu wird eine Einliter-Glasflasche so weit mit Sand und Wasser gefüllt und mit einem Schraubdeckel verschlossen, dass sie in einem ausreichend tiefen mit Wasser gefüllten Faß unter der Wasseroberfläche schwebt, wobei die Oberfläche des Verschlusses sich bündig der Wasseroberfläche angleicht. Die mit Ballast beschwerte Flasche hat dabei mit einem Gewicht von z. B. 1350 g die mittlere Dichte = 1 g/ml. Vergrößert man den Ballast durch Hinzufügen eines Weizenkorns um 40 mg, so vergrößert sich die mittlere Dichte des Schwimmkörpers von 1,00000 auf 1,00003 g/ml und die Flasche sinkt in die Tiefe.

Ein Fisch von 300 g mit einer mittleren Dichte von 1,00 g/ml sinkt in die Tiefe, wenn er sein Gewicht durch Nahrungsaufnahme ohne Änderung seines Volumens um 9 mg steigert. Er muß, wenn er nicht absinken will, das Schwimmblasenvolumen bzw. das Körpervolumen um 9/1000 ml vergrößern. Ebenso müßte ein Aal von 300 g Gewicht und einer Wasserverdrängung von 291 ml sein Volumen um 9 ml vergrößern, um nicht zu sinken. Das entspräche einer Vergrößerung der Schwimmblase z. B. um das Volumen eines mehr als 10 cm langen Bleistifts. Soviel leistet die Schwimmblase eines Aals dieser Größe nicht.

Nr.	Flußaale Länge cm	Gewicht g	Verdrängung ml	Mittl. Dichte g/ml	Konstitution g/cm
1	56	285	276	1,03	5,09
2	56	306	294	1,04	5,46
3	57	350	335	1,04	6,14
4	58	358	353	1,01	6,17
5	58	418	404	1,03	7,21
6	61	338	330	1,02	5,54
7	62	387	380	1,02	6,24
8	65	425	412	1,03	6,54
9	67	606	594	1,02	9,04
				Summe 9,26 **Mittel 1,03**	Summe 57,44 **Mittel 6,38**
	Farmaale				
1	49	354	344	1,03	7,22
2	57	430	408	1,05	7,54
3	62	510	492	1,04	8,23
				Summe 3,12 **Mittel 1,04**	Summe 22,99 **Mittel 7,66**

Tabelle 1: Bestimmung der mittleren Dichte von Blankaalen der Mosel und Farmaalen im Fischereibetrieb Barden, Mosel 2014 *). Beiläufig ergab sich, dass Farmaale etwa die gleiche mittlere Meerwasser-Dichte jedoch einen höheren Konstitutionsfaktor aufwiesen. Der Konstitutionsfaktor ist der Quotient aus Gesamtgewicht und Körperlänge (g/cm). Die geringe Streuung erlaubte eine Beschränkung der Messungen auf wenige Exemplare.

Ein im Süßwasser schwebender Organismus mit der mittleren Dichte von 1,000 g/ml ist der gleichen Fliehkraft ($g * mm/s^2$) ausgesetzt wie das umgebende Wasser. In einem rotierenden Wasserkörper bleibt er unbewegt in einem und demselben Ort des ihn umgebenden Mediums, folgt also dessen Bewegungen. Wäre er „schwerer als Wasser" würde er an den Rand des rotierenden Wasserkörpers gedrängt. – Mit einer mittleren Dichte von 1,03 g/ml nimmt der Körper eines 300 g-Aals

$$300 - 300/1{,}03 = 8{,}74 \text{ ml} \quad (1)$$

weniger Raum ein als 300 g Wasser. Herrscht im Wasser, wodurch auch immer, eine Fliehbeschleunigung a (mm/s^2), so unterliegt der 300 g-Aal einer Fliehkraft, die 8,74 gmm/s^2 größer ist als die Fliehkraft, der das vom Fisch verdrängte Wasser ausgesetzt wäre. Er wird mit dieser Kraft vom Mittelpunkt der Drehung zentrifugal fortbewegt.

In Fließgewässern bilden sich mannigfache Fliehbeschleunigungen. Selbst in geraden Flußstrecken entstehen – allerdings sehr geringe – Beschleunigungen infolge der Krümmung der Erdoberfläche (Abb. 1). Die Maximalbeschleunigungen entstehen im Stromstrich, führen also einen Organismus, der sie wahrzunehmen in der Lage ist, wie in Abb. 2 angedeutet, in den Stromstrich. Betrachtet man in einem Flußbogen allein die Hauptströmung besonders im Bereich des Prallufers unter Außerachtlassung der Walzenbewegungen, so würde die auf den spezifisch schweren Aal wirkende Fliehkraft diesen in den Bereich des Prallufers bringen, wenn er nicht in zweifacher Weise rheotaktisch reagieren würde. Er nimmt erstens wahr, dass das ihn umgebende Medium Wasser ihm entgegenzukommen scheint, obwohl in Wirklichkeit er zentrifugal durch den

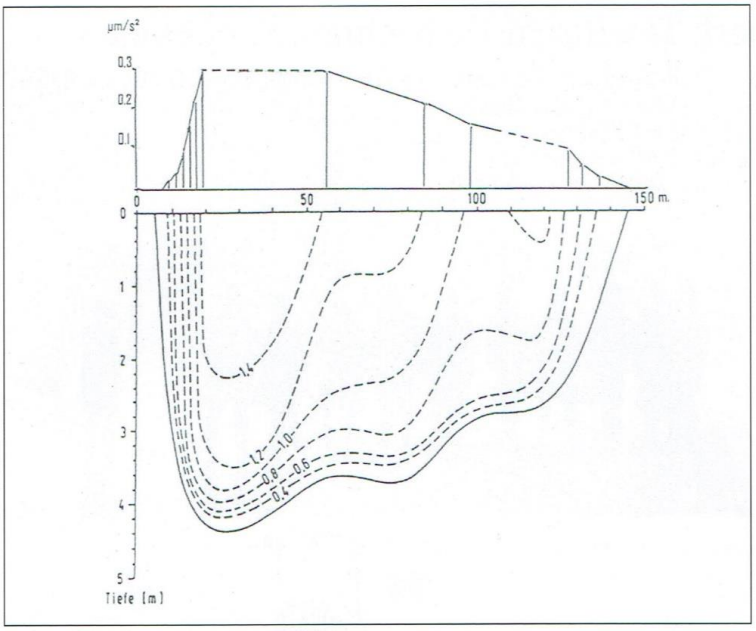

Abb.1: Abflußprofil des Rheins bei Koblenz Neuendorf. Wenig gekrümmter Flußverlauf. Untere Kurven: Kurvenschar der Isotachen. Obere Kurve: Senkrechte Fliehbeschleunigungen in Oberflächen-Nähe bedingt durch die Krümmung der Erdoberfäche. Nach BAUMGARTNER und LIEBSCHER (1990) verändert

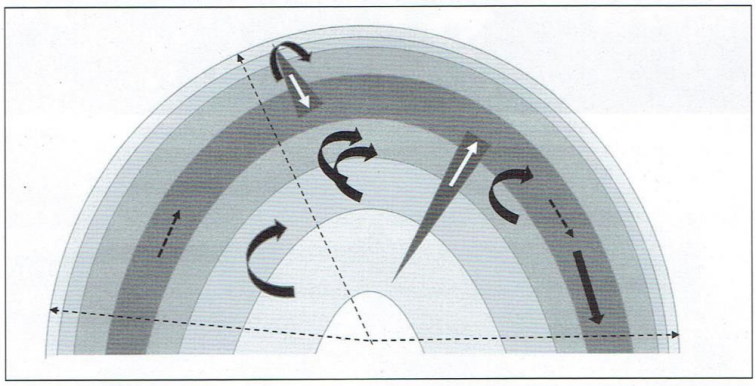

Abb.2: Schema eines Flußbogens. Je dunkler die Streifen, desto höher die Fießgeschwindigkeit und die Fliehbeschleunigung, dunkelster Streifen: Zone vmax.. Pfeile: flach gekrümmt: Aale beim Einschwenken in die nächsthöhere Beschleunigungs-Zone. Dunkle Dreiecke mit weißem Pfeil: Zunehmende Dreiecksbreite - weißer Pfeil: Richtung der Beschleunigungs-Zunahme. Pfeile dünn gestrichelt: Radien des Flußbogens. Scheitelpunkt an Land. Dicke gestrichelte Pfeile im Stromstrich: Fließrichtung

Wasserkörper bewegt wird. (Eingeschränkte Wahrnehmungsfähigkeit des sogenannten „bewegten Beobachters" (RECKNAGEL 1958)) Und er nimmt zweitens wahr, ob das ihm scheinbar entgegenkommende Wasser seine fliehbeschleunigungsbedingte Fließgeschwindigkeit steigert, oder ob diese nachläßt. Auf dem Weg vom Gleitufer bis zum Stromstrich steigt sie an, und er folgt der Steigerung. Auf dem Weg vom Stromstrich zum Prallhang nimmt sie ab und veranlaßt den Aal umzukehren und das Maximum zu suchen. (Abb.2). Es läßt sich bisher nur vermuten, dass es die Seitenlinie des gestreckt gebauten Fisches ist, die ihm diese Ortung ermöglicht.

Die hypothetische Eigenschaft des Aals, auf diese Weise die Region der maximalen Fliehbeschleunigung im Flußprofil als Stromstrich orten zu können, will in Anlehnung an die griechische Mythologie Ariadne-Reflex genannt sein.**)

Als Auslöser der allabendlich einsetzenden herbstlichen Laichwanderung des Blankaals scheinen ebenfalls Fliehbeschleunigungen in Betracht zu kommen. Hierauf soll in Ergänzung zu JENS (2015) später noch einmal eingegangen werden.

Zusammenfassung

Das spezifische Gewicht des im Süßwasser herangewachsenen Blank-Aals ist dem des Meerwassers mit 1,03 g/l nahezu gleich. Fliehbeschleunigungen im Meerwasser haben deshalb gleiche Fliehkräfte für Aal und Wasser zur Folge und können vom Aal nicht wahrgenommen werden. Im Süßwasser ist die aus der herrschenden Fliehbeschleunigung hervorgehende Fliehkraft des Aalkörpers 1,03 mal größer als die des ihn umgebenden Mediums Wasser. Die daraus sich ergebende Bewegung des Aalkörpers wird, da sie ohne sein Zutun erfolgt, vom Aal als Strömung wahrgenommen. Er reagiert quantitativ rheotaktisch in der Weise, dass er – mit der scheinbaren Strömung oder gegen dieselbe – den Ort der für seinen Körper höchsten Fliehbeschleunigung sucht (Ariadne-Reflex) und damit in den Stromstrich gelangt.

*) Herrn Fischwirtschaftsmeister Christoph Barden, Müden/Mosel, ist der Autor für die Zurverfügungstellung der Aale und seine tatkräftige Unterstützung bei den Messungen herzlich dankbar.

**) Der von der Königstochter Ariadne gesponnene rote Faden half dem Helden Theseus, aus dem kretischen Labyrinth wieder herauszufinden, nachdem er das darin hausende Ungeheuer erschlagen hatte.

Literatur:

BAUMGARTNER, A. und LIEBSCHER; H.-J.(1990): Allgemeine Hydrologie, Stuttgart

JENS, G. (2015): Aal und Mond – Ursache des lunarperiodischen Wanderverhaltens des Aals ergründet? Fischer & Teichwirt 01/2015 S. 6 -7

RECKNAGEL, A. (1958): Physik – Mechanik, 6. Aufl., VEB Verlag Technik, Berlin

TESCH, F.-W. (1983): Der Aal – Biologie und Fischerei, Paul Parey, Hamburg und Berlin