G. Jens

Aus „ARCHIV FÜR FISCHEREIWISSENSCHAFT“
Band 4, 1952/53

Aus dem Institut für Fischereiwissenschaft der Universität Hamburg
(Dir. Prof. Dr. med. et phil. A. Willer †)

Über den lunaren Rhythmus der Blankaalwanderung[1])

Von

G. Jens

mit einer Tafel und 11 Abb.

A. Einleitung

Die belebte Natur wird von mannigfachen Rhythmen beherrscht, die vielfach in ursächlichem Zusammenhang mit der Erdrotation (Wechsel von Tag und Nacht) und mit dem Lauf der Erde um die Sonne bei geneigter Erdachse (Aufeinanderfolge der Jahreszeiten) stehen. Schon vor der Jahrhundertwende wurde die Aufmerksamkeit der Wissenschaft auch auf biologische Phänomene gelenkt, die eine Abhängigkeit von den Mondphasen, also einen lunaren Rhythmus, erkennen ließen. Es sei hier nur an das berühmte Palolo-Phänomen erinnert, im übrigen hat Caspers (3) zusammen mit neuen eigenen Ergebnissen einen gründlichen Überblick über das auf diesem Gebiet bisher Geleistete gegeben.

Hier und da wurden auch Untersuchungen über die Abhängigkeit gewisser Lebenserscheinungen der Fische von den Mondphasen durchgeführt. Von diesen Arbeiten mögen einige genannt werden: Hübner (7) brachte schon 1887 die Schwankungen der Fisch-, insbesondere der Aalfangmengen mit den Mondphasen in Zusammenhang. Savage und Hodgson (10) arbeiteten

[1]) Dem Andenken von Regierungs-Fischereirat Dr. Artur Wiese.

über den lunaren Einfluß auf die ostenglische Heringsfischerei, Meyer (9) wies für die Blankaalwanderung längs der Rügenküste erstmals eine lunare Periodizität nach, Frost (6) behandelt die Mondphasenabhängigkeit des Blankaalzuges im River Bann und schließlich ist zur Zeit von Knöpp (8) eine Arbeit über die Blankaalwanderung im Rhein und deren Abhängigkeit von „planetarisch-tellurischen" Einflüssen erschienen[2]).

*

Hier soll nunmehr die Abhängigkeit der Blankaalwanderung von äußeren Faktoren einer neuen Untersuchung unterzogen werden. Nebst einer Betrachtung des Pegeleinflusses wird das Hauptaugenmerk auf die Abhängigkeit „vom Monde" zu richten sein.

Der Blankaal, also der Aal, der in das Stadium der beginnenden Geschlechtsreife getreten ist und stromabwärts dem Meere entgegen wandert, ist im Maß seiner Wanderstimmigkeit von verschiedenen Umweltfaktoren abhängig. Der unterschiedliche Grad der Wanderstimmigkeit offenbart sich dadurch, daß von der Masse der abwanderbereiten Tiere jeweils ein mehr oder weniger großer Teil auf der Wanderung begriffen ist. Gelingt es, im Strom quantitative Fänge durchzuführen, dann ist die jeweilige Fangmenge offenbar ein Maß für die Wanderintensität.

Die Untersuchungsergebnisse, über die hier zu berichten sein wird, gründen sich auf Aalschokkerfängen. Die Aalschokkerfischerei ist eine Fischereiform, die speziell auf dem Rhein ausgeübt wird. Sie ist in hohem Maße geeignet, die Voraussetzungen quantitativen Fangens zu erfüllen.

Die Aalschokker sind kutterähnliche Fahrzeuge. Auf (meistens nur) einer Seite des Schiffes kann das Netz, die Kuile, ausgebracht werden. Während des Fangens liegt der Schokker verankert im Strom. An demselben Anker hängt auch das Netz, dessen Maul, ebenso wie der Bug des Fangfahrzeuges, stromaufwärts gerichtet ist. Mit Hilfe verschiedener zum Anker und zum Ufer verlaufender Drahtseile kann der Schokker an einer beliebigen Stelle der Strombreite festgelegt werden. Die Strömung läuft durch das Netz und der abwärts wandernde Aal geht mit der Strömung in das Netz hinein und wird im reusenähnlichen Schlußnetz (Fuke) zurückgehalten. Auf Grund der weitgehenden Standardisierung der Fanggeräte (Netzlänge etwa 30 m, Mauloffnung etwa 6 × 10 m) können die Fänge der einzelnen Fischer leicht miteinander verglichen und Aussagen über die Ergiebigkeit der einzelnen Fangplätze gemacht werden. Es kann weiterhin festgestellt werden, ob eine Zunahme oder Abnahme der Fangerträge nur örtlich bedingt oder über eine größere Stromstrecke zu verzeichnen ist. Wenn die Zu- und Abnahmen auf den verschiedenen Fangplätzen übereinstimmend auftreten, so können, wenn nicht gar schon auf Grund der verschieden großen Fänge eines Fischers, so doch sicherlich auf Grund derer mehrerer Fischer Aussagen über die Intensität der Aalabwanderung im Strome gemacht werden.

Man kann nunmehr das im Zeitablauf variable Maß der Wanderintensität in Beziehung zu ebenfalls im Zeitablauf variablen Faktoren setzen und untersuchen, inwieweit die Wanderintensität eine Abhängigkeit von diesen Faktoren aufweist.

Im folgenden sollen zwei Faktoren diskutiert werden: Der Wasserstand und die Mondphasen.

B. Unterlagen der Untersuchungen

Es stehen die Fangbücher von 5 Schokkern zur Verfügung. Diese Schokker haben auf dem Oberrhein zwischen Maxau und Speyer ihre im wesentlichen festliegenden Fangplätze. Die Fangbuchaufzeichnungen umfassen eine Zeit von 9 Jahren (1938 bis 1944, 1949, 1950).

In dieser Zeit wurden in insgesamt 3 125 Fangnächten über 100 000 Aale gefangen. — Es liegt kein Grund vor, der zu Zweifeln an der Exaktheit und Glaubwürdigkeit der täglichen Aufzeichnungen Anlaß geben könnte. Diese Fangbücher wurden nicht für Behörden angelegt, sondern sie dienen lediglich dem eigenen Interesse der Fischer, die sich von den Aufzeichnungen Hilfen für die Erweiterung ihrer Erfahrung versprechen. Die jeweiligen Fänge wurden nach Stückzahlen verbucht.

[2]) Vgl. auch Jens: Über den Rhythmus der Blankaalwanderung, Ber. Limn. Flußst. Freudenthal IV, 1953.

Ich möchte an dieser Stelle nicht versäumen, den Fischermeistern H. Kuhn II, Leimersheim und K. und K. Richter, Speyer, meinen herzlichen Dank für die Überlassung des umfangreichen Zahlenmaterials auszusprechen.

Zum Zwecke der graphischen Darstellung, die bei Beginn dieser Untersuchungen einen Überblick über die zu erwartenden Ergebnisse erlauben sollte, wurde für jede Nacht der 9 Fangjahre der mittlere Fangertrag pro Schokker errechnet (siehe Abb. 1).

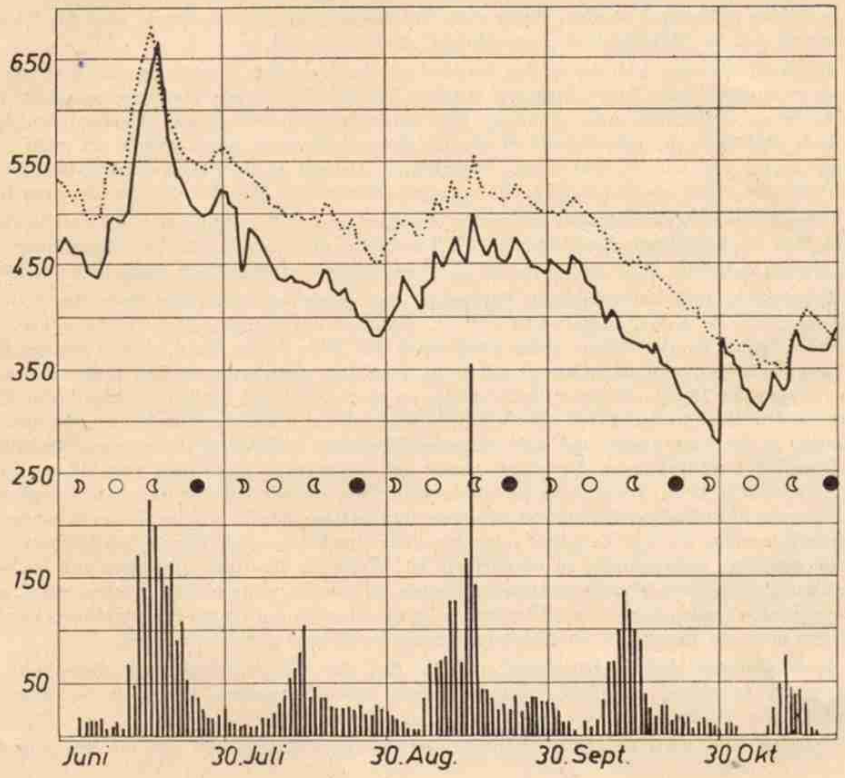


Abb. 1

Aalfänge und Mondphasen 1941. Die Kolumnen stellen durchschnittliche Tagesfänge aller Schokker in Stückzahlen dar. Über den Mondphasen sind die täglichen Pegelstände der Orte Maxau (....) und Speyer (——) aufgetragen.

Auf Grund gebotener Beschränkung kann hier nur ein Teil einer der 9 Darstellungen gebracht werden. Jede der graphischen Darstellungen umfaßt eine Fangsaison. Auf der Abszisse ist die Zeit, auf der Ordinate die Aalstückzahl pro Nacht und Schokker abgetragen. Die Aalstückzahl stellt das aus den Fängen der 2 bis 5 Schokker errechnete Tagesfangmittel dar.

C. Abhängigkeit der Wanderintensität vom Wasserstand

Die Rheinfischer schätzen ihre Fangaussichten vornehmlich nach den beiden bereits erwähnten Faktoren: Nach dem Pegelstand und nach der Mondphase. Auf letztere soll im nächsten Kapitel eingegangen werden.

Frost (6) gibt an, daß im River Bann (Nord-Irland) steigendes Wasser gleichbedeutend mit steigenden Aalfängen sei. Es ist dies eine Tatsache, die offenbar in allen Strömen beobachtet wird. Frost schreibt wörtlich: "It has long been known, that a good run of eels coincides with a rise in water-level, that frequently the run is best at the start of the rise, and that good catches of eels associated with floods. The Bann fishermen find all this to be so." (Vgl. Abb. 5).

In Abb. 1 sind über den kolumnenförmig dargestellten mittleren Tagesfangmengen die Pegelstände der Orte Maxau und Speyer aufgetragen, also die Pegelstände der beiden Orte, zwischen denen die 5 Schokker gefangen haben. Aus der Betrachtung aller 9 Darstellungen ergibt sich, daß mehr als zwei Drittel von Fangmengen-Gipfeln steigendem Wasser oder Pegel-Gipfeln entsprechen. Das ist eine längst bekannte Tatsache, die hier abermals bestätigt werden kann.

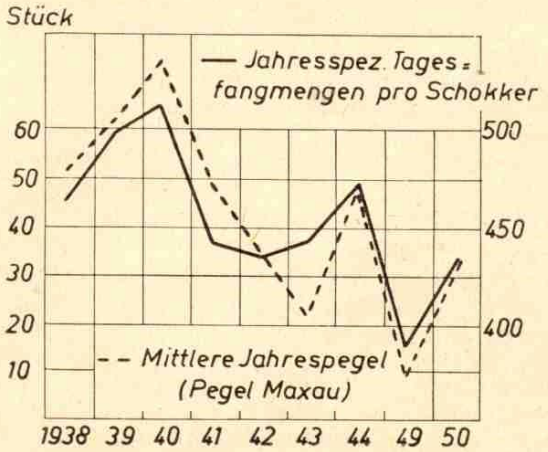
Von den in 9 Jahren von 5 Schokkern angelandeten Aalen waren 39 477 bei steigendem und 54 964 bei fallendem Wasser gefangen worden; umgerechnet auf einen Schokker ergeben sich pro Fangtag im Durchschnitt

bei positiver Pegeltendenz (707 Fangtage) ..... 59 Aale
bei negativer Pegeltendenz (1 739 Fangtage) ..... 32 Aale.

Daraus geht erneut hervor, daß der Aalfang bei steigendem Wasser im allgemeinen ergiebiger ist. Im Einzelfall allerdings kann man sich nicht ohne weiteres vom Wasseranstieg einen höheren Fangertrag versprechen, denn es wirken eben viele Faktoren auf die Intensität der Aalwanderung, teils fördernd, teils hindernd ein. Über die Kombination der Pegeltendenz mit einem anderen Faktor wird später noch zu sprechen sein.

Immerhin gehört nicht nur die Tendenz des Pegels, sondern der Wasserstand überhaupt zu den wesentlichen Einflüssen. Jahre mit extrem niedrigem Wasserstand sind auch Jahre mit sehr geringen Aalfängen. Die Abhängigkeit des Aalfanges und damit der Wanderintensität vom Wasserstand läßt sich bei Vergleich mehrerer Jahre deutlich erkennen (Abb. 2).

Abb. 2



Jahresspezifische Tagesfangmenge pro Schokker im Zusammenhang mit den mittleren Jahrespegeln.

D. Der lunare Rhythmus der Blankaalwanderung

Die Fischer des Oberrheins behaupten, daß nach Vollmond die Wanderintensität der Blankaale jeweils am stärksten werde. Diese Ansicht wird auch von Fischern anderer deutscher Ströme vertreten. Seit der Entdeckung des Palolo-Phänomens und seitdem in neuerer Zeit Zusammenhänge zwischen lunarem und biologischem Geschehen mehrfach wahrscheinlich gemacht werden konnten (3), dürfen derartige Aussagen nicht mehr von vornherein als unglaubwürdig abgetan werden. Ja, es wäre nichts weniger richtig, als diesem scheinbaren Aberglauben mit Aberunglauben entgegenzutreten. — Meyer (9) konnte für die Rügenküste nachweisen, daß der Mond von Einfluß auf die Aalwanderung sein muß, ähnliches soll hier für den Oberrhein unternommen und darüber hinaus der Versuch gemacht werden festzustellen, ob eine strengere Gesetzmäßigkeit zugrunde liegen könnte.

Offenbar sind es vor allem die biologischen Phänomene des sexuellen Bereichs, welche mit lunaren Periodizitäten im Zusammenhang zu stehen scheinen.

Mit dem Einsetzen des Wandertriebes tritt der Aal in ein Stadium, dessen Abschluß durch den Laichakt gekennzeichnet ist. In den Därmen der im Herbst abwandernden Blankaale wird keine Nahrung mehr gefunden, das Freßstadium im Süßwasser, welchem das Stadium der Larvenwanderung voraufgegangen war, ist also abgeschlossen, und die dritte Lebensphase beginnt. Sie ist bestimmt und unterteilt durch zwei Tätigkeiten: Wanderung und Fortpflanzung. — Der Anfang der Wanderung fällt zeitlich etwa mit dem Beginn der geschlechtlichen Reifungsvorgänge zusammen, und es liegt nahe anzunehmen, daß die beginnende stärkere Ausbildung der Gonaden den Wandertrieb zu wecken pflegt. Die Wanderung des Blankaals wäre demnach Ausdruck geschlechtlicher, also wahrscheinlich hormonaler Funktionen. Und wenn ein lunarer Einfluß auf die Wanderintensität bestünde, so wäre er auch im Falle des Aals ein im sexuellen Bereich wirksamer.

Es läßt sich auf Grund der graphischen chronologischen Darstellungen erkennen, daß in der Tat nach Vollmond häufig Fangmengenanstiege zu verzeichnen sind. Oft können diese Anstiege aber mit der positiven Pegeltendenz in Zusammenhang gebracht werden und ein Zusammenhang mit dem lunaren Geschehen deutet sich zwar an, eine Gesetzmäßigkeit läßt sich aus den rein chronologischen Darstellungen indessen nicht ohne weiteres ablesen.

Die Fischer behaupten eine Mondphasenabhängigkeit, also ein rhythmisches Auftreten von Fangmengenanstiegen zu bestimmten Zeiten des synodischen Monats. (Den synodischen Monat bezeichnet man auch als eine Lunation. Ihre Dauer, also die Zeit von einer willkürlich angenommenen Mondphase bis zur nächstfolgenden gleichen, beträgt rund 29,5 Tage). Nimmt man an, „der Mond" sei ein periodisch wirkender Faktor, so muß man über die übrigen Faktoren, welche die Wanderintensität möglicherweise oder in der Tat beeinflussen, wie Wasserstände, meteorologische Gegebenheiten usw. sagen, daß sie unperiodisch wirken. Ein lunarer Rhythmus der Blankaalwanderung kann demnach, wenn er in der Tat vorhanden ist, unter dem stark und unperiodisch wirkenden „Faktor Wasserstand" latent bleiben.

Es galt nun, um der Behauptung der Fischer auf den Grund gehen zu können, eine Darstellungsform zu finden, in der die Auswirkung der unperiodischen Faktoren verdeckt bleiben mußte, ein eventuell vorhandener, der Mondperiode entsprechender Rhythmus aber zutage treten konnte. Die Darstellungsform, die diesen Anforderungen entsprechend konstruiert wurde und die eine typische Phase des rhythmischen Ablaufs umfaßt, wurde „Lunationstypus der Blankaalwanderung" genannt. Er wurde so gewonnen, daß aus allen Fängen, die aus Nächten gleicher Mondelongation stammten,

pro Lunationstag der Mittelwert pro Schokker gebildet wurde. (Die Mondelongation ist der Winkel, den für den Erdbeobachter Sonne und Mond miteinander bilden. Die Elongation ist bei Neumond 0° bzw. 360°, bei Vollmond 180° und in den Quadraturen 90° und 270°).

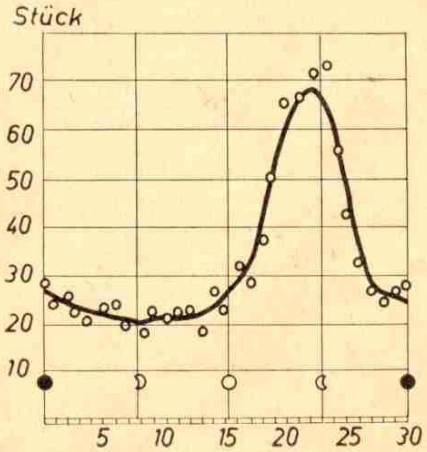
Für die rechnerische Durchführung dieser Arbeit war es vorbereitend erforderlich, die einzelnen Tage der synodischen Monate zu beziffern. Dabei wurde der Vollmondtag als 15. Mondmonatstag festgelegt und alle übrigen Tage, vom Vollmondtag ausgehend, vor- und zurückgezählt. Da die synodischen Monate im Verlaufe eines Jahres einmal kürzer, einmal länger sein können als 29,5 Tage, ergeben sich gewisse Verschiebungen, die aber bei Anwendung eines so einfachen Verfahrens mit in Kauf genommen werden müssen. Wenn man den Vollmondtag als Tag 15 des Lunationsschemas fixiert, können sowohl die Tage —1 bis +1, als auch die Tage 29 und 30 Neumondtage sein. Durch Zusammenfassung, das heißt gemeinsame Mittelbildung der Werte der Tage —1,0 und 30, die sowohl als Anfangs- als auch als Endwert in das Lunationsschema eingesetzt wird, erhält dieses eine zahlenmäßige Gestalt, die der Zeitspanne des synodischen Monats angenähert entspricht.

Die in der beschriebenen Weise für jeden Tag des Mondmonats errechneten mittleren Aalfangmengen pro Schokker sind in Tafel S. 100 aufgeführt und in Abb. 3 graphisch dargestellt worden. Die Tafel enthält außerdem die Aalfangmengen aller entsprechenden Mondmonatstage der 9 Jahre (Spalte II), die Zahl der Fangtage (III) und die Ausgleichswerte (V). Ein Tag, an dem alle 5 Schokker zugleich gefangen haben, gilt in der Berechnung sinngemäß als „5 Fangtage". Die Ausgleichswerte wurden zum Zwecke der Kurvenglättung nach der Methode „c_3" errechnet, die Schilder (11) „zur Zeit für die beste und einfachste Methode zur Beseitigung sachlich ungerechtfertigter Unregelmäßigkeiten im Verlauf von Variationsreihen und Kurven" hält. Die Berechnung geht nach folgender Formel vor sich:

$$c_3 = (a + 2b + 3c + 2d + e) : 9$$

Bereits eine flüchtige Durchsicht der Zahlen in Spalte IV und V der Tafel läßt eine Tendenz erkennen, die in der graphischen Darstellung (Abb. 3) vollends klar hervortritt. Es erscheint in der Ausgleichskurve ein einwandfreier Gipfel bei Tag 22. In der ungeglätteten Kurve, für die nur die jeweiligen Punkte, nicht aber deren Verbindungen

Abb. 3



Mittlere Aalfänge pro Tag und Schokker im Verlauf einer Lunation. Errechnet aus 3125 Fangnächten (Oberrhein).

eingezeichnet wurden, liegt der Gipfel bei Tag 23. Beide Tage können auf Grund der oben angedeuteten Verschiebungen Tage abnehmenden Halbmonds sein.

Von Neumond bis Vollmond liegen die Werte ziemlich niedrig, bei zunehmendem Halbmond deutet sich ein Minimum an, dem bei abnehmendem Halbmond ein Maximum entspricht. Der maximale Ausgleichswert ist fast doppelt so groß wie der Gesamtmittelwert (68,3 : 35,4).

Schilder betont, daß den Unstetigkeiten, die nach Durchführung von Ausgleichsverfahren im Kurvenverlauf bestehenbleiben, „eine tiefere Bedeutung" beizumessen sei. In der Tat scheinen die Merkmale des Kurvenverlaufs dadurch, daß die Werte bei Konjunktion und Opposition des Mondes gleich groß sind und daß dem Minimum bei einer Quadratur das Maximum bei der anderen Quadratur entspricht, Ausdruck einer Gesetzmäßigkeit zu sein.

Jedenfalls dürfte hiernach der Aussage der Oberrheinfischer eine gewisse Berechtigung nicht mehr abzusprechen sein. Und es scheint, als könnte die Aussage dahingehend präzisiert werden, daß nicht allgemein in den Tagen nach Vollmond die Wanderintensität der Blankaale am stärksten sei, sondern im typischen Falle am Tage des abnehmenden Halbmondes.

Summen und Mittelwerte der Aalfänge vom Oberrhein

I	II	III	IV	V
Tag	Summe	aus Tagen	Mittelwert pro Tag	Ausgleichswert
— 1	178	9	19,8	25,9
0	1 544	46	33,6	
+ 1	3 007	124	24,3	25,1
2	3 112	124	25,1	24,0
3	2 601	116	22,4	22,9
4	2 346	114	20,6	22,4
5	2 598	113	23,0	22,2
6	2 408	102	23,6	21,7
7	1 963	98	20,0	21,0
8	1 711	94	18,2	20,3
9	1 888	86	22,0	20,8
10	1 651	79	20,9	21,4
11	1 944	86	22,6	21,7
12	1 734	76	22,8	21,9
13	1 142	63	18,1	22,1
14	1 321	50	26,4	24,1
15	1 411	60	23,5	26,0
16	2 152	68	31,7	29,3
17	2 415	84	28,8	33,2
18	4 104	110	37,3	40,9
19	6 110	120	50,9	50,3
20	8 008	123	65,1	59,9
21	8 512	128	66,5	66,3
22	9 217	129	71,5	68,3
23	9 896	135	73,3	64,8
24	7 768	140	55,5	55,9
25	5 907	138	42,8	45,0
26	4 231	129	32,8	35,5
27	3 486	130	26,8	29,5
28	3 137	125	25,1	26,9
29	2 517	95	26,5	26,1
30	597	31	19,3	25,9
	110 616	3 125	35,4	33,0

(Daß die Auswirkung der unperiodischen Faktoren in der Tat ausgeglichen sein muß, läßt sich dadurch nachweisen, daß die Pegelstände, in das Lunationsschema „hineingerechnet", eine waagerechte Linie ergeben.)

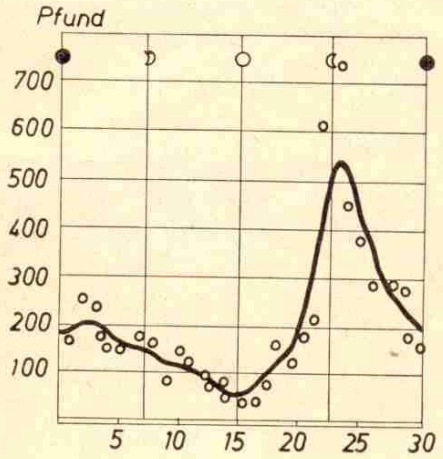
Diese Feststellung wurde abgeleitet von oberrheinischen Verhältnissen. Es ist nun die Frage, ob man annehmen darf, daß auch in den übrigen Teilen des Rheins und in anderen deutschen Strömen die gleichen oder ähnliche Verhältnisse vorliegen. Die Angaben der Oberrheinfischer entbehren im Zusammenhang mit den oben dargestellten Ergebnissen nicht mehr der Glaubwürdigkeit, und es ist nicht einzusehen, warum die gleichlautenden Aussagen der Fischer anderer Gebiete weniger glaubwürdig sein sollten.

Um diese Frage zu überprüfen, wurden die Ergebnisse einer Arbeit von P. F. Meyer (9) herangezogen. Der Autor hat in seiner Arbeit über den Aalfang an der Rügenschen Küste das gesammelte Zahlenmaterial dankenswerterweise mitveröffentlicht und es späteren Untersuchern anheim gestellt, Auswertungen daran vorzunehmen. Von dieser Möglichkeit wurde für die vorliegende Arbeit Gebrauch gemacht.

Meyer hat die Fangerträge der Rügenschen Aalreusen der Jahre 1931 bis 1937 zusammengestellt. Diese Zahlen wurden jetzt im Sinne des oben beschriebenen Lunationsschemas ausgewertet. Es handelt sich hierbei, wenn auch um weniger Zahlen, so doch um erheblich größere Fangmengen als in den Berechnungen für den Oberrhein. Sie sind allerdings nicht in Stückzahlen, sondern in Pfunden angegeben.

Die Ergebnisse der neuen Berechnungen sind aus Abb. 4 ersichtlich.

Abb. 4



Mittlerer Aalfang pro Lunationstag und Reuse an der Rügenküste.

An der Rügenküste treten die Wanderaale in den sogenannten „Wadeln" schubweise auf. Nach Vollmond, meist in der Nacht vor abnehmendem Halbmond, nehmen die Fänge, wie Meyer beschreibt, plötzlich stark zu, um über Neumond bis zum ersten Viertel gewissermaßen wieder „abzuflattern". Dieses periodische Anschwellen tritt namentlich in den Monaten September, Oktober, November auf. Der Oktoberwadel ist allgemein der mächtigste.

Betrachtet man nun den Typus, der aus den von Meyer veröffentlichten Zahlen errechnet wurde, so kann man feststellen, daß die Fänge um Neumond viermal so hoch

waren wie die bei Vollmond, daß sie beim dritten Viertel aber mehr als zehnmal so hoch lagen[3]). Und diesem Vergleich wurden die Ausgleichswerte zugrunde gelegt, die einfachen Mittelwerte würden die Verhältnisse noch verstärkt zutage treten lassen. Meyers Aussage vom periodischen Auftreten der wandernden Blankaalmassen kann also ebenfalls dahingehend erweitert werden, daß die rhythmische Schwankung an der Rügenküste im typischen Falle bei abnehmendem Halbmond ein Maximum erreicht.

Frost (6) beschreibt, daß die Fischer des River Bann nicht so sehr nach den Daten der einzelnen Monate rechnen; sie richten sich vielmehr nach den Mondmonaten und bestimmen einen Zeitpunkt durch seinen zeitlichen Abstand vom Neumond. Ihre zeitlichen Fixpunkte sind die „darks". Eine ähnliche Zeitrechnung findet man noch heute bei den Fischern der Mosel. Es spricht hieraus die mancherorts gehegte Auffassung, daß die Aale die dunklen Nächte bevorzugen und daß sie bei Neumond am stärksten wandern sollen, eine Ansicht, die nun nicht mehr berechtigt erscheinen kann.

Frost schreibt: "There is practically no downstreem movement ..." (von Aalen) "... by day and the amount of moonlight effects the numbers migrating by night. On the River Bann, as elsewhere, the fishermen find, that good catches are usually made during the "dark", that is, when there is little or no moonlight, and the poor fishing characterizes the full moon."

Auch sternklare Nächte sollen dem Fang abträglich sein. Allerdings wird auch der niedrigen Temperatur, die sternklare Nächte auszeichnet, Bedeutung beigemessen.

Frost bringt eine graphische Darstellung ähnlich Abb. 1 (Abb. 5). In dieser Darstellung sind die Gesamtaalfänge im River Bann für das Jahr 1942 einmal zu den Wasserständen und zum anderen zu den Lichtverhältnissen des Mondes in Beziehung gesetzt.

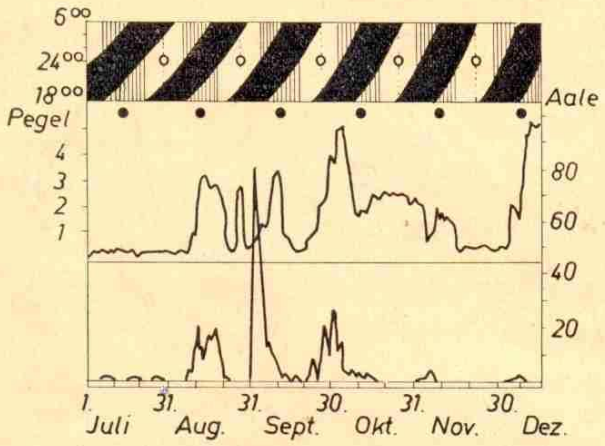


Abb. 5

Aalfänge, Pegel und Mondphasen. Aus Frost: "The Eelfisheries in the River Bann".

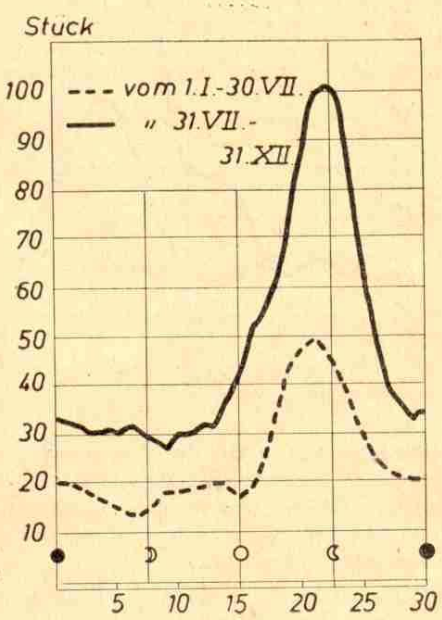
[3]) Knöpp (8) hält das Minimum bei Vollmond auch bezüglich der Oberrheinverhältnisse für typisch. Diese Ansicht kann ich auf Grund des diesen Untersuchungen zugrundeliegenden umfangreichen Zahlenmaterials nicht teilen. Bei der Bestimmung des Maximums kommt Knöpp, ebenso wie bei der Minimumbestimmung mit Hilfe einer chronologischen Zusammenstellung, zu einem übereinstimmenden Ergebnis.

Das Jahr 1942 zeigt hier drei gute Fangperioden, von denen die beiden letzten deutlichere Maxima aufweisen als die erste. Die beiden letzten Maxima liegen jedoch nicht bei Neumond, sondern recht genau bei abnehmendem Halbmond.

*

Die Fangzahlen vom Oberrhein wurden noch in anderer Hinsicht untersucht. Es sollte festgestellt werden, ob die Aale sich im Frühjahr anders verhalten als im Spätjahr. Die Zahlen der Tagesfänge wurden daher jahreszeitlich getrennt in solche, die aus der Zeit vor dem 30 Juli jedes Jahres und solche, die aus der Zeit nach dem 30 Juli stammten. Sie wurden rechnerisch in das Lunationsschema eingeordnet (Abb. 6).

Abb. 6



Mittlerer Aalfang pro Lunationstag und Schokker vor und nach dem 30. Juli des Kalenderjahres (Ausgleichskurven).

Die Betrachtung der Kurven ergibt, daß in den verschiedenen Jahreszeiten kein unterschiedliches Verhalten der Aale in bezug auf die lunare Periode festzustellen ist. Bekanntlich bringt der Herbst im allgemeinen höhere Aalfänge als die übrigen Jahreszeiten. Diese Tatsache ist auch an Hand der Kurven ohne weiteres erkennbar, ohne daß die Deutlichkeit der rhythmischen Schwankung mit dem Maximum beim dritten Viertel dadurch an Prägnanz verloren hätte.

Weiterhin wurde versucht, ob mit Hilfe des Lunationsschemas die Abhängigkeit der Wanderintensität von der Pegeltendenz unter einem neuen Gesichtswinkel betrachtet werden könne. Es wurden zu diesem Zweck die Aalfänge, die bei steigendem Pegel gemacht worden waren, von denen, die bei negativer Pegeltendenz erzielt worden

waren, getrennt, und jede dieser beiden Gruppen von Fängen bzw. Fangzahlen wurde ihrerseits rechnerisch in das Lunationsschema eingeordnet. (Abb. 7).

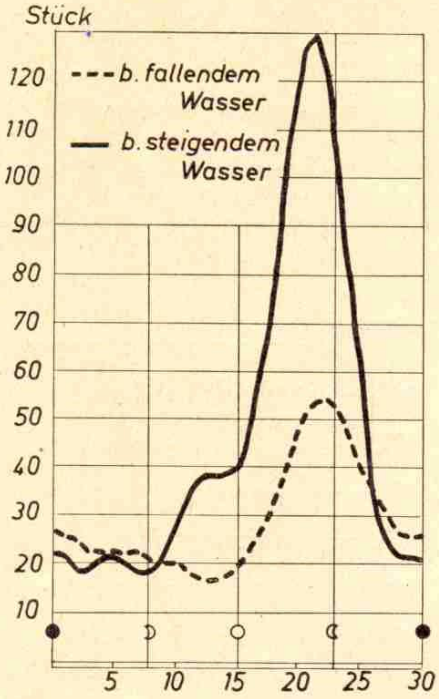


Abb. 7

Mittlerer Aalfang pro Lunationstag und Schokker bei verschiedenen Pegeltendenzen (Ausgleichskurven) Oberrhein.

Außer im ersten Viertel des Mondmonats und in der Zeit kurz vor Neumond liegen die Fänge bei steigender Pegeltendenz höher als bei fallender. Der hohe Gipfel der ausgezogenen Kurve (Aalfänge bei positiver Pegeltendenz) verdeutlicht, daß das „Zusammenwirken" von günstiger Mondkonstellation und steigendem Wasser die höchsten Fangerträge verspricht.

Auffällig ist die Ähnlichkeit des Kurvenverlaufs bei negativer Pegeltendenz mit dem Typus von Rügen. Sie dürfte jedenfalls zum Teil ihre Erklärung darin finden können, daß die dynamischen Wasserverhältnisse im Strom mit negativer Pegeltendenz denen der Ostsee bei Rügen, wo auch Strömungen vorliegen (vgl. hierzu Meyer), nicht unähnlich sind.

Auf Grund der bisher geschilderten Ergebnisse kann es kaum noch einem Zweifel unterliegen, daß die Wanderintensität der Blankaale einem Rhythmus folgt, welcher der lunaren Periode entspricht.

Die Erscheinung, daß das Maximum der Intensität mit dem dritten Viertel zusammenfällt, ist um so bemerkenswerter, als das bekannte Palolo-Phänomen zum gleichen Zeitpunkt auftritt. Wie Caspers (3) schreibt, konnte Collin schon am Ende des vorigen Jahrhunderts (1897) den zeitlichen Zusammenfall vom Schwärmen der epitoken Teile des Polychäten mit dem dritten Viertel des Mondes beobachten. Seine Beobachtungen wurden, wie Caspers schreibt, von sehr vielen Untersuchern später vollauf

bestätigt. Auch die Untersuchungen an Eunice fucata stimmen nach Caspers hiermit überein.

Die Mehrzahl der biologischen Erscheinungen, die offenbar mit dem lunaren Geschehen im Zusammenhang stehen, wurden an Meerestieren beobachtet, also an Organismen, deren Leben in einem ständigen, sich im Wechsel von Ebbe und Flut ausdrückenden mittelbaren Zusammenhang mit dem Monde steht. Die Abwanderung der Blankaale beginnt im Gegensatz dazu im tidenfreien Süßwasser. Und wenn man sonst leicht geneigt ist anzunehmen, die Meerestiere könnten einem direkten Einfluß des Mondes nicht zugänglich sein — wenn zeitliche Übereinstimmungen zwischen dem tierischen Verhalten und bestimmten Mondphasen auftreten, so wäre dies nur eine sekundäre Folge, vermittelt durch den Wechsel der Tiden —, dann muß man im Falle der Aalwanderung doch zugeben, daß die Tidenwirkung als Sekundärfaktor zwischen Mond und Organismus nicht in Frage kommen kann. Einen anderen Sekundärfaktor für die Erscheinungen im Süßwasser suchen zu wollen, hieße die Frage nach der Kausalität nur verschleppen, ohne sie dadurch einer Lösung näherzubringen. Will man der Parallelität zwischen biologischem Rhythmus und lunarer Periode auf den Grund gehen, so wird man im Falle der Aalwanderung nicht umhin können, unmittelbare Zusammenhänge anzunehmen.

Nachgewiesenermaßen kommt auch im Meere die Tidenwirkung als Sekundärfaktor nicht in Betracht, wie Caspers an Clunio im Aquarium nachweisen konnte und wie auch die Eimerversuche am Palolowurm ergeben haben.

Die vom Monde ausgehende Lichtwirkung wird, wie schon erwähnt, oft als bedeutsam für die Intensität der Aalwanderung angesehen (6). Die Lichtscheu des Aales kann nicht in Zweifel gezogen werden, und es liegen mehrere Versuche vor, bei denen die scheuchende Wirkung künstlichen Lichts dazu dienen sollte, Aale in ein in dunklem Wasser liegendes Fanggerät zu treiben (5,1). Wenn aber das Mondlicht wandertriebhemmend wirkt, so ist nicht einzusehen, warum dann nicht die Wanderintensität zur Zeit der Mondkonjunktion, in den Dunkelnächten, am stärksten ist. Und wenn andererseits das Licht des Halbmonds die für die Wanderung günstigsten Licht- bzw. Dunkelverhältnisse schaffen sollte, so müßte es der zunehmende in gleicher Weise wie der abnehmende Mond tun. Davon kann aber keine Rede sein, denn die Berechnung des oberrheinischen Lunationsschemas deutet geradezu auf ein Intensitätsminimum beim ersten Viertel hin.

Die folgend beschriebene Auffassung bezüglich der Wirksamkeit des Mondlichts erscheint zunächst bestechend: Der Vollmond hält dadurch, daß er die ganze Nacht scheint, alle abwanderstimmigen Aale zurück. Tagsüber übt das Tageslicht die gleiche Wirkung aus. Sobald nun der Mond abnimmt, geht er in jeder Nacht später auf. In jeder weiteren Nacht nach Vollmond bleibt den zurückgehaltenen Aalen also eine immer längere Zeitspanne völliger Dunkelheit zum Abwandern; dementsprechend steigen dann die Fänge in den Nächten nach Vollmond immer mehr an. — Damit wäre indessen nicht erklärt, warum gerade beim dritten Viertel ein Maximum erreicht wird.

Wenn nach Vollmondnächten, in denen das Mondlicht durch eine Wolkendecke abgeschirmt war, die Steigerung der Wanderintensität ausbliebe, so wäre dies eine wesentliche Stütze der eben geschilderten Auffassung. Eine diesbezügliche Untersuchung wurde mit Hilfe des vorliegenden Zahlenmaterials durchgeführt.

Für die Jahre 1938 bis 1941 liegen von der meteorologischen Station Karlsruhe Aufzeichnungen über den Bewölkungsgrad für je drei Tageszeiten jedes Tages vor. In

Abb. 8 sind die Unterlagen graphisch ausgewertet, zunächst in einer chronologischen Zusammenstellung für 1938. Der Grad der Bewölkung wird in Ziffern von 0 bis 10 angegeben. Aus der chronologischen Darstellung ersieht man bereits, daß in den Monaten Juni und August das Licht des Vollmonds durch einen hohen Grad der Bewölkung abgeschirmt gewesen sein muß. Dennoch folgen auf den Vollmond beträchtliche Anstiege der Fangmengen, das heißt der Wanderintensität.

Darüber hinaus wurde ein Lunationsschema zusammengestellt, wobei nur Fangzahlen benutzt wurden, die aus Nächten stammten, in denen der Bewölkungsgrad 6 und mehr betrug (Abb. 9).

Es erhellt hieraus, daß es nicht das Licht des Mondes, insbesondere des Vollmondes sein kann, welches den Rhythmus der Wanderintensität bedingt. Auch in Abb. 9 tritt wieder ein Maximum beim dritten Viertel auf.

Auch Versuche an anderen Tieren, die offenbar unter lunarem Einfluß stehen, haben erwiesen, daß die Organismen selbst bei völliger Abschirmung des Mondlichts unverändert reagieren (3).

Nachdem Licht und Gezeiten als lunare Faktoren nicht in Betracht zu kommen scheinen, bleibt die Frage weiterhin offen, wodurch die „lunare Wirksamkeit" gegeben sein könne. Eine exakte Kausalanalyse scheint zunächst gar nicht durchführbar zu sein. Vorerst ist uns nur die Wirkung bekannt, deren offenbar rhythmischer Ablauf auf eine Ursache schließen läßt, die gleichfalls periodischen Charakter besitzen muß. Eine

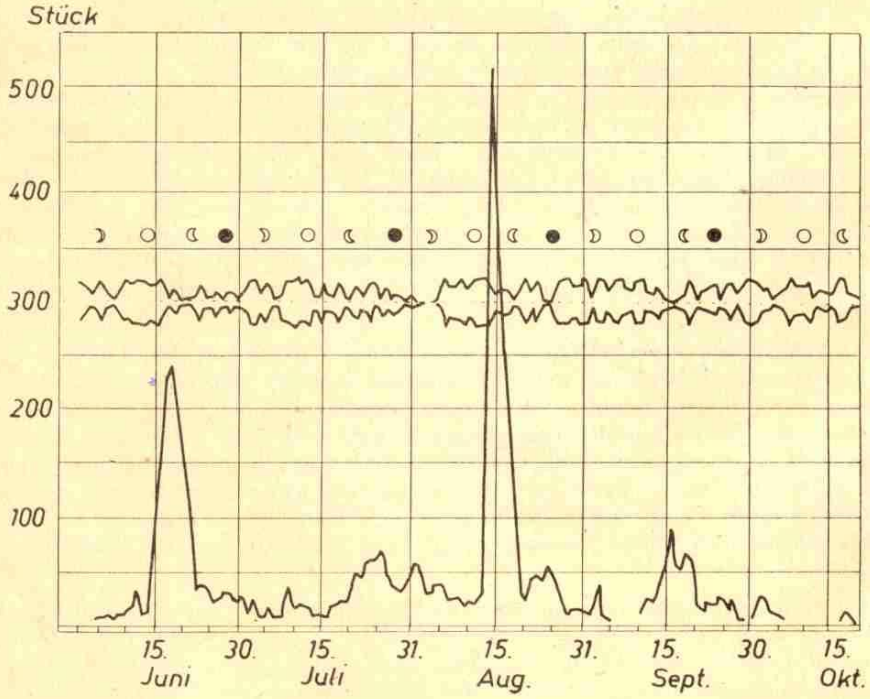
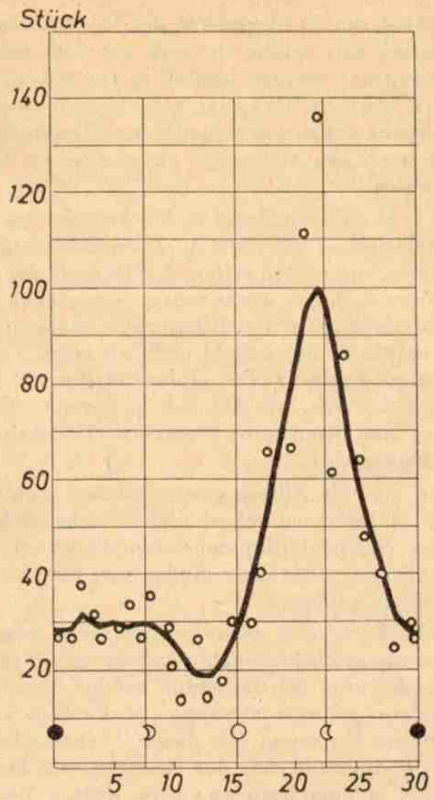


Abb. 8
Aalfänge pro Nacht und Schokker, Mondphasen und Wolkenbedeckung im Jahre 1938.

Abb. 9



Mittlerer Aalfang pro Lunationstag und Schokker bei Bewölkungsgraden 6 bis 10.

präzise Vorstellung verbindet sich mit dieser Ursache jedoch noch nicht. Die vielen Erwägungen, die man seit der Entdeckung des Palolo-Phänomens über die mögliche Ursache lunarperiodischer Erscheinungen bei Organismen angestellt hat, sind kaum je über den Bereich der Vermutungen hinausgekommen. Es dürfte auch schwerlich möglich sein, zu wohlbegründeten Auffassungen über die kausalen Zusammenhänge zu gelangen, bevor man nicht eine genauere Kenntnis der Gesetzmäßigkeiten der Phänomene selbst gewonnen hat.

Meyer (9) schreibt über die kausalen Zusammenhänge: „Nach den vorliegenden Ergebnissen muß ... angenommen werden, daß bisher nicht zu identifizierende (kosmische) Kräfte auch Einfluß auf den Aalfang nehmen. Wahrscheinlich sind sie sogar in erster Linie für den auffälligen Fangrhythmus verantwortlich." Caspers (3) will den Terminus „kosmische" Faktoren durch „planetarische" Einflüsse ersetzt wissen, weil dadurch eine Beschränkung auf die Himmelskörper des Sonnensystems ausgedrückt wird. Diesem Vorschlag wird man um so mehr beipflichten, als damit, wie Caspers nachdrücklich betont, der zur Diskussion stehende Forschungsbereich von jeglicher astrologischer Spekulation eindeutig distanziert wird.

Bei einer Kausalanalyse kann man sich auf die drei Himmelskörper Erde, Mond und Sonne beschränken. Daß auch die Sonne in die Erwägungen mit einbezogen werden muß, leuchtet sofort ein, wenn man bedenkt, daß der synodische Monat mit den ver-

schiedenen Lichtgestalten des Mondes seinen Bezugspunkt in der Sonne hat. Es kann darum von vornherein noch gar nicht entschieden werden, ob wir es in der Tat mit einem rein lunaren Einfluß zu tun haben, oder ob womöglich eine solunare Wirksamkeit vorliegt. Caspers geht hierauf soweit ein, als es nach dem heutigen Stande unserer naturwissenschaftlichen Kenntnisse möglich ist. Auf eine Darstellung der in Betracht zu ziehenden physikalischen Gegebenheiten kann daher hier verzichtet werden.

Wie angedeutet, kann es die Aufgabe des Biologen lediglich sein, das lunarabhängige biologische Phänomen in seiner Gesetzmäßigkeit so eingehend wie möglich zu analysieren, um so von seiten der Biologie der Astrophysik entgegenzukommen. — Um in dieser Richtung etwas weiter vorzustoßen, wurde der Versuch gemacht, die Kurve des oberrheinischen Lunationstypus mathematisch zu fixieren, und man möge in dieser Analyse zunächst nicht mehr als einen Versuch sehen. Er zeitigt allerdings ein eigenartiges Ergebnis: Die „Intensitätskurve" (Abb. 3) läßt sich nämlich auf eine Ellipse zurückführen, wie Abb. 10a u. b zeigt. Es verhält sich die Wanderintensität wie die um eine Konstante vermehrte Projektion eines Ellipsenleitstrahles auf die große Ellipsenachse.

Da nun die Ellipse gewissermaßen zum täglichen mathematischen Handwerkszeug des Astronomen gehört und es nicht leicht möglich ist, nun sogleich auf bestimmte, den gleichen Ellipsengesetzmäßigkeiten unterliegende planetarische Faktoren zu schließen, möge diese Andeutung über eine Möglichkeit der weitergehenden Kausalanalyse genügen.

Schließlich wäre noch die Auffassung vertretbar, daß die Kurve des oberrheinischen Lunationsschemas nichts anderes sei als eine normale Häufigkeitskurve. Während der Palolowurm, den Berichten zufolge, sich streng „an die bestimmte Mondphase hält" mit nur geringer Streuung auf die Tage vorher und nachher, zeigt der Blankaal eine größere Streuung. Mit dieser Ansicht gewinnt man indessen nichts als eine andersartige Formulierung der Tatsache, daß für die Wanderung des Blankaals hinsichtlich eines lunaren Einflusses beim dritten Viertel optimale Verhältnisse herrschen.

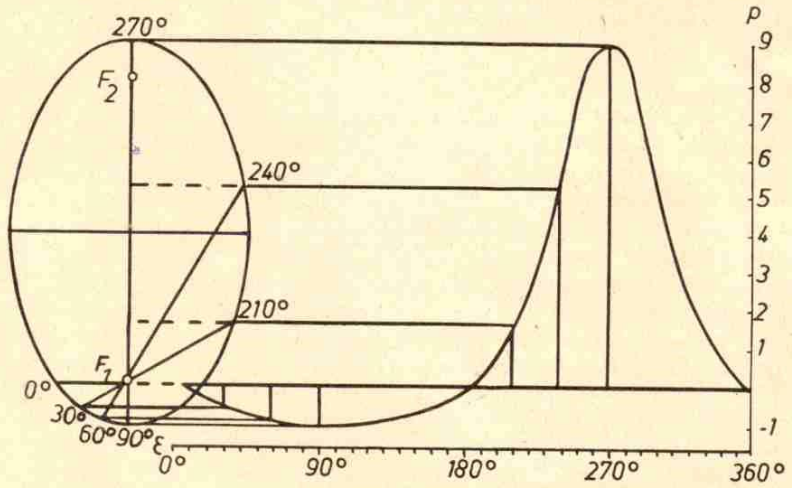
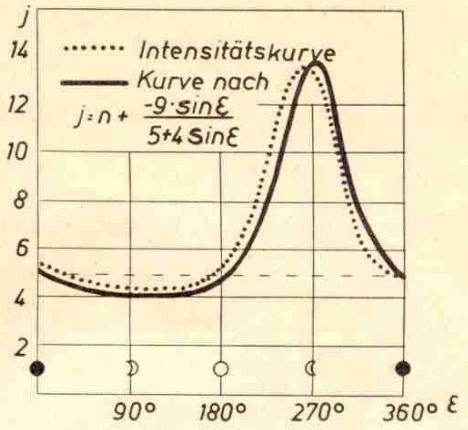


Abb. 10a
Von einer Ellipse abgeleitete Intensitätskurve wie in Abb. 3.

Abb. 10 b



Vergleich von empirischer Intensitätskurve (Abb. 3) und konstruierter Kurve wie in Abb. 10a.

E. Zusammenfassung

Die Abhängigkeit der Blankaalwanderung von äußeren Faktoren wurde auf Grund eines umfangreichen, Fangbüchern entnommenen Zahlenmaterials untersucht. Dabei war die Voraussetzung maßgebend, daß die Höhe des Aalfanges jeweils der Wanderintensität entspricht.

Wasserstände: Nicht nur steigendes und fallendes Wasser, sondern auch die Höhe des Wasserstandes selbst beeinflussen die Aalwanderung merklich. Bei steigendem Wasser ist die Wanderintensität im allgemeinen größer als bei fallendem. Ein allgemein niedriger Wasserstand setzt die Wanderintensität herab, ein hoher ist ihr förderlich.

Mond: Die Übereinstimmung zwischen einem Wanderrhythmus und der Mondperiode (etwa 29,5 Tage) konnte nicht nur für den Oberrhein, sondern auch für die Ostküste Rügens nachgewiesen werden. Der lunare Rhythmus der Blankaalwanderung ist durch ein Maximum der Wanderintensität bei abnehmendem Halbmond und durch ein Minimum bei zunehmendem Halbmond gekennzeichnet. Bei Neumond und bei Vollmond sind die Intensitäten gleich groß. Die Abhängigkeit von den Mondphasen beruht nachweislich nicht auf der Wirkung des Mondlichtes. Gezeiten treten im Oberrhein nicht auf, können also auch nicht als Erklärung für die rhythmische Wanderung herangezogen werden. Die Ergebnisse gründen sich auf der rechnerischen Konstruktion einer „typischen Phase". Diese gibt die rhythmische Schwankung der Wanderintensität innerhalb von 30 Tagen wieder. Der Kurvenverlauf in der „typischen Phase" läßt sich auf eine Ellipse zurückführen. Weitere Schlüsse über die kausalen Zusammenhänge lassen sich darauf zunächst nicht aufbauen.

F. Summary

Basing on comprehensive statistical fishing records it was investigated up to what extent the silver eel migration is dependent on exterior factors, considering the supposition that the amount of the eel catch would always correspond to the intensity of the migration.

Water levels: Not only rising and falling water, but even the height of the water level is of remarkable influence to the eel migration. With rising water the intensity of the migration is generally greater than with falling water. A generally low water level reduces the intensity of the migration, whereas a high level effects an increasing migration.

Moon: The accordance between a migration rythm and the moon phase (approximately 29.5 days) could not only be proved for the upper Rhine, but also for the eastern coast of the isle of Rügen. The lunar rythm of the silver eel migration is characterized by a maximum migratory intensity at the time of the descending half moon and by a minimum with the crescending half moon. The intensity of the migration with the new moon and full moon is the same. The relation

to the moon phases is not effected by the moon light. There are no tides on the upper Rhine, thus they cannot be used as an explanation of the rhythmic migration. The results are based on the arithmetical construction of a "typical phase". This shows the rhythmic fluctuation of the intensity of the migration within 30 days. The course of the diagram of the "typical phase" equals to an ellipse. Further conclusions as to the causal relations cannot be made for the time being.

G. Schrifttum

(1) Brauer, H.: Ist unser Aalhamen das richtige Fanggerät? Fischereizeitung Nr. 25, Bd. 41, 1938.
(2) Bürger, F.: Die Fischereiverhältnisse im Rhein. Zeitschr. f. Fischerei, Bd. XXIV, 1926, p. 217—399.
(3) Caspers, H.: Rhythmische Erscheinungen in der Fortpflanzung von *Clunio marinus* (Dipt. Chiron.) und das Problem der lunaren Periodizität bei Organismen. Archiv f. Hydrobiol., Suppl. Bd. XVIII, 1951.
(4) Darwin, G. H.: Ebbe und Flut, Teubner, Leipzig 1902.
(5) Ehrenbaum, E.: Der Flußaal, *Anguilla vulgaris*. Handb. d. Binnenfischerei Mitteleuropas, 1929.
(6) Frost, W. E.: The Eel Fisheries in the River Bann. Journ. du Cons. Int. Vol. XVI, Nr. 3, 1950.
(7) Hübner, A.: Gesammelte Arbeiten, Bautzen 1905.
(8) Knöpp, H.: Die Laichwanderung des Aales (*Anguilla vulgaris*) und ihre Beziehungen zu Mondstand und Wetter. Zool. Anz. 149, 1952.
(9) Meyer, P. F.: Die Beeinflussung des Aalfanges an der Rügenküste durch meteorologische und kosmische Faktoren. Zeitschr. f. Fischerei, Bd. XXXVI, 1938.
(10) Savage, R. E. u. Hodgson, W.C.: Lunar influence on the east Anglean herringfishery. Journ. du Cons. IX, Kopenhagen 1934.
(11) Schilder, F. A.: Probleme und Methoden der Biostatistik. Biol. Ztrbl. 1947, Bd. 66.
(12) Thorade, H.: Ebbe und Flut. Jul. Springer, Berlin 1941.

VERLAG WENZEL & SOHN · BRAUNSCHWEIG