

Aktivität und Verhalten wandernder *Lampetra fluviatilis*, *Lota lota* und *Anguilla anguilla* im Tidegebiet der Elbe¹

FRIEDRICH-WILHELM TESCH

Biologische Anstalt Helgoland, Zentrale, Hamburg 50

ABSTRACT: Activity and behaviour of migrating *Lampetra fluviatilis*, *Lota lota* and *Anguilla anguilla* in the tidal area of the river Elbe. Lamprey (*Lampetra fluviatilis*) have been observed in high numbers at the Geesthacht Dam during migration from the Elbe estuary to upstream spawning grounds on only 2 occasions; these were both periods preceding full moon by a few days. No correlation between the migration and hydrographical factors was observed. Statistical evaluation of the commercial swing net fishery landings of migrating lampreys in the Elbe estuary from 1955 to 1966 showed catch maxima about 4 days after full and new moon. If the maxima obtained in two different sections of the Elbe each followed from the same activity of the lamprey, lunar influence could have been initiatory. The observations on the migration of pigmented young eels (*Anguilla anguilla*) confirmed that temperature is the main factor causing upstream movement. The highest catches of burbot (*Lota lota*) during their upstream movement through the Geesthacht fishway from the estuary to spawning places were obtained when exceptionally high tides occurred. It is not certain if the catches became higher as a consequence of increasing individual activity. Opening and closing the various dam gates drastically changed the cross-sectional profile of the river bed and thereby influenced the path of upstream migration for lamprey. This influence was checked by observing the trap of an adjacent eel pass. By this means it became evident that lampreys ascend along the edge of the main current. Similar results have been obtained from earlier investigations with swing nets in the lower Elbe river. By other methods and for other fishes, much the same has been found. In contrast to this behaviour, pigmented young eels move upstream in still water areas as well as aside the main current.

EINLEITUNG

Das Flußneunauge der Elbe, *Lampetra fluviatilis* (L.), besiedelt nach seiner Metamorphose das Gebiet zwischen Brunsbüttel und äußerer Elbemündung (BAHR 1952). Mit beginnender Geschlechtsreife wandert es im Frühjahr zu den Laichplätzen im oberen Elbegebiet. Im Elbeästuar setzt diese Wanderbewegung größtenteils schon im Herbst ein. Hauptwanderzeit ist nach den Fängen der Fischer der Monat Oktober.

¹ Herrn Professor Dr. FRIEDRICH KRÜGER zum 65. Geburtstag am 18. August 1967 in Ver-
ehrung gewidmet.

Sie beginnt häufig schon im September und endet im Dezember (IMAM, LÜHMANN & MANN 1958). Geringere Mengen von Neunaugen wandern auch noch im Januar bis Juni mit einem Maximum im April. Bekannt ist jedoch nur der Beginn dieser anadromen Wanderung im Unterelbegebiet und der Abschluß in den Laichgebieten. Über das Verhalten der Neunaugen während der Wanderung und darüber, welche Umweltfaktoren diese Wanderungen auslösen und unterbrechen, ist kaum etwas bekannt.

Gelegenheit hierüber Beobachtungen anzustellen, boten Untersuchungen über die Aufstiegsaktivität der Aale, *Anguilla anguilla* (L.), in der Aalleiter am rechten Ufer des Elbestauwehres bei Geesthacht. Diese Aufstiegseinrichtung wird außer von Aalen auch von Neunaugen benutzt. Während jedoch Aale in größeren Mengen während des ganzen Sommers aufstiegen, konnten Flußneunaugen vom Verfasser im Verlauf der vergangenen 3¹/₂ Jahre nur vereinzelt beobachtet werden. Im September 1966 erschienen jedoch Flußneunaugen in größerer Zahl. Über das Auffinden der Aufstiegsstelle durch das Neunauge unter programmäßig veränderten Abflußquerschnitt der Elbe sowie über die eventuellen Aktivität auslösenden Umweltfaktoren soll hier berichtet werden.

Über den Jungaalaufstieg ist in den vergangenen Jahren von MANN 1960 und TESCH 1965 berichtet worden. In der vorliegenden Arbeit wird daher nur im Zusammenhang mit dem Neunaugenaufstieg über weitere Beobachtungen bezüglich des Aufstiegs jungen Aale eingegangen.

Die Quappe, *Lota lota* (L.), siedelt nach ihrem Eintreffen von den Laichplätzen im gesamten Unterelbegebiet. Zum Laichen steigt sie, ähnlich wie das Flußneunauge, bis an die Havelmündung und weiter auf. Das Maximum der Quappenwanderung liegt nach den Anlandungen der Berufsfischer im November und hält mit fast unverminderter Stärke bis in den Dezember hinein an. Sie beginnt schon im September und sinkt bereits im Januar auf einen ziemlich niedrigen Wert ab (KOOPS 1959). Während dieser jährliche Aktivitätsrhythmus sicherlich in der Hauptsache durch Gonadenreife als inneren Faktor und die fallende Temperatur als äußeren Faktor ausgelöst wird, spielen auch noch andere Umwelteinflüsse eine Rolle, die sich nur durch kontinuierliche direkte Fangbeobachtungen ermitteln lassen. Hierzu bot die reusenartige Fangeinrichtung des Fischpasses am linken Ufer des Stauwehres bei Geesthacht eine gute Möglichkeit.

Die durchgeführten Untersuchungen an anadromen Wanderfischen der Elbe gewinnen eine besondere Bedeutung, wenn berücksichtigt wird, daß von den zahlreichen früher in der Elbe vorkommenden anadromen Arten Flußneunaugen und Quappen noch die einzigen sind, die in nennenswerten Mengen beobachtet werden können. Für das Flußneunauge ist allerdings seit dem 2. Weltkriege ebenfalls ein rapider Rückgang zu verzeichnen (IMAM, LÜHMANN & MANN 1958), der allein dem Einfluß der Verunreinigungen zugerechnet werden kann. Weiterhin negativ wirkt sicherlich auch das Stauwehr Geesthacht, das im Jahre 1959 errichtet wurde, so daß es fraglich ist, ob diese Fischarten in Zukunft zahlenmäßig überhaupt noch in Erscheinung treten werden. Ebenso ist der Quappenfang der Elbfischer seit Einwirkung des Stauwehres abgesunken, so daß sich der Fischpaß heute als nahezu einzige Möglichkeit bietet, für Untersuchungen statistisch brauchbare Mengen von Quappen zu erhalten.

MATERIAL UND METHODEN

Die Untersuchungen fanden an dem 1959 fertiggestellten Elbestauwehr bei Geesthacht statt. Dieses Wehr liegt etwa 30 km oberhalb des Hamburger Hafengebietes und 15 km oberhalb der Flutstromgrenze. Unter normalen Wasserstandsverhältnissen werden die Wasserstandsschwankungen des Gezeiteneinflusses nach oben hin durch die Stauanlage begrenzt.

Die Quantität des Fischaufstieges wurde durch Einsatz von Drahtreusen ermittelt, die speziell für die Aufstiegseinrichtungen des Stauwehres konstruiert worden

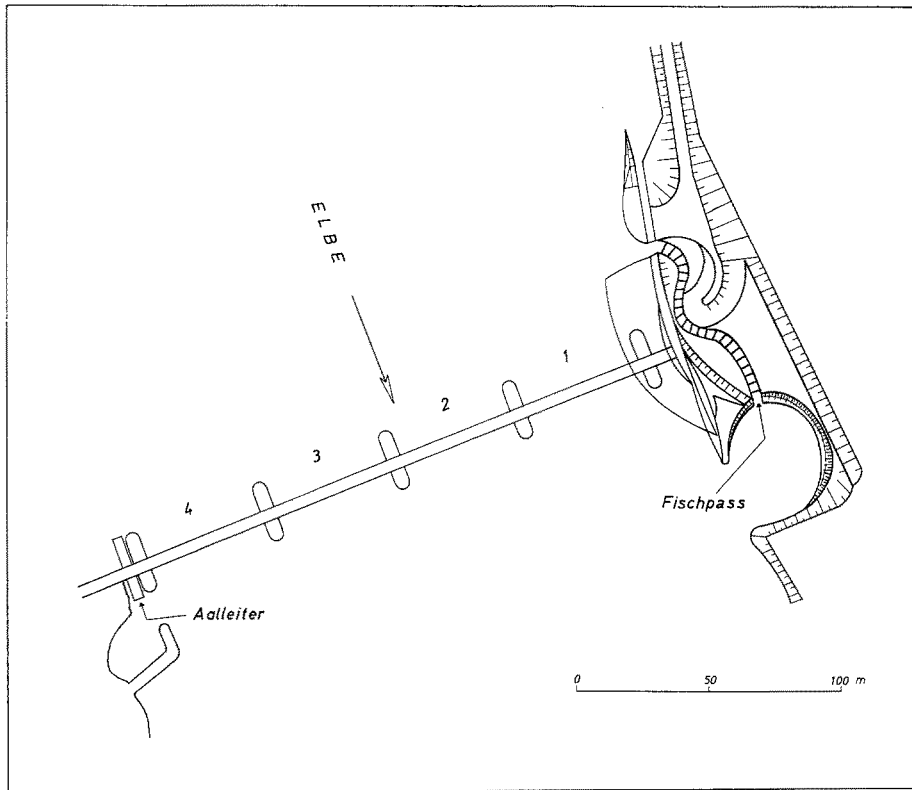


Abb. 1: Schematische Darstellung des Stauwehres Geesthacht/Elbe mit den Wehrsektoren 1 bis 4 und der beiden Fischaufstiegseinrichtungen, in denen Fangkörbe zur Registrierung der aufsteigenden Fische untergebracht waren

sind. Für den Aalpaß am rechten (nördlichen) Elbeufer wurde ein Gerät benutzt, ähnlich, wie es bei MANN (1961) abgebildet ist. Die Bespannung bestand aus V2A-Stahldrahtgewebe mit 1,8 mm Lochweite, so daß theoretisch auch Glasaale abgefangen werden mußten. Der Fangkorb des Fischpasses am linken (südlichen) Elbeufer ist ähnlich konstruiert wie das bei TESCH (1966a) von einem Weserfischpaß abgebildete Gerät und hat eine Maschenweite von knapp 2 cm, so daß Quappen aller vorkom-

menden Größen durch ihn zurückgehalten werden. Eine Abbildung des Aalpasses, dessen Lage aus Abbildung 1 zu ersehen ist, lieferte MANN (1961). Der Fischpaß ist so konstruiert, wie bei TESCH (1965a) abgebildet; seine Lage geht aus Abbildung 1 hervor.

Eine Kontrolle der Anlagen war nur bei nicht zu außergewöhnlicher hydrographischer Situation möglich. Normalerweise schwankt die Wasserstands Differenz des Wehres zwischen dem Staubereich und dem unterhalb liegenden Stromabschnitt je nach Tide zwischen 1 und 3 m. Tidehochwasser bei Sturmfluten führen in Geesthacht jedoch zum Wasserstands ausgleich von Ober- und Unterpegel, so daß auch die Kontrolleinrichtungen unter Wasser geraten. Eine ähnliche Situation entsteht bei Hochwasserabflüssen der Elbe. Die Fische können dann aus dem ganz oder teilweise nach oben offenen Aufstiegskanälen entweichen und werden somit nicht registriert. Derartige extreme Verhältnisse, insbesondere Hochwasserabfluß, herrschten 1965 und 1966 leider sehr oft. Hinzu kamen abnorme Situationen durch Reparaturen und kraftwerkstechnische Regulierungen an der Wehranlage. Die über 3 Aufstiegsperioden (Winter 1964/65, 1965/66, 1966/67) hinweg erfolgten Kontrollen der Quappenaufstiege mußten deshalb unvollständig sein.

Die Kontrollen beschränkten sich auf die zu erwartenden Aufstiegsperioden und wurden dann ein- bis siebentägig durchgeführt. Abgesehen von vereinzelt Fängen wurde ein konzentrierter Neunaugenaufstieg außer Ende September 1966 nicht beobachtet. Obgleich auch im Herbst 1964 und 1965 Kontrollen durchgeführt wurden, ist es doch möglich, daß in diesen Jahren konzentrierte Neunaugenzüge stattfanden, denn nach meist ein- bis dreitägigen, mindestens aber wöchentlichen Kontrollen ab

Tabelle 1

Längenhäufigkeitsverteilung der untersuchten Fischarten nach Stichproben aus den Fängen am Stauwehr Geesthacht

Neunauge: 22. September 1966																							
Länge (cm):	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44									
Anzahl:	1	1	1	1	4	3	7	8	12	7	3	4	2	1									
Aal: 22. September 1966																							
Länge (cm):	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25				
Anzahl:	3	2	2	1	5	9	7	6	9	17	19	22	26	13	11	10	9	7	4				
Länge (cm):	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42						
Anzahl:	3	1	3	1	-	2	-	-	1	1	-	1	1	-	-	-	1						
Quappe: 1964 bis 1966																							
Länge (cm):	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	
Anzahl:	1	-	-	-	1	1	1	2	-	1	1	2	1	4	-	4	6	7	4	3	3	8	
Länge (cm):	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Anzahl:	9	10	9	11	7	3	9	8	10	5	3	3	7	7	3	3	2	5	2	2	1	2	1

Mitte August im Herbst 1964 wurden die Untersuchungen Anfang November abgebrochen. Ähnlich oder noch etwas ungünstiger war die Situation 1965, als zwischen dem 16. September und 12. Oktober eine Unterbrechung eintrat.

Bei den Flußneunaugen handelt es sich um Tiere von 31 bis 44 cm Länge, wie aus einer Längenstatistik des beginnenden konzentrierten Aufstieges vom 22. September 1966 zu ersehen ist (Tab. 1).

Die Längenwerte liegen mindestens durchschnittlich 5 cm über denen der von IMAM, LÜHMANN & MANN (1958) im April 1958 gemessenen Exemplare. Die Längen der zum gleichen Zeitpunkt gefangenen Aale gehen ebenfalls aus Tabelle 1 hervor.

Es handelt sich hierbei nach bisherigen Untersuchungen um Aale, die sich noch im Stadium des Wanderns gegen den Strom befinden (TESCH 1966a). Der Längenbereich der Quappen (Tab. 1) stimmt etwa mit den von KOOPS (1959) angegebenen Werten überein. Jedoch liegen die Maxima seiner Messungen von 1957/58 niedriger, als sie im Zeitraum von 1964 bis 1966 vom Verfasser festgestellt wurden. Wahrscheinlich ist der Bestand infolge der schlechten Reproduktionsmöglichkeiten in den letzten Jahren überaltert.

Die Quappen waren bis auf 3 Ausnahmen laichreif. Außerhalb der Zeit der Laichwanderung traten in Geesthacht dagegen überwiegend juvenile Exemplare auf. Das Verhältnis der Anzahl Männchen zu Weibchen war bei den Quappen einigermaßen ausgewogen. Es betrug am 11. November 1964 8 ♂♂ zu 8 ♀♀, am 13. Dezember 1965 19 ♂♂ zu 27 ♀♀ und am 2. Dezember 1966 35 ♂♂ zu 25 ♀♀.

Zum Problem, wie die Fische im Fluß aufwärtswandern, ob sie sich beispielsweise nach der Strömung oder nach der Uferlinie orientieren, wurden in früheren Arbeiten Untersuchungen durch Fangproben (FRIES & TESCH 1965) an verschiedenen Stellen des Flusses oder speziell bei Glasaalen durch direkte Beobachtung angestellt (TESCH 1965b). Um für die dort an adulten Fischen gewonnenen Ergebnisse und Rückschlüsse eine Bestätigung zu bekommen, wurde im vorliegenden Falle mit einer anderen Methodik gearbeitet. Während bei den früheren Untersuchungen der Standort beziehungsweise der Wanderweg unter den bestehenden hydrographischen Bedingungen ermittelt wurde, ergab sich im vorliegenden Falle die Möglichkeit, das Strömungsprofil zu verändern und die Reaktion der Fische bezüglich ihres Wanderweges festzustellen. Ein solches Experiment gestattet jedes größere Stauwehr dadurch, daß verschiedene Wehrabschnitte geschlossen werden, vorausgesetzt, daß die Abflussmengen nicht zu hoch sind. Durch das Wehr in Geesthacht wird der Abfluß durch 4 je 50 m breite sogenannte Sektoren reguliert (Abb. 1). Wird ein Sektor der also insgesamt 200 m breiten Wehröffnung geschlossen, so muß das Wasser über die restlichen jetzt noch insgesamt 150 m breiten Wehröffnungen abfließen. Der Strömungsquerschnitt des Flusses wird dadurch verlagert und aufsteigende Fische, die einen bestimmten Abschnitt des Strömungsprofils bevorzugen, werden gezwungen, einen anderen Wanderweg zu nehmen. Die Veränderung des Aufstiegsweges zeigen dann im Fluß aufgestellte Fangeinrichtungen. Derartige Experimente sind jedoch nur unter günstigen Wasserstandsverhältnissen möglich.

Da die Daten von der Registrierung des Neunaugenaufstieges nicht ausreichten, um bindende Rückschlüsse über eventuelle Aktivitätsphasen zu gestatten, wurden Aufzeichnungen des Hamburger Seefischmarktes verwendet. Von seiten dieser Stelle stan-

den die Gewichtsmengen der Einzelanlandungen der Hamenfischer aus der Unterelbe von 1955 bis 1966 zur Verfügung. Aus der Höhe der täglichen Fänge lassen sich nämlich ebenfalls Rückschlüsse auf die Wanderaktivität der Neunaugen ziehen. Um vergleichbare Zahlen zu erhalten, wurden die durchschnittlich pro Tag und Fischer abgelieferten Gewichtsmengen berechnet.

ERGEBNISSE

Neunaugen- und Jungaalaufstieg

Wanderaktivität

Die Ergebnisse der Kontrollen von Neunaugen- und Jungaalaufstieg, am rechten Elbeufer, Ende September/Anfang Oktober 1966 zeigt Abbildung 2. Es fällt auf, daß der Neunaugenaufstieg zu Beginn der Kontrollzeit gering war, am 3. Tag etwas anstieg, an den folgenden 3 Tagen wieder bis auf Einzelexemplare zurückging und dann plötzlich an 3 Tagen ein starkes Maximum erreichte. Später waren die Aufstiegs mengen wieder sehr gering. Ein Zusammenhang mit den in Abbildung 2 wiedergegebenen äußeren Einflüssen wie Tidehochwasserstand und Wassertemperatur ist bei den Neunaugen nicht zu erkennen, desgleichen nicht mit den übrigen meteorologischen Verhältnissen. Nach den monatlichen Witterungsberichten des Deutschen Wetterdienstes herrschte vom 19. September bis 11. Oktober, mit einer kurzen Unterbrechung vom 1. bis 3. Oktober, antizyklonaler Einfluß und daher eine relativ gleichmäßige Wetterlage. Während des Hauptaufstieges war der Himmel bedeckt oder bewölkt. Über den Einfluß des Wehrabflußprofils wird weiter unten berichtet.

Das Bemerkenswerte an dem vorliegenden Aufstiegsbild ist, daß die Neunaugen völlig explosionsartig, das heißt in bedeutenden Mengen nur an 3 Tagen wanderten. Dies ist außerdem der einzige nennenswerte Aufstieg, der seit Beginn der Kontrollen im Spätsommer 1963 während der Herbstmonate 1963 bis 1966 erfaßt werden konnte, was trotz lückenhafter Kontrollen auf relativ seltenen Aufstieg hinweist.

Im Gegensatz zum Neunauge zeigte der Jungaal eine völlig andere Tendenz. Auf ihn scheint die Temperatur einen erheblichen Einfluß ausgeübt zu haben. Nach einem Anstieg der Temperaturen am 21. und 30. September wurden auch im Fangkorb mehr Aale gezählt, während sinkende Temperaturen am 23. und 27. September fallende Tendenz des Aalaufstieges zeigten. Die Abhängigkeit des Jungaalaufstieges von der Temperatur ist bekannt und wurde gleichfalls am Stauwehr Geesthacht bereits von MANN (1963) festgestellt.

Um den Einfluß von bestimmten äußeren Faktoren auf die Neunaugenwanderung, also zum Beispiel eine Lunar- oder Gezeitenabhängigkeit zu ermitteln, sind weitere Aufstiegsbeobachtungen nötig. Hierfür ergab sich, wie gesagt, keine Gelegenheit. Ein ganz ähnlicher kurzfristiger Aufstieg wurde jedoch an der gleichen Stelle im Jahr 1960 von MANN (1961) beobachtet. Die Daten dieser Veröffentlichung wurden in das gleiche Schema wie in Abbildung 2 eingesetzt und Wassertemperatur, Tidewasserstand sowie die Mondperioden hinzugefügt. Hieraus ergab sich ein ganz ähnliches Längenhäufigkeitsbild wie bei den Beobachtungen im Jahre 1966 (Abb. 3).

Auch im Herbst 1960 wurde ein konzentrierter Aufstieg nur ein einziges Mal beobachtet. Die Neunaugen wanderten jedoch in der Aufstiegsperiode 1960 erst im Dezember und bei etwa nur 7° C, das heißt also bei einem über 6° C niedrigeren Tem-

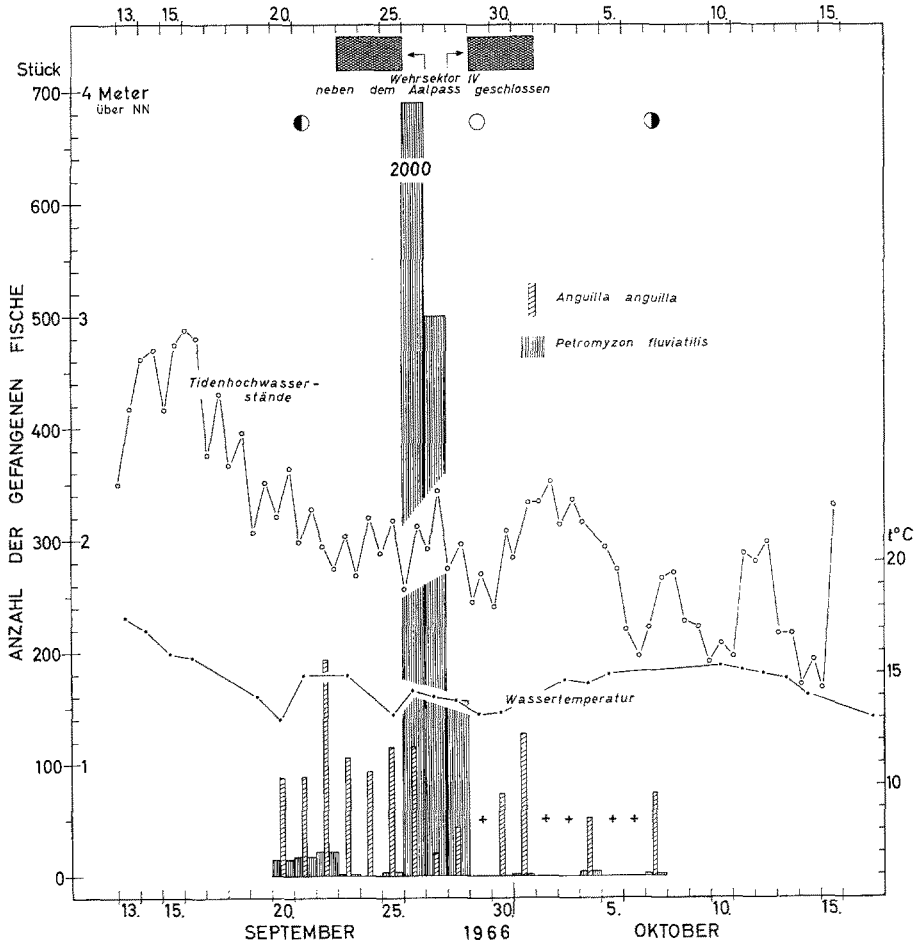


Abb. 2: Anzahl der pro Tag im Aalpaß des Stauwehres Geesthacht im Herbst 1966 gefangenen Neunaugen und Jungaale sowie Temperatur und Tidenhochwasserstand der Elbe bei Bunthaus, 24 km unterhalb des Stauwehres (nach Angaben des Hygienischen Institutes sowie der Behörde Strom- und Hafengebäude der Stadt Hamburg). Wiedergabe der Mondphase und Zustand der Wehrsektoren. An Tagen, die mit Kreuzen versehen wurden, fanden keine Kontrollen statt

peraturniveau als 1966. Der Verlauf sowohl der täglichen Temperaturen als auch der Tidenhochwasserstände, sowie der Abflußmengen, die hier nicht mit abgebildet wurden, zeigte keine Besonderheiten oder aber ähnlichen Charakter wie 1966 und das Wetter zwar überwiegend Hochdruck und wenig Sonne, jedoch unmittelbar vor den Hauptaufstiegstagen Tiefdruck und wechselnd wolkiges Wetter. Nur in einer Hinsicht zeigten die beiden beobachteten Neunaugenwanderungen Übereinstimmung: Sie fanden

mit ihrer Spitze ein bis drei Tage vor Vollmond statt. Es erscheint also ein Zusammenhang mit der Lunarperiode oder den Gezeiten möglich.

Da aus den vorliegenden Beobachtungen ebenfalls noch keine bindenden Schlüsse gezogen werden können und weitere Ergebnisse in Geesthacht schwer zu bekommen

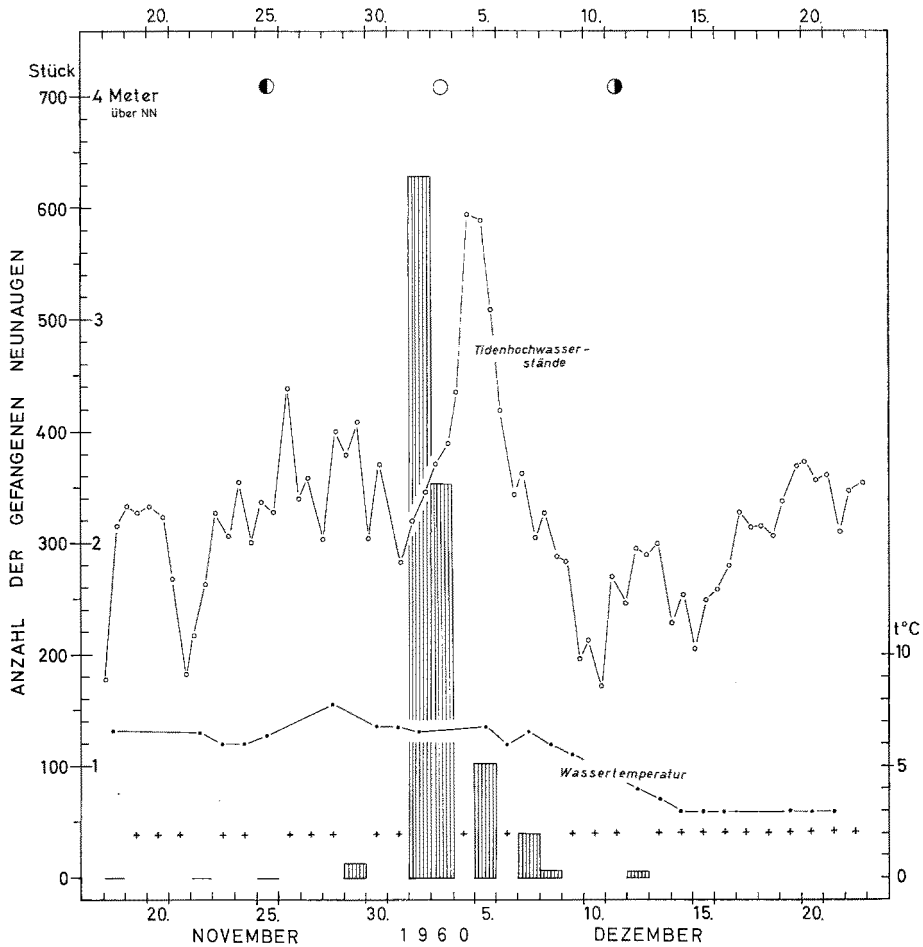


Abb. 3: Anzahl der pro Tag im Aalpaß des Stauwehres Geesthacht im Spätherbst 1966 gefangenen Neunaugen (nach Daten von MANN 1961) sowie Temperatur und Tidehochwasserstand der Elbe bei Bunthaus mit Angaben der Mondphase (Erklärungen siehe Abb. 2)

sind, wurden die Neunaugenanlandungen der Elbfischer von Herbst und Winter beim Hamburger Seefischmarkt zum Vergleich herangezogen. Abbildung 4 zeigt die täglichen Gesamtanlandungen des Jahres 1957 von September bis Dezember. Obgleich in der Zeichnung eine gewisse Periodizität mit Maxima zwischen abnehmendem Mond und Neumond sowie zwischen zunehmendem Mond und Vollmond angedeutet erscheint, sind die Unregelmäßigkeiten jedoch zu groß, um Rückschlüsse zu ziehen. Es wurden deshalb ähnlich wie bei JENS (1952/53) sämtliche Anlandungen nach Lunar-

monaten geordnet und hierbei die täglichen Durchschnittsanlandungen pro Kutter verwendet. Die Zusammenstellung der Abbildung 5 erfaßt alle verfügbaren Herbst/Winter-Lunarmonate der Jahre 1955 bis 1965 und zeigt deshalb eine etwas größere Ausgeglichenheit als die Einzeldarstellung der Abbildung 4. Trotz des verhältnismäßig

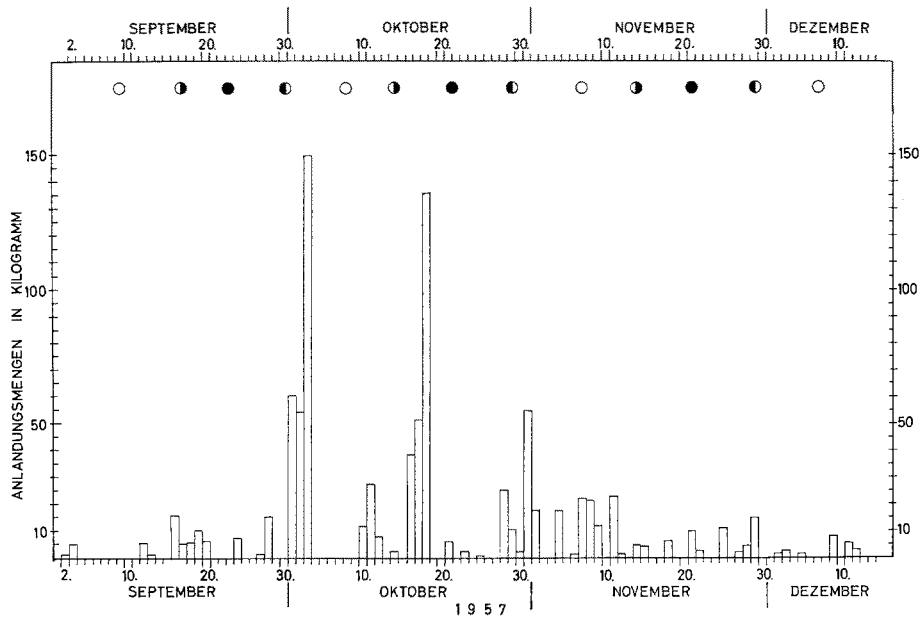


Abb. 4: Tägliche Gesamtanlandungen an Neunaugen aus der Unterelbe beim Hamburger Seefischmarkt im Herbst 1957 (in kg) mit Angaben der Mondphase

großen Materials ist die Häufigkeitsverteilung der Abbildung 5 dennoch etwas unregelmäßig. Dies ist vermutlich dadurch bedingt, daß die Neunaugen nicht unmittelbar nach ihrem Fang abgeliefert wurden, sondern im ungünstigsten Falle eine Woche später; da die Fischer bis zu einer Woche unterwegs waren, muß im Durchschnitt deshalb mit einer Verzögerung von etwa 3 Tagen gerechnet werden, so daß sicherlich auch die Maxima, abgesehen von einer relativ starken Streuung, um etwa 3 Tage verschoben sind.

Dem Säulendiagramm (Abb. 5) ist zu entnehmen, daß innerhalb eines Monats jeweils beim ersten und letzten Viertel ein Maximum auftritt. Wird die zeitliche Verschiebung einkalkuliert, so liegen die höchsten Fänge vermutlich etwa 4 Tage nach Voll- oder Neumond. Auch die Fänge der Hamenfischer lassen also eine lunarperiodische Gleichzeitigkeit erkennen, so daß die in Geesthacht gewonnenen Beobachtungen an Bedeutung gewinnen.

Über tageszeitliche Unterschiede des Aal- und Neunaugenaufstiegs liegen nur wenige Daten vor (Tab. 2). Danach findet der Hauptaufstieg beider Arten während der Nacht statt. Für den Aal kam MANN (1961) zu ähnlichen Ergebnissen. Jedoch gelten seine sowie die vorliegenden Untersuchungsergebnisse nur für Aale der im Methodik-Abschnitt aufgezeigten Längen größter Häufigkeit. Glasaale (TESCH 1965b) sowie

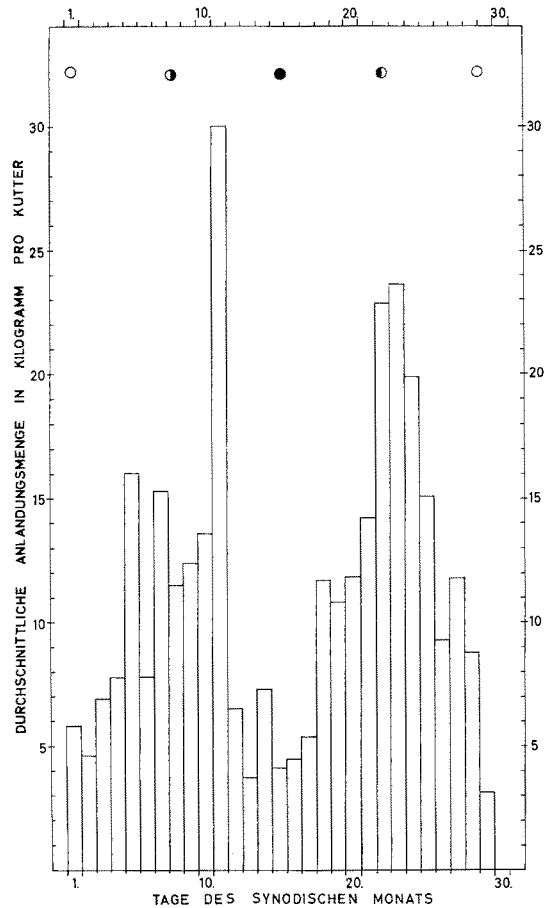


Abb. 5: Durchschnittliche Tagesablieferungsmenge (in kg) an Neunaugen pro Kutter aus der Unterelbe beim Hamburger Seefischmarkt in den Herbstmonaten der Jahre 1955 bis 1965, geordnet nach Tagen des synodischen Monats auf der Grundlage von 27 Monaten

Tabelle 2

Neunaugen- und Jungaalfang zu verschiedenen Tageszeiten im Kontrollkorb des Aalpasses am rechten Ufer des Stauwehres Geesthacht am 21. und 22. September 1966

Uhrzeit des Einsatzes von	bis	Neunaugen	Anzahl	Aale
10.30	14.30	1		0
14.30	18.00	1		3
18.00	8.30	22		149
8.30	12.00	1		1

solche Aale, die sich noch im Stadium der ersten Pigmentierung befinden, zeigten nach bisher unveröffentlichten Untersuchungsergebnissen vermutlich einen etwas anderen Aktivitätsablauf.

Das Ergebnis erscheint bezüglich der Neunaugen etwas widersprüchlicher, wenn eine Zwischenkontrolle berücksichtigt wird, die am Tage des Hauptaufstiegs am 26. 9. 1966 um 9 Uhr durchgeführt wurde, weil der Fangkorb voll war. Er enthielt etwa 1000 Exemplare, die seit dem Vortage um 10.15 Uhr, also bei Tageslicht und Dunkelheit aufgestiegen waren. Eine Kontrolle um 12.15 Uhr, das heißt reichlich drei Stunden später und bei Tageslicht, ergab noch einmal etwa 1000 Neunaugen. Danach scheint während der Hauptaufstiegsphase das Tageslicht als hemmender Faktor überwunden zu werden. Allerdings ist hierbei fraglich, ob sich die Neunaugen in dem recht engen Aalpaß nicht so weit gestaut hatten, daß sie nach Entleerung des Fanggerätes in den freien Raum nachdrängten.

Abhängigkeit vom Strömungsprofil

Zur Frage, ob Jungaale und Neunaugen sich nach den Strömungslinien des Flusses orientieren, wenn sie flußaufwärts wandern, wurde folgendes Experiment angestellt: Der dem Aalpaß am rechten Elbufer nächstgelegene Wehrsektor 4 (Abb. 1) wurde vom 23. bis 25. September und vom 29. September bis 1. Oktober 1966, also jeweils 3 Tage geschlossen. Hierdurch mündete der Aalpaß am rechten Ufer während dieser Tage praktisch in eine strömungsarme Seitenbucht. Es bestand also vorübergehend eine ähnliche Abflusssituation wie bei dem Fischpaß an der anderen Seite der Elbe ständig (FRIES & TESCH 1965). Wie aus Abbildung 2 hervorgeht, war der Erfolg dieser Änderung des Strömungsprofils, daß an den ersten drei Tagen mit geschlossenem 4. Sektor der Neunaugenaufstieg praktisch aufhörte. Bei wieder geöffnetem Wehrsektor wurde dann die höchste Aufstiegsquote dieser Aufstiegsperiode überhaupt registriert. An den zweiten 3 Tagen mit geschlossenem 4. Wehrsektor, also während des Abflauens der Aufstiegs mengen, wurde während der beiden durchgeführten Kontrollen nur ein Neunauge registriert. An den folgenden beiden Tagen mit wieder geöffnetem 4. Wehrsektor fanden leider keine Kontrollen statt und am 3. Tag (4. Oktober) waren die Aufstiegs mengen bereits so weit zurückgegangen, daß nur noch wenige Neunaugen gefangen werden konnten.

Dieses Ergebnis zeigt, daß die Neunaugen während ihrer flußaufwärts gerichteten Wanderung das Strömungsgebiet des Flusses nicht verlassen, um im stagnierenden Wasser in Seitenbuchten nach anderen Aufstiegs möglichkeiten zu suchen. Es ist außerdem zu vermuten, daß sie die zu starke Strömung der zentralen Flußabschnitte mit 3 m/sec Fließgeschwindigkeit und mehr ebenfalls meiden (FRIES & TESCH 1965). Hierzu liefern Angaben von APSTEIN (1895) eine gewisse Bestätigung. Es ist aus früheren Jahrzehnten bekannt, daß die speziell auf Neunaugen fischenden Hamenfischer der Unterelbe ihren Hamen im Strom in unmittelbarer Nähe der Bühnenköpfe stellten. Die besten Fangplätze hatten nämlich solche Geräte, die den Bühnenköpfen am nächsten standen; zur Flußmitte hin waren die Fänge geringer. Hierzu gibt APSTEIN (1895) eine Aufstellung, die den Fang der üblicherweise 9 nebeneinanderstehenden

Neunaugenhamen zu je 3 nebeneinanderstehenden Geräten wiedergibt (Tab. 3). Es geht hieraus hervor, daß die am weitesten in Flußmitte hineinragenden Hamen in beiden Untersuchungsjahren am wenigsten fingen.

Tabelle 3

Neunaugenfang in der Unterelbe von etwa 30 Hamen, die unterschiedlich weit in den Fluß hineinstanden (nach APSTEIN 1895)

Fangplatz	Anzahl der Neunaugen	
	1894	1895
(a) Unmittelbar am Bühnenkopf	12 840	26 700
(b) etwas weiter vom Ufer entfernt als (a), daran anschließend	9 000	32 460
(c) bis zu 50 m vom Bühnenkopf entfernt, am weitesten in den Fluß hineinragend	6 000	21 000

Für den Jungaal ließ sich eine derartige Abhängigkeit vom Strömungsprofil nicht nachweisen (Abb. 2). Sollte sie dennoch bestehen, so wird die Aufstiegsaktivität stark durch den Einfluß der Temperatur überdeckt. Der noch ständig wanderungsaktive Jungaal (TESCH 1966) steht in seinem Verhalten vermutlich sehr im Gegensatz zu dem älteren, mehr stationären Aal, der nur zeitweise und unter bestimmten hydrographischen Bedingungen flußaufwärts wandert (FRIES & TESCH 1965, TESCH 1966b).

Quappenaufstieg

Die Anzahl der pro Tag im Kontrollkorb des Fischpasses am linken Elbufer in den Spätherbstmonaten 1964 bis 1966 gefangenen Quappen zeigt Abbildung 6. Die Wassertemperatur, bei der die ersten nennenswerten Quappenmengen aufstiegen, betrug 1964 am 7. November 7,5° C (Abb. 6a). 1966 wurden mehrere Quappen schon bei 13,3° C registriert (Abb. 6c). Jedoch stiegen größere Mengen erst 3 Wochen später, am 11. November bei 6,3° C, auf. 1965 konnte der Aufstiegsbeginn infolge Behinderung durch frühzeitigen Eisgang nicht ermittelt werden. Bei niedrigen Temperaturen von 0 bis 2° C, wie am 2., 3. und 4. Dezember 1965 und am 25. und 28. November, setzte der Quappenaufstieg völlig aus. Die wenigen zur Verfügung stehenden Daten weisen also daraufhin, daß die Quappenwanderung in dem untersuchten Elbabschnitt vornehmlich bei Temperaturen zwischen 7° und 2° C stattfindet. Der Hauptquappengang der Berufsfischer findet nach KOOPS (1959) in den Monaten November und Dezember statt. Die in der vorliegenden Arbeit für den Aufstieg ermittelten Wassertemperaturen entsprechen also dem Bild, wie es von der Fangstatistik her bekannt ist.

Weitere Faktoren, die die Wanderungsaktivität beeinflussen könnten, sind die abfließenden Wassermengen des Flusses sowie die Tide. Sie wurden deshalb in das Säulendiagramm (Abb. 6) mit eingezeichnet. Hierbei scheint der Elbeabfluß ohne wesentliche Bedeutung zu sein. Eine ganz erhebliche Abhängigkeit besteht jedoch von den Tidehochwasserständen. Überdurchschnittlich hohe Fänge traten fast ausschließlich bei Sturmfluten, also sehr hohen Wasserständen, auf. Beispiele hierfür sind der 25. No-

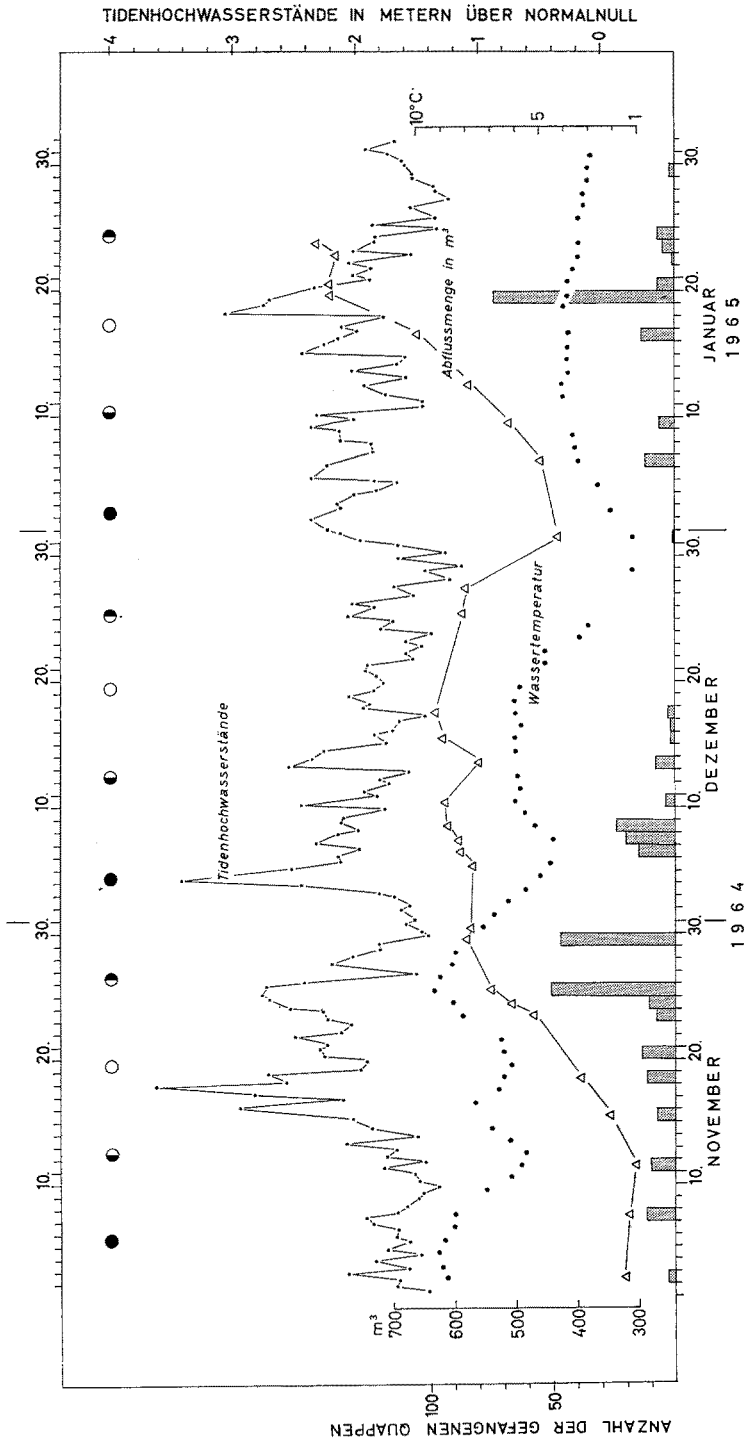


Abb. 6a: Anzahl der pro Tag im Fischepaß des Stauwehres Geesthacht 1964/65 gefangenen Quappen sowie Wassertemperatur bei Hohnstorf (nach F. LUCHT: „Qualitative Untersuchungen des Elbewassers“ der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Hamburg), Abfluß der Elbe am Stauwehr und Tidehochwasserstand bei Bunthaus (nach Angaben der Hamburger Behörde „Strom- und Hafenaubau“)

vember 1964, 19. Januar und 18. Dezember 1965, 16. und 30. November, 3. und 20. Dezember 1966. In zwei weiteren Fällen konnte der Kontrollkorb infolge extrem hoher Sturmfluten nicht eingesetzt werden (10./11. Dezember 1965 und 1. Dezember 1966), die Fänge danach waren aber ebenfalls noch relativ hoch. Nur in 4 der insgesamt 7 sicheren Fälle lag die Sturmflut im Zeitraum der Springtide, so daß die Mond-

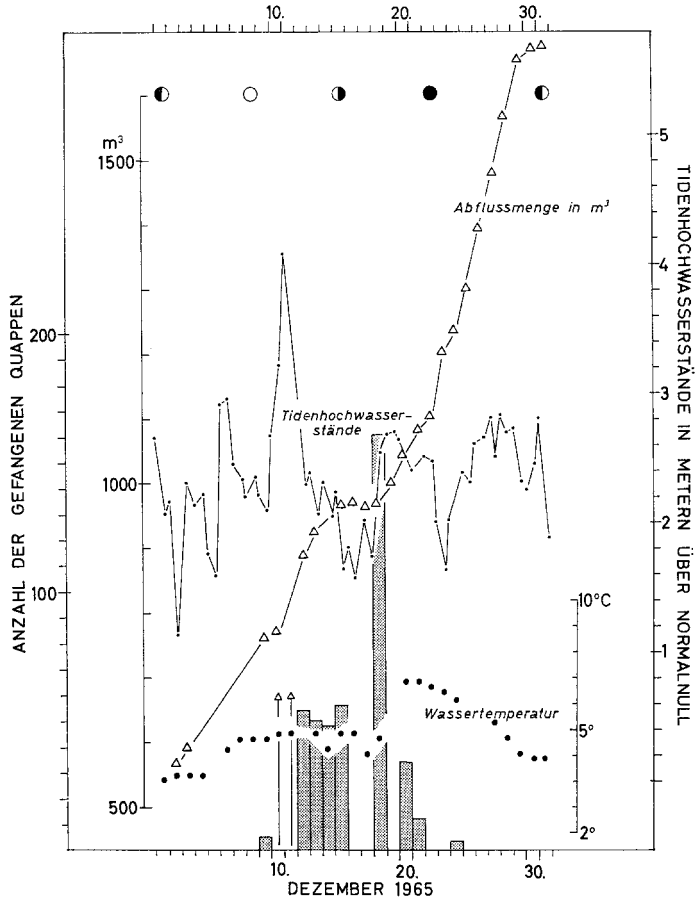


Abb. 6b: Anzahl der pro Tag im Fischpaß des Stauwehres Geesthacht 1965 gefangenen Quappen (weitere Angaben siehe Abb. 6a). Pfeile zeigen, daß Fische entweichen konnten

phase beziehungsweise die davon abhängigen Perioden der Spring- und Nipptide nicht die Hauptursache der erhöhten Konzentrationen von wandernden Quappen gewesen sein können. Die verstärkten Wanderungen bei Geesthacht wurden also vermutlich überwiegend durch rein hydrographische Faktoren ausgelöst.

Die vorliegenden Beobachtungsergebnisse reichen nicht aus, um Rückschlüsse auf die tagesperiodische Aktivität zu ziehen. Während 1965 in einem Falle in 19stündigem Tag-Nachteinsatz annähernd 3 Quappen pro Stunde und an 3 Stunden bei Tageslicht

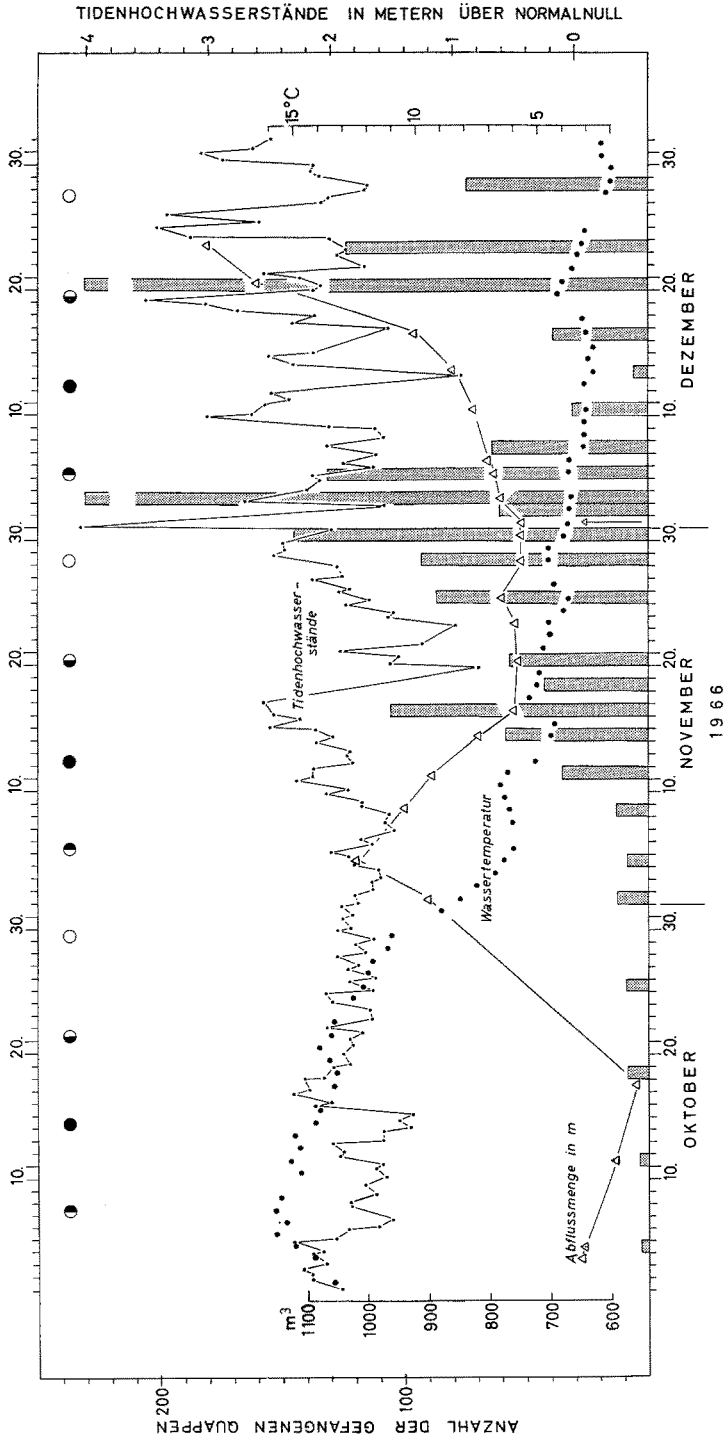


Abb. 6c: Anzahl der pro Tag im Fischpaß des Stauwehres Geesthacht 1966 gefangenen Quappen (weitere Angaben siehe Abb. 6a und b)

keine Quappen registriert wurden, erbrachte ein Einsatz im Jahre 1966 bei Nacht knapp 1 Exemplar, bei Tage aber fast 7 Quappen pro Stunde. Finnische Untersuchungen außerhalb der Laichperiode (WIKGREN 1956) zeigten im Aquariumexperiment eine erhöhte Aktivität vornehmlich bei Sonnenaufgang und Sonnenuntergang sowie nach Mitternacht. Bei den Fischern ist die Quappe als nachtaktives Tier bekannt.

DISKUSSION

Die Aufstiegsbeobachtungen an Neunaugen in Geesthacht ließen vermuten, daß eine Gleichzeitigkeit bestimmter Mondphasen und der Quantität der an dieser Stelle durchziehenden Neunaugen besteht. Da nur zwei Beobachtungen noch keine bindenden Rückschlüsse zulassen, wurde untersucht, ob auch bei den Fängen der Berufsfischer im Elbe-Ästuar eine der Lunarperiode gleichgerichtete Periodizität besteht. Dies ist offensichtlich der Fall. Die Aufstiegsmaxima kurz vor Vollmond sind deshalb sicherlich kein Zufall.

Hierbei erhebt sich die Frage, warum die in der Unterelbe recht häufigen Maxima in Geesthacht am rechten Elbeufer relativ selten in Erscheinung treten. Dies kann auf verschiedene Weise erklärt werden: (1) Ein großer Teil der Neunaugen aus dem Ästuar steigt am linken Elbeufer auf und wird durch den weitmaschigen Fangkorb des Fischpasses am linken Elbeufer bei Geesthacht nicht erfaßt. (2) Ein großer Teil wandert in Nebenflüsse der Elbe, die unterhalb von Geesthacht einmünden (z. B. Oste, Este, Seeve, Ilmenau, Alster). Dafür, daß bei den Kontrollen in Geesthacht nicht zu viel Neunaugen übersehen wurden, spricht die Tatsache, daß auch die Fischer oberhalb Hamburgs und Lauenburgs bei weitem nicht so zahlreich und häufig Neunaugen fangen wie die Hamenfischer im Mündungsgebiet der Elbe.

Eine weitere Frage ist, ob die periodisch erhöhten Fänge ein Zeichen aktuell gestiegener oder bereits zu einem früheren Zeitpunkt begonnener erhöhter Aktivität sind. Es wäre denkbar, daß die in Geesthacht nur so kurzzeitig gefangenen Neunaugen Individuen eines Schwarmes waren, der sich auf der Wanderung ohne zwischenzeitliche Inaktivität vom Ästuar zu den Laichgebieten befand. Die in Geesthacht beobachtete Periodizität wäre dann nur die Folge einer bereits im Ästuar periodisch einsetzenden Aktivität, die später außer bei Tage nicht mehr durch inaktive Phasen unterbrochen wird. Es ist also fraglich, ob sämtliche Neunaugen der Elbe nach dem Abflauen der Fänge in Geesthacht ihre Wanderung unterbrachen und daher nicht mehr im Aalpaß registriert wurden, oder ob sie als Schwarm diese Stelle passiert hatten und daher nur ein paar Tage zu beobachten waren. Da die Fangmaxima in der Unterelbe vermutlich etwa 4 Tage nach Voll- oder Neumond, in Geesthacht aber 2 Tage davor liegen, besteht keine Gleichzeitigkeit. Es ist deshalb anzunehmen, daß es sich in Geesthacht um durchziehende Laichschwärme gehandelt hat, deren Aktivität bereits in der Unterelbe begann und danach, außer bei Tage, nicht unterbrochen wurde. Die etwa 100 km lange Strecke hätten die Neunaugen danach in knapp 10 Tagen zurückgelegt. Das entspräche bei überwiegend nächtlicher Wanderung einer Mindestgeschwindigkeit von etwa 0,8 km/h über Grund, was im Bereich des Möglichen liegt. Dafür, daß nur

ein Schwarm den Fischpaß in Geesthacht passierte, spricht auch die Tatsache, daß sich die kurzen Aufstiegsmaxima nicht 2- oder 4wöchentlich wiederholten.

Eine Interpretation, die den Aktivitätsbeginn im Ästuar annimmt, setzt allerdings voraus, daß auch die periodisch erhöhten Fänge in der Unterelbe durch Aktivitätsmaxima der Neunaugen hervorgerufen wurden. Es wäre auch möglich, daß die größeren Fänge der Hamen allein durch die erhöhten Strömungen oder höhere Wasserstände der zu dieser Zeit gerade auftretenden Springtide zustande kämen. Dies schloße dann allerdings eine Periodizität außerhalb des Flutstrombereiches, also auch an der Staustufe Geesthacht, aus; die beiden lunarperiodisch gleichzeitigen Fänge in Geesthacht wären dann nur zufällig zur gleichen Zeit aufgetreten. Die Duplizität des lunaren Rhythmus bei der Wanderung des Neunauges sowohl im Ästuar als auch vermutlich weiter flußaufwärts machen es jedoch unwahrscheinlich, daß hier nur hydrographische Einflüsse gewirkt haben.

Eine russische Arbeit weist ebenfalls daraufhin, daß lunare Einflüsse eine Rolle spielten. An der Ostseeküste Lettlands wurde festgestellt, daß bei Mondschein weniger Neunaugen gefangen wurden als in mondlosen Nächten (RYAPOLOWA 1964). Möglicherweise ist die Neunaugenwanderung in den Zuflüssen der Ostsee nicht so sehr vom Mondlicht wie von anderen lunaren Einflüssen abhängig. Gezeiteneinwirkungen erscheinen in der Ostsee ausgeschlossen.

Umfangreiche Untersuchungen über die Wanderungen von Neunaugen wurden an *Petromyzon marinus* der großen Seen Nordamerikas durchgeführt. Der Laichaufstieg dieser Art findet im Frühjahr statt und ist im Gegensatz zu *Lampetra fluviatilis* ausgesprochen temperaturabhängig (APPLEGATE 1950). Die amerikanischen Untersuchungen sowie die erwähnte russische Arbeit an *Lampetra fluviatilis* haben jedoch außerdem ergeben, daß der Aufstieg bei Nacht stattfindet. Aquarienexperimente über die Aktivität von *Lampetra fluviatilis* während der Herbstwanderung zeigten, daß die Tiere hauptsächlich bei Nacht und zu einem geringeren Teil nochmals in den Morgenstunden aktiv waren (WIKGREN 1954). Dies sind Bestätigungen für die etwas unsicheren Ergebnisse in der Elbe, die ebenfalls zeigten, daß *Lampetra fluviatilis* bei Nacht wandert.

Daß lunarperiodisch abhängige Reaktionen bei Wassertieren möglich sind, haben Untersuchungen an dem Gastropoden *Nassarius obsoletus* ergeben (BARNWELL & BROWN 1964, GAUQUELIN 1966). Diese Schnecke war in ihrer Richtungswahl vom magnetischen Feld abhängig und zeigte einen Orientierungsrhythmus, der sich an die Perioden der Mond-Sonnen-Konstellation anlehnte, welche ebenfalls bestimmte Variationen des erdmagnetischen Feldes hervorruft. Darüber hinaus wies auch der Metabolismus der Schnecke, gemessen am Sauerstoffverbrauch, eine mondperiodische Abhängigkeit auf.

Für die Quappe haben die Untersuchungen ergeben, daß erhöhte Fänge bei extremen Tidehochwasserständen auftraten. Es ist auch hier nicht sicher, ob die erhöhten Fänge als Zeichen aktuell gestiegener Wanderaktivität zu werten sind. Das vermehrte Eintreffen von Quappen am Stauwehr Geesthacht bei Sturmfluten läßt folgende verschiedene Erklärungen zu: (1) Durch den stärkeren und häufig bis fast nach Geesthacht reichenden Flutstrom wird der Quappe, die ein relativ schlechter Schwimmer ist, der Aufstieg erleichtert. Sie wird möglicherweise passiv flußaufwärts verfrachtet. Erhöhte

Aktivität des Individuums ist dann nicht notwendig. (2) Die Elbe ufert aus und überstaut die Buhnen, so daß der Quappe der Aufstiegsweg am Ufer erleichtert wird. Erhöhte Aktivität ist ebenfalls nicht erforderlich. (3) Die Zone erhöhten Salzgehaltes verlagert sich weit flußaufwärts, was für die Quappe ein stärkerer Anreiz sein könnte, flußaufwärts, also in die Zonen geringeren Salzgehaltes zu wandern, erhöhte Aktivität ist notwendig. (4) Verstärkte Trübung und höherer Wasserstand gewähren der im allgemeinen nächtlich wandernden Quappe Lichtschutz, so daß die bei Tageslicht zu beobachtende Inaktivität aufgehoben wird. (5) Meteorologische Einflüsse spielen eine Rolle, welche die Quappe zu stärkerer Aktivität anreizen. Sturmfluten werden durch zyklonales Wetter mit starken Depressionen herbeigeführt, die eventuell einen Einfluß haben könnten.

Es ist also bei der Quappe besonders schwierig, die höheren Fänge zu deuten. Möglicherweise wirken mehrere Faktoren gleichzeitig. Eine Analyse wäre deshalb auch experimentell vermutlich schwierig durchzuführen.

Bei den Untersuchungen über die eventuellen Aufstiegswege von Neunaugen und Aal waren die Ergebnisse recht unterschiedlich. Danach orientiert sich das Neunauge am Rande der Strömung des Flusses, d. h. es meidet vermutlich die starke Strömung der Flußmitte und weicht außerdem nicht in Stillwasserbezirke aus, was eine Verzögerung der verhältnismäßig aktiv erscheinenden Wanderung bedeuten würde. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen FRIES & TESCH (1965) für zahlreiche andere Fischarten, bei denen sie mit anderen Fangmethoden den jeweiligen Standort der Fische ermittelten. Gleiche Rückschlüsse lassen auch Untersuchungen über den Lachsaufstieg an einem Staudamm der pazifischen Küste Nordamerikas zu (FRENCH & WHALE 1966).

Die Jungaale verhielten sich vermutlich anders als die Neunaugen. Sie stiegen auch dann auf, wenn der Aalpaß in eine ruhige Bucht mündete. Das bedeutet also, daß sie sich nicht am Rande der Hauptströmung aufhielten und dort ohne Erfolg weiter gegen die zu starke Strömung anschwammen, sondern möglicherweise durch Umherschwimmen und auch zeitweises Ruhen (mit Freßpausen) in der verhältnismäßig ruhigen Bucht den geringen Einstrom des Aalpasses in das Unterwasser fanden. Diese Verhaltensweise entspricht dem Wandertypus des Jungaales nach der Pigmentierung. Die hier untersuchten Aale hatten dieses Stadium ein halbes bis sicherlich mindestens drei Jahre hinter sich, ohne die flußaufwärts gerichtete Wanderung aufgegeben zu haben. Hierbei waren sie während der ganzen Zeit aber nur eine höchstens 100 km lange Flußstrecke weitergekommen, die von den Neunaugen als hochaktivem Wandertypus sicherlich in wenigen Tagen oder Wochen überwunden wurde.

Die sehr aktive, streng auf starke Strömung ausgerichtete Wanderung des Neunauges ist auch dadurch gekennzeichnet, daß Temperaturunterschiede in weiten Bereichen anscheinend eine geringe Rolle spielen. Der Aal wird dagegen schon bei geringen Temperaturerniedrigungen inaktiv.

Nach diesen und früheren Untersuchungen (TESCH 1965b, FRIES & TESCH 1965) kann bei den im Strom wandernden Fischen mindestens zwischen 3 Typen unterschieden werden: (1) der an der starken Strömung orientierte, nur mit geringen Unterbrechungen aktiv wandernde Fisch wie zum Beispiel *Lampetra fluviatilis*, die Salmoniden und vielleicht auch *Lota lota* und der ältere bereits überwiegend stationäre Aal bei geringen Veränderungen seines Standortes; (2) an der Uferlinie, vermutlich durch den

Horizont orientierte Fische, die ständig aktiv und nur mit geringen Unterbrechungen wandern wie beispielsweise der Glasaal in seinen ersten Pigmentierungsstadien; (3) wenig aktive Wanderer, die sich unter anderem auch nach geringen Strömungseinflüssen orientieren wie zum Beispiel der pigmentierte Jungaal.

Dies zeigt, daß allein der Aal während verschiedener Entwicklungsabschnitte 3 unterschiedliche Orientierungs- und Verhaltensweisen zeigt. Wird außerdem die Verhaltensweise des unpigmentierten Glasaales im Tidestrom berücksichtigt (CREUTZBERG 1961, TESCH 1965) sowie das Verhalten auf der Laichwanderung befindlicher Aale, so kann sogar zwischen mindestens 5 Verhaltens- und Orientierungsweisen des Aales bei der Wanderung in Fluß- und Gezeitenstrom unterschieden werden.

ZUSAMMENFASSUNG

1. Durch Kontrollfänge in den Fischeaufstiegseinrichtungen des Elbe-Stauwehres Geesthacht wurde ermittelt, welche Umweltfaktoren den Aufstieg der Wanderfischarten aus dem Elbeästuar beeinflussen.
2. Zu den Laichplätzen im Mittellauf der Elbe wandernde Neunaugen, *Lampetra fluviatilis* (L.), passierten Ende September 1966 an wenigen aufeinanderfolgenden Tagen in relativ großer Individuenzahl das Wehr. Ein ähnlicher Aufstieg wurde 1960 Anfang Dezember beobachtet (MANN 1961). Beide Male erschienen die Fische in maximaler Häufigkeit 1 bis 3 Tage vor Vollmond. Eine Abhängigkeit von irgendwelchen hydrographischen Faktoren konnte in Geesthacht nicht ermittelt werden. Die Wanderungen scheinen überwiegend bei Nacht stattzufinden.
3. Eine Auswertung der Anlandungen von *Lampetra fluviatilis* beim Hamburger Seefischmarkt ergab, daß Fangmaxima etwa 4 Tage nach Voll- und Neumond auftraten. Es wird daher angenommen, daß eine mondperiodische Abhängigkeit des Aktivitätsbeginnes der Laichwanderung im Ästuar besteht, die nur bei Tage unterbrochen wird. Die Mondphasengleichheit 100 km weiter elbaufwärts in Geesthacht ist dann eine Auswirkung dieses Aktivitätsbeginnes.
4. Die Untersuchungen über den Häufigkeitsablauf der Wanderung von Jungaalen, *Anguilla anguilla* (L.), bestätigte, daß eine ausgesprochene Temperaturabhängigkeit der Wanderaktivität besteht. Am Tage ist die Aktivität der untersuchten Entwicklungsstadien gering.
5. Die Quappe *Lota lota* (L.), passierte das Stauwehr Geesthacht bei ihrer Wanderung zu den Laichplätzen im Mittellauf der Elbe in besonders großer Anzahl bei extrem hohen Tidehochwasserständen, wobei verschiedene hydrographische und meteorologische Faktoren auslösend gewirkt haben können. Erhöhte Fangmengen müssen nicht unbedingt durch erhöhte Aktivität bedingt sein. Die Wanderungen fanden vornehmlich bei Temperaturen zwischen + 2 und + 7° C statt.
6. Bei Veränderung des Abflußquerschnittes der Elbe an den Wehrsektoren in Geesthacht wurde der Aufstieg von *Lampetra fluviatilis* erheblich beeinflußt. Hieraus und aus früheren Untersuchungen geht hervor, daß *Lampetra fluviatilis* am Rande des Hauptstromes aufsteigt und nicht wie *Anguilla anguilla* in stagnierende Seitenbuchten ausweicht.

7. Die untersuchten Entwicklungsstadien pigmentierter Jungaale weichen während ihrer Wanderung erheblich von der Orientierung- und Verhaltensweise der jüngeren Glasaale und der mehr stationären, älteren, nur gelegentlich wandernden Aaale ab.

Die Arbeit wurde mit finanzieller Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft sowie des Niedersächsischen Kultusministeriums (aus Mitteln des Zahlenlotos) durchgeführt. Technische Hilfe leistete das Wasser- und Schiffsamt Lauenburg/Elbe. Allen Genannten sei an dieser Stelle freundlichst gedankt.

ZITIERTE LITERATUR

- APPLEGATE, V. C., 1950. Natural history of the sea lamprey, *Petromyzon marinus*, in Michigan. *Spec. scient. Rep. U.S. Fish Wildl. Serv.* **61**, 1–49.
- APSTEIN, C., 1895. Berichte über die im Auftrag des Deutschen Seefischerei-Vereins unternommenen Untersuchung der Steerthamen in der Unterelbe. (Unveröff. Gutachten.)
- BAHR, K., 1952. Beiträge zur Biologie des Flußneunauges, *Petromyzon fluviatilis* L. (Lebensraum und Ernährung). *Zool. Jb. (Syst. Ökol. Geogr. Tiere)* **81**, 408–436.
- BARNWELL, F. H. & BROWN, F. A., 1964. Responses of planarians and snails. In: Biological effects of magnetic fields. Ed. by M. F. Barnothy. Plenum pr., New York, 263–278.
- CREUTZBERG, F., 1961. On the orientation of migrating elvers (*Anguilla vulgaris* TURT.) in a tidal area. *Neth. J. Sea Res.* **1**, 257–338.
- FRENCH, R. R., & WHALE, R. I., 1966. Study of loss and delay of salmon passing Rock Island Dam, Columbia River, 1954–56. *Fishery Bull. Fish Wildl. Serv. U.S.* **65**, 339–368.
- FRIES, G. & TESCH, F. W., 1965. Aufenthalt der Fische im Bereich von Stauwehren. *Schweiz. Z. Hydrol.* **27**, 257–272.
- GAUQUELIN, M., 1966. Effets biologiques des champs magnétiques. *Année biol.* **5**, 595–611.
- IMAM, A. K. E. S., LÜHMANN, M. & MANN, H., 1958. Über Neunaugen und Neunaugenfischerei in der Elbe. *Fischwirt* **8**, 249–260.
- JENS, G., 1952, 1953. Über den lunaren Rhythmus der Blankaalwanderung. *Arch. FischWiss.* **4**, 94–110.
- KOOPS, H., 1959. Der Quappenbestand der Elbe. Untersuchungen über die Biologie und die fischereiliche Bedeutung der Aalquappe (*Lota lota* [L.]) im Hinblick auf die Auswirkungen des im Bau befindlichen Elbstaus bei Geesthacht. *Kurze Mitt. Inst. FischBiol. Univ. Hamb.* **9**, 1–60.
- MANN, H., 1961. Der Aalaufstieg in der Aalleiter an der Staustufe Geesthacht. *Fischwirt* **11**, 69–74.
- 1963. Beobachtungen über den Aalaufstieg in der Aalleiter an der Staustufe Geesthacht im Jahre 1961. *Fischwirt* **13**, 182–186.
- RYAPOLOVA, N. I., 1964. On the migration patterns of the river lamprey, *Lampetra fluviatilis* L. in Latvian rivers. *Trudy molod. Učenyh. Vses. naučno-issled. Inst. morsk. ryb. Choz. Okeanogr.*, 66–69. (Biol. Abstr. **47** [18]: 85726. 1966 [Abstr.].)
- TESCH, F. W., 1965a. Echographenaufzeichnungen in Fischpässen zur Untersuchung der Wanderaktivität von Fischen. *Arch. FischWiss.* **15**, 186–193.
- 1965b. Verhalten der Glasaale (*Anguilla anguilla*) bei ihrer Wanderung in den Ästuarien deutscher Nordseeflüsse. *Helgoländer wiss. Meeresunters.* **12**, 404–419.
- 1966a. Der Einfluß der Weserstauwehre auf die Aalwanderung. *Fischwirt* **16**, 29–37.
- 1966b. Die Wanderung markierter Aale in der Elbe bei Hochwasser und der Einfluß der Staustufe Geesthacht. *Wass. Boden* **18**, 433–437.
- WIKGREN, B. J., 1954. Dygnsrhythmen hos nejonögat (*Petromyzon fluviatilis* L.). *Memo. Soc. Fauna Flora fenn.* **29**, 24–27.
- 1956. Daily activity pattern of the Burbot. *Memo. Soc. Fauna Flora fenn.* **31**, 91–97.