

3. Physikalische und physiologische Faktoren bei der Anheftung von Schnecken der Brandungszone.

Von Heinrich Menke, Koblenz.

eingeg. 14. Oktober 1910.

Die Flachsee, d. i. jene Zone stark bewegten Wassers, die zwischen dem Festland und dem offenen Meere liegt, stellt an ihre Bewohner ganz besondere Anforderungen. Zunächst sind die festen Substanzen aller Flachseetiere besonders stark entwickelt. Die Gehäuse der Mollusken, die Skelette der Echinodermen und die Kalkgerüste vieler Coelenteraten zeichnen sich vor den festen Substanzen verwandter Tiefseeformen durch besondere Stärke aus. Dann sind manche Tiere direkt auf den Boden festgewachsen, wie *Balanus*, *Ostrea*, *Anomia*, andre bohren sich Löcher in den Felsen wie *Pholas*, *Lithodomus* und manche Würmer. Alle diese Arten haben auf freie Beweglichkeit verzichtet. Die beweglichen Tiere dagegen wie *Patella*, *Chiton*, *Haliotis* und viele Actinien schützen sich durch besondere Haft- und KlammerVorrichtungen gegen die Gewalt der Brandung.

Eine in der Flachsee aller europäischen Meere sehr verbreitete Art ist *Patella*. Die starke Kraft, mit der sie sich an ihrer Unterlage anheftet, hat von jeher die Aufmerksamkeit der Beobachter auf sich gezogen. Schon den Griechen war diese Tatsache bekannt. Vergleicht doch Aristophanes die Anheftung der *Patella* an ihre Unterlage mit der Zuneigung einer alten Frau zu einem jungen Mann. Der erste, der sich mit der Frage nach der Kraft der Anheftung der *Patella* wissenschaftlich beschäftigt hat, war Réaumur. Er stellte z. B. die Größe des Gewichtes fest, das eine *Patella* eben noch tragen kann, ohne abzureißen. Er fragt sich auch nach den physikalischen Faktoren dieser Erscheinung. Da die von ihm auf Grund richtiger Beobachtung gefundenen Ergebnisse mit meinen Feststellungen zum Teil übereinstimmen, so werde ich im Laufe der Arbeit noch darauf zurückkommen. In den achtziger Jahren haben Hamilton und Aubin Untersuchungen über die Anheftungskraft der *Patella* angestellt, ohne allerdings auf die physikalischen Faktoren einzugehen. In seiner Monographie über *Patella* (1903) läßt sich Davis auf diese Frage ein. Aus der Tatsache, daß die *Patella* sich auch an Flächen festhalten kann, die kleiner sind als der Fuß, schließt er, daß der Fuß nicht als Saugscheibe wirken kann. Auch die Anheftung durch eine klebrige Substanz lehnt er ab. Nach seiner Ansicht soll es nur die Adhäsion zwischen zwei sehr nahen Flächen sein, durch die die Tiere sich festsetzen. Die nur referierende Arbeit von Piéron (1909) bringt wenig Neues. Die Frage nach den physikalischen und physiologischen Faktoren bei der Anheftung der

Patella ist also noch offen. Während meines Aufenthaltes an der Zoologischen Station zu Neapel wies mich Herr Prof. Dr. Mayer auf die Bearbeitung dieser Frage hin, wofür ihm auch an dieser Stelle gedankt sei.

Während die früheren Beobachter die Größe der Anheftungskraft dadurch feststellen, daß sie die Schale an 2 Stellen durchbohrten, einen Faden hindurchzogen und an diesen Faden eine Federwage befestigten, suchte ich die damit verbundene Verletzung oder doch zum mindesten hervorgebrachte Reizung der Tiere zu umgehen, indem ich einen Draht mit Hilfe von Mendeleeffschem Kitt an der Schale befestigte. Dieser Kitt, der allerdings nur an ganz trockenen Schalen haften blieb, war sehr fest und hielt alle erforderlichen Belastungen aus. Der Draht wurde nach oben über eine feste Rolle geführt. An seinem Ende hing eine Wagschale, die nach und nach immer mehr beschwert wurde, bis endlich das Tier von der Unterlage abriß. Das zum Abreißen notwendige Gewicht ist ein Maß für die Anheftungskraft. Da eine auf Gramm genaue Feststellung der Anheftungskraft sehr lange Zeit erfordern würde und die bei dem Tier eintretende Ermüdung das Ergebnis beeinträchtigt hätte, so wurden immer gleich je 50 Gramm zugelegt. Außerdem wirkten die Gewichte immer nur kurze Zeit. Als Maximalanheftungsfähigkeit bezeichne ich das Gewicht, welches ein Tier noch gerade tragen kann, ohne abzureißen.

Nr.	Flächeninhalt der Fußfläche in qcm	Maximalanhef- tungsfähigkeit in kg	Zeitdauer des Festsitzens in Tagen	Bemerkungen	Maximalanhef- tungsfähigkeit für 1 qcm
1	2	3	6		1,5
2	3,1	4	4		1,3
3	1,4	4	6		2,9
4	1,6	5,5	6		3,5
5	1	2,7	7	Gewebe zerrissen	2,7
6	1,4	5	7	- -	3,7
7	1	1,9	8	- -	1,9
8	1	1,6	8	Schale riß ab	1,6
9	4,5	6,5	5		1,4
10	4,5	3	6		0,6
11	1,5	2,4	6		1,6
12	2	1,2	1/2 Tag		0,6

Aus der Tabelle geht hervor, daß die Werte für die Anheftungskraft sehr verschieden sind, daß durchaus keine Proportionalität besteht zwischen der Größe der Fußfläche und der Anheftungsfähigkeit. Das zeigt ein Vergleich von 2 und 4. Bestimmte Beziehungen lassen sich nur aufstellen zwischen der Anheftungskraft und der Dauer des Festsitzens. Diese Kraft ist gering bei Tieren, die weniger als einen Tag an einer Stelle sitzen, sie nimmt zu mit der Dauer des Festsitzens,

etwa bis zum 7. Tag, und verringert sich von da an wieder. Aus dieser Gesetzmäßigkeit läßt sich schon folgendes entnehmen: Wäre die Kraft der Anheftung allein auf die Lebenstätigkeit der Tiere, etwa auf die Muskeltätigkeit zurückzuführen, so wäre nicht einzusehen, warum sie mit dem längeren Festsitzen zunehmen sollte, sie müßte im Gegenteil geringer werden. Die Abnahme der Anheftungskraft nach einer bestimmten Zeit, wie sie 7 und 8 zeigen, wird dadurch bedingt, daß das Atemwasser allmählich bei den im Trockenen sitzenden Tieren ausgeht. Die Gewebe werden trocken und brüchig. Endlich ist auch noch das Medium von Bedeutung, in welchem die Tiere sich aufhalten. Tiere, die dauernd im Wasser sitzen, haben eine geringere Anheftungsfähigkeit als solche, die von Luft umgeben sind. Das kommt daher, weil die unter Wasser befindlichen Tiere beweglich sind, während die Tiere außerhalb des Wassers meist unbeweglich an einer Stelle sitzen bleiben. Der tiefere Grund für die verschiedenen Anheftungsfähigkeiten liegt also nicht in den Medien, sondern in der verschiedenen Beweglichkeit der Tiere. Da Hamilton bei den von ihm untersuchten Patellen feststellte, daß sie unter Wasser fester sitzen als in der Luft und Piéron dieses Ergebnis anführt, so hielt ich es für notwendig, in 2 Versuchsreihen diese Frage zu entscheiden.

I. Reihe; die Tiere saßen 2 Tage fest in Luft.			II. Reihe; die Tiere saßen 2 Tage lang unter Wasser.		
Nr.	Flächeninhalt in qcm	Maximalanheftungsfähigkeit	Nr.	Flächeninhalt in qcm	Maximalbelastungsfähigkeit
1	2	2,6	1	2	1,7
2	3,1	5,5	2	1,9	2
3	1,1	1	3	2,4	0,9
4	1,1	2,8	4	1,5	1,1

Außer der *Patella* wurde noch die *Haliotis tuberculata* auf ihre Anheftungskraft hin untersucht. In der folgenden Tabelle sind einige Ergebnisse wiedergegeben. Da *Haliotis* zu beweglich ist, um längere Zeit an einer Glasplatte sitzen zu bleiben, so konnte die Zeit des Festsitzens nicht festgestellt werden. Sie ist meist kürzer als 1 Tag.

Nr.	Flächeninhalt in qcm	Maximalbelastungsfähigkeit in kg	Maximalbelastungsfähigkeit auf 1 qcm	
1	12,4	2,9	$\frac{1}{4}$	saß 2 Tage an derselben Stelle
2	11,9	1,9	$\frac{1}{6}$	
3	15,7	2,6	$\frac{1}{6}$	
4	14	4,5	$\frac{1}{3}$	

Diese Tabelle zeigt, daß die Anheftungskraft der *Haliotis* im Verhältnis zu der Größe ihrer Fußfläche eine recht geringe ist. Daß auch sie größere Werte erreichen kann, wenn nur die Tiere längere Zeit festsitzen, zeigt 4. Im übrigen ergibt sich die im Vergleich zu der *Patella* geringe Anheftungskraft der *Haliotis* aus ihren ganzen Lebensbedingungen. Während *Patella* ein Tier der stark bewegten Brandungszone ist, lebt *Haliotis* etwas tiefer in viel ruhigerem Wasser, und ist außerdem im Verhältnis zur *Patella* sehr beweglich.

Von physikalischen Kräften sind zwei im Tierreich zur Anheftung an glatte oder raue Flächen weit verbreitet: 1) der Druck der atmosphärischen Luft und 2) die Adhäsion. Luftdruckapparate treten uns in den Saugnäpfen der Cephalopoden, in dem Saugmund und der ventralen Haftscheibe der Hirudineen und in den bauchständigen Haftorganen der Trematoden entgegen. Die Adhäsion als Anheftungskraft ist im Tierreich weit verbreitet; es gibt kaum eine Tierklasse, in der sich nicht einige Fälle von Adhäsionswirkung aufzählen ließen. Durch welche Kraft sitzt nun die *Patella* an ihrer Unterlage fest? Es bestehen offenbar drei Möglichkeiten: 1) Entweder wirkt der Luftdruck allein, 2) oder die Adhäsion allein, oder 3) endlich die Anheftung wird bewirkt durch Luftdruck und Adhäsion. Eine gewisse Entscheidung über diese drei Möglichkeiten geben schon die für die Maximalanheftungskraft gefundenen Werte. Die von einem qcm der Fußfläche ausgeübte Kraft war in einem Falle (6) 3,7 kg. Bei einem vollständig evakuierten Raum beträgt der Druck der atmosphärischen Luft auf 1 qcm etwas mehr wie 1 kg. Da die für die Anheftung gefundene Kraft fast viermal so groß ist, so käme der Luftdruck allein als wirkende Kraft nicht in Betracht. Es fragt sich nun, ob der Luftdruck überhaupt wirksam ist, etwa in Verbindung mit Adhäsion, ob also die dritte Möglichkeit vorliegt.

Läßt man eine *Patella* auf einer durchsichtigen Glasplatte sich festsetzen, so macht die Fußsohle mit ihrem dunklen Rand und mit ihrer hellen Innenfläche ganz den Eindruck eines Saugnapfes. Allerdings ist es auch bei Vergrößerung nicht möglich, zwischen dem Fuß und der Unterlage Luft nachzuweisen. Das ist auch nicht notwendig, denn einmal könnten die Luftbläschen in so feiner Verteilung vorhanden sein, daß sie selbst mit der Lupe nicht zu sehen sind. Dann könnte aber der Fuß ganz nach Art einer Gummiplatte wirken, die ja sehr fest durch den Luftdruck angepreßt wird, wenn alle Luft entfernt ist. Nun läßt sich durch Versuche leicht feststellen, daß der Fuß nicht als Ganzes als Saugnapf wirkt, denn er vermag sich schon an Flächen anzusetzen, die kleiner sind als er selbst (Davis). Der Fuß wird in seiner Anheftungsfähigkeit auch dadurch nicht wesentlich beeinträchtigt, daß

man radiäre Einschnitte macht. Dieser Versuch beweist auch, daß keine Circularmuskulatur vorhanden ist, wie sonst bei den Saugnapfen, eine Tatsache, die ich auch durch histologische Untersuchung feststellen konnte. Endlich sitzen die Tiere auf siebartig durchlöcherten Platten, selbst auf der Planktongaze recht fest. Diese Versuche gestatten es nun nicht, den Luftdruck als wirkende Kraft abzulehnen; sie zeigen nur, daß der Fuß nicht als Ganzes als Saugnapf wirkt. Es wäre ja auch möglich, das einzelne Teile der Fußsohle eine saugende Wirkung entfalteten.

Zur Entscheidung dieser Frage liegt es nun nahe, die Tiere in ein Vacuum zu bringen. Im allgemeinen haben derartige Luftpumpenversuche den Übelstand, daß die geringe Luftmenge das ganze Leben des Tieres, vor allen Dingen seine Atemtätigkeit, ungünstig beeinflusst. Das ist besonders bei höheren, sehr sauerstoffbedürftigen Tieren der Fall. Wie Schuberg ganz richtig bemerkt, beweisen bei Tieren, wie dem Laubfrosch, derartige Luftpumpenversuche nichts. Anders ist es bei Tieren wie *Patella*, die tagelang mit dem geringen Vorrat von Atemwasser in ihren Kiemen auskommt. Wie ich durch Versuche feststellte, findet selbst durch längeren Aufenthalt der *Patella* im Vacuum keine sichtbare Schädigung des Tieres statt.

Die Versuche wären nun einfach in der Weise auszuführen, daß man zunächst die Maximalanheftungskraft eines Tieres feststellte und aus dem Flächeninhalt des Fußes die Größe des eventuell wirkenden Luftdruckes berechnete. Die Differenz zwischen der Maximalanheftungsfähigkeit und dem Gewicht der Luft ergäbe die Größe der außer dem Luftdruck noch wirkenden Kraft. Wirkt dieses Gewicht als Zug an der Schale der *Patella*, so muß sie im Vacuum abfallen. Diesem Verfahren stellen sich nun folgende Hindernisse in den Weg: Tiere, deren Maximalanheftungskraft man bestimmt hat, sind wegen den mit dem Abreißen verbundenen Störungen zu weiteren Versuchen ungeeignet. Sie brauchen tagelang, um sich wieder etwas festzusetzen. Diesem Übelstande suchte ich nun dadurch abzuhelpen, daß ich die Tiere mit einer gewissen, meist starken Belastung in das Vacuum brachte. Bei der mir zur Verfügung stehenden Luftpumpe dauerte es immer längere Zeit, bis das Vacuum hergestellt war. Fiel das Tier nun ab, so war es durchaus nicht sicher, ob das Abfallen auf den fehlenden Luftdruck oder auf die mit der starken Belastung verbundene Ermüdung zurückzuführen war. Von Bedeutung waren für mich nur solche Fälle, in denen die Tiere nicht abfielen. Diese Tiere ließ ich erst einige Tage sich erholen und bestimmte dann ihre Maximalanheftungsfähigkeit. Im folgenden sei einer von vielen Versuchen mit ähnlichem Ergebnis mitgeteilt: Der Flächeninhalt des Fußes war 2,1 qcm, der an der Schale

wirkende Zug 1 kg, die nachträglich festgestellte Maximalanheftungskraft ergab 2,5 kg. Wäre der Luftdruck die wirkende Kraft gewesen, so hätte das Tier im Vacuum schon bei einer Belastung von 0,4 kg abfallen müssen. Bedenkt man noch, daß die längere Dauer der Belastung mit 1 kg Ermüdung zur Folge hatte, so sind wir berechtigt, den Luftdruck als wirkende Kraft bei der Anheftung abzulehnen, ein Ergebnis, das schon durch frühere Versuche und Überlegungen wahrscheinlich gemacht war.

Die Versuche mit *Haliotis* führten zu demselben Ergebnis, es lag ihnen derselbe Gedankengang zugrunde. Ich führe nur einen Versuch an: Ein Tier, dessen Fußfläche einen Inhalt von 14,1 qcm hatte, hielt im Vacuum eine Belastung von 1 kg aus. Die nachher festgestellte Maximalanheftungskraft war 1,7 kg. Schon die Tatsache, daß die Fußfläche von 14,1 qcm einem Luftdruck von fast 15 kg entspricht, und daß bei der Belastung von 1 kg für den Luftdruck nur 0,7 kg übrigbleibt, läßt erkennen, daß der Luftdruck hier ebensowenig in Frage kommt wie bei der *Patella*.

Nachdem nun festgestellt ist, daß weder der Fuß der *Patella* noch der *Haliotis* als Saugnapf wirkt, fragt es sich, wodurch die bedeutenden Wirkungen zustande kommen. Von physikalischen Kräften bleibt noch die Adhäsion. Die Adhäsionswirkung kommt bekanntlich dadurch zustande, daß Teilchen zweier Körper einander so nahe gebracht werden, daß die Anziehungskräfte zwischen ihnen eine bemerkenswerte Größe erreichen. Die Adhäsion ist um so größer, je näher die beiden Körper einander gebracht werden, und es ist der Fall denkbar, daß die Anziehung so groß ist, wie zwischen den Teilchen eines festen Körpers. Die Adhäsion kann dadurch wesentlich vergrößert werden, daß man zwischen die beiden Körper eine benetzende Flüssigkeit bringt. In diesem Falle kompliziert sich die Erscheinung in folgender Weise: Zunächst sind Adhäsionskräfte tätig zwischen den Teilchen der beiden festen Körper. Diese Wirkung ist um so größer, je näher sich die beiden Körper sind, d. h. je dünner die Flüssigkeitsschicht ist. Dann ist die Adhäsion abhängig von der Adhäsion der Flüssigkeit an den festen Körper und endlich von der Kohäsion der Flüssigkeitsteilchen selbst. Die Kohäsion der Flüssigkeit ist um so größer, je klebriger die Flüssigkeit ist. Um also eine möglichst große Adhäsion zwischen 2 Körpern herzustellen, muß sich zwischen den beiden adhärierenden Körpern eine möglichst dünne Schicht klebriger Flüssigkeit befinden.

Reißt man eine *Patella* von ihrer Unterlage ab, so bleibt auf der Unterlage ein Ring einer klebrigen Substanz zurück. Wie die Färbung mit Mucikarmin zeigt, ist diese Substanz ein Schleimstoff, sie wird von den Fußrändern abgeschieden. Ihrem Aggregatzustande nach steht

sie auf der Mitte zwischen festen und flüssigen Körpern. Eine besonders starke Klebrigkeit kommt ihr nicht zu. Sie löst sich leicht in Seewasser, auch in alkalischen Flüssigkeiten, schwer in destilliertem Wasser. Da sie in dünner Schicht vorhanden ist, infolge ihres fest-flüssigen Aggregatzustandes eine starke Kohäsion hat, so sind alle Bedingungen für eine starke Adhäsion gegeben. Nur fragt es sich, ob die Adhäsion ausreicht, um Kräfte von 5 kg zu erklären. Schuberg hat die Größe der Adhäsion für Flüssigkeiten zwischen zwei 16 qmm großen Glasplatten (Deckgläser) festgestellt. Die Flüssigkeitsschicht war möglichst dünn. Dabei ergab sich für dest. Wasser 13 g, für Olivenöl 15 g, für Gummiarabikumlösung 26 g. Nehmen wir nun an, die Kohäsion der Schleimschicht sei so groß wie die der Gummiarabikumlösung, so würde eine *Patella* mit einer 2 qcm großen Fußfläche mit einer Adhäsionskraft von 312 g an der Unterlage haften. Nun ist aber die Anheftungskraft der *Patella* bis zu 5 kg groß. Da ist nun zunächst zu berücksichtigen, daß bei der physikalischen Bestimmung der Adhäsionskraft die beiden Glasplatten feste starre Körper sind, die auch bei sorgsamster Bearbeitung nie zwei ganz ebene Flächen haben werden. Anders verhält sich der sehr plastische und empfindliche Fuß der *Patella*, er kann sich in die feinsten Unebenheiten des Bodens einschieben. Es kommen sicher Adhäsionskräfte zustande, wie man sie sich mit toten Körpern nicht darstellen kann, besonders wenn man bedenkt, daß eine stark entwickelte Muskulatur gegen die Unterlage drücken wird. Endlich kann auch die Kohäsion des Schleimes besonders groß sein. Ob aber die Adhäsion zur Erklärung der starken Kraft von 5 kg ausreicht, bleibt immerhin fraglich.

Da hilft nun folgende Überlegung weiter. Es ist eine Tatsache, daß unter Wasser befindliche Patellen eine geringere Anheftungskraft haben als solche, die sich im Trockenen anheften. Es liegt nahe, diese Verschiedenheit in einer Veränderung des Secrets zu suchen. Es wäre doch möglich, daß das Secret einer im Trockenen befindlichen *Patella* erhärtete, und zwar um so fester würde, je länger das Tier an einer Stelle sitzt. Diese Möglichkeit wurde durch eine Reihe von Versuchen zur Gewißheit. Bringt man eine Glasplatte, an der eine andre Glasplatte mittels einer dünnen Wasserschicht adhäriert, in ein Vacuum, so dehnen sich die fast in jeder Flüssigkeit befindlichen Gasblasen, die jetzt unter einen geringeren Druck kommen, mächtig aus, so daß sich die eine Glasplatte von der andern loslöst. Der Kanadabalsam zwischen 2 Glasplatten nimmt im Vacuum eine schaumige Beschaffenheit an. Dabei sind mit bloßem Auge keine Gasblasen wahrzunehmen. Ist der Kanadabalsam aber fest geworden, so ist die Kohäsion der Substanz größer als das Ausdehnungsbestreben der Luftblasen, der Balsam bleibt

unverändert. Diese Versuche auf die *Patella* angewandt, ergaben folgendes: Zunächst wurde festgestellt, daß das Secret wirklich Luft enthält, indem man eine erst seit einigen Stunden festsitzende *Patella* unter den Rezipienten brachte. Es bildeten sich immer größer werdende Luftblasen. Ganz anders verhielt sich das Secret der seit längerer Zeit festsitzenden Tiere. Das Secret blieb, auch wenn die Tiere $\frac{1}{2}$ Stunde im Vacuum waren, vollständig unverändert. Daraus geht hervor, daß es sich bei der *Patella* um ein festes Secret handelt. Damit ist die Frage nach den physikalischen Faktoren bei der Anheftung der *Patella* beantwortet.

Die Erkenntnis, daß es sich bei dem Anheften der *Patella* um ein festes Secret handelt, bringt eine Ansicht Réaumur's wieder zu Ehren. Er führte die Anheftung auf einen Schleim zurück, der von Drüsen der basalen Fußfläche abgesondert wird. Die Loslösung der so gewissermaßen festgeklebten Tiere glaubt er dadurch bewirkt, daß sich aus andern Drüsen Wasser absondere, welches den Schleim auflöse. Noch eine andre Ansicht hatte Réaumur ins Auge gefaßt. Man könnte sich denken, meint er, daß die Muskeln sich in die selbst mit dem bloßen Auge nicht wahrnehmbaren Vertiefungen des Bodens einschniegten und die einzelnen Muskelfasern die Vorsprünge umklammert halten. Nachdem er sowohl radiäre wie auch horizontale Schnitte durch den Fuß geführt hatte, und die *Patella* nicht abfiel, verwarf er diese Ansicht. Neuerdings wird letztere Hypothese wieder von Piéron zur Erklärung herangezogen. Er hat nämlich beobachtet, daß eine losgerissene *Patella* die kleinen Vorsprünge des felsigen Bodens so festhält, daß sie mit abgerissen werden. Der Fuß schniegt sich in die kleinsten Unebenheiten des Bodens ein und umklammert die Vorsprünge durch heftige Zusammenziehung seiner Muskulatur. Daß diese Ansicht zur Erklärung nicht ausreicht, ergibt schon die Tatsache, daß die *Patella* auch auf ganz glattpolierten Glasflächen sehr festsitzt. Dieses Einschniegen in die kleinsten Unebenheiten des Bodens zeigt nur, wie außerordentlich plastisch der Fuß des Tieres ist.

Wie vermag sich nun die »festgeklebte« *Patella* von der Unterlage zu lösen? Da liegen 2 Möglichkeiten vor. Die eine hatte schon Réaumur zur Erklärung herangezogen. Er meinte, der Fuß scheide aus besonderen Drüsen eine wässrige Flüssigkeit ab, die das Secret löse. Daß solche wasserabscheidende Drüsen nicht vorhanden sind, ergibt eine histologische Untersuchung des Fußes. Und doch ist die Ansicht Réaumur's nicht ohne weiteres abzuweisen, denn es läßt sich jederzeit feststellen, daß die Fußfläche der *Patella* von einer alkalisch reagierenden Flüssigkeit bedeckt ist. Da der Schleim sich besonders in alkalisch reagierenden Flüssigkeiten löst, so hat der Gedanke immerhin

etwas für sich. Die einfachste Erklärung für die Loslösung der *Patella* ist die, daß von neuem eine Abscheidung von Secret stattfindet. Wie der Vorgang sich abspielt, vermochte ich nicht zu entscheiden. Auch die histologische Untersuchung des Fußes ergab keine Anhaltspunkte.

Durch das erhärtende Secret allein läßt sich kaum die große Anheftungskraft erklären. Das erkennt man leicht, wenn man die lebendige Mitwirkung des Tieres etwa durch Narkose aufhebt. Dann löst sich das Tier von selber los, oder läßt sich doch mit Leichtigkeit abheben. Die Muskeltätigkeit des Tieres ist also zum Zustandekommen der Anheftung erforderlich. Ein Querschnitt durch den Fuß läßt nun eine sehr stark entwickelte Dorsiventralmuskulatur erkennen, die von zahlreichen Bluträumen durchsetzt wird. Vielleicht ist das Andrücken des Fußes an die Unterlage ein komplizierter Mechanismus, der durch das Zusammenarbeiten der Bluträume und Dorsiventralmuskeln zustande kommt. Gerade die Bluträume, die von vielen Muskeln umgeben sind und deshalb in Form und Größe beliebig verändert werden können, scheinen mir für das Zustandekommen der Adhäsion sehr wichtig zu sein. Neben den Dorsiventralmuskeln verlaufen im Fuß noch Muskeln nach allen möglichen Richtungen. Sie bedingen die große Plasticität des Fußes.

Welche Rolle die im Fuß vorkommenden Drüsen für die Erhärtung des Secrets spielen, ist schwer zu entscheiden. Im Gegensatz zu Gibson, der keinerlei Drüsen im Fuß der *Patella* entdecken konnte, finde ich 2 Arten von einzelligen Drüsen. Wie schon aus der Ringform der Schleimschicht auf der Unterlage hervorgeht, liegen die Drüsen an den Rändern des Fußes. Die eine Art von Drüsen ergab mit Mucikarmin eine schwache Rotfärbung, während die andre sich mit Orange G stark orange färbte. Eine Färbung des Schleimringes mit schwacher Orange G-Lösung und starkem Mucikarmin ergab, daß das Secret wirklich eine Mischung aus zwei verschiedenen Stoffen darstellt. Die rot gefärbte Substanz befindet sich außen, die orange gefärbte innen. Welche Rolle diese beiden Stoffe bei der Erhärtung des Secrets oder bei der Loslösung des Tieres spielen, darüber habe ich keine Anhaltspunkte.

Wie läßt sich nun der oben geschilderte Anheftungsmechanismus mit der Lebensweise der Tiere in Einklang bringen, in welchen Fällen kommt es zu einer Erhärtung des Secrets? Wie bekannt, leben die Patellen in kleinen selbstgegraben Vertiefungen, deren Umfang genau der Größe der Schale entspricht. Um ihrer Nahrung nachzugehen, die aus Algen besteht, verläßt sie von Zeit zu Zeit ihre Wohnung und entfernt sich nach den Angaben von Davis und Morgan oft 50 bis 90 cm weit von ihrem Ruheplatz und findet ihn nachher mit unfehlbarer Sicherheit wieder. Ob die Tiere bei hohem Wasserstande, also dann,

wenn sie vom Wasser bedeckt sind, oder bei niedrigem Wasser ihre Wohnung verlassen, darüber gehen die Ansichten der Beobachter auseinander. Während Davis und Morgan das erstere beobachteten, sahen Jeffreys, Robertson und Wilcox, daß die *Patella* nur bei hohem Wasserstand ihre Behausung verläßt, um bei Eintritt niedrigen Wassers wieder zurück zu sein. Diese verschiedenen Beobachtungen lassen sich nur dahin deuten, daß das Verhalten der *Patella* sich ganz nach den Verhältnissen ihres Wohnortes richtet. Piéron hat darüber Untersuchungen angestellt. So hält der Sauerstoffmangel manche Tiere ab, sich im Trockenen zu bewegen. Das gilt besonders für solche Tiere, die in den vom Meere abgeschnittenen Wasseransammlungen leben und deshalb nur bei hoher Flut mit frischem Wasser versorgt werden. Denn da sie in der Bewegung mehr Sauerstoff gebrauchen als in der Ruhe, so schützen sie sich durch ihre Unbeweglichkeit gegen die Erstickung. Andre Tiere, die etwas tiefer direkt in der Zone des stärksten Wellenschlages leben, verlassen ihre Wohnung nur bei der Ebbe. Die starke Brandung könnte die in der Bewegung nur lose sitzenden Tiere leicht abspülen. Piéron fand auch Tiere, die unter natürlichen Bedingungen einen Monat und länger an einer Stelle festsitzen, gleichgültig ob sie vom Wasser bespült werden oder nicht.

Im Zusammenhange mit der eben geschilderten Lebensweise der *Patella* lassen sich je nach dem Bewegungszustande des Tieres verschiedene Größen der Anheftungskraft unterscheiden.

Wenn das Tier sich bewegt, sitzt es sehr lose an der Unterlage. Schleim wird nicht produziert, jedenfalls war es mir nicht möglich, auf dem Wege der Tiere Schleimspuren zu entdecken. Bei den oft weiten Wanderungen zu den Futterplätzen wäre eine Schleimabsonderung wenig ökonomisch. Die Anheftung des Tieres an die Unterlage kommt durch reine Adhäsion des Fußes zur Unterlage zustande. Da die Anheftung recht lose ist, so ist es verständlich, daß die Tiere direkt in der Brandung keine Wanderungen unternehmen. In der etwas tiefer gelegenen Zone ist es bei dem ruhigeren Wasser den Tieren möglich herumzuwandern.

In der Ruhe nach der Bewegung findet sofort eine Abscheidung von Secret statt. Wahrscheinlich sitzen die Tiere weniger durch Adhäsion als durch die klebende Wirkung des Sekrets fest. Die sonst zur Hervorbringung starker Adhäsion notwendige Muskelkontraktion tritt nicht ein. Es ist sehr leicht, solche »schlafende« Patellen loszulösen. Nur muß man sich hüten, durch Berührung die Tiere zu reizen und sie aus ihrer Ruhe zu wecken. Dann geht zweierlei in dem Tiere vor sich: 1) Der ganze Anheftungsmechanismus, der aus den Dorsiventralmuskeln und aus den Bluträumen besteht, tritt in Tätigkeit, die Adhäsion wird

dadurch vergrößert. 2) Der sehr stark entwickelte Schalenmuskel — er ist eine Fortsetzung der Dorsiventralmuskeln — kontrahiert sich und zieht die Schale an die Unterlage, so daß sie lückenlos anliegt. Der letztere Vorgang vor allen Dingen erzeugt in dem Beobachter das »Gefühl« als ob die Anheftung viel stärker geworden sei. Da er nämlich bei dem Versuch, das Tier loszureißen, an der Schale angreift, so beobachtet er nur, daß die Schale sich nicht mehr bewegen läßt, während der andre Vorgang, die Vergrößerung der Adhäsion, nur auf einer durchsichtigen Unterlage festzustellen ist. Dann sieht man, wie im Augenblick der Berührung die Fußfläche größer wird. Außerdem beobachtet man ein Dunklerwerden des Fußes. Diese Erscheinung ist darauf zurückzuführen, daß die im Bindegewebe zerstreuten Pigmentzellen der basalen Fußfläche genähert werden.

Wenn eine *Patella* aus inneren oder äußeren Gründen gezwungen wird, längere Zeit an einer Stelle sitzen zu bleiben, so erreicht die Anheftungskraft ihr Maximum, mag das Tier vom Wasser bedeckt sein oder nicht. In diesem Zustand wird das Secret fest, oder vorsichtiger ausgedrückt: Es kommt in einen Zustand, wo die Luftblasen nicht mehr Gelegenheit haben, sich auszudehnen. Schon früher wurde ein Unterschied festgestellt zwischen der Anheftungskraft von Tieren unter Wasser und Tieren im Trockenen. Bei gleicher Dauer des Festsitzens ist sie im ersteren Falle kleiner als im letzteren, weil das Secret an der Luft schneller erhärtet wie unter Wasser. Das feste Secret ist für die Tiere von großer biologischer Bedeutung. Es enthebt die Muskeln der Notwendigkeit sich zu kontrahieren. Das ist wichtig für Tiere, die dauernd in der Brandung leben: Die Tiere haben Gelegenheit, ihre Muskeln zu entspannen. Ferner hat das Secret auch Bedeutung für Tiere, die sich längere Zeit auf trockenen Felsen aufhalten müssen. Das Sauerstoff- und Nahrungsbedürfnis wird auf ein Minimum herabgemindert. So können die Tiere infolge ihrer allgemeinen Unbeweglichkeit und wegen des Entspannungszustandes der Muskeln längere Zeit mit geringen Mengen von Atemwasser auskommen. Die Wirkung des festen Secrets kann bedeutend verstärkt werden, wenn der Anheftungsmechanismus in Tätigkeit tritt. Um diese bedeutenden, so zustande kommenden Kräfte handelt es sich wohl bei den Bestimmungen dieser Kräfte.

Zum Schluß möchte ich noch erwähnen, daß die *Heliotis* zu beweglich ist, um das Secret fest werden zu lassen. Daß es aber auch bei ihr möglich ist, konnte ich in einem Fall nachweisen.

Literatur.

Aubin, The limpets power of adhesion. Nature t. XLV. p. 464.

Bohn, De l'orientation chez les Patelles. C. R. de l'Académie des Sciences 1909.

- Davis, The habits of limpets. Nature t. LI. p. 511.
- Davis u. Fleure, S. M. B. C. Memoirs X: *Patella*. Proceedings and transactions of the Liverpool Biological Society vol. XVII. p. 193.
- Fischer, H., Quelques remarques sur les mœurs des Patelles. Journ. de Conch. t. 46. 1698.
- Fischer, P., Notes sur quelques points de l'histoire naturelle des Patelles. Journ. de Conch. t. 11, 1863.
- Gibson, On the Anatomy and Physiologie of *Patella vulgata*. Part I. Anatomie. Transactions of the Royal Society of Edinburgh t. 32. p. 601.
- Hamilton, The limpets strength. Nature t. 45. p. 487.
- Hawkshaw, On the action of limpets (*Patella*) in sinking Pits in and abrading the Surface of the Chalk at Dover. The Journ. of the Linnean Society. Zoology t. 14. 1878.
- Kinahan, On the tracings formed on recent rock surfaces by *Patella vulgaris* and other Mollusks. Natural History Review 1859.
- Lukis, Remarks on the Locomotion and Habits of the Limpet. The Magazine of Natural History t. 4. 1831.
- Morgan, The Homing of Limpets. Nature 1894.
- Piéron, L'immobilité protectrice chez les animaux. Revue Scientifique t. 1. 1904.
- De l'influence de l'oxygène dissous sur le comportement des invertébrés marins. C. R. de Soc. de Biol. 1908.
- Contribution à la Biologie de la Patelle et de la Calyptrée. Bulletin Scientifique de la France et de Belgique 1909. 7. Bd. p. 183.
- Das Literaturverzeichnis ist unvollständig!

II. Mitteilungen aus Museen, Instituten usw.

Über die Ferienkurse an der Biologischen Station zu Plön.

Von Adolf Rieper in Kiel.

eingeg. 2. September 1910.

Als vor einigen Jahren der verdienstvolle Begründer der Biologischen Station zu Plön, Professor Dr. Zacharias, in seinem Institut Ferienkurse für Lehrer und Studierende einrichtete, da wurden sie von allen Seiten auf das lebhafteste begrüßt, um so mehr als der Leiter einer der ersten und eifrigsten Vorkämpfer der Einführung des biologischen Unterrichts in der Schule ist.

Aber leider haben sich die Hoffnungen, die auf sie gesetzt worden sind, nicht erfüllt. So konnten die heurigen Kurse den Forderungen, die sowohl die Wissenschaft wie auch die Schule zu stellen berechtigt ist, in keiner Weise genügen. Das lag wohl mit daran, daß dem Leiter Prof. Dr. Zacharias kein Assistent zur Seite stand; dann aber auch daran, daß die Station für einen Kursus nicht über die nötigen Instrumente und Hilfsapparate verfügte und daß das Ziel der Kurse viel zu niedrig gesteckt worden war.

Wie Herr Prof. Dr. Zacharias auch zugegeben hat, erstreckte sich das tatsächliche Programm der Kurse im Widerspruch mit der Ankündigung nur auf die Formenkenntnis der Plank-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zoologischer Anzeiger](#)

Jahr/Year: 1911

Band/Volume: [37](#)

Autor(en)/Author(s): Menke Heinrich

Artikel/Article: [Physikalische und physiologische Faktoren bei der Anheftung von Schnecken der Brandungszone. 19-30](#)