

Über die Wanderungen der Strudelwürmer in unseren Gebirgsbächen.

Von

Prof. Walter Voigt,

Kustos am Laboratorium des zoologischen Institutes zu Bonn.

Einleitung.

Die unsere Bäche und Flüsse bewohnenden Trichaden sind sehr träge Tiere. Meist trifft man sie regungslos und zusammengezogen an der Unterseite von Steinen oder Pflanzenteilen sitzend und selbst wenn man den Stein oder sonstigen Gegenstand, an dem sie sich festgesetzt haben, vorsichtig aus dem Wasser herausnimmt, zögern sie in der Regel noch einige Zeit, ehe sie sich in Bewegung setzen. Sie verbringen, wie Pearl, der neuerdings die Untersuchung ihrer Bewegungsscheinungen zum Gegenstand sehr eingehender Studien gemacht hat, treffend bemerkt, den grösseren Teil ihres Daseins in einem schlafähnlichen Zustand. Ihre gewöhnliche Fortbewegung geschieht mit Hilfe von feinen Wimperhärcchen, die lebhaft von vorn nach hinten schlagen und so den Körper vorwärts rudern. Während die kleinen rhabdocölen Turbellarien vermittels ihrer Wimpern frei durch das Wasser schwimmen, ist der Körper der viel grösseren dendrocölen zu schwer dazu und sie können sich infolgedessen nur auf einer festen Unterlage oder, mit der Bauchseite nach oben, am Wasserspiegel hängend fortbewegen. Bei der sanft gleitenden Bewegung, die diesen grösseren Arten den

Namen Schleichwürmer verschafft hat, spielt der reichlich ausgeschiedene Schleim eine wichtige Rolle. Er ist es, welcher ihnen überhaupt die Existenz in rasch fliessendem Wasser ermöglicht, denn sie würden unfehlbar fortgespült werden, wenn sie sich nicht beim Dahingleiten gleichzeitig mit Hilfe des zähen Schleimes an der Unterlage festklebten. In dem ausgeschiedenen Schleimband rudern sich die Tiere mit Hilfe der kräftigen Wimperhaare vorwärts (Pearl 1903 S. 545 Fig. 4) und die Zähigkeit des Schleimes setzt sie instand, sogar an senkrechten, vom Wasser überrieselten Felswänden in die Höhe zu kriechen. Die zur Fortbewegung erforderliche Schleimabsonderung erklärt die Trägheit der Süßwasser-Tricladen, denn sie stellt hohe Anforderungen an den Haushalt des Körpers, dessen Stoffwechsel nicht nur, wie bei den schwimmenden Strudelwürmern, die durch die Tätigkeit der Wimperhärrchen verbrauchten Stoffe zu ersetzen hat, sondern auch noch den reichlich verausgabten Schleim, von welchem nach jeder kleinen Wanderung des Tieres wieder grosse Vorräte in den Schleimdrüsen neu gebildet werden müssen. Wie träge die Strudelwürmer unserer Bäche sind und wie schwer sie sich zu einigermassen ausgiebigen Wanderungen entschliessen, kann man im Hochsommer an solchen Quellen beobachten, die in dieser Jahreszeit eine Strecke weit austrocknen. Die Strudelwürmer ziehen sich dann natürlich von ihrem ursprünglichen Standort in dem Maasse zurück wie das Wasser versiegt, aber in der Regel nicht weiter als unbedingt notwendig ist, so dass man dann an der Stelle, wo das Wasser nun zutage tritt, die Unterseite der das Bachbett bedeckenden Steine oft buchstäblich vollständig bedeckt findet mit Planariden, die hierher aus der versiegten Strecke scharenweise zurückgedrängt worden sind. Da unsere Tiere nicht bloss träge, sondern auch lichtscheu sind, so bemerkt man selbst in Bächen, die sehr stark mit Strudelwürmern besetzt sind, in der Regel nichts von ihnen, solange man sie nicht beunruhigt und aus ihren Schlupfwinkeln aufstört.

Trotz dieser leicht festzustellenden Tatsachen kann man sie nun aber doch gelegentlich auch am hellen Tage in grossen Mengen unruhig durcheinander kriechen oder auch in geschlossenen Zügen auf der Wanderung sehen. Ausserdem hat man daraus, dass die Tiere mitunter an einzelnen Stellen der Bäche fehlen, wo man sie eine gewisse Zeit vorher beobachtet hatte, den Schluss gezogen, dass periodische Wanderungen stattfinden müssten. Diese verschiedenen Formen des Wanderns und deren Ursachen, über welche die Ansichten zur Zeit noch sehr geteilt sind, sollen hier näher geprüft und, soweit die vorliegenden Beobachtungen dazu ausreichen, klar gestellt werden, um für weitere Untersuchungen feste Anhaltspunkte zu gewinnen; und da die Wanderungen in gewissen Beziehungen stehen zu der Verbreitung der einzelnen im fliessenden Wasser vorkommenden Arten, muss auch diese mit berücksichtigt werden, weil das Studium der gegenwärtigen Verbreitung in mancher Hinsicht eine Grundlage für die richtige Beurteilung der teils unmittelbar beobachteten, teils erschlossenen Wanderungen bietet.

Um die verschiedenen Erscheinungen übersichtlich zu ordnen, wollen wir sie in folgende Gruppen einteilen.

A. Wanderungen der Individuen.

1. Gelegentliche Wanderungen, die durch zufällige (d. h. sich nicht in regelmässigen, schon im voraus zu berechnenden Zeiträumen wiederholende) Ursachen hervorgerufen werden, z. B. dadurch, dass die Strudelwürmer an ihren versteckten Aufenthaltsorten durch irgendwelche Umstände beunruhigt werden, oder dadurch, dass die Witterung einer Beute sie in geringerer oder grösserer Anzahl aus ihren Schlupfwinkeln hervorlockt.

2. Periodische Wanderungen, die hervorgerufen werden dadurch, dass zu gewissen Zeiten ein den Tieren angeborener Wandertrieb erwacht und sie veranlasst, sämtlich ihren Aufenthaltsort zu verlassen und mit einem neuen zu vertauschen.

Diesen im Leben jedes einzelnen Individuums auftretenden Wanderungen wollen wir gegenüberstellen

B. Wanderungen der Arten, d. h. die allmähliche Verschiebung des Verbreitungsgebietes, wie sie seit der letzten Eiszeit bis in die Gegenwart hinein stattgefunden hat und zum Teil noch stattfindet, und die nichts anderes ist als das Resultat aus vielen kleineren und grösseren Wanderungen auf einander folgender Generationen der einzelnen Individuen.

Dauernde Verschiebungen der Grenzen des Verbreitungsgebietes.

Weil über die zuletzt angeführte Gruppe von Wanderungen die meisten Beobachtungen vorliegen, beginnen wir die Besprechung am zweckmässigsten mit ihnen. Hierbei sind wir freilich nicht in der Lage, einen direkten Nachweis zu geben, da die Strudelwürmer keine Spuren von fossilen Resten hinterlassen haben, die uns gestatten würden, dadurch ihr früheres Verbreitungsgebiet festzustellen, sondern wir können nur Rückschlüsse machen aus dem gegenwärtigen Zustand der Verbreitung auf die Art und Weise, wie er zustande gekommen sein mag. Dies aber wird uns sehr erleichtert durch die Häufigkeit der Tiere und durch die grosse Regelmässigkeit der Verteilung der Arten innerhalb der einzelnen Bäche. Wir sind dadurch in stand gesetzt, nicht nur die Reihenfolge festzustellen, in welcher die Arten nach einander seit der Eiszeit in die Bäche eingewandert sind, sondern auch noch die einzelnen Phasen des Verdrängungskampfes nachzuweisen, indem wir die Strudelwurmfauna in den Bächen der Hochgebirge, des vorgelagerten Berglandes und der Ebene mit einander vergleichen. Es handelt sich in dem für uns in Betracht kommenden Gebiete nur um drei Arten, *Planaria alpina*, *Polyclis cornuta* und *Planaria gonocephala*, da wir die Vertreter der Fauna des stehenden oder ganz langsam fliessenden Wassers, die sporadisch

hier und da auch einmal in einzelnen schnell fliessenden Gebirgsbächen auftreten, hierbei nicht zu berücksichtigen haben. In den Alpen ist *Pl. alpina* nach den Untersuchungen der schweizer Forscher, besonders den die ganze Schweiz umfassenden Arbeiten von Zschokke (1900 S. 82, 1901 S. 27) in allen fliessenden und stehenden Gewässern mit steinigem Untergrund verbreitet, deren Temperatur 12 bis 15° C. nicht übersteigt. *Pol. cornuta* aber ist in die eigentlichen Hochalpen nicht vorgedrungen und das Hauptverbreitungsgebiet von *Pl. gonocephala* liegt noch tiefer. In den deutschen Mittelgebirgen sind die Gebiete der drei Arten dicht zusammendrängt und an vielen Stellen ist entweder *Pl. alpina* oder *Pol. cornuta* oder auch beide bereits ausgestorben. In welcher Weise dies vor sich gegangen ist, sollen die auf S. 108 und 109 abgebildeten schematischen Skizzen erläutern.

Fig. 1 zeigt uns das Profil eines kühlen Gebirgsbaches, in welchem noch alle drei Arten vertreten sind. Das Bachbett ist durch eine Reihe von Marken bezeichnet, welche die Verteilung der Strudelwürmer auf die verschiedenen Strecken desselben angeben: Punkte für *Pl. alpina*, rhombische Marken für *Pol. cornuta* und Kreise für *Pl. gonocephala*. Die verborgene Lebensweise der genannten Arten ist der Grund, dass Verschleppung durch Wasservögel und andere Tiere so selten vorkommt, dass wir sie hier vorläufig ganz ausser Acht lassen können und nur die Verbreitung durch allmähliches Aufwärtswandern zu berücksichtigen brauchen. Da die Gebirgsbäche nach der Eiszeit von der Ebene aus besiedelt worden sind und den einzelnen Strudelwurmarten bei der Ausbreitung durch aktive Wanderung nur die schmalen Strassen der Fluss- und Bachläufe zur Verfügung standen, so konnte ein unbehelligtes Vorüberziehen der einen Art an der anderen nicht stattfinden, sondern das Vorwärtsdringen der nachrückenden Art war nur dadurch möglich, dass sie die früher eingewanderte ganz allmählich verdrängte. Dies geschieht, wie eingehende Beobachtungen der Lebensweise

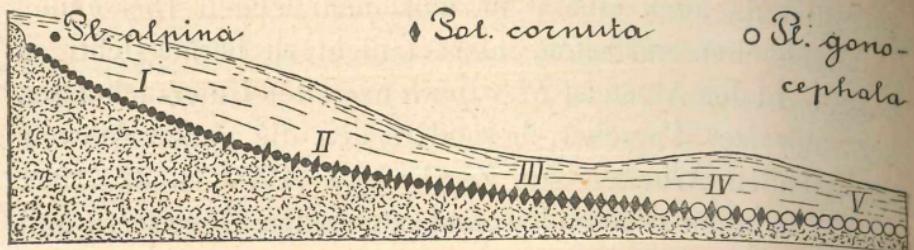


Fig. 1.

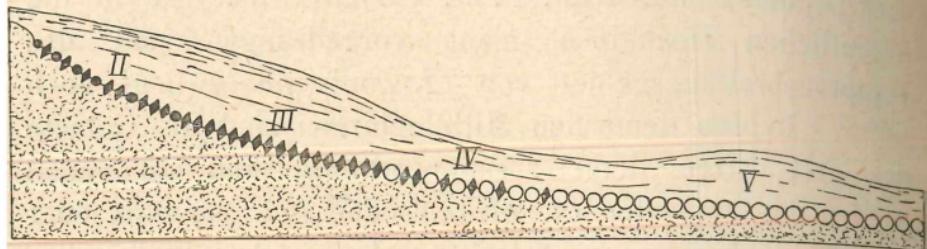


Fig. 2.

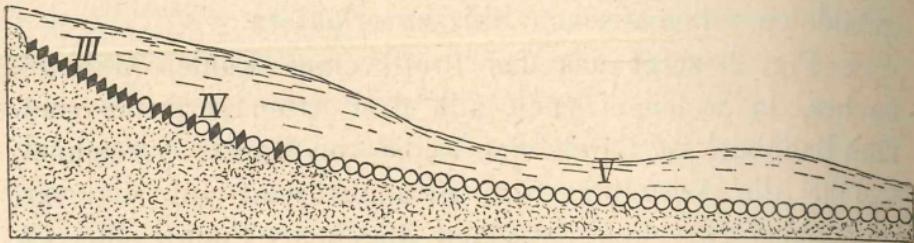


Fig. 3.

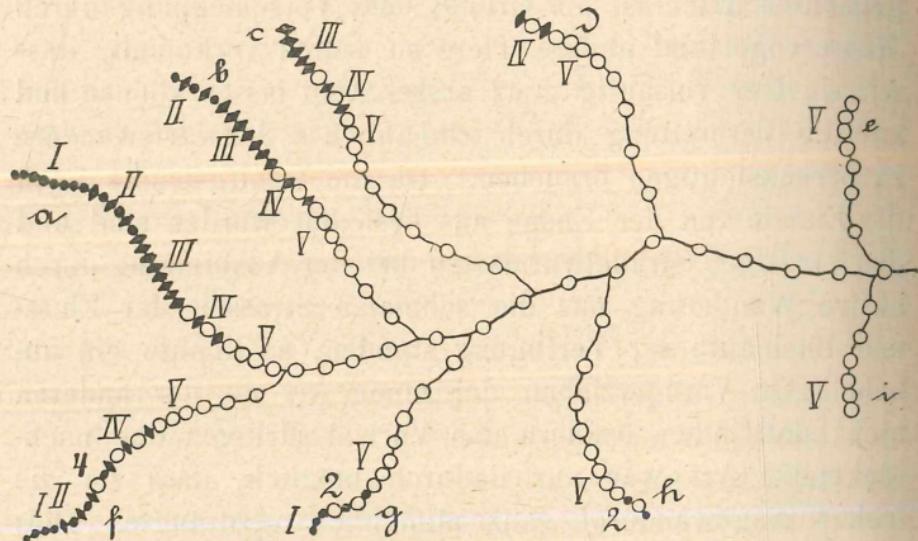
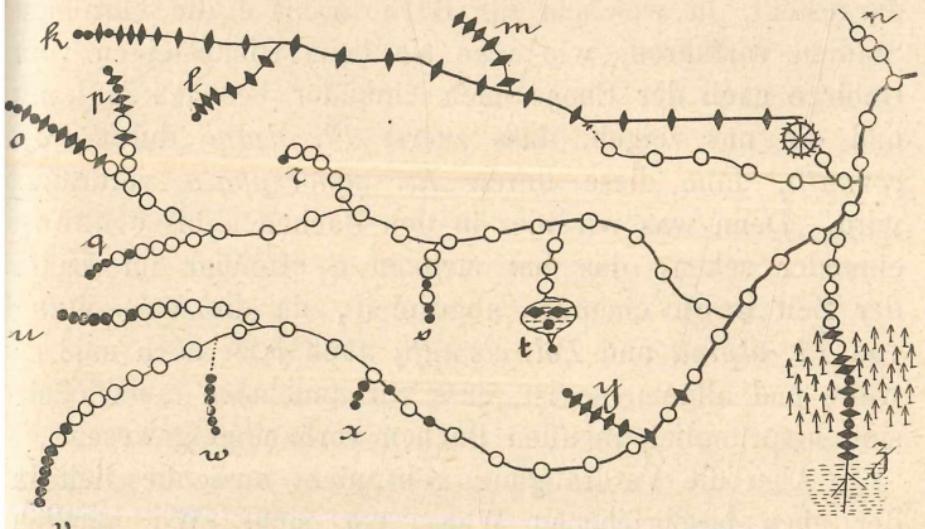
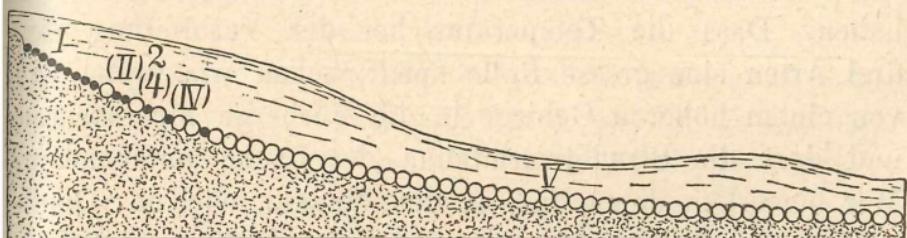
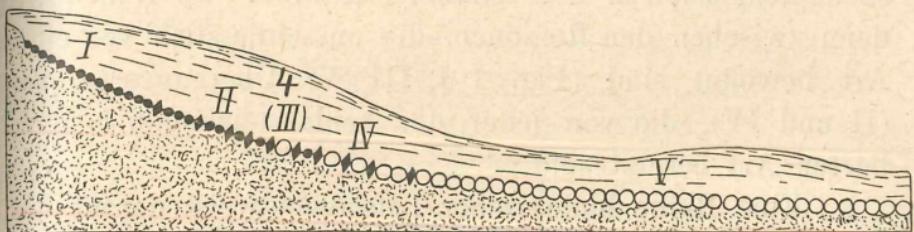
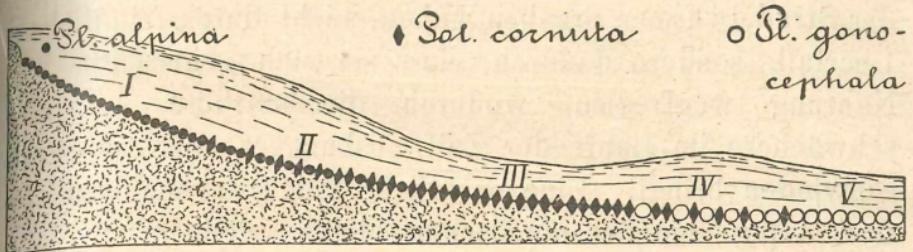


Fig. 7.



der Strudelwürmer ergeben haben, nicht durch feindlichen Überfall, sondern dadurch, dass sie sich gegenseitig die Nahrung wegfressen, wodurch die stärkere Art die schwächere im Laufe der Zeit aushungert und zum Verschwinden bringt. Eine natürliche Folge davon, dass die drei Arten einander unmittelbar nichts anhaben, ist, dass ihre Verbreitungsgebiete nicht scharf gegen einander abschneiden, sondern über einander greifen. So finden wir denn zwischen den Regionen, die ausschliesslich von einer Art bewohnt sind (Fig. 1 I, III, V) Übergangsregionen (II und IV), die von jeder der beiden einander benachbarten Art besetzt sind.

Eine Reihe biologischer Tatsachen weist darauf hin, dass *Pl. alpina* und *Pol. cornuta* Eiszeitrelikten sind, die ihre Zuflucht in den kühlen Gebirgsbächen gefunden haben. Dass die Temperatur bei der Verbreitung der drei Arten eine grosse Rolle spielt, sehen wir, wenn wir von einem höheren Gebirge in die Vorberge hinabsteigen und dort die Strudelwurmfauna der Bäche untersuchen. Wir bemerken dann, dass in dem Maasse, wie das Quellgebiet der Bäche wärmer wird, eine Region nach der anderen bis zur Quelle hinaufrückt (Profil Fig. 2, 3). In Figur 7 ist schematisch ein Bachgebiet als Kartenskizze dargestellt, in welchem die Bäche a bis e die einzelnen Stadien vorführen, wie man sie beim Hinabsteigen vom Gebirge nach der Ebene nach einander beobachten kann und die uns zeigen, dass zuerst *Pl. alpina* durch *Pol. cornuta*, dann diese durch *Pl. gonocephala* verdrängt wird. Denn was wir hier in den Bächen a bis e neben einander sehen, das hat sich in e offenbar im Laufe der Zeit nach einander abgespielt, da die Verbreitung von *Pl. alpina* und *Pol. cornuta* auch jetzt noch eine so weite und allgemeine ist, dass wir annehmen müssen, sie sind ursprünglich in allen Bächen vorhanden gewesen.

Aber die Verdrängung geht nicht ausschliesslich in der eben beschriebenen Weise vor sich. Wo nämlich das Quellgebiet kühl geblieben ist, während der Unterlauf

des Baches sich stärker erwärmte, tritt der in Fig. 4 bis 6 und in Fig. 7 a und f bis i dargestellte etwas verwickeltere Vorgang ein. *Pl. alpina* leistet, durch die niedere Wassertemperatur begünstigt, der nachdrängenden *Pol. cornuta* kräftigen Widerstand (Fig. 5). *Pl. gonocephala* aber wandert immer weiter im Gebiet der *Pol. cornuta* aufwärts und diese wird schliesslich so in die Enge getrieben, dass die Region III, wo sie bisher allein vorkam, verschwindet und ersetzt wird durch eine neue Region 4, in welcher alle drei Arten mit einander vermischt sind. Damit wird der Untergang von *Pol. cornuta* unvermeidlich, denn gerade an der Stelle, wo sie bisher am besten gedieh (III), wird ihr jetzt von beiden anderen Arten die Nahrung geschmälert. Mit dem Verschwinden von *Pol. cornuta* (Fig. 6) kommen die Regionen II und IV auch in Fortfall und es bildet sich eine neue Mischregion 2, da nun *Pl. gonocephala* in das Gebiet von *Pl. alpina*, die Region I, eindringt. Wenn sich dann im Laufe der Zeit auch das Quellgebiet des Baches stärker erwärmt, so endet schliesslich hier der Kampf ums Dasein ebenfalls damit, dass *Pl. gonocephala* allein den ganzen Bach in Besitz nimmt (Fig. 7 i).

Da die Planariden ausserordentlich lange zu hungrern vermögen, geht die Ausrottung naturgemäss nur sehr langsam vor sich. Die kleinen, später noch näher zu besprechenden Wanderungen, welche die Tiere gelegentlich unternehmen, haben keinen wesentlichen Einfluss auf das Endresultat des Verdrängungsvorganges und können vorläufig unberücksichtigt bleiben. Die ausschlaggebende Rolle spielt die Temperatur der Bäche und zwar in erster Linie die Sommertemperatur. Wird das Klima milder, so wird dadurch die nachdrängende Art in stand gesetzt, in allen Bächen weiter aufwärts vorzudringen und das eingenommene Gebiet erfolgreich zu behaupten. Dasselbe geschieht an vereinzelter Stelle, wenn infolge der Entwaldung eines Tales sich die mittlere Temperatur eines einzelnen Baches unter dem Einfluss der unmittelbaren

Sonnenbestrahlung erhöht. Die Zeitdauer des Verdrängungskampfes ist abhängig von dem Betrag, um welchen die mittlere Temperatur der Bäche zunimmt und von der Länge der Bachstrecke, welche die in die Enge getriebene Art beim Eintritt der Temperaturänderung noch besetzt hält. Es sind daher selbst in nahe bei einander liegenden Wasserläufen, z. B. den Bächen auf der Süd- und Nordseite desselben Gebirgszuges, häufig starke Unterschiede zu bemerken.

Da ich bei meinen ersten Untersuchungen noch nicht zur vollen Klarheit über die Einwirkung der Temperatur auf die Verbreitung der Strudelwürmer gekommen war, so will ich, um Missverständnissen vorzubeugen, hier noch einmal kurz auf die leitenden Gesichtspunkte hinweisen, besonders nachdem Wilhelmi (1904 S. 361) unlängst auf den Widerspruch hingewiesen hat, in dem die Ergebnisse meiner früheren Untersuchungen zu denen der späteren stehen. Dieser Widerspruch ist aber nur ein scheinbarer, denn durch die späteren Untersuchungen sind die Resultate der früheren nicht widerlegt, sondern nur ergänzt worden und die Verschiedenheit zwischen den Ergebnissen erklärt sich dadurch, dass sich inzwischen die Fragestellung geändert hat. Als ich seinerzeit auf die auffälligen Abhängigkeitsbeziehungen zwischen den Verbreitungsgebieten der drei Arten aufmerksam geworden war, stellte ich mir zunächst die Frage: ist die Verbreitung von *Pl. alpina* und *Pol. cornuta* direkt abhängig von der Temperatur in dem Sinne, dass die Arten in unseren Bächen soweit abwärts vorkommen, als ihnen die Temperaturverhältnisse derselben überhaupt die Existenz ermöglichen; hat also, mit anderen Worten, *Pl. gonocephala* nur die von *Pl. alpina* und *Pol. cornuta* ohnehin frei gelassenen Strecken besetzt, oder hat eine wirkliche Verdrängung dieser beiden Arten durch *Pl. gonocephala* stattgefunden? Die Untersuchung ergab, dass dies in der Tat der Fall ist und dass die Grenzen der Verbreitungsgebiete nicht unmittelbar durch die Temperatur bestimmt werden. Fortgesetzte

Studien über die Verbreitung der drei Arten haben in den folgenden Jahren noch zahlreiche weitere Belege dafür erbracht: jede der drei Arten würde ein viel grösseres Verbreitungsgebiet inne haben, wenn die anderen nicht vorhanden wären; das von *Pl. alpina* würde in allen Bächen viel weiter nach unten reichen, das von *Pol. cornuta* in den deutschen Gebirgen nach oben bis zur Quelle und nach unten beträchtlich weiter abwärts, als es in Wirklichkeit der Fall ist; ebenso das von *Pl. gonocephala* weiter nach oben. Denn *Pl. gonocephala* würde, wenn sie allein vorhanden wäre, in sehr vielen, in den Mittelgebirgen wahrscheinlich in den meisten Bächen mit klarem Wasser das Quellgebiet auch da besetzt haben, wo es jetzt noch von *Pl. alpina* und *Pol. cornuta* eingenommen wird, während andererseits sowohl *Pl. alpina* als auch *Pol. cornuta*, wäre jede nur für sich vorhanden, wahrscheinlich in allen Quellbächen unserer Gebirge, auch in denen, aus welchen sie verschwunden sind, jetzt noch anzutreffen sein würden. Nur den unmittelbaren Einfluss der Temperatur, die Frage, ob die Temperaturverhältnisse an sich den Arten gestatten würden, auch ausserhalb der Grenzen ihres gegenwärtigen Verbreitungsgebietes zu leben, hatte ich, wie aus dem Zusammenhang hervorgeht, im Sinn, als ich damals (1895 S. 152) feststellte, „dass es weder die Temperatur, noch sonstige physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers sind“, welche die Verbreitungsgrenzen so wie wir sie jetzt finden bestimmen, sondern dass es der Wettbewerb um die Nahrung ist, durch den die nachdrängende Art die weiter oben hausende in ihrem Verbreitungsgebiet beschränkt, indem sie diese durch Aushungern ganz allmählich zum Aussterben bringt. Da nun aber ein gewisser Einfluss der Temperatur auf die Verbreitung der drei Arten allenthalben viel zu deutlich vor Augen trat, als dass er hätte übersehen werden können, so ergab sich ganz von selbst die weitere Frage, ob die Temperatur nicht mittelbar an der Bestimmung der Verbreitungsgrenzen mit beteiligt sei? War die Antwort auf die Frage nach dem direkten

Einfluss der Temperatur verneinend ausgefallen, so fiel die nach dem indirekten Einfluss bejahend aus, denn ein genaueres Studium der Lebenserscheinungen der Tiere zeigte, dass zwar der Wettbewerb um die Nahrung die zunächst in Betracht kommende Ursache der Verdrängung einer Art durch die andere ist, dass er aber seinerseits in hohem Maasse durch die Temperatur beeinflusst wird. Sobald nämlich die Temperatur zu hoch wird, erlahmt die Lebensenergie der Tiere, sie werden schlaff und sind selbst beim Aufsuchen ihrer Beute nicht mehr so eifrig wie früher. Zuerst zeigt sich dies bei *Pl. alpina*, die am wenigsten Wärme vertragen kann, dann bei *Pol. cornuta*, während *Pl. gonocephala* auch in den wärmeren Quellbächen noch günstige Existenzbedingungen findet.

Wir können also für jede Art dreierlei Verbreitungsgrenzen unterscheiden:

1. Die Grenzen, bis zu welchen die Art verbreitet sein würde, falls die beiden anderen Arten nicht vorhanden wären, d. h. die Grenzen, welche durch den unmittelbaren Einfluss der Temperatur bestimmt werden. Nur bei *Pl. gonocephala*, und auch bei dieser nur flussabwärts, fallen die Grenzen ihres jetzigen Vorkommens mit diesen Grenzen zusammen, sonst aber reichen sie bei allen drei Arten beträchtlich über das wirklich eingenommene Gebiet hinaus.

2. Die Grenzen, bis zu welchen die Art im Konkurrenzkampf mit ihren Nachbarn noch existenzfähig ist. Diese Grenzen greifen übereinander, indem sie die Mischregionen mit einschliessen; für *Pol. cornuta* z. B. reichen sie (Fig. 1) vom oberen Rande der Region II bis zum unteren Rande der Region IV.

3. Die Grenzen, innerhalb deren jede Art imstande ist, sich allein gegen die anderen zu behaupten. Ihnen entsprechen die Grenzen der Regionen I, III und die obere Grenze von V.

Die unter 2 und 3 angeführten Grenzen werden nicht unmittelbar durch die Temperatur, sondern durch

den Wettbewerb um die Nahrung bestimmt, der aber in so fern von der Temperatur abhängig ist, als jede Art nur bei einer Temperatur, die sich nicht zu weit vom Optimum entfernt, imstande ist, sich im alleinigen Besitz ihres Gebietes gegen die Eindringlinge zu behaupten, während auf den Bachstrecken, deren Temperatur sich um das Mittel zwischen den Optima zweier benachbarten Arten bewegt, beide neben einander zu leben vermögen.

Bei seinen ergebnisreichen faunistischen Studien im Pfälzerwald hat Lauterborn (1904 S. 59) auch die Verbreitung der Strudelwürmer untersucht und ist dabei zu der Überzeugung gekommen, dass die von mir für das Aussterben von *Pl. alpina* im Hundsrück angegebenen Gründe im Pfälzerwald nicht zutreffen. Dies gebe ich nach seiner Schilderung der dortigen Verhältnisse ohne weiteres zu. Ich möchte auch, da ich die Gegend noch nicht aus eigener Anschauung kenne, meine Meinung über die vermutlichen Ursachen des Aussterbens von *Pl. alpina* in dem von Lauterborn untersuchten Gebiet nur mit Vorbehalt äussern; aber um zur Klärung dieser und anderer, von Wilhelm angeregter Fragen einiges beizutragen, will ich gern jetzt schon aus meinen noch nicht veröffentlichten Tagebuchnotizen und Karten die Beobachtungen zur Verfügung stellen, die zur Aufdeckung der noch zweifelhaften Ursachen beitragen können. Denn so einfach auch der Ausrottungsvorgang im grossen und ganzen nach einem Blick auf Fig. 1—7 sich darstellt; so finden sich doch in der freien Natur so vielerlei Variationen und Modifikationen, dass es im gegebenen Falle oft einer sehr eingehenden vergleichenden Untersuchung bedarf, um festzustellen, warum in einem bestimmten Gebiet gerade diese oder jene Art verschwinden musste. Um zu prüfen, ob die von mir vermutete Gesetzmässigkeit wirklich allenthalben vorhanden ist und ob sich weiter gehende Schlüsse (z. B. über die Verbreitung der Wälder in prähistorischer Zeit) daraus ziehen lassen, oder ob noch eine Reihe bisher unberücksichtigter Faktoren mitwirken,

die sicher begründete Folgerungen nicht zu ziehen gestatten, habe ich mir die Aufgabe gestellt, die Verteilung unserer Tiere in einem zusammenhängenden grösseren Gebiet, dem Rheinischen Schiefergebirge, auf einer Übersichtskarte darzustellen, deren Vollendung aber noch eine Reihe von Jahren beanspruchen wird. Aus diesem Grunde möchte ich um Nachsicht bitten, wenn ich vorläufig von der Veröffentlichung einzelner Kartenskizzen und eingehenderer statistischer Belege absehe und mich auf vorläufige Mitteilung dessen, was mir für die Lösung noch schwebender Fragen wichtig erscheint, sowie auf die Beigabe einer schematischen Zeichnung (Fig. 8) beschränke.

Was die Feststellung der Ursachen betrifft, die in einzelnen Gebirgen das Aussterben von *Pl. alpina* verursacht haben, so hat Lauterborn die Frage angeregt, ob nicht dabei die Länge der Zeit eine Rolle spielt, während welcher *Pol. cornuta* die *Pl. alpina* bedrängt hat. Er schreibt (1904 S. 62 Anm. 2): „Ich habe schon daran gedacht, ob das Fehlen von *Pl. alpina* im Hunsrück und Pfälzerwald sich nicht vielleicht bis zu einem gewissen Grade dadurch erklären liesse, dass in den westlichen Gebirgen *Pol. cornuta* möglicherweise schon zu einem früheren Zeitpunkte eingewandert ist, als in den anderen mehr östlichen Gebirgen. Die dadurch bedingte längere Dauer des Kampfes mit der bereits vorhandenen *Pl. alpina* hätte dann zur Folge gehabt, dass im Pfälzerwald und Hunsrück die Verdrängung von *Pl. alpina* so gut wie überall zur vollendeten Tatsache geworden ist, während in anderen Gegenden, wo *Pol. cornuta* erst später eindrang, der Kampf sich gewissermassen noch vor unsren Augen abspielt. Aber diese Hypothese erklärt nicht, warum im Taunus *Pol. cornuta* beinahe völlig fehlt.“ Dass in der Tat die Länge der Zeit, während der die *Pl. alpina* im Quellgebiet durch *Pol. cornuta* belagert wird, von Einfluss ist, kann ich durch Beispiele belegen. Am deutlichsten lässt es sich an dem mir hierfür zur Verfügung stehenden Kartenmaterial in der Nähe von Siegburg nördlich vom

Lentersberg nachweisen. Dort hat sich, wie schon in den Sitzungsberichten der Niederrh. Ges. f. Nat.- u. Heilk. 1901 S. 55 mitgeteilt wurde, inmitten eines ausgedehnten Gebietes, in welchem von den beiden Eiszeitrelikten sonst allenthalben nur *Pl. alpina* anzutreffen ist, in einigen wenigen Bächen *Pol. cornuta* erhalten, weil *Pl. gonocephala* in die zur Jetzzeit nach kurzem Lauf wieder versiegenden Bäche nicht eindringen konnte. In diesen hat also *Pol. cornuta*, die zu einer Zeit einwanderte, als die Quellbäche noch wasserreicher waren und mit dem Hauptbach in Verbindung standen, ihren Kampf gegen *Pl. alpina* ungestört bis in die Gegenwart fortsetzen können; und hier ist nun *Pl. alpina* entweder schon vollständig verschwunden oder gerade im Aussterben begriffen. Nur noch in zwei Quellen sind spärliche Reste von ihr vorhanden, in einer Quelle, die an der Südseite der Strasse von Siegburg nach Much dicht am Wege entspringt und in einer andern nördlich von dieser Strasse, im Forstrevier 105. In der erstenen sammelte ich von der Quelle bis 10 Schritt abwärts am 25. August und 5. September 1899 im ganzen 764 Strudelwürmer, in der letzteren auf einer entsprechenden Strecke am 29. September 1900 1444 Stück. Die genaue Durchmusterung ergab:

	<i>Pl. alpina</i>	<i>Pol. cornuta</i>	
	Anzahl	Anzahl	In % der Gesamtzahl
1. Quelle	4	760	= 99,5 %
2. „	3	1441	= 99,8 %

Die noch vorhandenen *Pl. alpina* waren sehr klein, nicht über 5 mm lang, was darauf schliessen lässt, dass ihnen durch *Pol. cornuta* die Nahrung beträchtlich geschränkt wurde, denn in den anderen, nicht mehr von *Pol. cornuta* bewohnten Bächen sind sie gut genährt und haben die gewöhnliche Grösse von 12—15 mm. Wir ersehen hieraus, was aus *Pl. alpina* geworden wäre, wenn *Pl. gonocephala* die *Pol. cornuta* nicht vernichtet hätte: *Pl. alpina* wäre auch in der Mehrzahl der anderen Bäche bei Siegburg verschwunden, ebenso im Siebengebirge, und

nach meinen weiteren bisherigen Erfahrungen kann ich hinzufügen im ganzen Rheinischen Schiefergebirge. In den übrigen Bächen würde sie zumeist im Aussterben begriffen sein und sich im Alleinbesitz des Gebietes nur in verhältnismässig wenigen, besonders kühlen Quellen erhalten haben. Nur in solchen vermehrt sie sich noch stark genug, um *Pol. cornuta* die erforderliche Expansionskraft entgegenzusetzen, die deren weiteres Vordringen verhindert. Denn von der Zeit ab, wo die mittlere Wassertemperatur so hoch steigt, dass *Pol. cornuta* in stand gesetzt wird, sich auch im Quellgebiet stärker zu vermehren als *Pl. alpina*, beginnt die letztere auszusterben.

In denjenigen Bächen, in welchen *Pl. gonocephala* so rasch vorgedrungen ist, dass sie *Pol. cornuta* vernichtet hat, ehe diese das Quellgebiet erreichte (S. 109 Fig. 6), kann sich *Pl. alpina* leichter halten, denn da das Temperaturoptimum für das kräftige Gedeihen von *Pl. gonocephala* wesentlich höher liegt als das von *Pol. cornuta*, erlahmt die Lebensenergie jener beim Vordringen in das Quellgebiet viel eher als bei dieser und sie ist nicht imstande, der *Pl. alpina* dieselbe Konkurrenz zu machen, wie es *Pol. cornuta* vermag.

Aus dem angeführten Beispiel ergibt sich, dass wir stets das Vordringen von *Pl. gonocephala* mit berücksichtigen müssen, wenn wir die Ursachen des Verschwindens von *Pl. alpina* in dem einen Gebirge, das von *Pol. cornuta* in dem anderen sicher feststellen wollen. Die Zeitdauer der Belagerung spielt bei dem Verdrängungsvorgang in der Tat eine Rolle, aber sie erweist sich überall abhängig von der Art, in welcher sich die Temperatursteigerung bei der Änderung des Klimas in den einzelnen Bächen vollzogen hat. Es kommt nämlich darauf an, ob sich dabei das Quellgebiet oder der Unterlauf des Baches relativ stärker erwärmte. Beschränkte sich die Erwärmung mehr auf das Quellgebiet oder erwärmte sich der ganze Bachlauf gleichmässig, so fand *Pol. cornuta* Zeit *Pl. alpina* auszuhungern, ehe *Pl. gonocephala* ihr selbst das Dasein gefährdete. Blieb während derselben

Zeit, wo dies in der einen Gegend, z. B. im Hundsrück, geschah, in einer anderen, z. B. im Taunus, das Quellgebiet der Bäche kühl, erwärmte sich aber der Unterlauf schneller und hinreichend stark, um der *Pl. gonocephala* ein so rasches Vordringen zu ermöglichen, dass sie durch das Gebiet der *Pol. cornuta* hindurch die untere Grenze des Verbreitungsgebietes von *Pl. alpina* erreichte, ehe diese von *Pol. cornuta* überwältigt war, dann musste hier die letztere aussterben und *Pl. alpina* blieb erhalten.

Wäre *Pl. gonocephala* nicht vorhanden, so würde uns die Verbreitung der beiden Eiszeitrelikten ein überaus anschauliches Bild der seit Ablauf der letzten Eiszeit in den Quellen eingetretenen Temperaturveränderungen geben. *Pl. alpina* würde im Vergleich zu *Pol. cornuta* in den deutschen Mittelgebirgen recht selten sein und ihr Vorkommen würde überall die Quellen bezeichnen, die seit der Eiszeit die niedrigste Temperatur bewahrt haben. Die übrigen aber, deren Temperatur das Mittel zwischen dem Optimum für *Pl. alpina* und dem für *Pol. cornuta* überschritten hat, würden von *Pol. cornuta* bewohnt sein, soweit nicht ihre Temperatur überhaupt für die Eiszeitrelikten zu hoch geworden ist. So wie jetzt die Verhältnisse in Wirklichkeit liegen, lassen sich direkte Vergleiche nur zwischen den Quellbächen anstellen, welche entweder noch von allen drei Strudelwurmarten bewohnt sind (Fig. 1, 2, 5) oder von *Pol. cornuta* und *Pl. gonocephala* (Fig. 3); die von *Pl. alpina* und *Pl. gonocephala* bewohnten (Fig. 6) müssen wir dabei ausscheiden, weil sich nicht unmittelbar erkennen lässt, ob die Temperatur dieser Bäche nicht doch, trotz des Vorhandenseins von *Pl. alpina*, inzwischen über das Mittel zwischen dem Optimum für diese und für *Pol. cornuta* gestiegen ist. In der Mehrzahl unserer Bäche ist dies, wie oben erwähnt, sicher der Fall und in diesen würden wir jetzt *Pol. cornuta* statt der *Pl. alpina* finden, wenn *Pl. gonocephala* nicht eingewandert wäre. Durch das Hinzu-

kommen der letzteren sind die Einzelheiten viel verwickelter geworden, weil wir jetzt bei den Erklärungsversuchen der gegenwärtigen Verbreitung der drei Arten nicht nur die Temperaturänderungen im Quellgebiet, sondern auch die im Unterlauf der Bäche in Rechnung stellen müssen. Aber sie bieten, wie mich dünkt, gerade dadurch noch eine weitere Reihe willkommener Anhaltspunkte, durch die wir in stand gesetzt werden, aus der Verbreitung der drei Strudelwurmarten auch manche für die Lösung allgemeiner tier- und pflanzengeographischer Fragen nicht unwichtige Rückschlüsse auf die Veränderungen der mittleren Bodentemperatur zu machen, die seit der letzten Eiszeit in den verschiedenen Gegenden stattgefunden haben.

Die Zweifel, die Lauterborn an seine nur als eine unbestimmte Vermutung ausgesprochene Hypothese knüpft, glaube ich bestärken zu müssen, denn mir scheint es nach meinen im Rheinischen Schiefergebirge gesammelten Erfahrungen nicht wahrscheinlich, dass *Pl. alpina* im Pfälzerwald deswegen ausgestorben ist, weil *Pol. cornuta* in dieses Gebirge zu einer früheren Zeit einwanderte als in die östlich vom Rhein gelegenen Gebirge, da ich annehmen muss, dass die Ausbreitung aller drei Arten vom Rhein aus durch aktive Wanderung und nicht infolge passiven Transportes durch Wasservögel u. s. w. von einem Nebenfluss des Rheins in den anderen stattgefunden hat. Unter diesen Umständen kann auch ich keine Ursache ausfindig machen, welche die *Pol. cornuta* veranlasst haben möchte, in die linken Zuflüsse des Rheins früher einzuwandern als in die rechten. Mir ist es wahrscheinlicher, dass der Grund für das Verschwinden von *Pl. alpina* im Pfälzerwald nicht in der frühzeitigeren Einwanderung von *Pol. cornuta* zu suchen ist, sondern in dem Umstand, dass die Bäche des Pfälzerwaldes in ihrem Unterlauf kühl genug geblieben sind, um *Pl. gonocephala* am Vordringen bis in die Nähe des Quellgebietes zu hindern, eine Ansicht, in der ich dadurch bestärkt

werde, dass Lauterborn (1904 S. 60) ausdrücklich erwähnt, das Verbreitungsgebiet der *Pol. cornuta* reiche gegenwärtig noch ziemlich weit abwärts bis in die grösseren Täler hinein. Durch das langsame Vordringen von *Pl. gonocephala* wurde nach meiner Meinung *Pol. cornuta* vor dem Untergang bewahrt und fand Zeit *Pl. alpina* zu unterdrücken. Wenn dies zutrifft, so würde man also im Pfälzerwald, falls dort überhaupt noch *Pl. alpina* vorhanden ist, diese nicht in den am höchsten gelegenen Quellbächen zu suchen haben, sondern in Bächen nahe am Rande des Pfälzerwaldes nach der Rheinebene zu, die noch ein kühles Quellgebiet besitzen, deren Unterlauf aber sonnige Lage hat, und in die also, wie in den Bächen q, r, s des Schemas Fig. 8 *Pl. gonocephala* so frühzeitig eingewandert ist, dass sie *Pol. cornuta* den Untergang bereitete, ehe diese von der Quellregion Besitz ergriffen hatte. In den Bächen o, p aber, wo dies geschehen ist, würde umgekehrt im Laufe der Zeit *Pl. alpina* aussterben wie in m.

Vermeintlich durch einen angeborenen Wandertrieb veranlasste, in regelmässigen Perioden auftretende Wanderzüge.

Wenden wir uns jetzt zu den Beobachtungen, aus welchen man auf regelmässige, periodische Wanderungen der Strudelwürmer geschlossen hat. Fuhrmann (1894 S. 285) hatte im April 1903 in einem Bache bei Bärschwil im Schweizer Jura an einer von ihm genauer untersuchten Stelle neben *Pl. gonocephala* sowohl *Pol. cornuta* als auch *Pl. alpina* angetroffen. Über die letztere berichtet er dann weiter: „Im Juni, als ich den Fundort wieder besuchte, war trotz eifrigen Suchens kein Exemplar zu erhalten, dafür fanden sich diese Würmer in den kleinen Quellbächen, die aus den engen Seitentälchen hervorsprudelnd ihr Wasser in den Hauptbach ergieissen. Es hatte sich offenbar diese Planarie in Folge der Zu-

nahme der Wassertemperatur in die kalten Quellbäche zurückgezogen. Kaltes frisches Wasser ist eine Hauptexistenzbedingung dieser Art, weshalb sie nach Kennel wohl mit Recht als eine zur Eiszeit nach den Niederungen verdrängte und sporadisch verteilte, alpine Tricladenform angesehen werden kann. Sie steigt während der Winterzeit in die grösseren für sie im Sommer unbewohnbaren Bäche, ihre früherständigen Wohnorte hinab, um im Sommer nach den kühlen Quellen zurückzuwandern.“ Da die Beziehungen zwischen den Verbreitungsgebieten der drei von Fuhrmann im April bei einander gefundenen Arten zur Zeit seiner Untersuchung noch nicht genauer bekannt waren, so hat er keine eingehenderen Nachforschungen angestellt, um die aus den beiden gelegentlichen Beobachtungen erschlossenen Wanderungen sicher festzustellen, denn für das Ziel seiner damaligen, auf die Verbreitung der Strudelwürmer im allgemeinen gerichteten Arbeit hatte die weitere Verfolgung dieser nebenbei gemachten besonderen Beobachtung kein wesentliches Interesse. In den folgenden Jahren, 1895 und 1896, habe ich dann im Siebengebirge eine Anzahl von Bächen zu verschiedenen Jahreszeiten auf diesen Punkt hin genauer untersucht und (1896 S. 119) mitgeteilt, dass im Siebengebirge periodische Wanderungen der *Pl. alpina* bestimmt nicht stattfinden. Auch für *Pol. cornuta* hat sich mir später mehrfach die Gelegenheit geboten, mich davon zu überzeugen, dass sie gleichfalls keine periodischen Wanderungen unternimmt. Ich habe nämlich Bäche aufgefunden, in denen durch Stauvorrichtungen oder dadurch, dass der Bach streckenweise durch Abwässer verunreinigt wird, das Vordringen von *Pl. gonocephala* verhindert worden ist, sodass *Pol. cornuta* noch die ganze lange Bachstrecke oberhalb der die erstere zurückhaltenden Schranke einnimmt. In Fig. 8 k, l, m habe ich die bei Kleinsassen in der Rhön¹⁾ gefundenen

1) Vergl. Verh. d. nat. Ver. Jg. 53 1896 Taf. 4.

Verhältnisse schematisch dargestellt. Der Bach ist oberhalb der Mühle durch einen Damm vollständig abgesperrt, über den bei Hochwasser das Wasser frei herabfällt, und aus dem Mühlgraben fällt es ebenfalls frei auf das overschlächtige Mühlrad, sodass also *Pl. gonocephala* nicht über diese Hindernisse hinaus gelangen konnte. Unternahmen nun die *Pol. cornuta* wirklich periodische Wanderzüge und zögen sie sich im Sommer in die kühlen Quellbäche zurück, so würde man zu dieser Jahreszeit im Unterlauf des Baches oberhalb der Mühle nichts von ihnen antreffen, aber sie waren in allen derartigen Fällen gleichmässig durch den ganzen Bachlauf verbreitet.

Auf grund seiner Studien über die Verbreitung der im fliessenden Wasser lebenden Strudelwürmer in der Umgebung von Marburg i. H. hat Wilhelmi (1904 S. 355) die Hypothese von Fuhrmann in etwas veränderter Form wieder aufgenommen. Während nach letzterem jährlich eine einmalige Wanderung, im Frühjahr aufwärts, im Herbste abwärts, stattfindet, vertritt Wilhelmi die Ansicht, dass bei jeder durch den Wechsel der Witterung hervorgerufenen Temperaturveränderung in den Bächen eine ihm entsprechende Wanderung bei *Pl. alpina* auftritt. Bleibt der Bach bei kühlem Wetter ziemlich gleichmässig kühl, so dehnt *Pl. alpina* ihren Verbreitungsbezirk aus, indem sie sich unter *Pl. gonocephala* mengt, sobald aber eine stärkere Erwärmung des Bachlaufes eintritt, zieht sie sich jedesmal wieder in das Quellgebiet zurück. Er stützt sich dabei auf die folgenden Beobachtungen: In Seitenbächen der Allna, einem Nebenflusse der Lahn, fand er im obersten Lauf *Pl. alpina* und im mittleren *Pl. gonocephala*, und zwar beide sehr zahlreich und ziemlich streng von einander geschieden. Als er später in regnerischer Zeit, während welcher eine gleichmässig kühle Temperatur herrschte, dieselben Quellbäche wieder untersuchte, fanden sich beide Arten vollständig unter einander vermischt; nur im allerobersten Laufe fehlte *Pl. gonocephala*. Diese Vermischung der beiden Arten wurde noch öfters und zwar jedesmal be-

obachtet, wenn die Temperatur längere Zeit gleichmässig war. Am 9. Juli, an welchem Tage das Regenwetter, das längere Zeit angehalten hatte, aufhörte, fand er den grössten Teil der Planariden lebhaft auf dem Boden herumkriechend, und als bald darauf der Bach wieder untersucht wurde, hatte sich *Pl. alpina* in den obersten Lauf zurückgezogen und war streng getrennt von *Pl. gonocephala*, die sich in dem sonst am stärksten bevölkerten mittleren Laufe des Baches nur wenig zahlreich vorfand. Da Wilhelmi mitteilt, dass er weitere Untersuchungen anzustellen beabsichtigt, so will ich an den Einzelheiten der bisher veröffentlichten Beobachtungen nichts deuteln, vor allem auch deswegen, weil es für eine eingehende Diskussion erst noch der genaueren Feststellung bedarf, wie lang die Strecke ist, auf der die geschilderten Wanderungen vor sich geben und ob sie immer gleichzeitig in allen Bächen zu beobachten sind; ich will nur an der Hand des mir selbst vorliegenden Beobachtungsmaterials die Hauptfrage erörtern, ob es sich bei derartigen Wanderungen wirklich um eine allenthalben und ganz regelmässig bei jedem Temperaturwechsel auftretende Erscheinung handelt oder nicht. Die Gründe und Tatsachen, die ich gegen die Annahme auzuführen habe, dass es sich dabei um einen angeborenen, durch jeden Wechsel der Temperatur neu ausgelösten Wandertrieb handelt, sind folgende. Man müsste, sobald nach einer längeren Reihe von kühlen Tagen warmes Wetter eintritt, leicht Gelegenheit haben, Wanderungen von *Pl. alpina* zu beobachten, aber ich habe, wenn ich gelegentlich diese Tiere in grösserer Anzahl herumkriechen sah, bisher nie eine derartige bestimmte Abhängigkeit von dem Wechsel der Temperatur beobachten können. Nun wäre es ja möglich, dass die lichtscheuen Tiere ihre Wanderungen hauptsächlich in der Dämmerung oder bei Nacht vornahmen, dann müsste man aber an jedem von *Pl. alpina* bewohnten Bach, durch wiederholte Untersuchung und Feststellung ihrer unteren Verbreitungsgrenze eine regel-

mässige Auf- und Abwärts-Verschiebung derselben nach jedem stärkeren Temperaturwechsel nachweisen können. Diesen Schluss hat auch Wilhelmi (S. 362) selbst gezogen und mich auf einige Quellbäche im Siebengebirge hingewiesen, an denen ich mich von dem Vorkommen solcher Wanderungen würde überzeugen können. Obwohl ich aus zahlreichen anderen Beobachtungen mit Bestimmtheit schliessen musste, dass die Untersuchung nicht das von Wilhelmi erwartete Ergebnis haben würde, so habe ich doch nicht gesäumt, das Verhalten der Tiere auch an der von ihm angegebenen Stelle nochmals zu prüfen. Südöstlich von den Breibergen fliest ein Bach, in dem *Pl. gonocephala* bis 0,1 km unterhalb der von *Pl. alpina* bewohnten Quelle vorgedrungen ist; an einzelnen Stellen aber, wo kurze Seitenbäche einmünden, findet sich die in diesen hausende *Pl. alpina* unterhalb der Mündung der Seitenbäche auch im Hauptbach mitten im Gebiet der *Pl. gonocephala*, wie dies in dem Schema Fig. 8 beim Bache x dargestellt ist¹⁾. „Ich bin überzeugt“, schreibt Wilhelmi (S. 362), „dass diese streckenweise unter den *Plan. gonocephala* im Hauptbache auftretenden *Plan. alpina* bei plötzlichem Steigen der Temperatur sofort in die kleinen Seitenbäche zurückweichen.“ Nach längerer Regenzeit mit kühler Temperatur war Mitte Mai dieses Jahres ziemlich unvermittelt sommerliches Wetter eingetreten. Donnerstag den 12. Mai hatte die Wetterwarte der Landwirtschaftlichen Akademie in Poppelsdorf um 8 Uhr früh für die vorausgehenden 24 Stunden noch ein Minimum von 0,8° C und ein Maximum von 12,7° C verzeichnet, Sonntag den 15. Mai aber ein Minimum von 11,0° und ein Maximum von 26,0°. Am 15. Mai habe ich nun den Bach südöstlich von den Breibergen untersucht, es war aber von einem Zurückweichen der *Pl. alpina* in die Seitenbäche nichts zu bemerken. Da es sich bei

1) Vergl. Zool. Jahrb. Abt. f. Syst. u. s. w. Bd. 8 1895, Taf. 5, CD8.

diesen Seitenbächen um ganz kurze, wasserarme Quellen dicht am Hauptbach handelt, die nur sehr spärlich von *Pl. alpina* bewohnt sind, so habe ich zur weiteren Kontrolle am gleichen Tage ausserdem auch noch den Oberlauf des Rhöndorfer Baches nordöstlich von den Breibergen untersucht. Dort mündet in den Hauptbach von rechts ein mit *Pl. alpina* gut besetzter Seitenbach¹⁾ und unterhalb von dessen Mündung treffen wir wie in dem vorher besprochenen Bach ebenfalls *Pl. alpina* mitten im Gebiet von *Pl. gonocephala* mit dieser vermischt, hier aber auf einer ziemlich langen Strecke (0,4 km). Auch in diesem Bache konnte ich jedoch nur dasselbe feststellen wie in dem Bache südöstlich von den Breibergen. Um jeden etwa noch vorhandenen Zweifel zu beseitigen, habe ich den Rhöndorfer Bach nochmals am 16. Juli dieses Jahres untersucht und wie sich herausstellte dabei gerade den wärmsten Tag des heissen Sommers getroffen. Für die letzten 24 Stunden hat die Wetterwarte der Poppeldorfner Landwirtschaftlichen Akademie am 17. Juli morgens 8 Uhr notiert: Minimum 16,1° C, Maximum 37,1° C. Im Siebengebirge mass ich am 16. Juli 2 $\frac{3}{4}$ Uhr nachmittags im Schatten, 1 m über dem Bach 28,3° C. Trotz der Hitze konnte ich aber auch jetzt noch nichts von einem Aufwärtswandern der *Pl. alpina* in den Seitenbach hinein bemerken, ich fand alles noch genau so wie am 15. Mai, die untere Verbreitungsgrenze von *Pl. alpina* hatte sich nicht um einen Schritt verschoben. Die Temperatur des Wassers betrug an der unteren Verbreitungsgrenze von *Pl. alpina* am 15. Mai um 1 $\frac{1}{2}$ Uhr 14 $\frac{1}{2}$ ° C, am 16. Juli um 2 $\frac{3}{4}$ Uhr 17 $\frac{3}{4}$ ° C.

Wenn durch die Temperaturänderungen des Wassers ein Wandertrieb bei *Pl. alpina* ausgelöst würde, so müsste man auch in den kleinen wasserarmen Bächen, die frei auf kahlen, sonnigen Bergabhängen entspringen, nicht nur nach Witterungsumschlägen, sondern bei klarem

1) Vergl. Zool. Jahrb. 1895 Taf. 5, D2 v.

Himmel sogar täglich Wanderungen beobachten können, da durch den Wechsel von starker Sonnenbestrahlung und darauf folgender starker Abkühlung während der Nacht ein ziemlich beträchtlicher Temperaturunterschied im Bachwasser hervorgerufen wird. Auch in solchen Bächen habe ich indessen nie etwas bemerkt, was sich zu gunsten der von Wilhelm i vertretenen Ansicht verwerten liesse.

Übrigens bin ich von Wilhelm i missverstanden worden, wenn er im Anschluss an die aus meiner kleinen Mitteilung über die Ursachen des Aussterbens von *Pl. alpina* im Hunsrückgebirge und von *Pol. cornuta* im Taunus von ihm angeführte Stelle dann auf S. 362 die Folgerung zieht: „Wenn *Pol. cornuta* und *Plan. gonocephala* so prompt auf eine Temperaturerhöhung reagieren, indem sie sofort im Bache aufwärts wandern, so wird einerseits auch die bedeutend empfindlichere *Plan. alpina* in den kühleren Teil des Baches zurückweichen und kommt also mit *Pol. cornuta* bzw. *Plan. gonocephala* kaum zusammen, andererseits wird auch sie bei sinkender Temperatur wieder abwärts wandern.“ Es handelt sich bei meiner Schilderung der Verdrängung einer Planaridenart durch die andere gar nicht um den vorübergehenden Einfluss des Temperaturwechsels, den die Jahres- und Tageszeiten mit sich bringen, sondern um den nachhaltigen Einfluss der Klimaänderung, die seit der letzten Eiszeit stattgefunden hat, und um die Wirkung der Temperaturerhöhung, welche die Quellbäche infolge dauernder Entwaldung erfahren. Die im nächsten Abschnitt noch näher zu besprechenden kleinen Wanderungen, welche die Planariden gelegentlich unternehmen, hatte ich bei der Schilderung des äusserst langsam sich vollziehenden Ausrottungskampfes nicht im Sinn, da sie meiner Meinung nach von untergeordneter Bedeutung sind und auf das Endresultat des Verdrängungsvorganges keinen wesentlichen Einfluss haben.

Ebensowenig wie bei *Pl. alpina* habe ich bisher bei *Pol. cornuta* und *Pl. gonocephala* irgend welche Be-

obachtungen gemacht, die auf einen durch schnellen Temperaturwechsel hervorgerufenen Wandertrieb hindeuten, ja die im Laufe der letzten Jahre gesammelten Erfahrungen veranlassen mich sogar, die Annahme einer gewissen Freizügigkeit, die ich früher den beiden Eiszeitrelikten noch zugestanden hatte, jetzt wesentlich einzuschränken. Ich hatte (1895 S. 158) das oben besprochene Vorkommen von *Pl. alpina* mitten im Gebiet von *Pl. gonocephala* (Fig. 8 x) und die gleiche Erscheinung bei *Pol. cornuta* (Fig. 8 y) in der Weise zu erklären versucht, dass ich annahm, infolge Übervölkerung in den Seitenbächen fände ein ständiges Hinabwandern des Überschusses in den Hauptbach statt. Aber ich bin später zu der Überzeugung gekommen, dass es sich damit anders verhält. Die im Hauptbach unterhalb der Mündung von x und y im Gebiet der *Pl. gonocephala* sitzenden Kolonieen der beiden Eiszeitrelikten stammen in der Hauptsache nicht aus den Seitenbächen sondern sind Nachkommen jener *Pl. alpina* und *Pol. cornuta*, die ursprünglich die betreffenden Stellen des Hauptbaches inne hatten. Es finden sich solche Kolonieen nämlich stets nur an den Stellen, wo das Wasser des Hauptbaches durch den Seitenbach so stark abgekühlt wird, dass seine mittlere Temperatur dem Optimum von *Pl. alpina* und *Pol. cornuta* merklich näher liegt als oberhalb der Einmündung. Deshalb konnten sich auf der kühleren Strecke die Eiszeitrelikten bis in die Gegenwart halten, während sie auf der wärmeren zu Grunde gegangen sind. Für die oben besprochene Stelle im Rhöndorfer Bach¹⁾ mass ich am 15. Mai dieses Jahres um $3\frac{1}{2}$ Uhr bei einer Lufttemperatur von 19°C im Schatten in dem Seitenbach 50 Schritt oberhalb seiner Mündung $12\frac{1}{3}^{\circ}\text{C}$, im Hauptbach 50 Schritt oberhalb der Mündung des Seitenbaches 16°C , 3 Schritt unterhalb derselben 14°C ; und am 16. Juli um $3\frac{1}{2}$ Uhr bei einer

1) Vergl. Zool. Jahrb. 1895. Taf. 5, D2 Hauptbach v., Seitenbach v.

Lufttemperatur von $27 \frac{3}{4}^{\circ}$ C, an denselben Stellen im Seitenbach, der jetzt sehr wasserarm war, 16° C, im Hauptbach oberhalb $18 \frac{1}{2}^{\circ}$ C, unterhalb $17 \frac{1}{3}^{\circ}$ C. Die verschiedene Temperatur der beiden Bäche erklärt sich dadurch, dass der Seitenbach im Walde entspringt und verläuft, der Hauptbach dagegen fliesst bis zur Einmündung des Seitenbaches über eine sonnige Wiese, dann durchschneidet er auf 200 Schritt die Waldecke, um darauf wieder auf eine Wiese auszutreten, auf welcher aber sein Lauf durch Erlengebüsch beschattet ist. Hier also konnte sich *Pl. alpina* noch halten, während sie oberhalb auf der sonnigen Wiese im Hauptbach ausgestorben ist mit Ausnahme seiner kühleren Quelle. Eine so starke Auswanderung von *Pl. alpina* aus den Seitenbächen in den Hauptbach, wie ich sie früher angenommen hatte, findet in Wirklichkeit keineswegs statt, denn die Tiere sind viel sesshafter, als man bisher allgemein anzunehmen geneigt war. Ich muss das Vorkommen einer Auswanderung aus den Seitenbächen jetzt im wesentlichen auf die seinerzeit von mir auch schon mit angeführten Fällen beschränken, wo die Tiere durch Eintrocknen der Seitenbäche zum Rückzug in den Hauptbach gezwungen werden, wie z. B. in dem letzten linken Seitenbach des Rhöndorfer Baches¹⁾. In allen diesen Dingen verhält sich *Pol. cornuta* ebenso wie *Pl. alpina*. Es wird sich weiter unten, im vierten Abschnitt S. 154, Gelegenheit bieten, auf die hier besprochenen Erscheinungen, das Vorkommen der beiden Eiszeitrelikten mitten im Gebiet von *Pl. gonocephala*, nochmals zurückzugreifen um in anderem Zusammenhang noch weitere Gründe zur Stütze der hier vorgetragenen Ansicht anzuführen.

1) Vergl. Zool. Jahrb. 1895 Taf. 5, C3. Die punktierte Linie gibt die zur Zeit der Untersuchung am 25. August 1893 ausgetrocknete Strecke an.

Gelegentliche, nicht auf angeborenem Wandertrieb beruhende Wanderungen.

Abgesehen von einem unregelmässigen Durcheinanderkriechen, was jeder, der sich mit dem Sammeln und dem Beobachten unserer Strudelwürmer in der freien Natur abgibt, öfters bemerkt haben wird, sind Wanderungen in grösseren Zügen, in denen alle oder wenigstens die Mehrzahl der Individuen dieselbe Richtung einhalten, sodass die Erscheinung ganz den Eindruck eines auf ein bestimmtes Ziel gerichteten Wandertriebes macht, nur selten beobachtet worden. Am auffälligsten ist die von Johnson (1822 S. 439) mitgeteilte Beobachtung an einer Planaridenart, die er als *Pl. torva* bezeichnet, welche aber nach dem in seiner Figur 14 dargestellten, vorn quer abgestutzten Kopfende zu schliessen, jedenfalls *Pl. alpina* gewesen ist. Er schreibt: „On visiting the rivulet, from which I was in the habit of taking these animals for the experiments I am about to relate, I was surprised to find a large body of them (*P. torvae*) proceeding against the current, gliding over its sandy bottom, keeping the same order as ants when passing from one of their establishments into another, and occupying a space of about twelve inches in length by two in breadth. This regular movement I observed two or three days in succession. The weather being at this time extremely temperate, had, doubtless, induced them to quit their several hiding places; but I could not discover the purport of this proceeding.“ Volz (1900 S. 74, Anm.) berichtet über die von ihm beobachteten Wanderungen folgendes: „Dass aber *Pl. alpina* Wanderungen unternimmt, habe ich selbst schon beobachtet, z. B. in einer Quelle in der Nähe von Aarberg, ferner fand ich sie sowohl im kleinen Melchthal als auch auf der Arnialp (Ct. Unterwalden) an senkrechten Abstürzen, über die aber zu jener Zeit nur ein schwaches Wasseräderchen herabrieselte, hinaufkriechen; doch waren es jedenfalls nur geringe Strecken, die zurückgelegt

wurden.“ Dies ist alles, was ich ausser der schon oben angeführten Mitteilung von Wilhelm i in der Turbellarienliteratur bisher über direkte Beobachtungen von Wanderzügen der *Pl. alpina* gefunden habe; von *Pol. cornuta* sind mir überhaupt noch keine entsprechenden Angaben bekannt geworden. Und doch ist es ein Leichtes, sich den Anblick solcher Wanderungen zu verschaffen und sie genauer zu studieren. Wir wollen uns zunächst mit der etwas lebhafteren *Pol. cornuta* befassen, an welcher ich bisher die meisten und eingehendsten Beobachtungen zu machen Gelegenheit hatte, da ich in den letzten Jahren hauptsächlich in Gebieten beschäftigt war, in denen *Pl. alpina* nur spärlich oder gar nicht vorkommt. Es gibt ein sehr bequemes Mittel, die sonst so trägen Tiere zu alarmieren und auf den Marsch zu bringen. Wir suchen uns zu diesem Zwecke einen jener kleinen Bäche aus, in welchen keine Fische vorhanden sind und die den Strudelwürmern Nahrung genug bieten, dass sie sich recht zahlreich vermehren konnten, denn in solchen dicht bevölkerten Bächen treten die uns interessierenden Erscheinungen am deutlichsten vor Augen. In dem kleinen Bach wählen wir eine Stelle, wo der Boden recht gleichmässig mit zahlreichen nicht zu grossen Steinen bedeckt ist, unter denen die Tiere ihren Unterschlupf gefunden haben. Hier marschieren wir nun mit kurzen Schritten, immer einen Fuss dicht vor den anderen setzend, im Bachbett aufwärts, wodurch wir fast alle Steine verschieben und die darunter befindlichen Tiere beunruhigen, denn in dem sandigen, nachgiebigen Boden erstreckt sich die Wirkung jedes einzelnen Fusstrittes nicht bloss auf die unmittelbar berührte Stelle, sondern auch auf deren ganzen Umkreis. Wie mit einem Zauberschlag ist jetzt plötzlich alles verändert. Wir hatten uns bei Gelegenheit eines früheren Besuches überzeugt, dass der Bach stark besetzt ist, aber es war trotzdem, ehe wir ihn betraten, kein einziges Tier zu sehen; jetzt ist auf einmal überall Leben und Bewegung und in dichten Scharen sind

die Tiere aus ihren Verstecken hervorgekommen. Wenn wir nun den Blick näher auf das muntre Treiben richten, überrascht uns eine auffällige Erscheinung. Als ob sie alle einem gemeinsamen Kommando folgten, kriechen sie fast ausnahmslos aufwärts, und auch die wenigen, die erst eine andere Richtung eingeschlagen hatten, schwenken in der Regel ein und schliessen sich dem allgemeinen Zuge an. Aber während wir noch mit wohlgefälliger Befriedigung über das diesmal gut gelungene Experiment den Parademarsch abnehmen, bemerken wir, wie die Ordnung sich zu lockern beginnt. Hier schwenkt ein Tier ab, dort mehrere, sie kriechen wie unentschlossen, was sie tun sollten, bald hierhin, bald dorthin und verschwinden dann heimlich unter irgend einem Stein oder einem der Blätter, die einzeln den Boden bedecken. Immer unsicherer wird nun das Einhalten der ursprünglichen Marschrichtung und nach einer halben Stunde sehen wir nur noch stellenweise grössere Trupps in geschlossenem Zuge aufwärts wandern, die übrigen kriechen ohne Ordnung durcheinander, nach rechts und links sowohl wie abwärts und die Scharen lichten sich mehr und mehr. Nach einer Stunde bieten die kriechenden Tiere nicht mehr das Bild einer gemeinsamen Wanderung dar, die Mehrzahl hat sich verkrochen, die geschlossenen Züge haben sich aufgelöst, und wenn auch von den in Bewegung befindlichen Tieren die Mehrzahl noch im Aufwärtskriechen begriffen ist, so wird ihre Bewegung doch immer träger und sie rücken schliesslich kaum noch von der Stelle. Zwei Stunden etwa nach der Alarmierung ist alles vorüber und der kleine Bach sieht wieder so leer aus als ob überhaupt keine Strudelwürmer in ihm vorhanden wären. Das einzelne Tier benimmt sich also bei diesem Versuch so, dass es erst eine kürzere oder längere Zeit der Strömung entgegen kriecht, dann sogleich unter einem Stein verschwindet oder vorher die Richtung ändert, um sich dann irgendwo anders einen ihm zusagenden Schlupfwinkel zu suchen.

Wir haben hier scheinbar ein sehr schönes Beispiel für einen ausgesprochenen Rheotropismus vor uns, aber wir wollen uns durch die vorläufige Einordnung der beobachteten Erscheinung in eine bestimmte Rubrik nicht abhalten lassen, die Sache doch noch genauer zu untersuchen. Denn die blosse Feststellung der Tatsache, dass die aufgestörten Tiere sich gegen die Strömung einstellen und ihr entgegenkriechen, genügt noch nicht, diese Erscheinung als Rheotropismus zu bezeichnen, so lange wir nicht sicher nachgewiesen haben, dass sie unmittelbar durch die Strömung des Wassers und durch nichts anderes veranlasst wird. Bei der Wiederholung des geschilderten Experimentes an einem anderen stark bevölkerten kleinen Bach bezeichnen wir genau die unterste Stelle der durchschrittenen Bachstrecke; da bemerken wir, dass die Einwirkung der mechanischen, durch die Verschiebung der Steine hervorgerufenen Störung sich weiter nach abwärts geltend macht als sie wirklich stattgefunden hat. Wir machen nämlich die Beobachtung, dass auch noch ein paar Schritt weiter nach unten die *Pol. cornuta* ihre Schlupfwinkel verlassen und sich dem allgemeinen Zuge anschliessen. Eine solche Fernwirkung der oberhalb hervorgerufenen Störung kann nicht unmittelbar durch die Störung selbst bewirkt werden, es muss dabei noch irgend etwas anderes im Spiel sein. Wenn wir bedenken, dass wir beim Durchschreiten des Baches zwischen den Steinen sicher eine grössere Anzahl von Tieren zerquetscht haben und uns erinnern, mit welcher Gier in unsern Aquarien die Würmer über ein verletztes Exemplar herfallen, um es auszusaugen, während die unversehrten Tiere bekanntlich einander unbehelligt lassen, so wird uns die Ursache klar, welche die Fernwirkung hervorbringt: es ist die Witterung des aus den zerquetschten Tieren austretenden Darminhaltes und der Körperflüssigkeit, welche die unterhalb sitzenden Strudelwürmer veranlasst auf Beute auszugehen.

In dieser Ansicht werden wir durch eine andere Beobachtung bestärkt. Wir stehen an einer wasserreichen

Quelle auf einem völlig festliegenden Stein und sammeln *Pol. cornuta*. Wir haben ein Interesse daran, die Würmer nicht zu stören, denn sie sind bequemer und leichter in grösserer Anzahl zu erhalten, wenn sie im Halbschlaf ruhig an der Unterseite der Steine sitzen, als wenn wir sie durch unvorsichtiges Verschieben der Steine veranlassen, am Boden herumzukriechen. Wir nehmen deshalb die Steine sehr vorsichtig heraus, sodass weder eine Verletzung der Tiere, noch eine Beunruhigung der unter den benachbarten Steinen sitzenden stattfindet. Da bemerken wir, wie abwärts von dem festen Stein, auf dem wir stehen, an einer Stelle, wo wir noch nichts berührt hatten, die Tiere anfangen, ihre Schlupfwinkel zu verlassen. Die Oberfläche des zu unserem Standpunkt gewählten Steines liegt ein wenig unter dem Wasserspiegel des Baches, so dass das Wasser unsere Fusssohlen bespült. Sollten die Strudelwürmer ein so feines Geruchsorgan besitzen, dass sie wie der Jagdhund unsere Fährte in der Luft, so unsere Spur auf eine gewisse Entfernung im Wasser wittern? Um dies sicher festzustellen, bleibt einem nichts übrig als bei der nächsten Gelegenheit, sobald man wieder an einen recht dicht besetzten Bach kommt, in welchem die Tiere in voller Ruhe sind, sich eines seiner gut eingefetteten Wasserstiefeln zu entledigen und ihn ganz vorsichtig, ohne die Tiere zu stören, in das Wasser zu stellen, durch ein paar querüber gelegte Stöcke gegen das Umfallen geschützt. Dann legt man sich am Bachufer nieder, um die Einzelheiten bequemer aus der Nähe beobachten zu können. In den ersten ein oder zwei Minuten will sich keine Wirkung zeigen, aber ehe man noch ungeduldig geworden ist und sich enttäuscht wieder erhebt, beginnt es sich zu regen. Wie wenn sich die Kunde von einer grossen Sehenswürdigkeit verbreitet und alt und jung die Häuser und Hütten verlässt, um in einem sich allmählich immer mehr verstarkenden und verlängernden Zuge dem Schauplatz zuzuströmen, so sehen wir, wie es zuerst unter den zunächst gelegenen Steinen

lebendig wird, ein Strudelwurm nach dem anderen kommt, mit seinem Vorderende tastend, hervorgekrochen und wendet sich, falls er nicht schon gleich beim Herauskommen diese Richtung eingeschlagen hatte, mit scharfer Wendung aufwärts. Und nun pflanzt sich die Bewegung von Stein zu Stein fort, gross und klein verlässt seine Schlupfwinkel und in dunklen Scharen kriechen sie in gleicher Richtung aufwärts, um sich allmählich an und unter dem im Bache stehenden Stiefel zu versammeln. Aber es ist sicher nicht der Anblick des ihnen fremdartigen Gegenstandes, der die Tiere hervorgelockt hat, sondern nur die davon ausgehende Witterung, die ihnen das Vorhandensein einer Beute vortäuschte; denn, wie schon Dugès (1828 S. 149) festgestellt hat, sind die Tiere nicht einmal beim Aufsuchen einer wirklichen Beute imstande, dieselbe mit den Augen zu erspähen, selbst wenn sie sich ganz nahe dabei befinden, sie werden vielmehr stets nur durch den Geruchssinn geleitet. So bemerken wir denn auch, dass in demselben Verhältnis, wie sich die Witterung im Bache allmählich verstärkt und weiter nach abwärts geführt wird, immer mehr Tiere dadurch hervorgelockt werden. Nach 5 Minuten hat sich die Wirkung bis $\frac{1}{2}$ m abwärts bemerkbar gemacht, nach 10 Minuten sehen wir bis $\frac{3}{4}$ m abwärts die Tiere hervorkriechen, nach 20 Minuten bis $1\frac{1}{2}$ m, nach 40 bis $3\frac{1}{2}$ m. Damit aber hört es auf, denn obwohl wir noch bis zum Ablauf einer ganzen Stunde ausharren, macht sich weiter abwärts kein Einfluss mehr geltend. Zugleich bemerken wir, was auch schon nach einer halben Stunde festzustellen war, dass von den später und mehr abwärts hervorgekommenen Tieren manche nach einer kurzen Strecke Weges das Weiterwandern aufgeben, hin- und herkriechen und träge unter einem Stein verschwinden, als ob sie den Eindruck erhalten hätten, es verlorente sich nicht der Mühe, sich weiterhin dem Zuge anzuschliessen. Zum Schluss nehmen wir den Stiefel vorsichtig aus dem Wasser und sehen dabei, dass sich gegen hundert Tiere

daran versammelt haben. Die Untersuchung der Unterseite einer grösseren Anzahl Steine überzeugt uns aber davon, dass von den sehr zahlreich vorhandenen Strudelwürmern sich nur ein ganz geringer Bruchteil in Bewegung gesetzt hat, die weit überwiegende Mehrzahl ist ruhig sitzen geblieben. Die Witterung war nicht stark genug und hat wahrscheinlich nur die besonders hungriigen Tiere veranlasst, auf Beute auszugehen. Sie wirkt überhaupt erst, nachdem das Wasser die Fussbekleidung einige Zeit umspült hat und kommt also kaum in Betracht, wenn wir den Bach nur flüchtig durchschreiten.

Um aber den anderen Punkt unserer Vermutung doch noch genau zu prüfen und festzustellen, welchen Einfluss der Darminhalt der zerquetschten Tiere für sich allein mit Ausschluss der wenn auch nur sehr schwachen Nebenwirkung zeigt, die von unseren Schritten ausgeht, suchen wir am nächsten Tage den Bach wieder auf und stellen zunächst fest, dass sich alles ruhig verhält, es ist kein einziges Exemplar auf der Oberfläche des steinigen Bachbettes zu sehen. Nun nehmen wir einen Stock und verursachen durch lebhaftes Herumstochern zwischen den Steinen eine allgemeine Verschiebung derselben, wobei wir wie beim Durchwaten des Baches eine grössere Anzahl von Tieren verletzen. Diesmal macht sich eine viel stärkere Bewegung unter den Strudelwürmern bemerkbar, als bei dem Stiefel-Experiment am vorhergehenden Tage. In grossen Scharen kommen die Tiere hervor und wandern aufwärts, aber es bleiben doch noch, wie wir uns hinterher überzeugen, noch ziemlich viel zurück, die ihren Aufenthalt nicht verlassen. Wir beobachten nun diesmal auch noch die Strecke unmittelbar oberhalb der Stelle, an welcher wir begonnen hatten die Steine in Bewegung zu setzen, etwas genauer und sehen, dass dort bei den kriechenden Tieren eine gewisse Unsicherheit über die einzuschlagende Richtung herrscht. Manche kriechen aufwärts, andere aber nach verschiedenen Richtungen durcheinander, was uns nicht Wunder nimmt, da ja hier ober-

halb der durcheinander geschobenen Steine das, was den scheinbaren Rheotropismus veranlasst, die Witterung des Darminhaltes der zerquetschten Tiere, in Wegfall kommt.

Da die Menge der von der Strömung des Wassers weitergeführten Körpersäfte der zerquetschten Tiere nur gering ist, so ist von vornherein klar, dass wir eine viel stärkere und weiter abwärts reichende Wirkung erzielen werden, wenn wir irgend einen kräftig wirkenden Köder in das Wasser legen. Ich will hier von den zahlreichen Experimenten nur eins schildern, bei welchem ich Zeit fand, die Tiere mit entsprechenden Zwischenpausen einen ganzen Nachmittag hindurch zu beobachten. Eine der Quellen vom ersten linken Zuflüsschen des Hohltriefer Baches südwestlich vom Erbeskopf im Hundsrück entspringt im Graben auf der Südseite des Fahrweges, der den gemeinschaftlichen Abfluss der Quellen kreuzt. Der das Bett des Quellbaches bildende Graben ist von gelblichweissem Quarzitsand und vielen flachen, nicht zu grossen Steinen bedeckt, die ebenso wie die nicht zu zahlreichen Blätter einer grossen Menge von *Pol. cornuta* Unterschlupf gewähren, was ich bei einem früheren Besuch der Quelle festgestellt hatte. Der helle Boden, von dem die dunklen Strudelwürmer sich deutlich abheben, erleichtert den Überblick und die feste Böschung des Weges ermöglicht es, überall dicht heranzutreten ohne die Steine im Bachbett selbst zu verschieben und dadurch die darunter sitzenden Tiere zu beunruhigen, der Bach ist also wie geschaffen für eine eingehende und ungestörte Beobachtung. Das auf der flachen, etwa $\frac{1}{2}$ m breiten Sohle des Grabens mit mässiger Geschwindigkeit fliessende Wasser ist 5—10 cm tief. Um 12 Uhr am 29. September 1903 schlachtete ich nun dort ein Froschweibchen und legte es 15 Schritt unterhalb der Quelle in das Wasser. Die Bauchhöhle war geöffnet worden und der Körper verblutete sich im Wasser. Kaum war der Köder in den Bach gebracht, so tauchten schon unter den nächsten abwärts gelegenen Steinen und Blättern einzelne Trupps von *Polycelis* auf und in dem

Maasse wie die Körperflüssigkeiten des getöteten Frosches vom Wasser abwärts geführt wurden, kamen hier kleinere, dort grössere Scharen zum Vorschein, die sich zu einem immer länger werdenden Zuge vereinigten. Schliesslich bot das Ganze das Bild einer allgemeinen grossen Wanderung, an der sich viele Hunderte von Tieren beteiligten. Die Neigung zum anhaltenden Aufwärtskriechen war bei diesem Versuche eine viel stärkere als bei den beschriebenen Aufstörungsversuchen, da die Witterung von einer bestimmten Stelle ausging und viel kräftiger war. Wenn einzelne Exemplare hier und da auch einmal eine kurze Seitenschwenkung machten, so bogen sie doch bald wieder in die allgemeine Richtung ein, auch verkrochen sie sich nicht, ehe sie das Ziel erreicht hatten, da die Witterung um so stärker wurde, je mehr sie sich dem Frosche näherten. Wer zur Zeit einer solchen Wanderung an einen Bach herantritt und die Ursache nicht kennt, würde, von der Menge der Tiere und der Gleichmässigkeit ihrer Bewegungsrichtung überrascht, leicht auf die Vermutung kommen, dass es sich um eine in weitere Ferne gerichtete grosse Auswanderung handle. Ich brauche kaum zu erwähnen, dass die Wanderung an der Froschleiche ihr Ende nahm und dass von da aufwärts bis zur Quelle alles ruhig blieb, obwohl auch diese Strecke ebenso stark mit Strudelwürmern besetzt war. Vereinzelte *Pl. alpina*, die in diesem Quellbach zwischen *Pol. cornuta* noch vorhanden sind, schlossen sich dem allgemeinen Zuge an. Über die Geschwindigkeit, mit welcher die Wirkung des Köders sich im vorliegenden Falle in dem kleinen Bache fortpflanzte, habe ich folgende Aufzeichnungen gemacht.

Zeitdauer	Grosse Mengen von Tieren in mehr oder minder geschlossenem Zuge aufwärts kriechend	Einzelne Trupps unter den Steinen und Blättern hervorkommend
Nach 10 Minuten	bis 5 Schritt	bis 10 Schritt
" 20 "	" 6 "	" 14 "
" 40 "	" 8 "	" 15 "
" 60 "	" 9 "	" 15 "
" 80 "	" 12 "	" 19 "

Nun wurde zunächst die Beobachtung abgebrochen. Um $4\frac{3}{4}$ Uhr besuchte ich dann den Quellbach wieder und fand den Zug der aufwärts kriechenden Tiere bis 15 Schritt unterhalb des Köders reichen, aber er bestand nicht mehr aus so zahlreichen Individuen wie nach der ersten Stunde, weil die meisten sich inzwischen am Frosch versammelt hatten. An Stelle seiner Eingeweide war jetzt ein grosser schwärzlicher Klumpen von Strudelwürmern zu sehen, die alles vollständig bedeckten, und auch die in der Nähe befindlichen Blätter und Steine wimmelten von ihnen. Bis 27 Schritt abwärts waren noch vereinzelte Tiere auf der Wanderung. Um $6\frac{1}{2}$ Uhr, beim Einbruch der Dunkelheit, hatten auch diese den Frosch erreicht und bis 34 Schritt abwärts war kaum noch ein Wurm an der Unterseite der Steine zu finden.

Auch mit *Pl. alpina* und *Pl. gonocephala* habe ich in der Umgebung von Bonn entsprechende Köderversuche angestellt und gefunden, dass sie sich in gleicher Weise hervorlocken lassen, wenn sie sich dabei auch etwas träger verhielten als die lebhafteren *Pol. cornuta*.

Als ich fünf Tage nach dem eben eingehender geschilderten Versuch mit *Pol. cornuta*, am 4. Oktober, wieder an dem Quellbach vorbeikam, alarmierte ich die Tiere, indem ich mit kurzen Schritten durch den Bach ging. Es zeigte sich, dass sie sich inzwischen wieder in demselben verteilt hatten, aber nicht gleichmässig, indem dicht unterhalb der Stelle, wo der Frosch lag, sich eine ziemlich grosse Menge der Tiere verkrochen hatte, während sie weiter abwärts viel spärlicher waren. Nachdem die Würmer sich satt gefressen haben, suchen sie wieder einen geeigneten Schlupfwinkel auf und die Tiere, welche in der Nähe alles besetzt finden, wandern so lange herum, bis sie zufällig eine ihnen zusagende Stelle finden. Es setzt sich nie ein Strudelwurm auf einem andern fest, sondern jeder sucht sich an der Unterseite der im Wasser liegenden Gegenstände eine freie Stelle, wo er sich mit Hilfe seines Schleimes festkleben kann.

Der Umstand, dass den im rinnenden Wasser lebenden Strudelwürmern die Witterung der Beute immer von oben herab zukommt, hat zur Folge, dass im allgemeinen das einzelne Individuum im Laufe seines Lebens allmählich weiter nach oben rückt und dass die Art als Ganzes die Tendenz zeigt, im Laufe der Zeit die obere Verbreitungsgrenze stets bis zu der Stelle zu verschieben, wo die Temperaturverhältnisse ihr Halt gebieten. So erklärt sich das baldige Nachrücken der weiter abwärts hausenden Art in Bächen, deren mittlere Temperatur durch Verschwinden des Waldes eine höhere geworden ist. Nun dürfen wir uns aber die Ausbreitung nicht so vorstellen, als ob solche starken Wanderungen wie in dem geschilderten Experiment häufig vorkämen, dagegen spricht der Umstand, dass ich ein so auffälliges Zusammenscharen zu einer Wanderung trotz meiner viele Jahre hindurch fortgesetzten Exkursionen ohne mein Zutun nicht zu beobachten Gelegenheit hatte. Ein ins Wasser geratener Regenwurm, eine Schnecke oder ein Insekt werden immer nur eine verhältnismässig geringe Ansammlung von Strudelwürmern veranlassen. Der nach oben gerichteten Ausbreitung wirkt übrigens auch noch ein gelegentliches Abwärtswandern entgegen. Verschiedene Anzeichen, besonders die Beobachtungen der Tiere im Aquarium, sprechen dafür, dass sie vom Hunger geplagt anfangen unruhig zu werden und herumzukriechen, in den Bächen unter diesen Umständen jedenfalls ebenso wohl aufwärts wie abwärts. Eine Wanderung in geschlossenen Zügen bachabwärts ist aber noch nie beobachtet worden. Indem wir das Gesamtresultat der verschiedenen kleinen Wanderungen ins Auge fassen, können wir also den Satz aufstellen, dass bei der Ausdehnung des Verbreitungsgebietes die Expansionskraft der Art bachaufwärts stets grösser ist als abwärts.

Wenn ich bei der Schilderung der Experimente über den Spürsinn der Strudelwürmer immer nur von ihrem Verhalten in kleinen, stark bevölkerten Bächen gesprochen habe, so hatte dies seinen Grund darin, das charakte-

ristische der einzelnen Erscheinungen möglichst klar hervortreten zu lassen. Natürlich kann man dasselbe auch an anderen Stellen beobachten, aber wo die Strudelwürmer spärlich sind, wo viele im Bachbett liegende grössere Steine das Wasser nach der Seite ablenken und zahlreiche Wirbel erzeugen, welche die Tiere veranlassen, von der eingeschlagenen Richtung abzuweichen, oder wo eine das Bachbett bedeckende Laubschicht den grösseren Teil der auf der Wanderung begriffenen Tiere unseren Blicken entzieht, ist es nicht so leicht möglich, sich einen hinreichend deutlichen Einblick zu verschaffen. Ein gelegentlicher Misserfolg des Experimentes an solchen Stellen wird uns deshalb nicht überraschen.

Was nun die oben S. 130 angeführte Beobachtung von Volz betrifft, so steht nichts entgegen anzunehmen, dass die Ursache jener Wanderungen von *Pl. alpina*, auch der an senkrechten Felswänden hinauf, die Witterung einer im Wasser liegenden Beute und nicht ein angeborener Wandertrieb war, der etwa die Strudelwürmer wie gewisse Wanderfische antreibt, die sich entgegenstellenden Hindernisse mit Aufbietung aller Kraft zu überwinden. Die davor angeführte Beobachtung von Johnson aber kann ich, falls ich mich buchstäblich an seine Worte halten soll, mit den meinigen nicht ohne weiteres in Einklang bringen, denn einen mehrere Tage ununterbrochen fortdauernden Wanderzug habe ich nie beobachtet und auch nicht künstlich hervorrufen können. Aber wenn ich darauf hinweise, dass es sich bei Johnson um eine nebenher gemachte Beobachtung handelt, der seine ganze Aufmerksamkeit zu widmen für ihn keine besondere Veranlassung vorlag, wie schon aus der Unsicherheit der Zeitangabe, ob die Wanderung zwei oder drei Tage gedauert habe, hervorgeht, so erscheint mir die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass es sich nicht um einen ununterbrochen andauernden, sondern um zwei oder drei zeitlich getrennte und jedesmal neu hervorgerufene Züge handelte, etwa dadurch veranlasst, dass öfters Viehherden auf dem Gang zu oder von

der Weide den Bach durchschritten, oder durch sonst eine jetzt nicht mehr festzustellende Ursache.

Auch im Aquarium des zoologischen Institutes zu Bonn habe ich eine Reihe von Experimenten über das Witterungsvermögen der drei Strudelwurmarten angestellt, die hier im einzelnen zu beschreiben jedoch zu weit führen würde. Es mag genügen, wenn ich nur ein paar davon anführe, welche die im Freien gemachten Beobachtungen ergänzen. Ein Glasrohr von 6 cm Durchmesser und 1 m Länge wurde an den Enden mit durchbohrten Korkstopfen verschlossen, durch welche für den Zu- und Abfluss des Wassers Glaskröpfchen führten. Beim Einsticken der Korke über dieselben gespannte Gaze verhinderte das Entweichen der in das weite Glasrohr gebrachten Strudelwürmer. Die das Wasser zuführende Glaskröpfche war durch zwei Schläuche mit der Wasserleitung verbunden. Der eine davon führte durch einen Behälter, in welchem als Köder zerschnittene Mehlkäferlarven, ein frisch geschlachteter Frosch und dergleichen eingebracht werden konnten. Durch Öffnen oder Schliessen einiger Quetschhähne an den Verbindungsschläuchen liess sich, ohne im weiten Glasrohr irgend eine Zirkulationsstörung zu verursachen, der Zufluss des Wassers so regulieren, dass nach Belieben durch den einen Schlauch reines Wasser oder durch den anderen Wasser, das den Köder umspült hatte, in das weite Glasrohr einströmte. Die in dieses eingesetzten Strudelwürmer wurden durch Verdunkelung des Ausflussendes veranlasst sich dort zur Ruhe zu setzen, während ununterbrochen reines Wasser durch den Apparat geleitet wurde. Am nächsten Tage wurde der Köder in den dafür bestimmten Behälter gebracht, der hierzu gehörige Schlauch geöffnet und der andere geschlossen. Es dauert, wie Vorversuche ergeben hatten, ungefähr drei Minuten, bis die vom Wasser fortgespülten Säfte des als Köder dienenden Tieres an das Ausflussende des weiten Rohres gelangen. Die zum Versuch verwendeten Planarien sitzen zu Beginn des Experiments im Schlafzustande zusammengezogen und mit eingezogenen

Fühlern regungslos an der Glaswand und den Kork überspannenden Gaze. So wie aber die vom Wasser herbeigeführten tierischen Säfte die Strudelwürmer erreicht haben, kommt Bewegung in dieselben. Zunächst werden die Fühler ausgestreckt, an denen nach Kennel, auf dessen Beobachtungen ich später zurückkomme, die Geruchssorgane sich befinden, dann hebt sich das Kopfende und macht mit weit vorgereckten Fühlern hin- und herschwenkende Bewegungen; gleich darauf fängt das Tier an zu kriechen, bald ganz der Glaswand angeschmiegt, bald das Vorderende aufwärts in das Wasser hinein streckend und dabei hin und her und auf und ab bewegend. So wandern sie bis zum oberen Ende des Glasrohres, wo sie aber die gesuchte Beute nicht vorfinden. Man sollte meinen, dass sie sich nun, durch die dem engen Glasrörchen entströmende Witterung des Köders angelockt, sämtlich an der durch Gaze verschlossenen Einströmungsöffnung ansammeln müssten. Aber dies ist nicht der Fall, wir sehen sie vielmehr, schon bevor sie das obere Ende des weiten Glasrohres erreicht haben, unsicher werden, sie kriechen, die Richtung öfters wechselnd, hin und her, die Mehrzahl sogar, nachdem sie die den Kork überspannende Gaze gekreuzt oder schon vorher Kehrt gemacht haben, an der Wand des Glasrohres wieder zurück. Dies röhrt daher, dass an der Stelle, wo das Wasser aus dem engen Einflussrörchen in das weite Rohr einströmt, zahlreiche Wirbel entstehen, die am oberen Ende desselben die Tiere in Unsicherheit darüber lassen, von wo eigentlich die Witterung kommt. Einmal unsicher über die Richtung geworden, kriechen sie dann in dem nun gleichmässig mit der Witterung des Köders erfüllten Glasrohr in der verkehrten Richtung weiter. Nach Beendigung des Experimentes wurde jedesmal der reines Wasser zuführende Schlauch wieder geöffnet und der andere geschlossen. Im Laufe der nächsten Stunden ziehen sich dann die Strudelwürmer wieder an das untere verdunkelte Ende zurück. Die Tiere blieben ohne Nahrung in dem Glasrohr eingeschlossen und von Ende November 1903

bis Januar 1904 habe ich das Experiment zehnmal wiederholt, die Tiere verhielten sich, abgesehen von einigen hier nicht in Betracht kommenden Einzelheiten, stets in der gleichen Weise. -

Um auch noch auf eine andere Art festzustellen, dass das Orientierungsvermögen der Strudelwürmer über den Ort, von welchem die Witterung ausgeht, unsicher wird, sobald sie ihnen nicht durch eine bestimmt gerichtete Strömung zugeführt wird, konstruierte ich eine Strudelwurmfalle. Diese besteht aus einem 75 mm weitem Glascylinder von 30 cm Länge, der an beiden Enden mit durchbohrten Korkstopfen verschlossen ist. Durch die Öffnung jedes Stopfens ist ein Trichter so weit eingesteckt, dass sein Rohr in das Innere des Glascylinders hineinragt. Der Apparat wird horizontal so in den Bach gelegt, dass der eine Trichter aufwärts, der andre abwärts gerichtet ist. Der obere Trichter ist zur Aufnahme des Köders bestimmt, wozu ein frisch getöteter und geöffneter Frosch dient. Der obere Stopfen ist in der Mitte durchbohrt, sodass das Rohr des den Köder enthaltenden Trichters etwa 5 cm in das Innere des Glascylinders frei hineinragt. Der untere Trichter soll als Eingangspforte dienen und zu diesem Zweck ist der zugehörige Stopfen nahe am Rande durchbohrt, damit das Rohr des hindurch gesteckten Trichters mit seinem abgeschrägten Ende die untere Seite der Wand des Glascylinders innen berührt, um den einkriechenden Tieren das Hinübergleiten an die Innenwand des Glascylinders zu erleichtern. Das Rohr des unteren Trichters ist etwas weiter als das des oberen, damit die Strömung des ausfliessenden Wassers verlangsamt wird und diejenigen Würmer, die nicht gleich die Wand des Glascylinders finden und tastende Bewegungen machen, nicht wieder hinausgespült werden. Der untere Trichter wird so weit in den Sand des Bachbettes versenkt, dass er eine halbkreisförmige Eingangspforte bildet und diese wird durch rechts und links in den Sand gesteckte Bleche oder Brettchen noch etwas erweitert, sodass das schmale Bach-

bett durch diese beiden kleinen Dämme bis nahe an das Ufer abgesperrt ist. Ich habe den Fangapparat in einem kleinen, nur schwach mit *Pol. cornuta* besetzten Bach bei Siegburg aufgestellt. Nach ungefähr einer halben Stunde hatten sich etwa 25 Stück in ihm gefangen, die sämtlich an der Innenwand des Glascylinders herumkrochen, ohne infolge der wirbelnden Bewegung des Wassers im Glas-cylinder die Öffnung des oberen Trichterrohres zu finden, durch die sie ungehindert ihre Beute hätten erreichen können.

Wenn es sich darum handelt, für Untersuchungen eine grössere Anzahl von Strudelwürmern in einem schwach bevölkerten Bach zu sammeln, ist eine solche Falle natürlich überflüssig, es ist viel bequemer, einen in Gaze eingewickelten geöffneten Frosch, oder was man sonst als Köder zur Hand hat, in den Bach zu legen und man wird nach kurzer Zeit, je nach der Häufigkeit der unterhalb der betreffenden Stelle vorhandenen Strudelwürmer, eine grössere oder geringere Anzahl, aber immer mehr und müheloser als durch Absuchen der einzelnen Steine und Blätter, an dem Köder vorfinden. Durch die Umhüllung mit Gaze soll vermieden werden, dass beim Überführen der Strudelwürmer geronnenes Blut oder Fetzen von Weichteilen des Frosches mit in das Transportgefäß gelangen und das Wasses verunreinigen; und andererseits, falls die Gaze dicht genug ist, sollen dadurch auch die Strudelwürmer am Fressen verhindert werden, was ebenfalls für den Transport, besonders bei warmem Wetter, von Vorteil ist, da nüchterne Tiere ihn besser vertragen, als solche, deren Darm prall gefüllt ist.

Die Geruchsorgane und zugleich Geschmacksorgane, denn beide Sinne sind bei den niederen Wassertieren nicht getrennt, haben ihren Sitz, wie Kennel nachgewiesen hat, an den rhabditenfreien Stellen der Fühler, oder des Kopfrandes der nicht mit Tentakeln versehenen Strudelwürmer. Das Fehlen der Rhabditen ist leicht zu verstehen, wenn man bedenkt, dass ein Überzug des von den Rhabditen beim

Zerfliessen gelieferten zähen Schleimes die Empfindlichkeit dieser äusserst feinen Sinnesorgane wesentlich beeinträchtigen würde. „Dass die Planarien“ schreibt Kennel (1889, S. 466) „eine Beute, z. B. todte Insekten, verwundete Schnecken, auf grössere Entfernungen wahrnehmen, wobei ihnen der Gesichtssinn durchaus nicht zu Statten kommen kann, lässt sich jederzeit an beliebigen Planarien im Aquarium demonstrieren. Dutzende dieser Thiere, vorher in völliger Ruhe in allen Ecken des Aquariums klebend, werden mobil, sobald an einer Stelle ein Stückchen geronnenes Blut, ein zerdrückter Regenwurm etc. ohne Störung des Ganzen hineingelegt wird; sie ziehen, zuerst die zunächst sitzenden, später die entfernteren, das Vorderende nach beiden Seiten fortwährend bewegend (wie schnuppernd), mit grosser Sicherheit in die Nähe der Beute; dass ihre Augen ihnen dabei nicht helfen, geht daraus hervor, dass sie oft dicht am Bissen vorbeikriechen, offenbar weil sie bei der dichten Anhäufung der für sie wahrnehmbaren Moleküle die Richtung, von wo der Strom ausgeht, nicht unterscheiden können. Solche irregeleitete Individuen kehren aber sofort um, wenn sie aus der dichtesten Wolke dieser Theilchen sich entfernt haben. Schon die Bewegungen des Kopfes und der Tentakel bei diesem Suchen machen es höchst wahrscheinlich, dass die von mir erwähnten Stellen der Sitz des Geruchssinnes sind . . .“ Da die oben geschilderten Aquariums-Versuche eine gute Gelegenheit boten, auf experimentellem Wege hierüber volle Gewissheit zu erhalten, so habe ich nicht versäumt mit den unversehrten Strudelwürmern in das Glasrohr auch eine Anzahl von Exemplaren einzusetzen, denen ich einen oder beide Fühler abgeschnitten hatte, ausserdem auch noch Tiere, die vor der Basis des Schlundrohres quer durchschnitten waren. Die Experimente sind noch nicht zahlreich genug, um hier bereits nähere Angaben darüber zu machen, besonders da der lähmende Einfluss, den die Operation auf die Bewegungen der Tiere ausübt, noch nicht hinreichend genau festgestellt ist und da andererseits die frühzeitig auftretenden Regenerationserscheinungen eine

Kontrolle durch Schnittserien erforderlich machen, wozu mir bisher die Zeit mangelte. Es möge daher zur Bestätigung der von Kennel ausgesprochenen Ansicht vor der Hand genügen, wenn ich kurz erwähne, dass in der Regel Planariden, denen beide Fühler abgeschnitten waren, sich aufangs ganz ruhig verhielten, während die Tiere, denen nur ein Fühler abgeschnitten war, ebenso wie die Vorderhälften der vor der Basis des Schlundes quer durchschnittenen Strudelwürmer durch die charakteristischen Bewegungen des Kopfes anzeigen, dass sie den Geruch des Köders wahrnahmen; einzelne von ihnen machten sich auch mit den unversehrten Tieren auf den Weg, um die Beute aufzusuchen.

Durch die langen Erörterungen der Beobachtungen, die sich auf das Geruchsvermögen der Strudelwürmer beziehen, sind wir ganz von der Frage abgelenkt worden, ob bei dem Aufscheuchungsversuch vermittelst Durcheinanderschiebens der das Bachbett bedeckenden Steine nicht doch vielleicht noch ein gewisser Rheotropismus zutage tritt, d. h. ob die Tiere, auch wenn sie nicht durch die Witterung einer Beute zum Aufwärtskriechen veranlasst werden, doch die Gewohnheit haben, jedesmal, wenn sie beunruhigt ihre Schlupfwinkel verlassen, sich zunächst gegen die Strömung einzustellen und ihr eine Zeit lang entgegenzukriechen. Um diesen Punkt festzustellen, müssen wir ein Mittel ausfindig machen, die Planariden aufzuscheuchen, ohne sie dabei zu verletzen. Wir suchen deshalb noch einmal einen der zu unseren früheren Experimenten benutzten Bäche auf, leeren eine der unseren Proviant enthaltenden Konservenbüchsen, reinigen sie zunächst sorgfältig, damit alles, was etwa den Strudelwürmern Witterung geben könnte, entfernt wird, dann füllen wir sie an der Talböschung zur Hälfte mit lehmiger Erde, lassen bis zum Rand des Gefäßes Wasser zulaufen, rühren den ganzen Inhalt kräftig durcheinander und schütten ihn an einer zur Beobachtung günstigen Stelle in den Bach. Wir wiederholen dies schnell hintereinander

ein paarmal, um eine kräftigere Wirkung zu erzielen. Das klare Wasser des Baches wird jedesmal in eine gelbe Lehmbrühe verwandelt, aber bevor eine halbe Minute verstrichen ist, haben sich die Verunreinigungen teils zu Boden gesetzt, teils sind sie weggeschwemmt worden, und das Wasser ist wieder so klar und durchsichtig, dass wir ungehindert unsere Beobachtung anstellen können. Durch das Einschütten wurden viele Schlupfwinkel unter den Steinen verschlämmt und die Tiere belästigt, ohne dass ihnen dabei irgend welche Verletzungen beigebracht wurden. So sehen wir sie denn zahlreich hervorkommen, bemerken aber sogleich, dass sie sich anders verhalten wie bei den früheren Versuchen, denn es ist durchaus keine ausgesprochene Neigung zum Aufwärtskriechen vorhanden, sie bewegen sich nach allen Richtungen hin, nach aufwärts sowohl wie abwärts oder nach den Seiten, von einem wirklichen Rheotropismus ist also nichts zu bemerken. Einige Tiere, die auf schlammigen Stellen keinen Halt finden, werden von der Strömung erfasst und eine Strecke weit abwärts gewirbelt bis sie auf steinigem Grund eine feste Unterlage erreichen, auf der sie beim Kriechen von dem ausgeschiedenen Schleim den gewohnten Vorteil ziehen können. Durch vorsichtiges Aufheben einiger Steine überzeugen wir uns, dass wie zu erwarten war, nur ein geringer Bruchteil der Tiere ihren Aufenthaltsort verlassen hat, denn es handelt sich nur für diejenigen, deren Schlupfwinkel durch den Schlamm mehr oder weniger ausgefüllt worden war, darum, den ihnen unbehaglich gewordenen Aufenthalt mit einem besseren zu vertauschen. So sehen wir denn bald hier bald da eines der in Bewegung begriffenen Tiere nach dem anderen wieder in einem nicht verschlämmten Spalt zwischen den Steinen verschwinden.

Zur genaueren Prüfung des Verhaltens der Strudelwürmer gegen die Strömung des Wassers benutzte ich im Aquarium des zoologischen Institutes eine aus zwei rechtwinklig aneinander geschraubten Brettern hergestellte Holzrinne von etwas über 2 m Länge, in der Wasser mit kon-

stanter Geschwindigkeit (bei der einen Versuchsreihe von 6 cm, bei der anderen von 17 cm in der Sekunde) entlang floss. Die Rinne befand sich vor einem breiten und hohen Fenster und stand quer zur Richtung, in welcher das diffuse Tageslicht einfiel, um die später noch zu besprechenden Wirkungen des Lichtes auf die Bewegungsrichtung der Planariden zu neutralisieren. Ich brachte nun jedesmal ein einzelnes Tier mittels eines Pinsels vorsichtig in das fliessende Wasser, wobei es zunächst eine Strecke weit fortgespült wurde, bis es die Wand der Rinne berührte, an der es durch den seinen Körper überziehenden Schleim bald mit der Bauchseite bald mit der Rückseite nach unten haften blieb. Es wurde jedesmal die Richtung notiert, nach welcher das Tier im Augenblicke des Festsetzens sein Kopfende gewendet hatte, und die, in welcher es dann weiter kroch; das weitere Verhalten eines jeden Tieres wurde noch eine Minute lang beobachtet. Wie in der freien Natur, zeigten auch bei diesen Versuchen die drei Arten keinen Rheotropismus, meist krochen die Tiere in der Richtung, nach welcher beim Festsetzen das Kopfende gekehrt war, und in den Fällen, wo dies nicht geschah, war von einer Bevorzugung der Richtung gegen die Strömung nichts zu bemerken.

Es erübrigt nun noch, das Verhalten der Strudelwürmer festzustellen, wenn dem Wasser plötzlich für sie giftige Stoffe beigemischt werden. Wir haben, an einem unserer öfters besuchten Bäche frühstückend, einige saftige Fleischstückchen in das Wasser geworfen. An diesen hat sich bald eine grosse Menge von *Pol. cornuta* versammelt, die zu unserer Freude wieder eifrig am Fressen sind; heute aber können wir uns nicht enthalten, den heimtückischen Plan zu fassen, ihnen zu guter Letzt die Mahlzeit einmal gründlich zu versalzen. Wir schütten den Inhalt unseres Salzdöschen in eine Papiertüte, die wir stark durchlöchern und dann dicht oberhalb der Stelle, wo der schwärzliche Klumpen der gierigen Tiere sich befindet, vorsichtig ins Wasser legen. Da bietet sich uns ein ganz neues, über-

raschendes Bild. Kaum hat das Wasser begonnen das Salz zu lösen, so wirbelt auf einmal alles in wildem Durcheinander davon, dass der kleine Bach mit vielen Dutzenden von kopfüber kopunter abwärts treibenden Tieren erfüllt ist. Nach ein paar Minuten ist die Salzlösung fortgespült, sie war nicht so stark, um die Tiere zu töten oder überhaupt ernstlich zu gefährden, es ist keines geplatzt; alle haben früher oder später wieder Halt gefunden und die Mehrzahl wandert, durch die Witterung des Fleisches aufs neue angelockt, wieder aufwärts, während die übrigen sich verkriechen. Das Sichforttreibenlassen ist unter den gegebenen Umständen das beste Mittel, schnell von der Stelle zu kommen und könnte den Eindruck erwecken, als ob die Tiere diese ihnen nützliche Handlung nicht ohne Bewusstsein ihrer Zweckmässigkeit ausführten. In Wirklichkeit ist es aber nicht das Tier, sondern der Bach, der den Anlass zu diesem zweckmässigen Tun gibt, denn das Benehmen des Tieres zielt direkt gar nicht darauf hin, sich treiben zu lassen. Sondern wenn durch irgend eine giftige Substanz ein plötzlicher Reiz auf das Tier ausgeübt wird, so verhält es sich ebenso wie bei einer mechanischen Verletzung, es macht einige hastige Kriechbewegungen nach Art der Blutegel, wie dies neuerdings Pearl in der eingangs erwähnten sehr ausführlichen Arbeit an vielen Beispielen nachgewiesen hat. Bei diesen heftigen Bewegungen kommt der Schleim, der bei ruhigem Gleiten die Bauchseite an der Unterlage festheftet, nicht zur genügenden Wirkung und so setzen sich die Strudelwürmer der Möglichkeit aus, von der Strömung fortgerissen zu werden, was im vorliegenden Falle keine Gefahr, sondern im Gegen teil einem grossen Vorteil für sie mit sich bringt.

Um nun kurz zusammenzufassen, was wir bis jetzt über die gelegentlichen, nicht durch einen angeborenen, periodisch ausgelösten Wandertrieb verursachten Wanderungen wissen, so ist in erster Linie hervorzuheben, dass die unsere Gebirgsbäche bewohnenden Trikladen träge und lichtscheue Tiere sind, die ohne besondere Veranlassung

ihre dunklen Schlupfwinkel nicht zu verlassen pflegen. Die Hauptriebfeder, die sie zum Wandern veranlasst, ist der Hunger und nach Beobachtungen im Aquarium wie im Freien haben wir Grund zu der Annahme, dass die Tiere, auch wenn sie keine Beute wittern, sobald der Hunger sie quält, anfangen Streifzüge zu unternehmen. Hierbei kriechen sie einzeln, nicht in geschlossenen Trupps, und ohne bestimmtes Ziel in verschiedenen Richtungen herum. In etwas grösserer Anzahl, mit unbestimmter Richtung, herumzukriechen werden die Tiere veranlasst, wenn Regengüsse Erde in die Bäche führen, Sand und Schlamm auf dem Boden aufwirbeln, wodurch die Würmer in ihren Verstecken belästigt werden, ferner wenn Pflanzenteile, unter denen die Strudelwürmer sich festgesetzt hatten, vom angeschwollenen Wasser fortgespült werden; bei Gewitterregen kann unter Umständen eine durch diese hervorgerufene schnelle Temperaturänderung des Bachwassers auch noch mit dazu beitragen, die Strudelwürmer aus ihrer Ruhe aufzustören. Durchschreiten grössere Tiere oder der Mensch Bäche mit steinigem Boden, so werden dabei die Planariden nicht nur aufgestört, sondern eine Anzahl wird zerquetscht und die dabei austretenden Körpersäfte wirken als Köder für weiter abwärts sitzende Strudelwürmer. Infolgedessen tritt in diesem Falle bei den aufgescheuchten Tieren eine ausgesprochene Neigung zum Aufwärtswandern hervor. Dieselbe Wirkung wie die das Bachbett durchschreitenden Tiere, aber auf eine viel längere Strecke, werden Gewitter- und Landregen hervorbringen, wenn sie die Bäche so stark anschwellen machen, dass Steine fortgewälzt und aneinander gerieben werden. Zugleich führen sie dem Bach ertrinkende Landschnecken, Insekten und dergleichen zu, die als willkommene Beute die Strudelwürmer ebenfalls veranlassen, ihre Schlupfwinkel zu verlassen. Am auffälligsten wird die Erscheinung des Aufwärtswanderns, wenn ein etwas grösseres Beutestück in das Wasser geraten ist, dann werden unter Umständen viele Schritt lange, aus Hunderten, selbst Tausenden von Individuen gebildete, bachaufwärts gerichtete Züge her-

vorgerufen, die naturgemäß ihr Ende an der Nahrungsquelle finden. Nach eingenommener Nahrung zerstreuen sich die Strudelwürmer allmählich, um sich einen geeigneten Unterschlupf zur gemäischen Verdauung zu suchen. Weil den Würmern die Witterung der Nahrung stets von oben herab zugeführt wird, ist die Tendenz zur Verschiebung des Verbreitungsgebietes jeder der drei Arten nach oben hin stärker als nach unten. In grössere Ferne gerichtete, kilometerweite Wanderungen kommen nicht vor, ebenso wenig sind, selbst auf ganz kurze Strecken, geschlossene Wanderzüge bach- oder flussabwärts zu beobachten. Bei Hochwasser kann es öfters geschehen, dass einzelne aus ihren Verstecken aufgescheuchte Strudelwürmer von der Strömung des Wassers eine lange Strecke fortgeschwemmt werden, oder dass Würmer, die an den im Bachbett liegenden Pflanzenteilen sitzen, mit diesen weit abwärts treiben. Auch mag gelegentlich ein Eikokon vom Wasser abwärts transportiert werden. So erklärt es sich, dass man mitunter Exemplare von *Pl. alpina* oder *Pol. cornuta* eine grössere Strecke unterhalb ihres eigentlichen Verbreitungsgebietes ganz isoliert zwischen *Pl. gonocephala* antrifft. Aber sie können sich dort nicht auf die Dauer halten und gehen früher oder später zugrunde. So fand ich östlich vom Grossen Feldberg im Taunus im Kauleborn, wo das Verbreitungsgebiet der *Pl. alpina* von der Quelle nur bis 20 Schritt abwärts reicht, am 27. Mai 1893 $\frac{1}{2}$ km abwärts ein paar vereinzelte *Pl. alpina* mitten im Gebiet der *Pl. gonocephala*¹⁾. Eine genaue Nachuntersuchung an der betreffenden Stelle, die ich allerdings erst am 29. August

1) Vergl. Zool. Jahrb. 1895 Taf. 6, E 3 und dazu die Anmerkung auf S. 159 des Textes. In Bezug auf die von mir damals offen gelassene Frage, ob es sich nicht vielleicht um *Pl. alpina* handle, die aus einem von mir übersehenen kleinen Seitenbach in den Hauptbach eingewandert seien, konnte ich 1900 feststellen, dass ein solcher nicht vorhanden ist, die *Pl. alpina* waren also bestimmt aus dem Quellgebiet des Kaulebornes herabgeschwemmt worden.

1900 vornehmen konnte, ergab, dass *Pl. alpina* dort wieder verschwunden war. Wenn Abwässer einem bis dahin nicht verunreinigten Bach zugeführt werden, kann dies leicht die Veranlassung geben, dass in der ersten Zeit grössere Mengen der aus ihren Verstecken flüchtenden *Pl. alpina* oder *Pol. cornuta* in das Gebiet der weiter abwärts hauenden *Pl. gonocephala* hinuntergeschwemmt werden.

Untersuchungen über die Ursachen verschiedener Unregelmässigkeiten in der Verbreitung der drei Arten.

Durch die zum Aufsuchen der Nahrung oder eines geeigneten Unterschlupfes unternommenen Streifzüge, welche die eine Art gelegentlich in das Gebiet der anderen unternimmt, wird der Kampf ums Dasein nicht weiter beeinflusst, diese kleinen Fluktuationen haben mit dem im Laufe langer Zeiträume sich abspielenden Verdrängungskampf im wesentlichen nichts zu tun, denn die Strudelwürmer vermögen sich durch ihre oben geschilderten Wanderungen den Gesetzen, welche die Ausbreitung der Art bestimmen, nicht zu entziehen. Diese Gesetze sind nicht schwer zu ergründen, da die Übereinstimmung in allen wichtigen Lebensfunktionen bei den drei Arten uns einen vergleichenden Überblick über die Wirkung der bei der Ausbreitung in Betracht kommenden Faktoren ausserordentlich erleichtert, sodass wir kaum eine andere Tiergruppe haben, bei welcher wir die einzelnen Phasen des Ausrottungskampfes so genau bis in die Einzelheiten hinein verfolgen können. Das Ergebnis der Untersuchungen habe ich unlängst (1903, S. 222) kurz zusammengefasst und erlaube mir die betreffende Stelle als Ausgangspunkt für einige hier noch anzuschliessende Erörterungen nochmals anzuführen: „Für jede der drei Arten gibt es ein bestimmtes, ziemlich eng begrenztes Optimum der Temperatur, bei dem sie am besten gedeiht, sich am wohlsten fühlt und ihre Lebensenergie voll entfaltet. Das Optimum für *Planaria*

alpina liegt am niedrigsten, dann folgt das von *Polyclis cornuta*, und in einem etwas grösseren Abstand erst das von *Planaria gonocephala*. Bei Temperaturen über und unter dem Optimum ist jede Art natürlich auch noch lebens- und fortpflanzungsfähig, aber die Lebensenergie nimmt ab, je mehr sich die Temperatur den Grenzen nähert, bei welchen die Art überhaupt noch existenzfähig ist. Die Tiere werden dann schlaff und träge, und selbst wenn sie hungrig sind, zeigen sie sich langsam und lässig im Nahrungserwerb. Durch mangelhafte Ernährung wird aber die Fortpflanzungsfähigkeit stark herabgesetzt. Es handelt sich also bei der Verdrängung um eine ganz allmähliche Verminderung der Individuenzahl bei der unterliegenden und eine ebenso stetig fortschreitende Vermehrung der Individuenzahl bei der siegreich vordringenden Art.⁴

Es ist von Wichtigkeit, hier noch eine Reihe von Ausnahmen und Unregelmässigkeiten zu besprechen, um zu prüfen, ob es gelingt, diese ohne Zuhilfenahme gekünstelter Hypothesen zu erklären, oder ob wir doch das Vorhandensein weiterer, bisher noch nicht aufgedeckter Ursachen annehmen müssen.

Einfluss der Temperatur. An der Richtigkeit, der Schlussfolgerungen, welche wir aus den bisherigen Beobachtungen gezogen haben, dass nämlich kein angeborener Instinkt vorhanden ist, der die Planariden leitet, diejenigen Strecken des Baches aufzusuchen, welche für ihr Gedeihen die zuträglichsten Temperaturverhältnisse bieten, könnten vielleicht noch gewisse Zweifel entstehen, wenn man Stellen wie die S. 109 Fig. 8 bei x und y dargestellten untersucht¹⁾. Hier wird, wie schon S. 128 näher erörtert wurde, das Wasser des Hauptbaches durch die Seitenbäche x und y merklich abgekühlt und wir finden infolgedessen unterhalb der Mündung von x *Pl. alpina*, unterhalb von y *Pol. cornuta*, während sie oberhalb fehlen. Durch einen im Haupt-

1) Vergl. Zool. Jahrb. 1895 Taf. 5, D2 v, Rhöndorfer Bach, und Taf. 7, C2 a, Waschbach.

bach v oberhalb der Mündung vonx oder y liegenden Köder werden nun sicher die im Hauptbach zwischen *Pl. gonocephala* sitzenden *Pl. alpina* oder *Pol. cornuta* veranlasst werden, ebenso wie die ersteren über die Mündung des betreffenden Seitenbaches aufwärts zu wandern. Die oben (S. 125 u. 126) angeführten Beobachtungen haben noch keine genügende Auskunft auf die Frage gegeben: wie verhalten sich die Tiere nach eingenommener Mahlzeit, kehren sie etwa, durch einen besonderen Instinkt geleitet, regelmässig wieder in das ihnen günstigere Lebensbedingungen bietende kühle Gebiet zurück oder nicht? Das Vorhandensein eines solchen Instinktes glaube ich bestimmt in Abrede stellen zu müssen auf Grund der Tatsache, dass *Pl. alpina* und *Pol. cornuta* sich im Hauptbach auch oberhalb der Einmündung der kühlen Seitenbäche zur Ruhe setzen, wie ich verschiedentlich beobachten konnte¹⁾). Dagegen werden die Tiere natürlich, wenn sie nicht von der Witterung einer Beute angelockt ohne bestimmtes Ziel hungrig herumkriechen, sich in der Regel im Bereich des kühleren Wassers halten, also ohne besondere Veranlassung im Hauptbach nicht über die Mündung des Seitenbaches aufwärts wandern.

Sicherer noch als an diesen Beispielen lässt sich aber die Frage entscheiden, wenn man eine Quelle, die dicht neben dem Hauptbach entspringt, sowohl im Sommer wie im Winter aufsucht und das Verhalten der Strudelwurmarten feststellt. Hier findet man im Sommer infolge der schroffen Temperatursteigerung, die das kühle Wasser der Quelle durch die Mischung mit dem wärmeren des Hauptbaches aufweist, das Eiszeitrelikt auf die Seitenquelle und deren kurzen Abfluss beschränkt, im Hauptbach dagegen nur *Pl. gonocephala*. Im Winter kehrt sich in bezug auf die Temperatur das Verhältnis um, dann weist die Quelle ungefähr die mittlere Jahrestemperatur der be-

1) Vergl. auch Zool. Jahrb. 1895, Taf. 6, D 1, Krätenbach, sowie Verh. d. nat. Ver. 1896, Taf. 4, D 5, Scheppenbach, oberhalb seines zweiten rechten Seitenbaches.

treffenden Gegend auf, der Hauptbach aber ist bis auf ein paar Grad über den Gefrierpunkt abgekühlt, da in fliessendem Wasser nicht wie im stehenden die bis auf 4°C abgekühlten Teile langsam zu Boden sinken, sondern mit fortgerissen und weiter abgekühlt werden. In einer solchen von *Pl. alpina* bewohnten Quelle, deren Abfluss sich schon nach $1\frac{1}{2}$ Schritt in den Hauptbach ergiesst, südlich von Kröhlenbroich bei Siegburg, mass ich am 10. Dezember 1899 $+9\frac{1}{3}$ °C; im Hauptbach aber einen Schritt oberhalb der Mündung der Quelle nur $1\frac{2}{3}$ °C. Die Lufttemperatur betrug um 1 Uhr $-2\frac{1}{2}$ °C. Wenn es nun zuträfe, dass *Pl. alpina* der Temperatur wegen ihr Quartier wechselte, dann müsste man erwarten, dass sie im Winter die Quelle verlässt, um sich im kühleren Hauptbache anzusiedeln, aber dies ist nicht der Fall. Auch *Pl. gonocephala* ihrerseits macht im Spätherbst keine Anstalten, den Aufenthalt in dem kühler werdenden Hauptbach mit dem in der Quelle zu vertauschen; kurz man findet beide Arten im Winter genau an derselben Stelle wie im Sommer.

Durch diese trotz aller gelegentlichen kleinen Wanderungen doch sehr grosse Sesshaftigkeit der Planariden erklärt es sich, dass man recht häufig in Quellbächen, in welchen sich der Verdrängungsvorgang ganz ruhig und ungestört abgespielt hat, die einzelnen Regionen noch deutlich unterscheiden kann, selbst wenn die Arten sehr nahe auf einander gerückt sind. Die Temperatursteigerungen unterhalb der Quelle sind übrigens selbst im Hochsommer in den meisten Bächen überhaupt nicht so schroff, dass man einen hinreichenden Grund zu der Annahme hätte, die Strudelwürmer würden dadurch veranlasst, sich auf ein bestimmtes Gebiet zurückzuziehen.

Andererseits ist das einzelne Individuum bei beiden von uns als Eiszeitrelikten betrachteten Arten gar nicht so empfindlich gegen etwas höhere Temperaturen, sonst würden die Tiere nicht in Bächen, in welchen sie vor *Pl. gonocephala* geschützt sind (z. B. *Pol. cornuta* S. 109 Fig. 8 im Bach k bis zur Mühle) eine so auffallend viel

weitere Verbreitung nach abwärts haben, als in den anderen (Fig. 8 o, p). Nicht das Individuum, sondern die Art ist sehr empfindlich gegen die Abstufung der Temperatur, wie ich mich kurz ausdrücken möchte, um den Gegensatz hervorzuheben. Denn das Verbreitungsgebiet der Arten ist nicht abhängig von den weiteren Temperaturgrenzen, innerhalb deren die Individuen überhaupt zu existieren vermögen, sondern von den engen Grenzen nahe um das Optimum, bei welchem jede einzelne Art noch fähig ist, ihr Gebiet erfolgreich gegen die Eindringlinge zu behaupten. Wir müssen also, um die Einzelheiten der Verbreitung richtig zu beurteilen, stets das, was ich eingangs als Wanderung der Art bezeichnet habe, von den gelegentlichen kleinen Wanderungen der Individuen zu trennen suchen. Wenn z. B. in dem untersten der drei in Fig. 8 dargestellten Hauptbäche oberhalb der Mündung von x *Pl. alpina* und oberhalb von y *Pol. cornuta* verschwunden ist, so haben wir dies auf Rechnung der langsamen, im Laufe langer Zeiträume vor sich gehenden Verdrängung durch Aushungern zu setzen; wenn wir aber hin und wieder oberhalb der Mündung von x vereinzelte *Pl. alpina* vorfinden und oberhalb von y *Pol. cornuta*, so beruhen diese kleinen Unregelmässigkeiten auf Beutezügen einzelner hungriger Individuen. Solche Unregelmässigkeiten können stellenweise allerdings das Gesamtbild undeutlich machen, aber sie hindern uns nicht, die Gesetzmässigkeit des Verdrängungsvorganges auch hier überall noch zu erkennen. Nicht die im Laufe jedes Jahres regelmässig sich wiederholenden Temperaturänderungen sind es, welche die in dem Hauptbach v hervortretende eigenartige Verteilung der drei Arten bewirkt haben, sondern dauernde Änderungen der mittleren Jahrestemperatur und vor allem der mittleren Sommertemperatur, hervorgerufen entweder durch ein Milderwerden des Klimas in dem betreffenden Landstrich überhaupt oder durch eine lokale Änderung der mittleren Bodentemperatur, wie sie durch Verschwinden des Waldes bedingt wird.

Ein recht auffälliges Beispiel für den Einfluss solcher lokaler Änderungen haben wir in Fig. 8 z vor uns¹⁾. Bei Grünhaus östlich von Trier fand ich einen Bach, in dessen Quellgebiet eine völlige Umkehrung der gewöhnlichen Verhältnisse stattgefunden hat, indem die Quelle von *Pol. cornuta* bewohnt ist und erst weiter abwärts *Pl. alpina* auftritt. Die Ursache ist das erst durch menschlichen Eingriff in die Natur hervorgerufene Verschwinden des Waldes im Quellgebiet. Dieses hat infolge davon eine höhere Temperatur angenommen, während der Bach weiter abwärts, an der Stelle, wo er in den jetzt noch vorhandenen Wald eintritt, durch in seinem Bett hervortretendes kaltes Quellwasser eine niedrigere Temperatur behalten hat. Vor der Entwaldung war *Pl. alpina* zweifellos auch in der Quelle vorhanden und es folgten nach dem Schema S. 108 Fig. 2 die Regionen in der gewöhnlichen Reihenfolge: II, III auf einander, jetzt aber finden wir, infolge des Aussterbens von *Pl. alpina* in der für sie zu warm gewordenen Quelle, gegen die Regel die Reihenfolge III, II, III.

Werfen wir nun noch einen Blick auf den Hauptbach Fig. 8 v, so lässt sich auch hier die scheinbare Regelmässigkeit leicht auf das in Figur 1—6 gegebene Grundschema zurückführen. Die im Laufe der Zeit eingetretenen Veränderungen haben der Reihe nach die folgenden Stadien aufgewiesen. Anfangs war das ganze Bachgebiet u, v bis y von *Pl. alpina* allein besetzt, dann drang *Pol. cornuta* bis über die Mündung von y vor und in y ein. Die Region I reichte zu dieser Zeit bis unterhalb der Mündung von x, darauf folgte das Mischgebiet II zwischen x und y, dann unterhalb von y die von *Pol. cornuta* allein bewohnte Region III. Wir hatten also im Hauptbach v ursprünglich die regelmässige Reihenfolge I, II, III, IV, V. Nun wanderte *Pl. gonocephala* aufwärts und veranlasste das Aussterben der oberhalb der Mündung von y sitzenden *Pol. cornuta*, während sich Reste derselben

1) Vergl. Verh. d. nat. Ver. 1901. S. 232 Fig. 1a.

unterhalb dieses kühlen Quellbaches hielten. Beim weiteren Vordringen von *Pl. gonocephala* geschah dann dasselbe mit *Pl. alpina* bei x, und nun haben wir im Hauptbach v von der Quelle abwärts die ganz unregelmässige Reihenfolge I, 2, V, 2, V, IV, V.

In den Bächen, wo die Erwärmung des Quellwassers nur ganz allmählich stattfindet, also besonders in den durch Wälder fliessenden Bächen, sind die Grenzen der einzelnen Regionen natürlich nie so feststehend wie an Stellen, wo ein schwacher Quellbach aus dem Walde unmittelbar auf einen sonnigen Abhang übertritt. Es finden vielmehr stetige kleine Verschiebungen statt, da bei den durch Hunger veranlassten Streifzügen ebensowohl die obersten Vorposten der nachdrängenden Art wie die untersten der belagerten Vorstösse in das Nachbargebiet unternehmen. Daher trifft man gar nicht selten in nicht zu grosser Entfernung oberhalb der Mischgebiete II, IV, 2, 4 an derselben Stelle, wo man früher das Vorhandensein nur einer Art festgestellt hatte, später gelegentlich zwei oder oberhalb von 4 auch alle drei Arten bei einander.

Weitere Unregelmässigkeiten können dadurch entstehen, dass der untere Lauf einzelner Bäche, in welche *Pl. gonocephala* durch irgend welche Schranken verhindert war einzudringen, im Laufe der Zeit zu warm geworden ist, um den Eiszeitrelikten die Existenz jetzt noch zu gestatten, wie z. B. der Wörsbach oberhalb von Idstein im Taunus (S. 160 Fig. 9¹), wo *Pol. cornuta* in der Nähe des Hofes Gassenbach verschwunden ist. Alle drei Arten, die beiden Eiszeitrelikten und auch *Pl. gonocephala*, gedeihen in unseren deutschen Mittelgebirgen am besten in rasch fliessendem Wasser, können aber auch in ganz langsam fliessendem oder dem stehenden Wasser der Weiher und Seen sich halten, falls es nur kühl genug ist. Im Wörsbach ist das Wasser für *Pol. cornuta* im Sommer zu warm und wir haben infolgedessen hier den seltenen Ausnahme-

1) Abdruck aus d. Verh. d. nat. Ver. Jg. 58, 1901, S. 233.

fall, dass die untere Grenze ihrer Verbreitung unmittelbar durch die Temperatur und nicht durch den oben S. 114 geschilderten indirekten Einfluss der Temperatur auf den Ausrottungsprozess bestimmt wird (oder wenigstens bestimmt worden ist, ehe *Pol. nigra* eingeschleppt wurde, die der

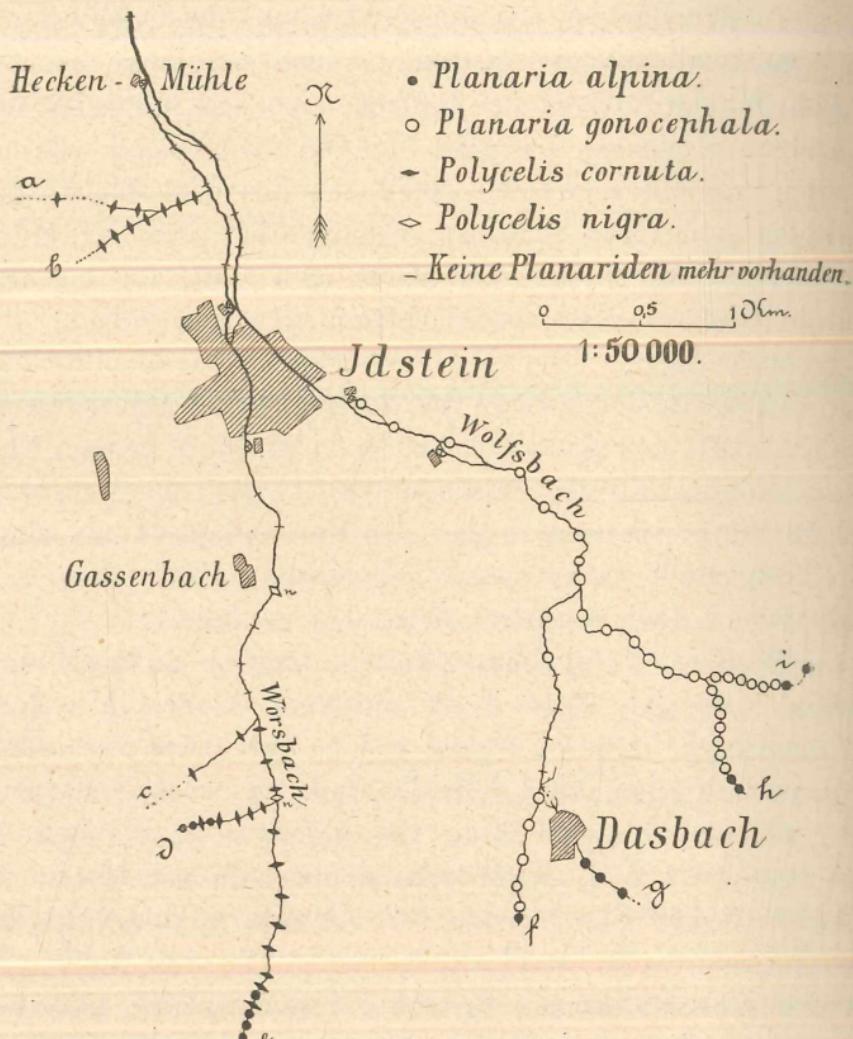


Fig. 9.

Pol. cornuta jetzt Konkurrenz macht, da sie sich bis zur Mündung des Baches d in das Verbreitungsgebiet der letzteren eingedrängt hat). Wanderte jetzt nachträglich *Pl. gonocephala* in den Wörsbach ein, dann würde die untere Grenze des Verbreitungsgebietes von *Pol. cornuta* fast ebenso weit nach oben verschoben werden wie die von

Pl. alpina im benachbarten Wolfsbach, was in d und e, deren Quellgebiete noch von *Pl. alpina* besetzt sind, zum völligen Verschwinden von *Pol. cornuta* führen würde.

Einen entsprechenden Fall der Bestimmung der unteren Verbreitungsgrenze durch den unmittelbaren Einfluss der Temperatur haben wir für *Pl. alpina* offenbar in dem von Wilhelm i (1904, S. 364) mitgeteilten Befund vor uns. In dem Marbach, einem kleinen Bach, der bei Marburg in die Lahn fliesst, liegt die untere Verbreitungsgrenze von *Pl. alpina* an der Stelle, wo der bis dahin kühle und schattige Bach sich zu einigen seichten, im Sommer stark durchwärmten Pfützen verbreitert. (Auch hier hat sich *Pol. nigra* auf der durch das Aussterben von *Pl. alpina* frei gewordenen Strecke angesiedelt, lässt aber *Pl. alpina* unbehelligt, da sie nicht in deren Verbreitungsgebiet eingedrungen ist.)

Von der Beschreibung weiterer Beobachtungen über den Einfluss der Temperatur auf die Verbreitung der Strudelwürmer möchte ich absehen, um nicht zu weit-schweifig zu werden, denn es handelt sich hier nur darum, die allgemeinen Gesichtspunkte für die Erklärung gewisser Unregelmässigkeiten hervorzuheben. Selbstverständlich wird stets ein Rest von Beobachtungen übrig bleiben, für die wir die richtige Deutung nicht mit voller Sicherheit geben können, weil wir nicht in der Lage sind festzustellen, was alles für Veränderungen an den Bächen im Laufe der Zeit stattgefunden haben. Nur in solchen Quellbächen, die von dem verbessernden Einfluss menschlicher Tätigkeit verschont geblieben sind und wo die stetige und ruhige Entwicklung des Verdrängungsvorganges nicht durch Abfangen des Wassers für eine Wasserleitung, Bachkorrekturen, Anlage von Wiesenbewässerung, Aufstauen von Fischweiichern und sonstige Eingriffe gestört wurde, können wir erwarten ein klares Bild der natürlichen Verhältnisse zu bekommen. Denn falls eine grössere Strecke eines Quellbaches längere Zeit trocken gelegen hat, dann aber wieder Wasser erhielt, kann infolge der Wiederbesiedelung der

entvölkert gewesenen Bachstrecke von oben, unten und von Seitenbächen aus zunächst ein so unübersichtliches Durcheinander entstehen, dass man die ursprüngliche Anordnung der Arten nicht mehr deutlich zu erkennen vermag.

Einfluss der Nahrungsmenge. Ebenso wie es für die richtige Beurteilung des Einflusses, den die Temperatur auf die Verschiebung der Grenzen des Verbreitungsgebietes ausübt, notwendig ist, von den Schwankungen abzusehen, die der Wechsel der Jahreszeiten mit sich bringt, und sich an das Jahresmittel zu halten, so ist dies auch erforderlich, wenn wir den Einfluss der Nahrungsmenge auf die Häufigkeit der Strudelwürmer feststellen wollen. Wo keine Fische vorhanden sind, haben die Planariden sonst keine nennenswerten Feinde und ihre Vermehrung ist dort (gleiche Temperaturverhältnisse vorausgesetzt) durchaus abhängig von der Menge der ihnen zu Gebote stehenden Nahrung. Unter den Fischen kommt, abgesehen von der Groppe, *Cottus gobio*, die wahrscheinlich auch die Strudelwürmer nicht verschmähen wird, hauptsächlich die Forelle in Betracht, und wenn man die Forellenbäche von der Quelle abwärts nach Planariden absucht, so lässt sich in der Regel an der auffallenden Abnahme ihrer Individuenzahl nicht schwer die Stelle erkennen, bis zu welcher die Forellen aufwärts vorzudringen pflegen. Um den Einfluss der Nahrungsmenge auf die Vermehrung der Strudelwürmer festzustellen, muss man also fischfreie Bäche aufsuchen. Besonders bei *Pl. gonocephala* konnte ich ihn öfters recht deutlich an solchen Stellen bemerken, wo ein Bach aus dem dichten Walde auf eine Wiese übertritt. Auf der letzteren geraten, besonders zahlreich beim Mähen, aber auch sonst sehr leicht Insekten und andere Tiere ins Wasser, wo sie den Strudelwürmern als willkommene Beute dienen, und die Folge ist eine viel stärkere Vermehrung der Planariden im Bereich der Wiese, als ober- und unterhalb im geschlossenen Wald. Man findet im Sommer zur Laichzeit ausserhalb der Waldgrenze die im Bache liegenden Steine dicht besetzt mit Dutzenden von Eikokons. Andererseits

ist nicht zu leugnen, dass man auch öfters Stellen trifft, an denen die vorhandene Nahrungsmenge in auffälligem Gegensatz zu der Anzahl der Strudelwürmer steht. So habe ich z. B. in manchen Quellbächen eine grosse Menge von *Gammarus* gesehen und im Quellgebiet zunächst gar keine und weiter abwärts nur spärliche *Pl. alpina* oder *Pol. cornuta* gefunden. Erst von einer viel tiefer gelegenen Stelle ab wurden die Würmer auf einmal häufig. Es handelte sich hier um wasserarme Bäche, deren Quelle im Hochsommer bei länger andauernder Trockenheit sich um eine grössere Strecke abwärts verschiebt. Steigt dann im Herbst und Winter die Quelle wieder aufwärts, so dringen zuerst die behenden *Gammarus* vor, die sich dort oben zunächst ganz ungestört vermehren können, da in der Regel das Bachbett genügende Mengen von Pflanzenstoffen für ihre Ernährung enthält. Die tragen Planariden aber breiten sich nur langsam aus und so findet man beim Absuchen des Baches zu Ende des Frühjahres von ihnen zuerst nur einzelne, weiter vorgedrungene Pioniere, bis man zu der Stelle kommt, von wo ab das Wasser das ganze Jahr hindurch ständig fliesst. Dort trifft man dann die Strudelwürmer wie in jedem nahrungsreichen, fischlosen Bach in entsprechend grosser Menge an.

Da der Kampf ums Dasein zwischen den drei Strudelwurmarten in dem Wettbewerb um die Nahrung besteht, so muss die Folge dieses Kampfes, die Verdrängung einer Art durch die andere, da am ehesten hervortreten, wo in kleinen, wenig Raum bietenden Bächen die Fortpflanzung nicht durch andere Faktoren beeinträchtigt wird. Haben dagegen die Strudelwürmer mehr Raum zur Verfügung, ist zugleich die Nahrung spärlich und wird ausserdem ihre Vermehrung durch Raubfische beschränkt, so wird sich der Konkurrenzkampf unter den Würmern nicht in seiner vollen Macht entwickeln. Denn die Ausrottung der einen Art durch die andere muss verzögert werden, wenn der Überschuss von Nachkommenschaft, der sonst in den Kampf ums Dasein eintreten würde, merklich verringert

wird. Es lässt sich dies beim Vergleich zweier sonst gleiche Existenzbedingungen bietender Bäche daran erkennen, dass in dem Forellenbach, der nur spärlich Strudelwürmer enthält, das Mischgebiet zwischen je zwei benachbarten Arten (Region II, IV, 2, 4) viel länger ist als in dem dicht mit Strudelwürmern besetzten fischlosen Bach.

Auf die eben angeführten Ursachen lassen sich meines Erachtens auch zwei Fälle eines bemerkenswerten isolierten Vorkommens von *Pol. cornuta* (S. 109 Fig. 8 t) zurückführen, die ich bei Siegburg und bei Bonn gefunden habe. Im ersten handelt es sich um das Gebiet des nördlich von Kröhlenbroich vorbeifließenden Lohmarer Baches. In ihm und seinen Zuflüsschen ist *Pol. cornuta* sonst allenthalben ausgestorben und es findet sich oberhalb von *Pl. gonocephala* nur *Pl. alpina* mit Ausnahme eines kleinen linken, von drei Quellen gespeisten Seitenbaches. Dieser ist am Waldrande, ehe er auf die Wiese austritt, zu einem Fischweiher aufgestaut und hier findet sich noch *Pol. cornuta* neben *Pl. alpina*. Der zweite Fall bezieht sich auf den von mir schon früher (1895, S. 165) untersuchten Weiher am Katzenlochbach südlich von Röttgen. In den übrigen Bächen auf der linken Rheinseite zwischen Brühl und Godesberg fand ich von den beiden Eiszeitrelikten bisher immer nur *Pl. alpina* allein vor, nur diese Stelle macht eine Ausnahme. Auch hier sind es zufällig drei dicht bei einander liegende Quellen, deren Abfluss man zu einem Fischweiher aufgestaut hat. Das sporadische Vorkommen von *Pol. cornuta* in den beiden Weihern erklärt sich dadurch, dass diese zu einer Zeit angelegt wurden, als *Pol. cornuta* bereits in das Quellgebiet der Bäche eingedrungen war. Unterhalb der Weiher wurde sie dann durch die allmählich bis an den Ausfluss vorgedrungene *Pl. gonocephala* vernichtet, in die Weiher selbst aber ist *Pl. gonocephala* nicht eingedrungen, da deren Temperatur für sie zu niedrig ist. Dadurch fällt in den Weihern der Grund fort, der sonst in dem Mischgebiet 4 (Schema Fig. 5) das Aussterben von *Pol. cornuta* verursacht, denn diese hat

in den Weibern nicht die beiden anderen Arten, sondern nur *Pl. alpina* als Konkurrenten, und da hier der Kampf ums Dasein zwischen den Eiszeitrelikten dadurch geschwächt wird, dass sie sich auf einer grösseren Fläche zwischen den Wasserpflanzen verteilen und die Vermehrung beider gleichmässig durch die Fische beschränkt wird, so hat sich *Pol. cornuta* erhalten können, während sie in allen benachbarten engen Rinnalen, wo sie zwischen *Pl. alpina* und *Pl. gonocephala* eingekleilt war, unterdrückt worden ist (Fig. 8 q, r, s).

Einfluss der Beschaffenheit des Bachbettes. Die Häufigkeit der Strudelwürmer ist nicht ganz ausschliesslich durch die vorhandene Nahrungsmenge bestimmt, sondern als Nebenumstand kommt auch noch die Beschaffenheit des Bachbettes in betracht. In Bächen mit schlammigem Grund, die keine Wasserpflanzen enthalten und deren Boden nicht mit Laub bedeckt ist, sind sie sehr spärlich, denn sie meiden solche Stellen, erstens weil sie auf dem Schlamm keinen Halt finden, wenn sie sich während der Ruhe mit ihrem Schleim festkleben wollen, und zweitens weil sie lichtscheu sind und sich daher zur Ruhe, wenn es ihnen irgend möglich ist, an die Unterseite der im Wasser liegenden Gegenstände zurückziehen. Die schlammige Beschaffenheit ist auch der Grund, weshalb sie in Bächen fehlen, die viel Ocker absetzen. Dass der Ocker nicht etwa giftig auf sie wirkt, geht daraus hervor, dass man von der Stelle ab, wo ihnen die in das Wasser hineinhangenden, nur schwach mit Ockerschlamm überzogenen Zweige und Blätter der am Ufer wachsenden Pflanzen Gelegenheit zum Festsetzen geben, bereits einzelne Exemplare antrifft, wenn auch das Bachbett selbst noch mit Ocker bedeckt ist.

Von dem Bestreben der Strudelwürmer, sich an feste Körper anzuheften, habe ich öfters Vorteil ziehen können, wenn es darauf ankam, für eine Reihe statistischer Erhebungen über das Zahlenverhältnis zwischen *Pl. alpina* und *Pol. cornuta* in Quellen mit schlammigem oder fein-

sandigem Boden eine grössere Anzahl Exemplare von beiden Arten zu sammeln. Es ist recht zeitraubend und unbequem, die Tiere, die sich zwischen dem in das Wasser hervorragenden Wurzelwerk der Uferpflanzen oder zwischen Wasserpflanzen verkrochen haben, einzeln davon abzusuchen. Aber man braucht nur ein Stück Pergamentpapier auf den Schlamm zu legen und die Pflanzen vorsichtig im Wasser abzuschütteln, die Planariden setzen sich dann mit Vorliebe auf das Papier, mit dem man sie leicht herausheben kann. Während man diese in das Sammelgefäß abstreift, setzen sich wieder andere von den noch auf dem schlammigen Grund herumkriechenden Tieren an ein zweites Stück Papier, das man inzwischen auf den Boden der Quelle gelegt hat, sodass in kurzer Zeit die erforderliche Menge gesammelt ist.

Einfluss der Beschaffenheit des Wassers. Die chemische Beschaffenheit des Quellwassers, soweit es sich nicht um solche Quellen handelt, die für das Tierleben überhaupt giftige Stoffe, wie grössere Mengen von Kohlensäure und dergleichen, enthalten, hat keinen Einfluss auf die Verbreitung der Strudelwürmer, wie man daraus ersieht, dass eine Abhängigkeit von den Gebirgsformationen nirgends beobachtet worden ist. Alle drei Arten gedeihen in hartem Wasser ebenso gut wie im weichen. Für *Pl. alpina* und *Pl. gonocephala* konnte ich auch feststellen, dass eine unmittelbare Überführung aus stark kalkhaltigem Wasser in fast kalkfreies auf das Befinden der Tiere nicht im geringsten störend wirkt. Aus einem kleinen Quellbach südwestlich vom Gute Melb bei Bonn, der so viel Kalk mitführt, dass der Boden und das darauf liegende Laub dick mit Kalksinter inkrustiert ist, sammelte ich eine Anzahl Exemplare beider Arten und brachte sie dann im zoologischen Institut unmittelbar in das recht kalkarme Wasser der Duisdorfer Wasserleitung, mit welchem das Aquarium gespeist wird. Die Tiere ertrugen den Wechsel ohne irgend ein Zeichen des Übelbefindens und haben sich auch weiterhin in dem weichen Wasser gut gehalten.

Diese Erfahrung steht im Gegensatz zu der von Wilhelm i., der mitteilt (1904, S. 356), dass man die Planarien infolge ihrer Empfindlichkeit gegen Leitungswasser langsam an dieses gewöhnen oder sie überhaupt in Flusswasser halten muss. Ich habe aber weder bei direkter Überführung der frisch gefangenen Planariden in das Wasser der Duisdorfer Leitung, das nach der mir von Herrn Dr. Gronover, Assistenten am chemischen Institut, freundlichst mitgeteilten Analyse im Liter 0,029 gr CaO und 0,010 gr MgO enthält, noch in das der Bonner Wasserleitung mit 0,189 gr CaO und 0,021 gr MgO im Liter irgend welchen schädigenden Einfluss bemerkt. Die gegenteiligen Erfahrungen, die Wilhelm i. gemacht hat, können daher auf jeden Fall nicht dem Leitungswasser als solchem schlechthin zugeschrieben werden.

Im übrigen zeigen sich indessen die Strudelwürmer doch oft recht empfindlich gegen sehr geringe Mengen im Wasser gelöster, für sie giftiger Stoffe. So gingen mir *Pl. gonocephala* und *Pl. alpina* regelmässig zugrunde, als ich sie für Experimente über ihren Geruchssinn in eine Zinkrinne brachte, trotzdem diese vorher einige Tage lang sorgfältig mit Wasser durchspült worden war. Zur Kontrolle brachte ich mehrmals eine Anzahl von Exemplaren der beiden *Planaria*-Arten und von *Polycelis cornuta* in eine $\frac{3}{4}$ l Wasser haltende, gut durchlüftete Schale, in die ich einige Streifen von Zinkblech gelegt hatte. Die Tiere liessen sehr bald erkennen, dass sie sich nicht wohl fühlten, indem sie mit eingezogenen Tentakeln und stark kontrahiertem Körper, der statt der abgeplatteten Gestalt eine wurstförmige angenommen hatte, dasassen. Am empfindlichsten zeigten sich die *Pl. gonocephala*, denn schon nach einigen Stunden platzten sie am Kopfende und im Laufe der nächsten Tage gingen die Tiere völlig zugrunde, indem ihr Körper ganz zerfiel. Die *Pl. alpina* hielten sich etwas länger, starben aber ebenfalls im Laufe der nächsten Tage. Nur die *Pol. cornuta* erwiesen sich als sehr widerstandsfähig, indem sie grösstenteils am Leben blieben.

wenn sie auch durch ihren gequollenen Zustand zeigten, dass sie sich unwohl fühlten. Aber in reines Wasser gebracht erholten sie sich bald wieder und blieben am Leben. Entsprechende Versuche mit Bleispänen, die ich von einem Wasserleitungsrohr abschnitt und zu frisch gefangenen Planariden in die Glasschale brachte, liessen keine giftigen Wirkungen des Bleies erkennen, die Tiere waren auch nach 14 Tagen noch völlig gesund. Die Empfindlichkeit der Planariden gegen im Wasser gelöste giftige Stoffe zeigt sich im Freien deutlich an solchen Stellen, wo die Abwässer von Fabriken in die Bäche geleitet werden. Es sind hier immer die Strudelwürmer, die von den Süßwassertieren am ehesten mit zugrunde gehen und oft bis weit abwärts völlig verschwinden.

Giftig wirken auf unsere Tiere auch in Zersetzung begriffene organische Stoffe, die das Wasser faulig und übelriechend machen. Unterhalb menschlicher Ansiedelungen treffen wir daher in kleineren Bächen das Verbreitungsgebiet der Arten oft auf beträchtliche Strecken unterbrochen (S. 160 Fig. 9 nördl. von Dasbach und nördl. von Idstein). *Pl. gonocephala* ist auch in dieser Beziehung am empfindlichsten, sie meidet nicht bloss die durch Abwässer verunreinigten Strecken der Bäche, sondern auch solche Stellen, wo das Wasser langsam hervorsickernder Quellen durch Vermodern des abgefallenen Laubes verunreinigt wird. Die beiden anderen Arten sind nicht so zart veranlagt und so kommt es, dass diese sich in einzelnen Quellen, deren Temperatur der *Pl. gonocephala* sehr wohl den Zutritt gestatten würde, erhalten haben. Die letztere dringt nur bis zu dem Punkte vor, wo durch weiteres im Bachbett hervorsickerndes Wasser die ihr nachteiligen Substanzen so verteilt werden, dass sie nicht mehr schädlich auf sie wirken. Geht bei einer gelegentlichen stärkeren Verunreinigung der Quelle während eines heissen Sommers der kleine Rest der in der Quelle sitzenden *Pl. alpina* oder *Pol. cornuta* zugrunde, so bleibt die Quelle später frei von Strudelwürmern (S. 109 Fig. 8 n). In Bächen, die aus Sümpfen

ihren Ursprung nehmen, fehlen Planariden nicht selten zunächst auf eine längere Strecke. Ausser der Verunreinigung des Wassers kommt hier noch der Umstand in Betracht, dass auch an hoch gelegenen Orten das aus dem Sumpf im Sommer hervorsickernde Wasser öfters eine höhere Temperatur hat, als den drei Arten für ihr Gedeihen zuträglich ist.

Die Wirkung der Verunreinigung des Wassers zeigt sich bei *Pl. goonocephala* zuerst daran, dass das Kopfende, der Sitz des Geruchsorganes, platzt und zerfällt, während das Tier im übrigen zunächst unversehrt bleibt. In reines Wasser gebracht erholt es sich und das verloren gegangene Kopfende wird wieder regeneriert. Die beiden anderen Arten scheinen nicht so empfindliche Geruchsnerven zu haben, denn bei ihnen bemerkt man in der Regel nur, dass die Fühler sehr weit zurückgezogen werden. Der ganze Körper wird zugleich bei allen drei Arten stark kontrahiert und nimmt statt der abgeplatteten eine mehr oder minder walzenförmige Gestalt an, um schliesslich, wenn die Verunreinigung des Wassers zunimmt, zu bersten und zu zerfallen. Bei den krank gewordenen Tieren verschwindet nämlich die automatisch sich auslösende Wechselbeziehung der Muskelkontraktionen, die bei den gesunden bewirkt, dass während der Verkürzung des Körpers, in dem Augenblicke, wo sich die Längsmuskeln zusammenziehen, die ihnen als Antagonisten entgegenwirkenden Quer- und Dorsoventralmuskelgruppen erschlaffen, und umgekehrt während des Ausstreckens des Körpers. Beim kranken Tiere ziehen sich alle Muskeln gleichzeitig krampfhaft zusammen und bringen so den weichen Körper zum Platzen. Es ist jedem, der Strudelwürmer gesammelt hat, bekannt, dass in auffallendem Gegensatz zu der fast unbegrenzten Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Verletzungen, welche alle Strudelwürmer infolge ihrer grossen Regenerationsfähigkeit leicht überwinden, besonders die in Gebirgsbächen lebenden Arten gegen Verunreinigungen des Wassers im Transportgefäß recht empfindlich sind, zumal bei warmem Wetter,

so dass man ohne die nötige Vorsicht bei der Rückkehr von der Exkursion nach längerem Transport statt seiner lebenden Beute nur eine schleimige Masse von völlig zerfallenen Tieren vorfindet. Exemplare, die stark gefressen hatten, gehen viel leichter durch Platzen zugrunde, als solche mit leerem Darm.

Sauerstoffmangel wirkt schon in kurzer Zeit schädlich auf alle drei Arten ein. Ich brachte von jeder fünf Exemplare in eine weithalsige Flasche die $\frac{3}{4}$ l Wasser enthielt, das vorher eine halbe Stunde lang in lebhaftem Kochen erhalten und dann wieder gut abgekühlt worden war. Die Flasche war mit einem Glasstopfen so verschlossen, dass sich keine Luft zwischen der Oberfläche des Wassers und dem Stopfen befand. Eine zweite gleich grosse Flasche mit ebenso behandeltem Wasser und der gleichen Anzahl von Tieren wurde unverschlossen aufgestellt und andauernd durchlüftet. In dieser hielten sich die Strudelwürmer ebenso gut wie in unausgekochtem Wasser, in der anderen Flasche aber zeigte sich schon nach einigen Stunden die Wirkung des Sauerstoffmangels, indem die Tiere sich stark zusammenzogen und auch beim Hin- und Herwenden der Flasche und starker Belichtung, welche sonst die Planariden zum Herumkriechen veranlasst, regungslos sitzen blieben oder sich höchstens ein wenig krümmten, ohne sich aber von der Stelle zu bewegen. Am nächsten Tage schon waren in der Regel sämtliche Tiere zugrunde gegangen. Es scheint, dass die in stehendem Wasser lebenden dendrocoelen Strudelwürmer gegen Sauerstoffmangel weniger empfindlich sind; leider musste ich zu Beginn des Sommersemesters aus Mangel an Zeit die in Angriff genommene vergleichende Versuchsreihe abbrechen, so dass ich vorläufig über diesen Punkt noch nichts Sichereres berichten kann.

Was die Frage betrifft, ob die gegen Sauerstoffmangel recht empfindlichen Strudelwürmer des fliessenden Wassers beim Zufrieren der Bäche nicht Not leiden, so habe ich 1898 und 1899 im Anschluss an die Unter-

suchungen über die von Fuhrmann vermuteten periodischen Wanderungen der *Pl. alpina* (S. 121) mein Augenmerk im Siebengebirge auch auf die Durchlüftung der Quellbäche während längerer Frostzeit gerichtet und konnte feststellen, dass Sauerstoffmangel in lebhaft fliessenden Bächen nicht leicht eintritt. Zunächst frieren sie überhaupt nicht so schnell zu wie ganz langsam fliessendes oder stehendes Wasser, dann bildet sich anfangs eine nur unvollkommene, an vielen Stellen unterbrochene Eisdecke, und wenn schliesslich bei länger andauerndem Frost eine geschlossene Eiskruste den Bach überzieht, so findet trotzdem die Luft noch Zutritt zum Wasser. Denn da während des Frostes dem Bach oberirdisch kein Wasser mehr zugeführt wird, sinkt der Wasserspiegel bald ein wenig, wodurch von aussen durch die Risse und Spalten des Eises Luft angesogen wird. Man sieht dann, wie unter der Eisdecke hier und da grössere Luftblasen auftreten, von denen durch das plätschernde Wasser fortwährend kleinere Blasen losgerissen und fortgeführt werden. Mit dem weiteren Sinken des Wasserspiegels vergrössern sich die Hohlräume und so fand ich z. B. nach vierzehntägigem stärkerem Frostwetter am 23. Dezember 1899 beim Mittelbach im Siebengebirge unter der den Bach überwölbenden Eisdecke eine zusammenhängende Luftsicht von ein bis mehreren cm Höhe. Anders ist es bei träge fliessenden breiteren Bächen, wo die Eisdecke unmittelbar dem Wasser aufliegt. Aber auch hier kann wenigstens an den Ufern, wo das Eis das Wasser gewöhnlich nicht völlig abschliesst, noch Luft hinzutreten. In solchen langsam fliessenden Bächen ist indessen die Möglichkeit einer das Leben der Strudelwürmer schädigenden Sauerstoffabnahme nicht ausgeschlossen, besonders wenn der Boden des Baches reichlich mit modernden Pflanzenstoffen bedeckt ist. So kann z. B. die Abwesenheit von *Pol. cornuta* im Wörsbach oberhalb von Idstein am Gehöft Gassenbach (S. 160 Fig. 9) ihre Ursache nicht bloss in der stärkeren Erwärmung dieser Strecke während des Sommers, sondern

auch in der ungenügenden Menge von Sauerstoff im Winter haben.

In den Aquarien halten sich unsere drei Arten auf die Dauer schlecht, wenn man nicht für genügende Sauerstoffzufuhr sorgt, besonders bei warmem Wetter. Sonst aber braucht man sich wenig um die Tiere zu kümmern und wenn man die Aquarien kühl hält und dafür sorgt, dass das Wasser nicht durch Futterreste verunreinigt wird, braucht man auch Monate lang das Wasser nicht zu wechseln. Am besten bedeckt man den Boden der Glasschale mit einer Schieferplatte, der durch einen untergelegten kleinen Stein eine etwas schräge Lage gegeben wird, und führt die Luft aus dem Durchlüftungsapparat durch ein gebogenes Glasrohr unter die tiefer liegende Kante der Schieferplatte, so dass die Luftblasen zuerst unter dieser entlang rollen, ehe sie im Wasser aufsteigen. Dadurch wird gleichzeitig eine den Tieren zuträgliche ununterbrochene Bewegung des Wassers hervorgerufen, welche die Strömung des rinnenden Wassers ersetzt.

Einfluss der Belichtung. Über die Lichtempfindlichkeit der Planariden hat Löb (1894 S. 255) an *Pl. torva* interessante und wichtige Untersuchungen angestellt. „Die Thiere sind im wesentlichen unterschiedsempfindlich d. h. Änderungen der Lichtintensität ändern ihre Bewegungen. Bringt man die Thiere plötzlich aus dem Dunklen ins Helle, so setzen sie sich in Bewegung. Im ersten Augenblick wird hierbei auch die Richtung der Bewegung vom Licht beeinflusst, die Thiere gehen wie negativ heliotropische Thiere zur Zimmerseite des Gefäßes, aber sie sammeln sich hier nicht wie die negativ heliotropischen Thiere, sondern sie zerstreuen sich in allen Richtungen und bewegen sich nunmehr in jeder Richtung, um endlich an einer Stelle des Gefäßes, welche schwächer beleuchtet ist als ihre Umgebung, zur Ruhe zu kommen. Es macht danach den Eindruck, als ob Zunahme der Lichtintensität sie zu Bewegungen veranlasst, während Abnahme der Lichtintensität sie veranlasst zur Ruhe zu kommen.“

Daher findet man sie bei Tage immer an relativ dunklen Stellen des Gefäßes, oder an der Unterseite von Steinen. Ich vermuthe, dass die Thiere in der Nacht von Neuem sich in Bewegung setzen und dann, wenn es Tag wird, sich wieder an relativ dunklen Stellen sammeln. Ich bedeckte wiederholt am Morgen die eine seitliche Hälfte des gläsernen Behälters mit schwarzem Papier. Während des Tages änderte sich nichts. Am nächsten Morgen aber fand ich dann alle Thiere unter dem bedeckten Theil des Aquariums. Das war nur so verständlich, dass sie in der Nacht im Glase umherkrochen und am Morgen an der dunkelsten Stelle zur Ruhe kamen. Diese Thiere besitzen am oralen Pol nicht nur ein Gehirn, sondern auch relativ hoch entwickelte Augen. Ich beschloss zu prüfen, ob eine decapitirte Planarie, trotz des Verlustes von Gehirn und Auge noch dieselben Reaktionen gegen Licht zeigt, wie die normale Planarie. Das ist in ganz überraschender Weise der Fall . . .“ Aus den Beobachtungen von Hesse (1897 S. 213) geht hervor, dass sich *Pl. gonocephala* ebenso verhält, und auch *Pl. alpina* und *Pol. cornuta* verhalten sich, wie ich der Vollständigkeit wegen hinzufügen will, nicht anders. Die Empfindlichkeit der Planariiden gegen plötzliche Belichtung tritt so scharf hervor, dass sie für den Unterricht eines der anschaulichsten Beispiele zur Demonstration der Lichtflucht bei niederen Tieren darbieten. Man bringt eine grössere Anzahl in eine niedrige Glasschale von etwa 20 cm Durchmesser und veranlasst die Tiere, falls sie sich vor Beginn des Versuches zur Ruhe gesetzt haben, durch Berührung mit einem weichen Pinsel sich wieder in Bewegung zu setzen. Stellt man die Schale zunächst auf einen Tisch im Hintergrund des Zimmers und sorgt durch einen vorgestellten Schirm dafür, dass nur diffuses Licht hinzutritt, so kriechen die Strudelwürmer in den verschiedensten Richtungen durcheinander. Setzt man nun die Schale auf ein kleines Drehtischchen (wie solche im Laboratorium zum Umranden der Deckgläschen zur Hand sind) und stellt sie an das

Fenster, am besten natürlich in Sonnenlicht, so wenden sich die Strudelwürmer sogleich vom Lichte ab. Dreht man dann die Scheibe etwa um einen rechten Winkel nach rechts oder links, so führt der in Bewegung befindliche Zug wie auf Kommando sogleich eine entsprechende Wendung nach der Schattenseite hin aus.

Bei einer so stark hervortretenden Lichtscheu wird es uns nicht wunder nehmen, wenn wir auch in sehr stark bevölkerten Bächen für gewöhnlich am Tage kein einziges Tier herumkriechen sehen. Aber die Fressgier der Tiere ist noch grösser als ihre Lichtscheu und die letztere hindert sie daher durchaus nicht, sobald sie eine Beute wittern, auch am hellen Tage aus ihren schattigen Verstecken hervorzukommen und selbst dem Sonnenlicht direkt entgegenzukriechen. Sonst aber halten sie sich den Tag über verborgen und fangen erst in der Dämmerung an herumzuwandern, aber durchaus nicht etwa jeden Tag. Denn vorausgesetzt, dass sie ein gutes, schattiges Versteck haben, so sitzen sie selbst wochenlang still und regungslos auf derselben Stelle, wie sich durch Beobachtung der gefangen gehaltenen Tiere leicht feststellen lässt. Wenn man abends sich schnell genug mit einem Lichte dem Aquarium nähert, so dass die Tiere nicht schon vorher durch das Licht aufgestört werden, so sieht man immer nur vereinzelte Exemplare herumkriechen, oder es sitzt auch sehr oft alles ganz ruhig. Die herumkriechenden Exemplare sind in der Regel solche mit leerem oder nur schwach gefülltem Darm und es ist daher wahrscheinlich, dass es der Hunger ist, der sie veranlasst, sich in Bewegung zu setzen. Dass die Augen beim Aufsuchen der Beute gar keine Rolle spielen, ist schon von Dugès nachgewiesen worden, wie bereits oben S. 135 angeführt wurde; wohl aber kommen sie den Strudelwürmern zu statten beim Aufsuchen eines geeigneten dunklen Schlupfwinkels. Denn die Augen vermögen zwar die Unterschiede in der Lichtstärke und auch die Richtung, aus welcher die Lichtstrahlen kommen, wahrzunehmen, eine Bildwahrnehmung

jedoch kommt bei der Einfachheit ihres Baues nicht zu stande (Hesse 1897, S. 239).

Im Freien verkriechen sich unsere drei Planaridenarten am liebsten unter Steinen, dann auch unter abgefallenem Laub. Lebende Wasserpflanzen sind ihnen für die Ruhe im allgemeinen weniger willkommen, da es ihnen auf der Unterseite der Blätter noch nicht dunkel genug ist, weshalb sie sich denn auch gern in den Blattscheiden und zusammengerollten Blättern verbergen. Auch das Verkriechen in hohle Pflanzenstengel, die auf dem Boden der Gewässer liegen, ist dem Bestreben zuzuschreiben sich in das Dunkel zurückzuziehen, nicht dem Bedürfnis an den Pflanzen einen Schutz gegen die Kälte zu suchen, wie Wilhelmi (1904 S. 364) anzunehmen geneigt ist. Auf die Verbreitung im allgemeinen hat die Belichtung der Bäche wenig Einfluss, da sich in der Regel genug dunkle Schlupfwinkel finden, in denen sich die Tiere verbergen können. Nur wo kleine Bäche in tonigem Boden sich eine glatte Rinne eingeschnitten haben und zufällig keine den Boden bedeckende Steinchen und Pflanzenteile vorhanden sind, fehlen die Planariden, obschon sie an dem festen Boden sich recht gut zur Ruhe festheften können.

Verschleppung der Strudelwürmer durch andere Tiere.

Bei den Erörterungen über die Verbreitung der Strudelwürmer in unseren Gebirgsbächen habe ich bisher nur von der aktiven Wanderung, nicht von der passiven Verbreitung durch Verschleppung gesprochen. Dass auch letztere gelegentlich statthat, unterliegt keinem Zweifel und geht schon ohne weiteres daraus hervor, dass alle drei Arten in Stromgebieten vorkommen, die völlig von einander getrennt sind und auch nie mit einander in Verbindung gestanden haben. Aber aus der verborgenen Lebensweise der Tiere müssen wir schliessen, dass die Verschleppung nur höchst selten geschieht; dazu kommt, dass sie infolge ihrer zarten Körperbeschaffenheit einen

längerem Transport durch die Luft nicht vertragen. Demnach wird die Verschleppung auf grössere Strecken hauptsächlich durch die Eikapseln geschehen. Die kuglichen, ungestielten Kokons von *Pl. alpina* und *Pol. cornuta* werden frei in das Wasser abgelegt, nicht angekittet, während *Pl. gonocephala* ihre gestielten Kokons meist an der Unterseite von Steinen aber auch an Wasserpflanzen befestigt; bei ihr ist infolgedessen die Wahrscheinlichkeit einer Verschleppung der Eikapseln durch Wasservögel u. s. w. noch am grössten. Da ich schon früher die verschiedenen Möglichkeiten eines passiven Transportes der Strudelwürmer eingehend erörtert habe, will ich hier die Einzelheiten nicht nochmals wiederholen, sondern verweise auf die in den Zoologischen Jahrbüchern (1895 S. 133—139) veröffentlichte ausführliche Schilderung der an *Pl. alpina* und *Pl. gonocephala* gemachten Beobachtungen, die von Volz (1900 S. 78 u. 79) durch Untersuchungen an *Pol. cornuta* ergänzt worden sind. Was die Beschaffenheit der Bäche betrifft, so sind solche Gewässer am geeignetsten, einen Transport durch Wasservögel zu erleichtern, die schlammigen Boden haben und von Wasserpflanzen durchwachsen sind, da hier die Planariiden, denen die gewohnten Schlupfwinkel unter Steinen nicht zur Verfügung stehen, gezwungen sind, einen weniger versteckten Aufenthalt zu nehmen. Besonders geeignet sind die Stellen, wo sich der Bach zu einem Weiher erweitert, der Wasservögel zu häufigeren Besuchen einlädt. In Gegenden, wo *Pl. alpina* und *Pol. cornuta* bis in die wasserarmen kleinen Quellbäche zurückgedrängt worden sind, ist die Gelegenheit einer Verschleppung für sie fast gänzlich verschwunden. Bei meinen zahlreichen Exkursionen habe ich aber selbst an *Pl. gonocephala* bisher noch keine Beobachtung gemacht, die ich als einen sicheren Fall von Verschleppung deuten könnte, wohl aber manche recht auffällige Beispiele gefunden, die deutlich zeigen, wie selten ein Transport, auch nur auf ganz geringe Entfernung stattfindet, wie in den Fällen,

wo das Versickern des Baches in dem von ihm zusammengeschwemmten Geröll (S. 109 Fig. 8 w) oder wo vom Menschen geschaffene Hindernisse (z. B. die Mühle am Bache k in Figur 8) eine Schranke für das Aufwärtswandern der nachdrängenden Art bilden.

Die Lichtscheu der drei Arten, die sie zu ihrer verborgenen Lebensweise veranlasst und ein häufigeres Verschlepptwerden verhindert, sowie ihre Trägheit, welche bedingt wird durch die Notwendigkeit einer reichlichen Schleimabsonderung bei ihrer Fortbewegung im fliessenden Wasser und welche die Ursache einer nur langsam, aber dadurch sehr regelmässigen Ausbreitung ist, dies sind also die ihnen gemeinsamen Haupteigenschaften, die im Zusammenhang mit der Eigenschaft, dass jede Art ihr besonderes Temperaturoptimum besitzt, für uns diese Tiere zu einem so anziehenden Gegenstand tiergeographischer Studien machen.

Verzeichnis der im Text erwähnten Arbeiten.

- Dugès, Ant. 1828. Recherches sur l'organisation et les moeurs des Planariées. Annales des Sciences Naturelles. Tome 5. Paris 1828.
- Fuhrmann, Otto. 1894. Die Turbellarien der Umgebung von Basel. Revue Suisse de Zoologie. T. 2. Genève 1894.
- Hesse, Rich. 1897. Untersuchungen über die Organe der Lichtempfindung bei niederen Thieren. II. Die Augen der Plathelminthen, insonderheit der tricladen Turbellarien. Zeitschr. f. wiss. Zoologie, Bd. 62. Leipzig 1897.
- Johnson, James Rawlins. 1822. Observations on the genus Planaria. Philosophical Transactions of the Royal Society of London 1822.
- Kennel, Jul. 1889. Untersuchungen an neuen Turbellarien. Zoologische Jahrbücher. Abteilung für Anatomie und Ontogenie der Thiere. Bd. 3. Jena 1889.
- Lauterborn, Rob. 1904. Beiträge zur Fauna und Flora des Oberrheins und seiner Umgebung. II. Faunistische und biologische Notizen. Mitteilungen der Pollichia, eines natur-

- wissenschaftlichen Vereins der Rheinpfalz. Jg. 1904. Ludwigshafen a. Rh. 1904.
- Löb, Jacques. 1894. Beiträge zur Gehirnphysiologie der Würmer. Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Thiere. Bd. 56. Bonn 1894.
- Pearl, Raymond. 1903. The movements and reactions of fresh-water Planarians: a study in animal behaviour. The Quarterly Journal of Microscopical Science. N. S. Vol. 46. London 1903.
- Voigt, Walt. 1895. *Planaria gonocephala* als Eindringling in das Verbreitungsgebiet von *Planaria alpina* und *Polycephalus cornuta*. Zoologische Jahrbücher. Abt. f. Systematik, Geographie und Biologie der Thiere. Bd. 8. Jena 1895.
- 1896. Die Einwanderung der Planariaden in unsere Gebirgsbäche. Verhandlungen des Naturhistorischen Vereins der preuss. Rheinl. u. Westf. Jg. 53. Bonn 1896.
- 1903. Überreste der Eiszeitfauna in mittlerheinischen Gebirgsbächen. Verhandlungen des 14. Deutschen Geographentages zu Köln. Berlin 1903.
- Volz, Walth. 1900. Die Verbreitung einiger Turbellarien in den Bächen der Umgebung von Aarberg. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern. 1900.
- Wilhelmi, Jul. 1904. Beiträge zur Kenntnis der Verbreitung und Biologie der Süßwassertricladen. Zoologischer Anzeiger Bd. 27. Leipzig 1904.
- Zschokke, Fritz. 1900. Die Tierwelt der Hochgebirgsseen. Basel 1900.
- 1901. Die Tierwelt der Schweiz in ihren Beziehungen zur Eiszeit. Basel 1901.