

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Klasse

der

K. B. Akademie der Wissenschaften

zu München

1915. Heft III

November- und Dezembersitzung

München 1915

Verlag der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften

in Kommission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth)



Die Gezeiten, Seiches und Strömungen des Meeres bei Aristoteles.

Von **A. Endrös.**

Vorgelegt von S. Günther in der Sitzung am 6. November 1915.

Einleitung.

Bei der Bearbeitung des über zwei Jahrtausende alten Euripusproblems war ich veranlaßt, die Literatur der Alten zu durchsuchen. Während ich nun in den vielen bekannteren Literaturstellen nur nebensächliche Punkte der Frage berührt fand, konnte ich in den Schriften des Aristoteles ganz staunenswerte Kenntnisse entdecken.¹⁾ So kannte der Stagirite bereits die Seiches der Meere und deren Ursachen und die Entstehung der Meereswogen durch Wind und Erdbeben. Ferner war ihm die Lösung des Euripusproblems ebenso weit bekannt, wie F. A. Forel sie wieder finden konnte. Es können somit nicht die Euripusströmungen es gewesen sein, die Aristoteles nicht ergründen konnte, sondern nur die rätselhaften Gezeitenanomalien bei Chalkis. In diesen ist auch der Grund dafür zu suchen, daß er, wie aus seinen Schriften zu ersehen ist, über die Vorstellung der Ebbe und Flut als eine Art Ein- und Aus-

¹⁾ Die Durcharbeitung der Schriften im Urtext bot an der Hand der lateinischen Übersetzung keine besonderen Schwierigkeiten, nachdem ich an meinem verehrten Freund und Kollegen Herrn Professor Dr. F. Schühlein, der als Posidoniusforscher mit der einschlägigen Literatur vertraut war, einen erfahrenen Berater zur Seite hatte und mir in der Bibliothek des hiesigen Lyzeums alle Hilfsmittel zur Verfügung standen.

atmen der Erde nicht hinausgekommen ist entgegen einer Stelle bei den Doxographen, nach welcher er die Gezeiten als Schwankungen angesehen haben soll. Dort können nämlich nur meteorologische Fluten gemeint sein. Da nun der große Philosoph gerade auf diesem Gebiete bis heute so verkannt worden ist, möchte ich es nicht unterlassen, die Ergebnisse zu veröffentlichen; dabei darf ich nicht übergehen, daß ich die Anregung dazu Herrn Geheimrat Professor Dr. Sigmund Günther in München verdanke, der ebenso wie meiner Arbeit über das Euripusproblem auch dieser sein besonderes Interesse schenkte.

Die Stelle bei Aristoteles über die Gezeiten.

In den Meteorologica des Aristoteles Buch II, Kapitel 8 findet sich eine Stelle, welche für unsere Frage von größter Bedeutung ist, die aber merkwürdiger Weise bis heute fast ganz unbeachtet geblieben ist. Und doch enthält sie den Beweis dafür, daß Aristoteles die Erscheinung der Ebbe und Flut wohl gekannt, von dem Bewegungsvorgang aber eine ganz andere Vorstellung sich gemacht hat, als man auf Grund der Stelle bei den Doxographen¹⁾ annehmen mußte. Weiterhin ersieht man aus der Stelle, daß Aristoteles den Strömungsvorgang des Euripus näher gekannt hat.

Das Kapitel 8 behandelt die Theorie der Erdbeben, die sich Aristoteles ausschließlich durch die in die Poren und Hohlräume der Erde eingeschlossenen Pneumata entstehend denkt. Letztere selbst entstehen durch die fortgesetzt vor sich gehende Ausdünstung trockener und feuchter Dünste innerhalb und außerhalb der Erde und bewegen sich bald einwärts, bald auswärts und manchmal auch teils einwärts, teils auswärts. Fließen die Pneumata vollständig einwärts, so ist Windstille. Bei Windstille nun entstehen die meisten und größten Erdbeben. „Und nachts entstehen mehr und größere Erdbeben, diejenigen bei Tag aber um die Mittagszeit. Am ruhigsten ist gewöhnlich die Mittagszeit — denn die Sonne beendigt, wenn sie die meiste Kraft hat, die in die Erde hinein gerichtete Ausdünstung; sie hat aber die größte Kraft um die Mittagszeit —.“ Hier folgt die Stelle:²⁾

¹⁾ Diels Dox. Graeci, S. 382.

²⁾ Ed. acad. reg. boruss., Berol. 1831, Bd. I, Meteor. II, 8, S. 366, l. — Lateinische Übersetzung ebenda, Bd. III, S. 191, 2.

„καὶ αἱ νύκτιες δὲ τῶν ἡμερῶν ηἡρεμώτεραι διὰ τὴν ἀπουσίαν τὴν τοῦ ἡλίου· ὡς εἶσω γίγνεται πάλιν ἢ ὅσῃς, ὥσπερ ἄμπλοτις εἰς τοὐνάντιον τῆς ἕξωθεν πλημμυρίδος, καὶ πρὸς ὀρθρον μάλιστα· τηριζαῖτα γὰρ καὶ τὰ πνεύματα πέφηνεν ἄρχεσθαι πνεῖν. ἐὰν οὖν εἶσω τύχη μεταβάλλουσα ἢ ἀρχὴ αὐτῶν ὥσπερ Εὐρύπλος, διὰ τὸ πλῆθος ἰσχυρότερον ποιεῖ τὸν σεισμόν.“ Was ich übersetze: „Und die Nächte sind ruhiger als die Tage wegen der Abwesenheit der Sonne; deshalb geschieht das Fließen wieder einwärts, wie die Ebbe in entgegengesetzter Richtung der auswärts gerichteten Flut, und bei Tagesanbruch am stärksten;¹⁾ in diese Zeit fällt auch der Beginn des Wehens der Winde. Wenn nun gerade damit zusammentrifft, daß die Winde in ihrem Beginnen nach innen sich richten wie der Euripus, so macht es das Erdbeben wegen der Menge stärker.“

Die Stelle enthält zunächst einen bei klarem Himmel täglich sich abspielenden Strömungsvorgang der Pneumata. Dieselben fließen in der einen Hälfte des Tages einwärts, in der anderen auswärts. Die Sonne beendet das Einwärtsfließen um die Mittagszeit, worauf das Auswärtsfließen beginnt, das nachts wieder in ein Einwärtsfließen übergeht. Letzteres erreicht gegen Tagesanbruch sein Maximum um dann wieder abzunehmen bis Mittag. Unschwer ist hierin eine bei klarem Himmel sich wirklich abspielende periodische Änderung der Lufttemperatur zu erkennen. Mit zunehmendem Sonnenstand erwärmt sich bekanntlich die Luft und steigt in die Höhe, am stärksten nachmittags. Nach Sonnenuntergang kühlt sich die Luft ab und des Nachts tritt ein Senken der Luftschichten ein und die kalte Luft dringt in Hohlräume, Keller etc. ein, am stärksten vor Sonnenaufgang, weil die Lufttemperatur am niedrigsten ist. Eine Beobachtung dieses Vorganges scheint obigem Strömungsvorgange zugrunde zu liegen.

Diesen unsichtbaren Vorgang sucht nun Aristoteles seinen Lesern klar zu machen, indem er einen sichtbaren Vorgang, den der Ebbe und Flut, zum Vergleiche heranzieht. Wir können umgekehrt aus dieser Stelle schließen, daß Aristoteles sich das Ebben als Einwärtsfließen des Wassers in die Erde und das Fluten als ein Auswärtsfließen in entgegengesetzter

¹⁾ F. Vatablus übersetzt *μάλιστα* mit *creberrime*, was dem Sinne nach nicht möglich ist.

Richtung vorgestellt hat. Der Umstand ferner, daß er die Gezeitenbewegung überhaupt zur Veranschaulichung heranzieht, läßt auch den Schluß zu, daß man allgemein den Vorgang der Gezeitenbewegung sich als eine Art Ein- und Ausatmen gedacht hat. Aristoteles hat also keine eigene neue Theorie der Gezeiten aufgestellt; denn die Meteorologica gelten als das zuletzt geschriebene naturwissenschaftliche Werk des Philosophen.

Daß man auch schon zu den Zeiten des Aristoteles in Griechenland die Erscheinung der Ebbe und Flut wohl gekannt haben muß, läßt sich auf Grund der neuen Ergebnisse der Gezeitenforschung annehmen. Es zeigen sich nämlich die Gezeiten an einigen Punkten Griechenlands entgegen der früheren Annahme sehr augenfällig, wie im Golfe von Euboea¹⁾ und im korinthischen Meerbusen,²⁾ wo überall die Hubhöhen den für das Mittelmeer großen Betrag von 1 Meter erreichen. Daß Aristoteles selbst die Erscheinung in ihrem Verlaufe näher kannte, dürften wir wohl schon deshalb annehmen, weil er sich häufig in Chalkis aufgehalten hat,³⁾ wo die Gezeiten noch dazu sich in den Euripusströmungen zeigen. Nun finden wir in unserer Stelle sogar die Bestätigung dieser Annahme. Er zieht nämlich bei einem weiteren Vergleich die Euripusströmungen selbst heran.

Bei Tagesanbruch ist nach dem oben besprochenen Vorgange das Einwärtsfließen der Pneumata am stärksten. Wenn dann noch die Winde, die um diese Zeit im Entstehen begriffen sind, dazu einwärts sich wenden, wie der Euripus, so wird das Erdbeben wegen der Menge der Pneumata stärker. Man beachte zunächst die ganz kurze Erwähnung des Meeresarmes, der in seinen Strömungsvorgängen ein so kompliziertes Problem von jeher bildete. Jedenfalls ist unsere Stelle des-

¹⁾ O. Krümmel, Zum Problem des Euripus, *Pet. Mitt.* 1888, S. 332.

²⁾ G. Wegemann, Beiträge zu den Gezeiten des Mittelländischen Meeres. *Ann. d. Hydr. u. Marit. Met.*, 1907.

³⁾ Pauly, *Realenzyklopädie d. klass. Alt.*, VI. Bd. Stuttgart 1909, S. 1021.

halb nicht beachtet und gewürdigt worden, weil die so kurze Erwähnung des Euripus nicht verstanden worden ist, und man muß das Euripusproblem schon näher kennen um einzusehen, daß die zum Vergleich herangezogenen Wasserbewegungen mit denjenigen der Pneumata sehr gut übereinstimmen. Um dies zu erläutern müssen wir auf die Gezeitenbewegungen der bei Chalkis zusammenstoßenden Meeresteile kurz eingehen.

Im Nordhafen von Chalkis finden sich ausgesprochene halbtägige Gezeiten, welche Hubhöhen bis zu 1 Meter erreichen können, während im Südhafen die Halbtagestiden nie 15 Zentimeter Höhe erreichen, und so unter den sonstigen Niveauänderungen ganz verborgen bleiben. Der Euripus beginnt also nach Norden zu strömen, somit einwärts, wenn der Wasserstand im Nordhafen beim Ebben unter das südliche Niveau hinabgeht, das ungefähr mit Mittelwasser übereinstimmt. In gleicher Weise beginnt der Strom sich südwärts zu wenden, wenn beim Steigen des Wasserstandes im Nordhafen infolge der Flut das nördliche Niveau über das südliche sich erhebt. Die nordwärts gerichtete Strömung entspricht dem einwärts gerichteten Winde im obigen Vergleiche, der gerade dann sich nach innen richtet, wenn das Einwärtsströmen am stärksten ist, das ist gegen Tagesanbruch. Auch der Euripus beginnt eben dann einwärts zu fließen, wenn das Fallen des Wassers im Nordhafen am raschesten erfolgt; das ist der Fall beim Passieren des Mittelwassers. Der Vergleich der Ebbe und Flut mit dem Ein- und Auswärtsströmen der Pneumata stimmt nämlich auch darin überein, daß beide sogenannte periodische Bewegungen sind. Ist der höchste Wasserstand erreicht, so beginnt das Wasser erst allmählich zu fallen und fällt dann immer rascher, bis es das Mittelniveau passiert und das Maximum der Geschwindigkeit hat, von wo ab das Sinken wieder langsamer und langsamer erfolgt, bis zum niedrigsten Wasserstand. In gleicher Weise geht das Steigen vor sich. So ist auch das Ein- und Auswärtsfließen der Pneumata nach der Darstellung des Aristoteles zu denken.

Wir können also aus obiger Stelle bei Aristoteles den Nachweis liefern, daß er die Gezeiten selbst und die periodische Änderung des Wasserstandes wohl gekannt hat, ebenso daß er von den mit den Gezeiten zusammenhängenden Strömungen des Euripus eine genaue Kenntnis besaß. Auch müssen wir, wie oben schon, auch hier wieder annehmen, daß er auch bei seinen Lesern eine genaue Bekanntschaft mit den Euripusströmungen voraussetzt, wenn er überhaupt annehmen konnte,

daß er mit dieser kurzen Andeutung verstanden werde. Es sind nun in unserer Stelle nur die sogenannten regelmäßigen Euripusströmungen gemeint, weil für sie nur der Vergleich stimmt und sie nur durch die Gezeitenbewegung in der erwähnten Weise verursacht werden. Die Gezeiten des Nordhafens werden aber mit der Annäherung an die Zeiten der Quadraturen des Mondes, das ist des ersten und letzten Viertels, wie überall im Meere, immer kleiner und im Golf von Euboea haben sie die Eigentümlichkeit, daß sie in einem großen Teile des Jahres um diese Zeit ganz verschwinden. Dann treten die von alters her bekannten unregelmäßigen Strömungen auf, welche dem Euripus eine solche Berühmtheit verschafft haben. Daß nun Aristoteles auch diese kannte und sogar richtig erklärte, können wir aus einer weiteren Stelle ersehen.

Zuvor ist noch eine Unklarheit im Texte unserer obigen Stelle zu erwähnen, wo ἡ ἔξωθεν ἀλήμνουσ steht, während dem Sinne nach nur ἔξω erwartet werden kann, wenn anders der Vergleich mit den Pneumata stimmen soll. Einige Ausgaben haben auch ἔξω, wie in den Fußnoten erwähnt ist. Auch F. Vatablus¹⁾ übersetzt die Stelle im Sinne von ἔξω: „quomodo aquarum influxus in contrariam atque effluxus partem fit.“ Ich halte es nicht für unmöglich, daß hier eine Änderung eines Abschreibers vorliegt. Die von außen her gerichtete Flut entsprach nämlich der Vorstellung vom Bewegungsvorgang der Ebbe und Flut einzig und allein, weil an allen Küstenpunkten die Flut von außen her kommt. Nur bei Chalkis haben wir diese Unregelmäßigkeit, auf die J. P. Babin²⁾ zuerst aufmerksam gemacht hat. Der Grund für diese Anomalie ist darin zu suchen, daß, wie wir oben schon gesehen haben, der vom Aegäischen Meere viel mehr abgeschlossene Golf von Euboea so starke Gezeiten aufweist, aber der mit dem Meere unmittelbar zusammenhängende südliche Golf von Petali so viel wie keine halbtägigen Gezeiten zeigt. Deshalb geht die Flutströmung nicht von außen herein, sondern auswärts, der Ebbestrom aber einwärts, nicht umgekehrt, wie es an allen anderen Buchten und Küstenpunkten der Fall ist.

1) Übers. d. Meteor., zit. S. 356, p. 191, 2.

2) Vgl. Pet. Mitt. 1888, S. 331.

Die Seichesbewegungen des Meeres bei Aristoteles.

Eine zweite ozeanographisch sehr wichtige Stelle findet sich im 1. Kapitel des II. Buches der Meteorologika, wo vom Meere und seiner Entstehung die Rede ist. Dieselbe enthält die merkwürdige Tatsache, daß Aristoteles die Seiches der Meere wohl gekannt hat. Die Stelle in Meteor. II, 1¹⁾ lautet:

„. . . ὄρεσσα δ' ἢ θάλαττα φαίνεται κατὰ τὰς στενότητας, εἴ ποιν διὰ τὴν περιέχουσαν γῆν εἰς μικρὸν ἐκ μεγάλου συνάγεται πελάγους, διὰ τὸ ταλάντευσθαι δεῦρο καὶ ἀκεῖσε πολλάκις. τοῦτο δ' ἐν μὲν πολλῶ πληθῆι θαλάττης ἄδηλον· ἢ δὲ διὰ τὴν στενότητα τῆς γῆς ὀλίγον ἐπέχει τόπον, ἀναγκαῖον τὴν ἐν τῷ πελάγει μικρὰν ταλάντωσιν ἐκεῖ φαίνεσθαι μεγάλην.“

„Flutend aber sieht man das Meer längs der eingeeengten Stellen, wenn irgendwo es sich infolge der Umschließung durch das Land aus der weiten Meeresfläche in einen kleinen Raum zusammenzieht, weil das Meer häufig her und hin schwankt. Diese Erscheinung bleibt auf offenem Meere unbemerkt; wo es aber infolge der Einengung durch das Land wenig Platz hat, dort muß die auf dem weiten Meere kleine Schwankung notwendig vergrößert sich zeigen.“

Diese ganze Stelle könnte ungeändert in ein modernes Lehrbuch der Ozeanographie aufgenommen werden. Dabei ist aber zu beachten, daß erst nach den Forschungen der beiden letzten Jahrzehnte unser Wissenstand so weit ist um das vorliegende Gesetz aufstellen zu können. Im Jahre 1869 nämlich hatte F. A. Forel²⁾ an dem Eingang des Hafens von Morges am Genfersee, also auch an einer Einengung, ein solches Hin- und Herfließen beobachtet und war dann auf Grund mehrjähriger Untersuchungen mit Registrierapparaten zu dem Ergebnis gekommen, daß diese lokale Erscheinung nur eine Folge der periodischen Schwankungen des ganzen Sees ist, welche dann nach einer Lokalbezeichnung am Genfersee in der Wissenschaft allgemein Seiches genannt wurden. Forel hat dann die Untersuchung der gleichen Bewegungen der Meere angeregt und erst in den letzten 20 Jahren konnten diese Erscheinungen in den Meeren soweit erforscht werden, daß man die

1) Ed. ac. Bor., zit. S. 356, p. 354, 1.

2) F. A. Forel, Le Léman II. Lausanne 1895, S. 53.

längst bekannten Schwankungen in den Buchten als eine Folgeerscheinung von Schwankungen des offenen Meeres ansehen muß, welche von Forel als Vibrationen des Meeres bezeichnet wurden. Speziell haben die Japaner¹⁾ nachgewiesen, daß die Schwankungen auch außerhalb der Buchten mit gleicher Periodendauer zu beobachten sind, aber so kleine Amplituden haben, daß sie unter den anderen Niveauänderungen ganz verborgen bleiben. Die moderne Seichesforschung hat also erst in den letzten Jahren nachweisen können, was Aristoteles 2200 Jahre früher als Gesetz ausgesprochen hat.

Zu beachten ist, daß die griechische Bezeichnung von Seiche mit *ταλάριωσις* den Bewegungsvorgang auch wirklich ausdrückt, was von keiner anderen lokalen Bezeichnung dieser Naturerscheinung in den verschiedenen Sprachen und Gegenden gesagt werden kann. Dieselbe ist jedenfalls von den Schwankungen des Wagebalkens genommen. Ob Aristoteles auch den Isochronismus der Schwingungen gekannt hat, wie er bei den Schwingungen an der Wage zu beobachten ist, ist nicht wahrscheinlich. Wenigstens sind die Seichesbewegungen ganz selten so regelmäßig, daß man isochrone Bewegungen beobachten kann, weil immer mehrere Schwingungen von verschiedener Periodendauer sich überlagern. Diesen Bewegungsvorgang des Meerwassers bezeichnet Aristoteles auch bloß mit *ῥεῖν*, wobei darunter ein Hin- und Herfließen zu verstehen ist, wie in unserer Stelle bei dem Fluten der Meerengen. Ein Fließen im Sinne eines Flusses, also eine fortschreitende Bewegung in derselben Richtung, kann nach Aristoteles das Meerwasser nicht haben.²⁾

Aristoteles spricht an unserer Stelle nur von einer hin- und hergehenden Bewegung des Wassers bei den Seicheschwingungen, wohl weil diese nach seiner Ansicht die Strömungen in den Meerengen nur verursachen. Nun ist aber damit ein Heben und Senken des Niveaus verbunden. Obwohl davon nicht die Rede ist, glaube ich doch, daß Aristoteles diese Bewegung gekannt hat, schon weil das Heben eine notwendige Folge des Herfließens, das Senken des Wegfließens ist. Außerdem fällt das periodische Heben und Senken des Niveaus dem Beobachter am Ufer zunächst in die Augen. Ich selbst

¹⁾ K. Honda, An investigation of the secondary undulations of oceanic tides. Journ. Coll. Science, Bd. 24. Tokyo 1908.

²⁾ Vgl. Ed. ac. Bor., zit. S. 356, p. 354, 1.

konnte an allen Seen erfahren, daß einzelne aufmerksame Beobachter diese viel kleineren Schwankungen wohl kannten. Daß auch die Alten diese „beständig rückkehrende Bewegung aus sich heraus und in sich zurück“ wohl gekannt haben, sehen wir aus einer Stelle bei Strabo¹⁾, der anschaulich schildert, wie dem am Ufer stehenden die Füße bespült und wieder entblößt und wieder bespült werden und das in einem fort, und zutreffend bemerkt, dies geschehe zwar häufiger bei Wind, aber auch bei ruhiger See und bei vom Lande weg wehendem Winde. Diese Bewegungen zeigen sich viel augenfälliger in Buchten und müssen in den vielen Buchten der reich gegliederten griechischen Küste auch von jeher beobachtet worden sein. Besonders starke Schwankungen zeigen sich im Südhafen von Chalkis, wo sie eine Hubhöhe von 30 Zentimeter erreichen können und ständig vorhanden sind, wie Miaulis beobachtet hat.²⁾ Diese verursachen auch hauptsächlich die unregelmäßigen und rasch wechselnden Euripusströmungen um die Zeit der Quadraturen des Mondes. Es ist auch sehr wahrscheinlich, daß sie Aristoteles gerade von dort her aus eigener Beobachtung kannte. Die Gezeitenbewegung bleibt nämlich dort unter den ständigen Seichesbewegungen fast ganz verborgen. Weitere Beobachtungen von sehr deutlichen Seiches liegen vor von Posidonia am Ende des korinthischen Meerbusens, von Isthmia am Ende des Saronischen Golfes und von Poros an der gleichnamigen Bucht, welche Beobachtungen mit Registrierapparaten von Makaroff gemacht und von G. Wegemann bearbeitet sind,³⁾ wobei Hubhöhen von bis 40 Zentimeter gefunden wurden. Da gerade an den beiden letzten Punkten die Gezeitenbewegungen nur klein sind und diese Schwankungen zum Teil in wenigen Minuten sich wiederholen, so können sie den Anwohnern nicht entgangen sein.

Warum Aristoteles die Mechanik dieser Wasserbewegungen

¹⁾ Strabo, I, 53.

²⁾ Krümmel, Pet. Mit. 1888, p. 135.

³⁾ G. Wegemann, Beiträge zu den Gezeiten des Mittelländischen Meeres. Ann. d. Hydr., August 1907.

in ihrem wahren Vorgange weit seiner Zeit vorauseilend klar erkannt hat, läßt sich wohl daraus erklären, daß an den zahlreichen Einengungen des Meeres der griechischen Küsten die horizontale Wasserbewegung leichter beobachtet werden konnte. „Überall da, wo das Meer infolge der Umschließung durch das Land in einen kleinen Raum sich zusammenzieht, muß die auf dem weiten Meere kleine hin- und hergehende Wasserbewegung notwendig vergrößert sich zeigen“ sagt deutlich, daß Aristoteles nicht nur die allbekannten Meerengen damit gemeint hat, sondern auch jeden verengten Eingang in eine Bucht oder einen Hafen. Besonders stark sind diese Strömungen in dem schmalen Kanal, der die fast kreisrunde Bucht im Süden von Chalkis mit dem Eretrischen Euripus verbindet, so daß von jeher für die Durchfahrt der Schiffe eigene Anweisungen galten. Auch der Eingang in die südliche Bucht der Insel Lesbos und die Meerenge von Knidos müssen wegen solcher periodischen Strömungen besonders bekannt gewesen sein, da sie als Euripos bezeichnet wurden. Alle diese Strömungen will jedenfalls Aristoteles mit den häufigen Schwankungen des Meeres begründen und er hat darin die vollständig richtige Begründung gefunden, wie man nach dem heutigen Wissensstand sagen kann.

Man muß sich wundern, daß gerade diese Stelle bei Aristoteles so wenig beachtet und gar nicht gewürdigt worden ist. Einen Grund hiefür können wir wohl darin suchen, daß die Stelle über die Seiches im Zusammenhange mit den Strömungen in den Meerengen steht und diese von jeher zu den ungelösten Problemen gehörten. In neuerer Zeit finde ich sie nur von H. Berger erwähnt.¹⁾ Er sucht aber in den geschilderten Schwankungen Gezeitenbewegungen. Aber schon der Umstand, daß Aristoteles diese Schwankungen „häufig“ auftreten läßt, spricht gegen die Annahme von Gezeiten, da dieselben ja regelmäßig und ununterbrochen wiederkehren, was Aristoteles be-

¹⁾ H. Berger, Geschichte der wiss. Erdkunde der Griechen. Leipzig 1889, II, S. 114, Fußnote 4.

kannt war. Eine solche Deutung der Stelle ist aber nun ganz ausgeschlossen, nachdem wir aus unserer ersten Stelle wissen, daß Aristoteles die Gezeiten allgemein nicht als ein Hin- und Herschwanken des Meeres angesehen hat, sondern als eine Art Ein- und Ausatmen der Erde und nur weil Berger sich auf die Stelle bei den Doxographen stützte, die Aristoteles die Gezeiten des Atlantischen Ozeans als Schwankungen des Meeres auffassen ließen, konnte er zu dieser Deutung kommen.

Nun ist aber immer noch sehr auffällig, daß Aristoteles allgemein ausspricht: „Flutend erscheint das Meer durch die Schwankungen“, während doch allbekannt war, daß die deutlichsten und stärksten Strömungen an einigen Meerengen gerade die Gezeiten verursachen. Man hätte eine eigene Erwähnung dieser Strömungen erwarten müssen. Hiefür kann man, wie ich glaube, eine vollständige Aufklärung in unserer ersten Stelle über die Gezeiten und die Euripusströmungen finden, wo er diese Strömungen mit als Ebbe und Flut ansieht, derart, daß der Euripus bei Chalkis an dem Ein- und Auswärtsfließen des Euboeischen Meeres direkt teilnimmt, das Einwärtsfließen, also die Nordströmung, eben die *ἄμφοις* und das Auswärtsfließen, die Südströmung, die *πλήμυνοις* ist. Die Behandlung dieser Strömungen gehörte also in eine Abhandlung über die Gezeiten, die wir allerdings bei Aristoteles nirgends finden, worauf ich später zurückkommen werde. Die Gezeitenströmungen an solchen eingegengten Stellen sind außerdem überall im Mittelmeer, ausgenommen bei Chalkis und bei Messina, so schwach, daß sie neben den Strömungen infolge der Seiches nicht beobachtet werden können.

Hier sei noch eine weitere Stelle aus den Schriften des Aristoteles besprochen, welcher aber nicht die Bedeutung der obigen Stelle zukommt. Es ist nämlich nicht sicher, ob sie von Aristoteles selbst stammt, weil sie in den *Problemata* enthalten ist, von denen erwiesen zu sein scheint, daß sie erst von späteren Peripatetikern gesammelt worden sind, wobei die fehlenden Lücken aus anderen Werken, besonders aus denjenigen von Theophrast ergänzt worden sind.¹⁾ Auch sind diese kurzen Be-

1) W. v. Christ, *Geschichte der griech. Literatur*, I, 6. Aufl., p. 737.

merkungen über die schwierigsten schwebenden Fragen, soweit sie wirklich von Aristoteles herrühren, jedenfalls nicht auf Grund systematischer Verarbeitung des betreffenden Stoffes entstanden, sondern mehr als gelegentliche, bei der Lektüre oder bei der Bearbeitung anderer Gebiete sich aufdrängende Fragen aufzufassen, die später gelegentlich vielleicht auch weiter verfolgt werden sollten. Die Stelle ist aber dennoch für unsere Frage der Seiches und Strömungen von Interesse, weil sie wenigstens aus jener Zeit stammt und auf eine diesbezügliche Äußerung des Aristoteles vielleicht zurückzuführen ist. Die Stelle in Aristoteles Problemata XXVI, 4 lautet: 1)

Διὰ τί αἱ τροπαὶ πρέουσιν; ἢ διὰ τὸ αὐτὸ ὃ καὶ οἱ εὐρετοὶ ὀέουσιν; μετρή γὰρ τοῦ ὕδιν καὶ ἡ θάλασσα κέρεται καὶ ὁ ἀήρ· εἶδ' ὅτιν ἀντιπέση καὶ μηκέτι δένηται τὰ ἀπόγεια προύγειν διὰ μὴ ἰσχυρῶν ἔχειν τὴν ἀρχὴν τῆς κινήσεως καὶ φορᾶς πάλιν ἀντιποδίδωσιν.

„Warum wehen die Wechselwinde? Etwa aus demselben Grunde, aus welchem auch die Euripus genannten Meerengen hin und her strömen? Bis zum Fließen wird nämlich sowohl das Meerwasser als auch die Luft gebracht. Wenn es (das Wasser bzw. die Luft) sich dann entgegenstellt und nicht mehr im stande ist, das vom Lande her kommende weiter zu bewegen, weil der Antrieb zur Bewegung und zum Fortbewegen nicht stark ist, wirft es (dasselbe) wieder zurück.“

Was diese Stelle zur Frage enthält, ist vor allem die Vorstellung, wie aus einer fortschreitenden Bewegung des Wassers wieder eine in derselben Richtung zurückkehrende wird. Zum Fließen wird das Meerwasser wie auch die Luft gebracht; durch welche Ursachen, erfahren wir von Aristoteles an anderen Stellen, worauf ich zurückkommen werde. Aber das Wasser des Meeres kann nicht in fortgesetzt fließender Bewegung bleiben, wie ein Fluß, sondern es stellt sich das Wasser selbst entgegen, d. h. es bildet sich ein Wellenberg. Wenn dann die kinetische Energie des bewegten Wassers aufgebraucht ist, weil sie sich in Energie der Lage umgewandelt hat, so wird das Wasser wieder nach derselben Richtung zurückbewegt. Man sieht, es beruht diese Schilderung auf einer guten Beobachtung, wie man Wasserwogen und Seiches durch Bewegen des Wassers auslösen kann. Besonders ist darin auch enthalten, daß die Größe des Weges, den die Wassermasse bei der hin- und hergehenden Bewegung zurücklegt, nicht nur von der Geschwindigkeit, sondern auch von der Masse des bewegten Wassers abhängt. Inhaltlich steht also die Stelle vollständig im Einklang mit unserer Hauptstelle über die Seiches und kann daher wohl von Aristoteles herrühren.

1) Ed. ac. Bor., Bd. II, a. a. O., p. 940.

Ursachen der Seiches bei Aristoteles.

Nachdem wir nun wissen, daß Aristoteles so klar ausgesprochen hat: „Das Meer schwankt häufig hin und her“, darf man wohl in Anbetracht der Gründlichkeit, mit der er allen Problemen und besonders deren Ursachen nachgegangen ist, sofort annehmen, daß er auch die Frage nach dem Woher dieser Schwankungen sich gestellt hat. Eben diese Überlegung veranlaßte mich, die Schriften des Aristoteles nach solchen Seichesursachen zu durchsuchen. Es finden sich auch wirklich Stellen, welche die auch heute bekannten Hauptursachen der Seiches enthalten.

Besonders klar spricht Aristoteles aus, daß die gleiche Ursache, welche auf dem Lande Erdbeben erzeugt, auf dem Meere Schwankungen auslöst. In dem gleichen Buche II, Kapitel 8 der Meteor. heißt es am Schlusse:¹⁾

„ἔτι δὲ ἕϊν (ἡ θάλασσα) καὶ οὐ σείεται ζοροισμένη ὑπὸ τῶν πνευμάτων.“

„Außerdem flutet das Meer und wird nicht erschüttert, wenn es der Kraft der Pneumata ausgesetzt ist.“

Da wir aus der Stelle S. 361 wissen, daß er unter ἕϊν beim Meere die Schwankungen versteht, ist hier sehr klar enthalten, daß bei Seebeben solche Schwankungen entstehen. Zu bemerken ist nur noch, daß unter Pneumata hier nicht ausschließlich die oberirdische Luftbewegung der Winde, sondern die hochgespannten unterirdischen Gase zu verstehen sind, wie der Zusammenhang an dieser Stelle ersehen läßt. Nach den heutigen Forschungsergebnissen wissen wir auch, daß bei allen Seebeben Wellen großer Länge entstehen, die sich an den Küsten als Seiches zeigen. Besonders bekannt sind die Wellen, welche beim Ausbruch des Krakatau an fast allen Küstenpunkten des Weltmeeres auftraten, ebenso die ungewöhnlich großen Seichesschwingungen in den Buchten Japans infolge von Seebeben, die oft viele Menschenleben vernichtet haben.²⁾

¹⁾ Ed. ac. Bor., a. a. O., p. 362, 2.

²⁾ Vgl. O. Krümmel, Handbuch der Ozeanographie, II. Stuttgart 1911, p. 134 ff.

Während an der obigen Stelle zunächst die Wirkung derjenigen Pneumata gemeint ist, welche die Erdbeben erzeugen, also mehr der von unten her wirkenden Winde, findet sich an einer weiteren Stelle ausdrücklich die Einwirkung der oberirdischen Winde erwähnt. Die Stelle lautet:¹⁾

„ὅπου δ' ἄμα κῶμα σεισμῶ γέγονεν, αἴτιον, διὰ ἐναντία γίγνηται τὰ πνεύματα. τοῦτο γίγνεται, διὰ τὸ σέτον τὴν γῆν πνεῦμα φερομένην ἐπ' ἄλλον πνεύματος τὴν θάλασσαν ἀπῶσαι μὲν ὅλως μὴ δύνηται, προωθοῦν δὲ καὶ συστέλλον εἰς ταῦτόν συναθροίσῃ πολλήν· τότε γὰρ ἀναγκαῖον ἤτιηθέντος τούτου τοῦ πνεύματος ἀθροῦν ὠθουμένην ἐπὶ τοῦ ἐναντίου πνεύματος ἐκτρέψασθαι καὶ ποιεῖν τὸν κατακλυσμόν.“

„Wo aber gleichzeitig mit einem Erdbeben eine Woge entstand, war daran schuld, daß entgegengesetzt gerichtete Winde entstanden. Solches ereignet sich, wenn das Pneuma, welches die Erde erschüttert, das von einem anderen Winde bewegte Meer nicht vollständig zurückdrängen kann, seinerseits aber das Meer vorwärts treibt und zusammenschiebt und dadurch eine große Wassermenge anhäuft. Dann muß nach Überwindung des ersteren die gesamte Wassermenge von dem entgegengesetzten Winde getrieben hervorbrechen und die Überschwemmung verursachen.“

Was in der Stelle für uns zunächst wichtig ist, ist die klare Erkenntnis der Wirkung des Windes auf das Meer, der nach Aristoteles das Meerwasser in seiner Richtung in Bewegung versetzt und dadurch Wogen erzeugt. Das *προωθεῖν τὴν θάλατταν* entspricht auch unserer heutigen Vorstellung der wogenerregenden Wirkung des Windes. Dabei ist es aber nach den neuesten Ergebnissen nicht der fortgesetzt gleichmäßig wehende Wind, sondern der stoßweise auftretende, der besonders Wellen großer Länge erzeugt,²⁾ wie das besonders bei böigem Wetter in den Fallwinden zu beobachten ist, worauf zuerst S. Günther aufmerksam gemacht hat.³⁾

Von besonderem Interesse ist ferner noch, daß Aristoteles das Auftreten besonders großer Wogen infolge raschen Um-

1) Ed. ac. Bor., a. a. O., p. 362, 2.

2) In Probl. 23, 11 findet sich auch diese Beobachtung ausgesprochen: „Προωθεῖ δὲ οὐ συνεχῆς πῶ ὄν τὸ πνεῦμα, ἀλλὰ ἀσχημένον.“

3) S. Günther, Von den rythmischen Schwankungen des Spiegels geschlossener Meeresbecken. Mitt. d. Geog. Ges. Wien 1888, 31, p. 510.

schlagens des Windes in die entgegengesetzte Richtung bekannt war, wie unsere Stelle ersehen läßt. Die Beobachtungen an Seen und die Berichte über große Wasserwogen an den Meeresküsten enthalten häufig solche meteorologische Verhältnisse, bei denen ein rasches Umschlagen des Windes angenommen werden muß. Wenn auch viele Berichte besonders über das Auftreten von sogenannten Seebären Windstille am Beobachtungsorte konstatieren, so ist die Auslösung der Woge eben nur in weiterer Entfernung zu suchen. Die Art und Weise, wie die Woge entsteht, denkt sich Aristoteles dabei allerdings sehr einfach als eine Überlagerung der von den sich begegnenden Winden erzeugten Wogen. Der Vorgang ist natürlich ein viel verwickelterer, wie wir heute wissen. Vor allem wirkt dabei eine plötzliche Änderung des Luftdruckes mit, ferner hängt die Höhe der Woge mit dem Zeitintervall zwischen dem Nachlassen des einen und dem Auftreten des entgegengesetzten Windes zusammen in Verbindung mit der Tiefe des Meeres und der Gebietsausdehnung, welche dieser Störung ausgesetzt ist, und anderen Faktoren; eine Analyse des einzelnen Vorgangs ist aber schon deshalb nicht möglich, weil die Störungsstelle immer auf dem Meere draußen liegt und eine Beobachtung dieser Faktoren unmöglich ist.

Daß gleichzeitig mit dem Erdbeben eine solche durch meteorologische Ursachen erzeugte Woge auftritt, wie sie Aristoteles erwähnt, ist wohl möglich. Doch wird gewöhnlich die Wirkung des Erdbebens selbst, eines sogenannten Dislokationsbebens, die großen Wasserfluten erzeugen. Was für unsere Frage von Interesse ist, ist die Tatsache, daß Aristoteles sogar in Erdbebenwogen meteorologische Ursachen suchte, während man später bis auf unsere Zeit umgekehrt als Ursachen aller großen Wasserwogen immer ferne Erd- und Seebeben betrachtete und erst in neuester Zeit als gewöhnliche Ursachen derselben meteorologische Vorgänge wieder erkannt hat. Wenn auch dieser wiederum mit den modernsten Ansichten übereinstimmende Standpunkt des Aristoteles sich einfach aus seiner Theorie der alles vermögenden Pneumata ergibt,

so ist doch die klare Erkenntnis solcher Vorgänge und die einfache Erklärung derselben für die damalige Zeit sehr staunenswert.

Daß auch das Vorseilen dieser Wogen vor dem Winde Aristoteles bekannt war, folgt aus einer Stelle im gleichen Kapitel 8 der Meteor.:¹⁾

„ἡχοῦσιν γὰρ οἱ τόποι, — διὰ τὸ τὴν θάλατταν μὲν προωθεῖσθαι ἤδη πρῶτον, —.“ „Wenn der Südwind zu wehen im Begriffe ist, zeigt er sich vorher an. Es geben die Gegenden ein Geräusch, weil das Meer schon von der Ferne her vorwärts getrieben wird. . . .“

Die Frage, warum die Wogen dem Winde vorseilen, ist auch in den *Problemata* dreimal besprochen, nämlich in Buch XXIII, 2, 11 und 12. In No. 2 und 11 finden wir übereinstimmend die gleiche Begründung wie oben, daß der Wind das Meer vorwärts stoße von der Ferne, ein *προωθεῖν τὴν θάλατταν*. Während aber bei den vorausgehenden Stellen nach dem Zusammenhang nur Wellen großer Länge gemeint sein können, kann man an diesen Stellen unter *κύματα* ebenso die Oberflächenwellen des Windes wie die langen Wellen verstehen. Beide Wellenarten werden vom fernen Winde erregt und gelangen, wie richtig geschildert ist, dadurch, daß das vom Winde angestoßene Meer das daran angrenzende seinerseits in Wellenbewegung versetzt, vor dem Winde oder auch, ohne daß der Wind das Ufer selbst erreicht, an die Küste. Die Stellen selbst scheinen auch von Aristoteles wirklich herzurühren; aus dem erwähnten Grunde aber können wir sie doch nicht für unsere Frage direkt verwenden.

Aus den obigen Ausführungen geht also zur Genüge hervor, daß Aristoteles außer den Erdbeben als Hauptursache der Seiches die Einwirkung der Pneumata auf die Wasseroberfläche angenommen hat. Die Winde läßt er dabei ausschließlich durch ihren Stoß auf das Wasser wirken. Vergleicht man diese seine Ansicht mit dem jetzigen Wissensstand in dieser Frage, so ersieht man, daß Aristoteles zwei von den 3 Hauptursachen der Seiches der Meere damit richtig erkannt hat.

¹⁾ Ed. ac. Bor., zit. S. 356, p. 367, 1.

Nur die weitere häufige Ursache der Luftdruckschwankungen ohne Mitwirkung des Windes war ihm unbekannt, wenn wir nicht in dieser Wirkung der Pneumata auch den Luftdruck einschließen dürfen. Bedenkt man aber, daß auch heutzutage die Ursachen der Seiches der Meere nicht durch Beobachtungen gefunden wurden, sondern nur durch Analogieschluß von den kleinen Wasserbecken auf das große Meer abgeleitet sind, so müssen wir auch hierin die Kenntnisse der alten Griechen, speziell des großen Stagiriten bewundern.

Die Gezeiten des Atlantischen Ozeans bei Aristoteles.

Von jeher hatte man gerade bei Aristoteles nach einer Ansicht über Ebbe und Flut gesucht, weil man wußte, daß er alle Gebiete des menschlichen Wissens seiner Zeit beherrscht hatte. Während man nun auffälliger Weise die einzige in seinen Schriften wirklich enthaltene und uns überkommene Stelle nicht beachtete, hielt man sich an zwei andere Stellen, die über die Gezeiten des Atlantischen Ozeans handeln, die aber sich nicht in den uns überkommenen Schriften finden. Die eine Stelle überliefert uns Strabo, die andere findet sich bei den Doxographen und in beiden Stellen ist Aristoteles mißverstanden worden, wie ich im folgenden zeigen werde.

In der Erdbeschreibung des Strabo findet sich in Buch III, c. 153 das bekannte Fragment von Posidonius:

„ἢ δὴ καὶ τὸν Ἀριστοτέλη γηοῖν Ποσειδώνιος οὐκ ὀρθῶς αἰτιᾶσθαι τὴν παραλίαν τῶν πλημμυρίδων καὶ τῶν ἀμπόσεων· παλιγορεῖν γὰρ φάναι τὴν θάλατταν διὰ τὸ τὰς ἀκτῆς ἰσθηλῆς τε καὶ ταχέως εἶναι δεχομένης τε τὸ πῦμα σκληρῶς καὶ ἀνταποδιδούσας. τ' ἀνάγναι γὰρ τῇ Ἰβηρίᾳ θινώδεις εἶναι καὶ ταπεινὰς τὰς πλείστας, ὀρθῶς λέγων.“

„Weshalb denn auch Posidonius bemerkt, daß Aristoteles mit Unrecht die Küste als Ursache der Fluten und Ebben angebe; er behaupte nämlich, das Meer flute abwechselnd hin und her, weil die Ufer steil und felsig wären, welche so der Woge widerstünden und sie zurückwerfen in entgegengesetzter Richtung. Im Gegenteil nämlich habe Iberien größtentheils sandige und niedrige Ufer, fügt Posidonius mit Recht an.“

An der Stelle ist ohne Zweifel zu ergänzen „als Ursache der dortigen Fluten und Ebben“, wie Schühlein auch betont

hat,¹⁾ womit natürlich die im Verhältnis zum Mittelländischen Meere großen Gezeiten nur gemeint sein können, welche durch die seefahrenden Phönizier auch in Griechenland schon bekannt waren. Wir müssen diese Ergänzung jetzt notwendig anbringen, weil wir die Ansicht des Aristoteles über die Gezeiten ja kennen. Auch Posidonius hat jedenfalls in diesem Sinne Aristoteles erwidert und Strabo hat eben auch an dieser Stelle ungenau zitiert, wie ihm Schühlein so oft nachweisen konnte. Wenn Aristoteles wirklich die astronomischen Gezeiten hiemit gemeint hat, was mir nicht wahrscheinlich ist, so war das Heranziehen der Reflexion zur Erklärung großer Fluthöhen ganz im Sinne der modernen Forschungsergebnisse. Stoßt die Flutwelle senkrecht auf die entgegenstehende Küste auf, so wird sie in der gleichen Richtung wieder zurückgeworfen und durch Überlagerung der ankommenden und der reflektierten Welle erlangt die Fluthöhe den doppelten Betrag. Schon Börgen hat die Reflexion gerade zur Erklärung der ungewöhnlichen Fluthöhen an der englischen Küste herangezogen²⁾ und R. A. Harris hat in seiner neuen Theorie der Gezeiten³⁾ den gleichen Vorgang an vielen Küstenpunkten mit Recht angenommen. Wir sehen daraus, daß Aristoteles den Vorgang der Reflexion der Wellen gekannt und, wie es scheint, an der Reflexion der Oberflächenwellen des Meeres an steilen Küsten beobachtet hat. Bei den kurzen Wellen nämlich ist ein steiles Ufer notwendig, damit nicht die Welle brandet und sich überschlägt; daß aber die Wogen von bedeutender Länge auch an flachen Küsten ebenso reflektiert werden wie an Steilküsten, hat Aristoteles nicht gewußt, wie wir aus dieser Stelle ersehen können.

Es ist aber auch die Möglichkeit nicht auszuschließen, daß Aristoteles und auch Posidonius an dieser von Strabo aus dem Text herausgerissenen Stelle die astronomischen Gezeiten gar nicht gemeint hat und die Stelle von Strabo wieder miß-

1) F. Schühlein, Untersuchungen über des Posidonius Schrift: *περὶ ὄψεων*, Programm des hum. Gymn. Freising, 1901, S. 93.

2) *Ann. d. Hydrographie*, 1908, S. 410.

3) R. A. Harris, *Manual of Tides* IV A und IV B.

verstanden worden ist. Posidonius selbst spricht nach Strabo¹⁾ von „manchmal eintretenden gesteigerten Fluten“, für welche er die doppelte Fluthöhe derjenigen bei Springflut ansetzt und von denen er sagt, daß „sie ein gemeinsames Vorkommnis an der ganzen Küste des Ozeans rund herum sein sollen.“ Es können darin nur die durch meteorologische Ursachen erzeugten Fluten gesucht werden, wie sie an vielen Küsten des Meeres auftreten und die von Alters her bekannt waren. Aristoteles selbst kannte auch die Nachrichten von großen Fluten im Atlantischen Ozean und erwähnt sie sogar zweimal in seinen Schriften, so in Eth. Eud. III, 1, wo er von der bekannten Sage spricht, daß die Cimbern um sich in der Unerschrockenheit zu üben die Waffen gegen die Fluten ergreifen, ferner in Eth. Nik. III, 10, wo er von den Kelten spricht, welche weder die Erdbeben noch die Fluten fürchteten. An beiden Stellen steht nun für Fluten *ζύματα*, wie auch in unserem obigen Fragment die Flut, welche reflektiert wird, mit *ζῶμα* bezeichnet ist. Strabo hat auch gerade da, wo er die auch von Aristoteles erwähnten Flutsagen der Cimbern bespricht, dieselben mit *πλημμυροίδες καὶ ἀμπότιες* im Texte gegeben und wirklich für astronomische Gezeiten angesehen, wie aus der Polemik hervorgeht.²⁾ Diese Verwechslung der meteorologischen und astronomischen Fluten ist von Herodots Zeiten bis in unsere Zeit vorgekommen und hat viel zu der Verwirrung in diesen Fragen von jeher beigetragen. Es ist demnach sehr wahrscheinlich, daß Aristoteles nur die einzeln manchmal auftretenden großen Fluten und Ebben gemeint hat, die er ja, wie wir aus dem Vorausgehenden wissen, durch Erdbeben oder Winde entstanden denkt und welche durch die Reflexion an den Küsten zu solcher Höhe gesteigert werden können.

Die zweite Stelle, welche bis jetzt als einzige überlieferte Ansicht des Aristoteles über die Gezeiten gegolten hat, findet sich bei den Doxographen und fast gleichlautend bei Plutarch, Stobaeus und auch bei Galenus. Vgl. Diels Dox. Gr. S. 382:

¹⁾ Strabo, III, 175.

²⁾ Strabo, VII, 293.

„Ἀριστοτέλης¹⁾ Ἡρακλείδης ὑπὸ τοῦ ἡλίου τὰ πλεῖστα τῶν πνευμάτων ζωοῦντος καὶ συμπεριφέροντος·²⁾ ἕφ' ὧν ἐμβαλλόντων μὲν προωθουμένην ἀνοιδεῖν τὴν Ἀτλαντικὴν θάλασσαν καὶ κατασκενάζειν τὴν πλήμμυρον, καταλλογόντων δ' ἀντιπερισπωμένην ὑποβαίνειν, ὅπερ εἶναι τὴν ἄμπωτιν.“

„Aristoteles und Heraklides lassen die Gezeiten durch die Sonne entstehen, welche die meisten Pneumata in Bewegung bringt und mit sich herumführt; diese Pneumata fallen auf das Atlantische Meer und dadurch werde dasselbe vorwärts gestoßen und schwellen an und bilde so die Flut; wenn sie aber nachlassen, ziehe sich das Meer rings herum in entgegengesetzter Richtung zurück und nehme dadurch ab, was die Ebbe sei.“

Nachdem wir die Ansicht des Aristoteles über den Bewegungsvorgang bei den Gezeiten kennen, dürfen wir mit ziemlicher Sicherheit behaupten, daß obige Darstellung nicht authentisch sein kann. Daß man den Doxographen in diesen kurz zusammengefaßten Ansichten der Gelehrten über die wichtigsten Probleme kein besonderes Vertrauen entgegen bringen kann, zeigen mir schon die Artikel über die Erdbeben und Winde bei Aristoteles, welche nur die Unmöglichkeit beweisen, die Theorien des Aristoteles, die wir ja glücklicher Weise noch besitzen, in kurzen Sätzen zusammenzufassen. Wie irreführend gerade die Angaben über die Gezeitentheorien bei den Doxographen sind, sieht man vor allem bei der kurzen Bemerkung über Pytheas Ansicht, wo nur eine Stelle aus seinen verdienstvollen Gezeitenbeobachtungen herausgerissen und entstellt ist. Er hatte dort, woran kein Zweifel sein kann, nur betont, daß bei zunehmendem Mond die größeren Fluten und bei abnehmendem die größeren Ebben entstehen, während er nach den Doxographen die Fluten bei zunehmendem und die Ebben bei abnehmendem Monde entstehen läßt. Auch ist sehr unwahrscheinlich, daß Posidonius, der beste Kenner der Gezeiten, diese durch die Winde entstehen läßt, welche vom Monde bewegt werden sollen. Es ist doch ganz unmöglich, daß Posidonius dem Monde eine so regelmäßige Einwirkung auf die Winde zuschreiben konnte, wo man bis heute vom Monde

1) Stobaeus hat *καὶ* und Galenus erwähnt nur den Aristoteles.

2) Stobaeus hat nur *περιφέροντος*, ebenso Galenus.

keinen merkbaren Einfluß auf die Atmosphäre beobachten konnte. Es scheint eben hier wieder vermengt zu sein die Entstehung der astronomischen Gezeiten, deren Abhängigkeit vom Monde ja speziell Posidonius zuerst klar erkannt und ausgesprochen hat, und diejenige der zeitweilig auftretenden großen Fluten, welche durch Winde erzeugt werden können.

Bei unserer obigen Stelle sind wir nun in der Lage, mit noch größerer Wahrscheinlichkeit ein Mißverständnis des betreffenden Berichterstatters zu erkennen. Wissen wir ja doch, daß Aristoteles die astronomische Ebbe durch ein Zurückziehen des Wassers in die Erde und die Flut durch ein Herausströmen entstanden gedacht hat. Warum sollte Aristoteles bei den Atlantischen Gezeiten eine neue, ganz verschiedene Theorie aufgestellt haben? Und wenn wir noch die Möglichkeit in Betracht ziehen, daß an einer uns verloren gegangenen Stelle Aristoteles vielleicht die Pneumata als wirkende Kräfte bei diesem Ein- und Ausatmen angenommen hat, so müßte beim Herabfallen der Winde auf das Meer das Wasser zurückgedrängt werden in die Erde und die Ebbe entstehen und beim Nachlassen des Druckes die Flut, nicht umgekehrt, wie obige Stelle klar angibt. Unsere Stelle kann daher nur einer verloren gegangenen Aufzeichnung über die zeitweise auftretenden meteorologischen Fluten entnommen sein, die Aristoteles, wie wir oben gesehen haben, wohl gekannt hat und welche ihn jedenfalls wie alle merkwürdigen Erscheinungen zu einer Erklärung und Begründung herausgefordert haben. Wir haben im vorausgehenden außerdem gesehen, daß Aristoteles die zeitweilig auftretenden Wogen (*κύματα*) durch den Stoß der von der Ferne her wirkenden Winde und auch die Erdbebenwogen durch die von oben oder unten her wirkenden Pneumata entstanden denkt. Und in dieser Schilderung der Doxographen finden wir dieselbe Entstehung der Wogen genau wieder. Auch hier ist vom *πρωοθεν* des Meeres die Rede wie oben.

Die anschauliche Darstellung der Auslösung der Fluten und Ebben stimmt ja merkwürdig damit überein, wie wir uns heutzutage die Entstehung der Seiches durch Wind und Luftdruck

denken. Durch die Drucksteigerung der Luft auf einem Teile einer Wasserfläche oder durch den Stoß des Windes wird die Wasserfläche niedergedrückt und gegen das Ufer vorwärts getrieben und schwillt dort an. Allerdings ist für die Entstehung der Ebbe kein Nachlassen des Druckes notwendig, sondern durch die Gleichgewichtsstörung sind nun die periodischen Schwankungen schon erzeugt, da das Wasser durch seinen Überdruck selbst wieder zurückfließt und sich ebenso weit unter das Gleichgewichtsniveau senkt, als es sich vorher über dasselbe erhoben hatte. Wenn aber das Nachlassen im Takte der ausgelösten Schwingung erfolgt, wie man bei den besonders großen Schwankungen annehmen muß und es auch nachgewiesen hat, dann wird die Schwankung um denselben Betrag erhöht. In obiger Schilderung ist also die Auslösung der Schwingungen statisch aufgefaßt, wie man das auch anfangs bei den Seiches und Gezeiten noch getan hat.

Vergleichen wir die Stelle bei den Doxographen mit derjenigen bei Strabo, so finden wir eine große Ähnlichkeit beider, ja man ist versucht, die beiden Stellen auf die gleiche Quelle zurückzuführen. Daß in der Strabostelle die Flut als *zōua* angesprochen ist, habe ich schon betont und die Reflexion dieser Woge an den steilen Küsten paßt vorzüglich zu der Doxographenstelle, da wirklich die Reflexion die Hubhöhe noch vergrößert. Darnach hätte Strabo bei Benützung dieser Posidoniusstelle wieder eine Nebensache herausgegriffen, weil sie eben zur Schilderung Iberiens gerade paßte, die Hauptsache aber, wie die Fluten selbst entstehen, weggelassen. Das Fragment von Aristoteles hätte demnach bei Posidonius gelautet: Die Winde fallen auf das Atlantische Meer und dadurch wird dasselbe vorwärts gestoßen und schwillt an und bildet so eine Woge. Die steilen Ufer an der iberischen Küste widerstehen der Woge und werfen sie in entgegengesetzter Richtung zurück, wodurch die bekannten Fluten an dieser Küste sich erklären. Lassen die Pneumata in ihrem Drucke nach, so strömt das Wasser von allen Seiten wieder zurück und es entstehen die bekannten Ebben dieser Gegenden.

Die Stelle bei den Doxographen enthält aber noch die als wesentlich zu bezeichnende Bemerkung „ὅπὸ τοῦ ἡλίου τὰ πλεῖστα τῶν πνευμάτων ζωοῦντος καὶ συμπεριφέροντος,“ worin als Ansicht des Aristoteles hingestellt ist, daß die Gezeiten von der Sonnenwirkung herrühren. Hierin ist aber, woran ich nicht zweifle, nur eine Bemerkung des Berichterstatters zu erblicken, der in den Schriften des Aristoteles nach einer Erklärung gesucht hat, daß diese Pneumata eine so regelmäßig wiederkehrende tägliche Erscheinung hervorbringen. Es ist nämlich weder an einer uns erhaltenen Stelle von einer derartigen Einwirkung der Sonne auf die Pneumata die Rede noch ist die Bemerkung überhaupt in Einklang zu bringen mit der Ansicht des Aristoteles über die Bewegung der Pneumata, die ja in den Meteorologica so eingehend behandelt und zerstreut in allen 4 Büchern immer wieder mit der Theorie übereinstimmend dargelegt ist. Die Sonne erzeugt wohl Pneumata, indem sie durch ihre Wärme die Ausdünstung fördert und nur insofern ist die Entstehung derselben „ὅπὸ τοῦ ἡλίου κύκλῳ φερομένου“¹⁾ abhängig. Aristoteles war aber doch sehr gut bekannt, daß die Richtung der Winde, überhaupt die Bewegung der Pneumata eine Unregelmäßigkeit, ja Regellosigkeit zeigt, die nicht mit dem Gange der Sonne in Übereinstimmung zu bringen war. Noch viel weniger konnte ein Aristoteles eine so regelmäßige Einwirkung der Sonne auf die Pneumata annehmen, daß die täglich so regelmäßig wiederkehrende Erscheinung der Ebbe und Flut dadurch verursacht sein konnte. Und daß Plutarch noch ein *συμπεριφέροντος* daraus macht, deutet erst recht darauf hin, daß man bei Aristoteles eben eine Einwirkung der Gestirne gesucht und eine solche von der Sonne hineinkonstruiert hat, ähnlich wie auch bei Posidonius die Winde vom Monde bewegt werden sollten. Daß aber die zeitweise auftretenden großen Fluten und Ebben durch die Pneumata erzeugt werden, die ihrerseits von der Sonne beeinflusst werden, das liegt ganz im Gedankenkreise des Aristoteles und im Sinne seiner Lehre.

¹⁾ Ed. ac. Bor., a. a. O., Met. II, 4, S. 359, 2.

Aristoteles und die Euripusfrage.

Im vorausgehenden konnte ich nachweisen, daß Aristoteles die Gezeitenbewegung des Nordhafens von Chalkis und die damit zusammenhängenden Strömungen wohl gekannt hat. Im besonderen wußte er, daß der Strom zur Zeit des raschesten Fallens und Steigens infolge der Gezeiten kentert und die Stromgeschwindigkeit periodisch zu- und abnimmt. Er kannte also damit die sogenannten regelmäßigen Strömungen des Euripus und ihre Ursache. In gleicher Weise kannte er die Seiches des Meeres und wußte, daß die rasch wechselnden Strömungen in den Meerengen durch diese Schwankungen verursacht werden. Er kannte also auch die unregelmäßigen Euripusströmungen und deren Ursachen. Es ist daher sehr merkwürdig, daß man schon bald nach Aristoteles die Lösung des Problems nicht mehr verstanden hat, obwohl sie in den Schriften desselben direkt enthalten ist. Es erklärt sich das wohl daraus, daß man das Problem selbst nicht mehr gekannt hat, wie die irreführenden Einzelheiten an den uns überkommenen Stellen zeigen.

So weiß Strabo von Eratosthenes,¹⁾ daß der Chalkidische Euripus siebenmal an jedem Tage seine Richtung ändere, und dieses Fragment des Eratosthenes enthält die erste Erwähnung des 7maligen Wechsels; Plinius ferner, der sich wohl auf dieselbe Quelle stützt, berichtet etwas genauer, daß in der Meerenge bei Euboea siebenmal in einem Tage und einer Nacht die Ebbe und Flut wechse und daß daselbst die Flut 3 Tage lang stehen bleibe, nämlich am 7., 8. und 9. Tage nach dem Neumonde.²⁾ Wir sehen, von der ganzen komplizierten Erscheinung ist nur herausgegriffen, daß ein 7maliger Wechsel der Strömung bei Tag und ebenso bei Nacht vorkommt. Nun zeigt sich dieser Wechsel nur zur Zeit der Quadraturen und da nicht etwa in gleichen Intervallen, wie die Stellen annehmen, und auch nicht 7 mal, sondern, wenn überhaupt ein häufiger Wechsel vorkommt, kann man bis 7 und auch mehr solche zählen.³⁾ Und nur Plinius erwähnt, daß 3 Tage lang keine Fluterscheinung sich zeige; aber auch diese Bemerkung ist irreführend, weil nicht diese unregelmäßigen Fluten stehen bleiben, sondern die regelmäßigen Gezeiten. Man sieht, wie herausgerissen und falsch die Darstellung ist.

¹⁾ Strabo, II, 55. ²⁾ Plinius, II, 100.

³⁾ Vgl. Zum Problem des Euripus, diese Sitzungsberichte 1914, p. 131

Auf diese stützen sich auch die späteren Schriftsteller. Manche Stellen erwähnen nur die große Unregelmäßigkeit der Strömungen, nicht aber, daß diese nur an den 3 Tagen zur Zeit der Quadraturen anzutreffen ist. Hierher gehört auch Livius,¹⁾ der aber als erster sehr nachdrücklich einen regelmäßigen, siebenmaligen Wechsel bestreitet und die Regellosigkeit der Strömungen in Stärke und Richtung sehr anschaulich und richtig schildert. Man sieht aber aus dieser Stelle, daß wieder die regelmäßigen Strömungen nicht bekannt waren, sonst wäre nach Livius nicht die Flotte des Sulpicius, die an den kritischen 3 Tagen im Nordhafen gelegen hatte, ohne die regelmäßigen Fluten abzuwarten, wieder abgesegelt.

Einen eingehenderen Bericht über das Problem verdanken wir erst wieder dem Jesuitenpater J. P. Babin, der sich von 1667 bis 1669 in Chalkis aufgehalten hatte. Der Bericht findet sich mehrfach in älteren Geographien und Reisebeschreibungen Griechenlands²⁾ und auf Grund dieses Berichtes hat F. A. Forel im Jahre 1879 eine Erklärung der regelmäßigen Strömungen als verursacht durch die Gezeiten und eine solche der unregelmäßigen als veranlaßt durch die von ihm erstmals wieder entdeckten Seiches gegeben³⁾ und das Euripusproblem galt als von Forel gelöst. Eigentümlich mutet es uns aber an, wenn man liest, wie in der ersten Begeisterung über die Forel gelungene Lösung ein französischer Schriftsteller H. von Parville⁴⁾ bedauern zu müssen glaubte, daß der große Stagirite kein Zeitgenosse Forels gewesen sei, der ihn hätte aufklären können, nachdem wir nun wissen, daß Aristoteles die Lösung des Euripusproblems ebensoweit gekannt hatte, als sie Forel 2200 Jahre später gefunden hat. Forels Theorie blieb nicht unwidersprochen. Der griechische Seeoffizier A. Miaulis veröffentlichte nämlich im Jahre 1882 seine sehr eingehenden und verdienstvollen Beobachtungen,⁴⁾ welche außer anderem in halb-

1) Livius, Lib. 28, 6. — Nebenbei kann man aus dieser Stelle angeben, daß das betreffende geschichtliche Ereignis in der Zeit des 1. oder letzten Viertel des Mondes war.

2) Der erste Bericht findet sich bei Spon und Wheeler: Voyage d'Italie, de Dalmatie, de Grèce etc. fait 1675 et 76. Amsterdam 1679, vol. II, p. 252.

3) F. A. Forel, Comptes rendus 1879, p. 861.

4) *Art. Μιαούλης, Περί τῆς παλιγορίας τοῦ Ἐυρίπου*, Athen 1882.

stündlichen Ablesungen des Wasserstandes im Nord- und Südhafen von Chalkis aus den Jahren 1871 und 72 bestehen, und bezweckte damit nachzuweisen, daß Forel das Euripusproblem nicht gelöst habe, weil er es nicht gekannt habe. Die Hauptfrage bestehe nicht in den unregelmäßigen Strömungen, sondern in einer anormalen Gezeitenperiode und besonders in einem ganz merkwürdigen Ausfallen eines Niedrigwassers am 11. und 26. Mondtage, wofür er selbst auch keine Lösung finden könne. Im Jahre 1888 trat Prof. O. Krümmel¹⁾ in diesem Streite für Forel auf, indem er die genannten Gezeitenanomalien für unwahrscheinlich und durch Miaulis Beobachtungen nicht für erwiesen erklärte, während er Forels Theorie gerade durch Miaulis Ergebnisse im einzelnen begründen konnte.²⁾ Auf Grund einer Durcharbeitung der Miaulischen Beobachtungen konnte ich dann im Jahre 1914 nachweisen,³⁾ daß diese Anomalien entgegen der Annahme Krümmels wirklich vorhanden sind und sich durch ein merkwürdiges Zusammentreffen von Gezeitenkomponenten vollauf begründen lassen.

Man hatte nun von jeher angenommen, daß die unregelmäßigen, rasch wechselnden Euripusströmungen es waren, die Aristoteles vergeblich zu ergründen suchte. Eine Sage ging sogar soweit, daß sie ihn aus Verzweiflung darüber den Tod in den Euripusfluten suchen ließ, in die er sich gestürzt haben soll mit den Worten: „Fasse mich, weil ich dich nicht erfassen kann.“⁴⁾ Nachdem wir aber wissen, daß Aristoteles gerade diese weit seiner Zeit vauseilend mit dem Auftreten von Seiches richtig begründet hat, so können es nur die Gezeitenanomalien gewesen sein, die, wie wir sehen werden, auch ganz

1) O. Krümmel, Zum Problem des Euripus, *Pet. Mitt.* 1888, p. 331.

2) Ein sehr klarer und erschöpfender Bericht über die Forel-Krümmelsche Lösung des Problems findet sich in Pauly, *Real-Enzykl. d. klass. Alt.*, VI. Stuttgart 1909 unter Euripos mit vollständiger Literaturangabe von A. Philippson.

3) Zum Problem des Euripus, diese *Sitzungsberichte* 1914, p. 99 ff.

4) Die erste Erwähnung der Sage findet sich bei Justin. *Cohort. ad Graec.*, p. 34.

dazu geeignet waren, die Aufmerksamkeit eines Aristoteles immer wieder auf sich zu lenken und mit ihrer Rätselhaftigkeit den Sinn eines so großen Forschers zu verwirren. Man wußte auch von jeher, daß Aristoteles sich häufig in Chalkis selbst aufgehalten hat, wo er ein Haus besaß, und daß er das letzte Jahr seines Lebens ganz dort verbracht hat.¹⁾ Um so mehr muß man annehmen, daß ihn diese Erscheinungen dort sehr viel beschäftigt haben. Auch muß es seiner Umgebung und seinen Schülern bekannt gewesen sein, wie sehr die Euripusfragen den Meister beschäftigten. Dazu kommt noch, daß Aristoteles die Frage der Ebbe und Flut und die Euripusfrage so wenig in seinen Schriften berührt, und wie man annehmen darf, auch keine eigene Schrift über die alle größeren Gelehrten des Altertums so sehr beschäftigenden Fragen hinterlassen hat. Wenn man alle diese Momente berücksichtigt, so kann man die Entstehung eines solchen Gerüchtes begreiflich finden.

Eine erste große Merkwürdigkeit der Gezeitenerscheinungen bei Chalkis, die oben schon erwähnt worden ist, besteht darin, daß der vom Meere durch den langgestreckten Oreoskanal abgeschlossene Talantische Euripus eine so starke Gezeitenbewegung hat, im Südhafen von Chalkis aber, der durch den Golf von Petalia unmittelbar mit dem Meere zusammenhängt, der Gezeitenhub so klein ist, daß dieser neben den Seichesschwankungen ganz verborgen bleibt. In diesem Umstande darf man, wie ich glaube, den Grund dafür suchen, daß Aristoteles und vielleicht die Griechen überhaupt sich die Ebbe und Flut als eine Art Ein- und Ausatmen der Erde vorgestellt haben. Eine derartige Bewegung ist nämlich nur möglich, wenn man sich den Untergrund des Meeres von Poren und Hohlräumen durchsetzt denkt. Aristoteles macht auch ausdrücklich auf diese Beschaffenheit der Gegenden des Euböischen Meeres aufmerksam und bringt damit auch in Zusammenhang das häufige Auf-

¹⁾ Real-Enzykl. d. kl. Alt., Bd. II, Lebensbeschreibung des Aristoteles, S. 1021.

treten von Erd- und Seebeben in diesen Gegenden, wie auch das Vorkommen heißer Quellen, das sich an den Ufern dieses Golfes so häuft.¹⁾ Dazu kommt dann noch die besondere Eigentümlichkeit, daß beim Ebben Wasser vom weiten Meere durch den Euripus nach dem inneren Meere hineinfließt und bei der Flut wieder heraus. Gerade diese Erscheinung mußte die Vorstellung wecken und immer wieder stützen, daß infolge der schwammartigen Beschaffenheit des Untergrundes dieses Ein- und Auswärtsfließen in und aus der Erde ein viel stärkeres ist als anderswo. Aristoteles speziell hat die Gezeitenbewegung nur in Chalkis kennen gelernt und eingehend studiert. Er konnte daher zu keiner anderen Vorstellung über den Bewegungsvorgang der Gezeiten kommen, als wir ihn schon vor seiner Zeit und besonders bei seinem Lehrer Plato finden, obwohl gerade Aristoteles durch die Auffindung der Seicheschwingungen als horizontale periodische Wasserschwankungen dem wahren Vorgange der Gezeitenschwingungen so nahe gekommen war.

Diese Vorstellung der Gezeitenbewegung blieb dann die herrschende für lange Zeit und wurde besonders von den Stoikern in ihrer Art weiter ausgebildet, indem sie die Erde als eine Art tierischen Organismus ansahen und in den Gezeiten einen regelmäßigen Atmungsprozeß erblickten. Auch in späteren Zeiten bis auf Newton kehrte man immer wieder zu dieser Vorstellung zurück, nur die Ansicht über die diese Bewegung auslösenden Kräfte wechselte immer wieder.²⁾

In einem weiteren anormalen Verhalten der Gezeiten im Nordhafen von Chalkis kann man, wie ich glaube, einen Grund dafür suchen, daß Aristoteles und auch die Griechen keinen Zusammenhang zwischen dem Gezeitenverlauf und dem Gang der Sonne und des Mondes aufgefunden haben, der überall da bekannt war, wo so große Gezeiten mit Hubhöhen bis zu

¹⁾ Met. II, 8. Ed. ac. Bor., S. 366, 1.

²⁾ Vgl. die verdienstvolle Darstellung der „Gezeitentheorien in ihrer historischen Entwicklung“ von S. Günther in seinem Handbuch der Geophysik, II. Band. Stuttgart 1899, p. 468 und 469.

1 Meter sich zeigen wie bei Chalkis. Dieselben richten sich nämlich dort weder nach dem Monde noch nach der Sonne. Die vom Monde herrührende Gezeitenwelle erreicht nämlich während eines großen Theiles des Jahres dieselbe Hubhöhe wie die von der Sonne erzeugte Tide.¹⁾ Dadurch erhält die durch beide Komponenten gebildete halbtägige Gezeitenwelle nicht die normale Periodendauer von 12 Stunden 24 Minuten, sondern nur von 12 Stunden 12 Minuten, das ist das arithmetische Mittel zwischen der Periode der Sonnentide und der Mondtide. Die Flutwelle richtet sich daher weder nach Mondzeit noch nach Sonnenzeit, sondern bleibt zwischen beiden. Zur Zeit der Aequinoctien ist die Hochwasserzeit fast genau in der Mitte zwischen dem Mond- und Sonnenhochwasser, bleibt aber nicht fest an dieser Stelle, sondern nähert sich zur Zeit der Solstitien mehr der Zeit des Mondhochwassers. An diesen abweichenden Gang gegenüber den ozeanischen Gezeiten müssen wir wohl denken, wenn wir bei einigen Schriftstellern solche Andeutungen über den Gang der Gezeiten lesen.²⁾ Dieses eigentümliche Verhalten der dortigen Tiden mußte jede Beobachtung eines Zusammenhanges mit dem Laufe von Mond und Sonne unmöglich machen.

Eine weitere Folge der anormalen Gezeitenperiode ist, daß zur Zeit der beiden Mondviertel gar keine Tidenbewegung sich zeigt.³⁾ In dieser Zeit kommen dann die Seiches zur Geltung und erzeugen jene kurz dauernden Stromwechsel, welche den Euripus so bekannt gemacht haben. Nach den Quadraturen tritt mit dem Wiedererscheinen der Gezeiten eine noch merkwürdigere und bis jetzt nirgends sonst beobachtete Erscheinung ein, die sogenannte Vertauschung der Flut- und

¹⁾ Das Gleiche ist auch der Fall bei den Gezeiten des Korinthischen Golfes und denjenigen in Isthmia, die sich also auch weder nach dem Monde noch nach der Sonne richten.

²⁾ Strabo, I, 54; Mela, III, c. 1; Pseudo-Aristoteles, De Mundo 4, 32.

³⁾ Plinius, II, 100 erwähnt, „am 7., 8. und 9. Montag stehe die Flut still“.

Ebbezeit, die Miaulis zuerst wieder beobachtete.¹⁾ Die Hochwasserzeiten folgen wie überall immer in gleicher Periode, hier nach 12 Stunden 12 Minuten aufeinander; gerade am Euripus kann man das Intervall in den Stromwechsellern deutlich beobachten. Rechnet man nun mittels dieser Periodendauer das Erscheinen des ersten Hochwassers nach den Quadraturen aus, so stimmt das nicht mehr mit der Beobachtung, sondern genau um diese Zeit tritt Niedrigwasser auf. Es verschiebt sich also die ganze Bewegung um 6 Stunden 6 Minuten. Gerade dieses Verhalten mußte auf jeden Beobachter besonders verwirrend wirken und war auch für Miaulis das Rätselhafteste am ganzen Problem und Krümmel konnte das Vorhandensein einer solchen Anomalie überhaupt nicht glauben.

Beachten wir alle diese großen, dort merkwürdig so zusammen treffenden Unregelmäßigkeiten der Gezeitenerscheinungen, die in ihrem normalen Typus schon ein schwieriges Problem zu allen Zeiten gebildet haben, so kann man so recht verstehen, daß nur diese es waren, die ein Aristoteles sein Leben lang vergeblich zu ergründen suchte, und daß darin wieder der Grund dafür zu erblicken ist, daß und warum er über die Gezeiten- und Euripusfrage nichts Näheres hinterlassen hat und die Fragen so selten berührt, daß in seinen vielen Schriften das Wort Ebbe und Flut nur ein einziges Mal vorkommt. Wir wissen aber auch heute, daß dieses Unvermögen die Größe des Stagiriten in nichts beeinträchtigen kann; denn eine Erklärung eines so anormalen Gezeitenverlaufes war bis in die neueste Zeit überhaupt unmöglich. Erst die Entwicklung der modernen Gezeitentheorie gibt uns in der sogenannten harmonischen Analyse ein Mittel an die Hand, auch einen so merkwürdigen Verlauf genau zu ergründen. Es ist hier nicht der Ort, auf dieses für den Nichtmathematiker schwierige Kapitel einzugehen; es sei nur erwähnt, daß in unserem Falle der Umstand, daß die Mondtide und die Sonnentide nahezu

¹⁾ Miaulis, a. a. O., S. 379, p. 17; Krümmel hatte das Auftreten derselben bestritten. Vgl. Pet. Mitt. 1888, S. 337.

gleich groß sind, die ganze Erscheinung mit Notwendigkeit ergibt. Dabei ist aber heute noch nicht erwiesen, warum gerade dort diese Anomalien auftreten, wenn auch durch G. H. Darwin,¹⁾ R. A. Harris²⁾ und andere der Weg zur Lösung der Mittelmeergezeitenfrage gezeigt ist und in neuester Zeit G. Grablovitz, G. Wegemann³⁾ und R. von Sterneck⁴⁾ auf dem richtigen Wege vorgearbeitet haben.

1) G. H. Darwin, *Ebbe und Flut*. Leipzig 1911, S. 180.

2) R. A. Harris, *Manual of Tides*, IV. B., 1904, Taf. 19.

3) G. Wegemann, a. a. O., zit. S. 363.

4) R. von Sterneck jun., *Zur Theorie der Gezeiten des Mittelmeeres*, Sitzungsber. d. K. K. Akad. d. Wiss., math.-nat. Kl., Bd. 122, IIa, Wien 1913, und *Über die Gezeiten des Ägäischen Meeres*, ebenda Sitzung vom 10. Dezember 1914, Ak. Anz. Nr. 26.