

(Aus dem Zoologischen Institut der Universität Frankfurt a. M.)

DIE VARIABILITÄT DER ABDOMINALEN KÖRPERANHÄNGE  
VON FORFICULA AURICULARIA L. UNTER BERÜCKSICHTIGUNG  
IHRER NORMALEN UND ABNORMEN ENTWICKLUNG, NEBST  
EINEM ANHANG ÜBER DIE GESCHLECHTSBIOLOGIE.

Von

WILLI KUHL

(Frankfurt a. M.).

Mit 69 Textabbildungen und 93 Tabellen.

(Eingegangen am 29. Januar 1928.)

Inhaltsübersicht.		Seite
I.	Einleitung und Problemstellung . . . . .	300
II.	Untersuchungsmaterial, Fangmethoden und Charakteristik der Fundorte . . . . .	304
III.	Technik des Meßverfahrens . . . . .	307
IV.	Allgemeines über Größen- und Formverhältnisse der imaginalen <i>Forficula</i> -Cerci und Übersicht über die gemessenen Größen . . . . .	311
V.	Formanalyse der männlichen abdominalen Anhänge an zahlenmäßig geringem Material . . . . .	314
VI.	1. Graphische Darstellung der <i>Form</i> und Ableitung korrelativer Beziehungen im Bau der <i>Zange</i> ; Material: 60 männliche Cerci . . . . .	323
	2. Zusammenfassung der Ergebnisse über die Formanalyse der männlichen imaginalen Cerci von <i>Forficula</i> . . . . .	347
VII.	Biometrische Untersuchungen über die Variabilität der männlichen und weiblichen imaginalen Cerci von <i>Forficula auricularia</i> L. an vier verschiedenen Populationen: Helgoland 1924, Helgoland 1925, Frankfurt a. Main 1925 und Holstein (Satjewitz) 1924 . . . . .	349
	1. Darstellung der Variabilität der männlichen und weiblichen <i>Zange</i> an Variationspolygonen der jeweils gemessenen Größen . . . . .	358
	a) Die Variabilität der <i>männlichen Zange</i> und der abdominalen Körperbreite des Männchens . . . . .	361
	b) Die Variabilität der <i>weiblichen Zange</i> und der abdominalen Körperbreite des Weibchens . . . . .	383
	c) Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse der polygonalen Darstellungen der Variabilität der männlichen und weiblichen <i>Zange</i> und Kritik der eigenen und fremden Befunde. . . . .	393
	2. Untersuchung über die korrelativen Beziehungen im Bau der <i>Zangen</i> . . . . .	397
	a) Die männlichen Cerci . . . . .	400
	Die Beziehungen zwischen:	
	1. Zangenlänge und Krümmungsradius . . . . .	400
	2. Zangenlänge und Zahnabstand A 1 . . . . .	402
	3. Zangenlänge und Zangenbreite . . . . .	404

	Seite
4. Zangenlänge und Paramerenlänge des männlichen Copulationsapparates . . . . .	407
5. Zangenbreite und abdominaler Körperbreite . . . . .	408
6. Zangenbreite und Krümmungsradius. . . . .	410
7. Zangenbreite und Zahnabstand A 1 . . . . .	412
8. Zangenbreite und Zahnabstand A 2 . . . . .	414
9. Zahnabstand A 1 und Zahnabstand A 2 . . . . .	416
10. Anzahl der linken und rechten Zähne an der Zangeninnenseite . . . . .	418
b) Die weiblichen Cerci . . . . .	419
Die Beziehungen zwischen:	
1. Zangenlänge und Zangenbreite . . . . .	420
2. Zangenbreite und abdominaler Körperbreite . . . . .	422
3. Analyse der Variabilität der kurzen Zangen an den Populationen Helgoland 1925 und Frankfurt 1925 . . . . .	423
a) Allgemeines . . . . .	423
b) Die Verteilung der A 3-Typen ( <i>breite kurze Cerci</i> ) in den Korrelationsfeldern der Gesamtpopulationen von Helgoland 1925 und Frankfurt 1925 . . . . .	424
c) Sonderbehandlung der Gruppe der breiten kurzen männlichen Zangen mit ausgebildetem Abstand der Zangenspitzen A 3 innerhalb der Längensklasse 3,0 und 3,5 (3,0—3,9 mm) der Population von Helgoland 1925 . . . . .	441
VIII. Die abnormen männlichen und weiblichen Cerci; Morphologie, Entstehungsursachen und prozentuale Verteilung auf die normal gebauten Zangen der Fundorte Helgoland 1925 und Frankfurt a. Main 1925. . . . .	461
IX. Beobachtungen über die Ontogenese der imaginalen Zange . . . . .	480
1. Die letzte Häutung von der Nymphe zur Imago . . . . .	480
2. Störungen im normalen Verlauf der Häutung . . . . .	486
3. Experimentelle Eingriffe vor und während der Häutung . . . . .	492
X. Anwendung der Ergebnisse der Häutungsstudien auf die Form- und Gestalttypen der <i>Forficula</i> -Cerci in natürlichen Populationen und Schlußfolgerungen . . . . .	501
XI. Anhang: Studien über das Verhalten der <i>Forficula</i> -Männchen während der Copula und über die biologische Bedeutung der männlichen Zangen bei der Begattung . . . . .	507
1. Zeit der Brunstperiode . . . . .	507
2. Das normale Verhalten der Geschlechter . . . . .	509
3. „Homosexuelle“ Copulationsversuche der <i>Forficula</i> -Männchen . . . . .	512
4. Die funktionelle Bedeutung der männlichen Zange bei der Erreichung der Copula . . . . .	523
XII. Zusammenfassung der Ergebnisse . . . . .	526
XIII. Literaturverzeichnis . . . . .	532

## I. Einleitung.

Als kausal ungeklärter Fall einer typischen zweigipfeligen Variationskurve findet sich in den Lehrbüchern der Vererbungswissenschaft immer noch das Beispiel der Variabilität der Zangenlänge der männlichen Imago von *Forficula auricularia*. Das Interesse, das von seiten der Genetik den echten, durch keinerlei Fehlerquellen bedingten bimodalen Variationspolygenen entgegen gebracht wird, ist vollauf begründet; es handelt sich

hier ja nicht allein um eine rein statistische, nach biometrischer Erklärung drängende Erscheinung, vielmehr treten bei der Analyse derartiger Fälle bimodaler Variabilität neuerdings immer mehr biologische Fragestellungen in den Vordergrund.

Seit der Entdeckung BATESONS und BRINDLEYS im Jahre 1892, daß die Frequenzkurve für die Zangenlänge der imaginalen *Forficula*-Männchen von den Farne Islands zwei Gipfel aufweist, ist diese biometrische Eigentümlichkeit für dasselbe Objekt erst in jüngster Zeit für einen anderen Fundort festgestellt und bestätigt worden.

DIAKONOV (1925), dessen Material in den Jahren 1918—1922 gesammelt und bearbeitet wurde (die Veröffentlichung der Ergebnisse erfolgte erst nach seinem Tode), erhielt ebenfalls für seinen Fundort, einen Wald in der Nähe von Nijnaia Kuria bei Perm (Kaukasus), für sämtliche vier Untersuchungsjahre zweigipfelige Variationspolygone der Zangenlänge.

Die vorliegende Untersuchung wurde von mir im Jahre 1924 unabhängig von der Arbeit DIAKONOVs in Angriff genommen; ich erhielt erst nach deren Erscheinen, 1925, Kenntnis von den Ergebnissen des russischen Autors, die sich in einem Punkte der Problemstellung — ob nämlich die Zweigipfeligkeit der Frequenzkurve für die Zangenlänge sich als Ausdruck einer *genotypischen Inhomogenität* der betreffenden Population oder als ein besonders komplizierter Fall von *Modifikabilität* deuten läßt — zugunsten letzterer Auffassung mit meinen Resultaten decken.

Die folgenden Ausführungen werden zeigen, daß die Diagnose Modifikation auf ganz verschiedenen Wegen gewonnen wurde. Indem bei DIAKONOV als Ursache der bimodalen Variabilität die Auswirkung einer spezifischen und ziemlich komplexen Art der Reaktionsnorm angenommen wird, kann auf Grund der nachstehenden biometrischen und biologischen Untersuchungen diese theoretisch geforderte „spezifische Reaktionsnorm“ näher indentifiziert und auf relativ einfache Vorgänge während der Ontogenese zurückgeführt werden.

### Problemstellung.

Im Laufe der Untersuchung stellte es sich heraus, daß die Bimodalität der Länge der Zange von *Forficula* nur als ein Teilproblem der Gesamtvariabilität der Cerci aufzufassen ist bzw. daß die Zweigipfeligkeit nur einen in ihren Ursachen analysierbaren extremen Sonderfall darstellt. Jede Beschäftigung mit einem variablen Objekt hat vom Einzelindividuum auszugehen; erst nach möglichst exakter Erfassung seiner Gestaltverhältnisse kann die Analyse einer natürlichen Gesamtpopulation auf biometrischem Wege erfolgen.

Die Formanalyse der einzelnen Zange, bzw. einer zahlenmäßig geringen Objektreihe erwies sich als unerläßliche Vorbedingung der Massenuntersuchung und zeitigte wichtige Beobachtungen und Hinweise zur

kausalen Deutung der für Insekten so bemerkenswerten großen Variationsbreite der männlichen *Forficula*-Cerci.

Der eigentlichen Variationsanalyse an zahlenmäßig großem Material ist eine Kritik der Materialbeschaffungsmethoden der Voruntersucher vor auszuschicken; die eigene Sammelmethode muß einwandfrei den Zufall entscheiden lassen. Hinsichtlich der Zweigipfeligkeit der Variationspolygone für die Zangenlänge ergeben sich zunächst folgende Fragestellungen:

1. Ist die bimodale Frequenzkurve ein konstanter Charakter für jede Männchenpopulation eines beliebigen Fundortes von *Forficula* oder kommen auch normal variierende Populationen vor?

Ad 1. Es ergibt sich demgemäß die Notwendigkeit, außer den beiden bisher untersuchten Fundorten (Farne Islands, Nijnaja Kuria) eine Reihe weiterer charakteristischer Fundorte auf eventuelle Bimodalität zu untersuchen.

2. Gilt die Zweigipfeligkeit nur für die Länge der Zange oder auch für andere bisher nicht untersuchte Merkmale?

Ad 2. Die bei der Formanalyse als charakteristisch erkannten Teilmerkmale der männlichen Zange sind ebenfalls auf Uni- oder Bimodalität zu analysieren.

3. Lassen sich Beziehungen herstellen zwischen den Lebensbedingungen des jeweiligen Fundortes und der Variationsbreite sämtlicher Zangenmerkmale, also der Gesamtvariabilität?

Ad 3. Die Lebenslageverhältnisse und sonstigen Umweltfaktoren der einzelnen Fundorte sind in Vergleich zu setzen.

4. Läßt die Variabilität der weiblichen Zange korrelative Gesetzmäßigkeit zur fundorttypischen männlichen Variabilität erkennen oder sind die charakteristischen Eigentümlichkeiten nur auf die Cerci im männlichen Geschlecht beschränkt?

Ad 4. Die Beantwortung dieser Frage erfordert ein ähnliches meßtechnisches Verfahren auch für die weiblichen Zangen, wie es für die männlichen zur Anwendung kommt (entsprechend der einfacheren Gestalt der weiblichen Zange).

Da unter den hier bearbeiteten vier Populationen drei normale, unimodale Variationspolygone zeigen und nur bei einer eine geringe Bimodalität auftritt, die nicht biologisch bedingt ist, verschiebt sich das Problem der Ursache der Zweigipfeligkeit auf die breitere und allgemeinere Basis der Fragestellung nach den morphologischen und biologischen Faktoren der so stark ausgeprägten Zangenvariabilität der *Forficula*-Männchen.

Es ist auf Grund der durch die Formanalyse gegebenen Ähnlichkeitsbeziehungen festzustellen, welche Zangenform und -größe den Normaltyp

darstellt; ferner ob und welche „Zwischentypen“ eventuell den Übergang zwischen den kleinen und großen Zangen vermitteln können.

Diese Überlegungen leiten über zu den Untersuchungen über Gesetzmäßigkeiten im Bau der Zange selbst, d. h. zur Analyse korrelativer Beziehungen der einzelnen an der Zange gemessenen Größen.

Erst die korrelative Darstellungsweise zeigt konstante und variable Merkmale im Zangenbau auf und ermöglicht das Erkennen morphologischer Störungen des normalen Bautypus.

Durch die Ausdehnung der Korrelationsuntersuchung auf die Individuen einzelner Längensklassen wird normaler und infolge ontogenetischer Störungen veränderter Zangenbau exakt genug gekennzeichnet, so daß an die Deutung der in der Natur vorgefundenen abnormen, von der Messung ausgeschalteten männlichen und weiblichen Cerci herangetreten werden kann.

Der Prozentsatz der in verschiedenem Grade abnormen Zangentypen muß für jeden Fundort in korrelativer Abhängigkeit zur Gesamtvariabilität stehen, wenn diese in ihrem Umfange von den erfaßbaren äußeren Bedingungen abhängig ist (Modifikation).

Die Untersuchung der Entstehungsmöglichkeiten abnormer, in ihrem Bau gestörter Zangenformen, führt zur ontogenetischen Bildungsweise der normalen Zange und damit zur wichtigsten Frage überhaupt.

Es ist zu entscheiden, welche Faktoren bei der Umformung der Nymphencerci in die Imagozangen eine Rolle spielen und inwieweit die Vorgänge bei der letzten Häutung der Nymphe den männlichen und weiblichen imaginalen Zangen ihren Stempel aufdrücken.

Hiermit wird wieder der Anschluß an die Ergebnisse der eingangs erwähnten Formanalyse erreicht, indem aus den Resultaten der Beobachtungen und Experimente über normale Häutungen und Häutungsanomalien erst die *kausale* Deutung der möglichen Form- und Gestaltvarianten der *Forficula*-Männchen und -Weibchen gewonnen werden kann.

An dieser Stelle der Untersuchung ergeben sich zwanglos Schlußfolgerungen, welche der die Variabilität der Cerci bedingenden Faktoren als genotypisch und welche als phänotypisch bedingt anzusprechen sind.

Im Anhang wird dann noch die Frage nach der etwaigen biologischen Bedeutung der so stark verschiedenen Zangenslängen der *Forficula*-Männchen bei lebenswichtigen Funktionen, z. B. der Copula aufgeworfen und nach dem beobachteten Verhalten der Tiere zu beantworten versucht.

Die Berücksichtigung der Literatur erfolgt jeweils an den in Frage kommenden Stellen, so daß von einem Gesamtüberblick Abstand genommen werden kann. (Ein solcher findet sich bei DIAKONOV, l. c. 1925.)

## II. Untersuchungsmaterial, Fangmethoden und Charakteristik der Fundorte.

Das für die vorliegenden Untersuchungen verwandte Material stammt von *drei* verschiedenen Fundorten: Helgoland, Satjewitz (Holstein) und Frankfurt am Main. Bei der Wahl der Sammelstellen war folgender Gesichtspunkt maßgebend: Die Fundorte sollten sich hinsichtlich ihrer geographischen Lage und ihrer klimatischen Bedingungen genügend charakterisierbar unterscheiden unter Vermeidung allzu schroffer Gegensätze (z. B. niedrige Höhenlage und Hochgebirge).

Nachstehende Tabelle gibt eine Übersicht über das gesamte *Forficula*-Material, geordnet nach Geschlecht und Fundorten:

Fundort	Jahr	Sammelmonat	Gesamtzahl der ♂	Gesamtzahl der ♀	% ♂	% ♀	Zur Messung verwandt	
							♂	♀
Helgoland .	1924	28. VIII. — 4. IX.	1387	1702	44,90	55,10	1053	763
Helgoland .	1925	2. IX. — 17. IX.	1804	2816	39,05	60,95	1706	1000
Holstein . . (Satjewitz)	1924	7. VIII. — 11. VIII.	666	685	49,29	50,71	560	553
Frankfurt . am Main	1925	4. VII. — 29. VII.	1311	1259	51,01	48,99	1277	1000
Summe:	—	—	5168	6462	—	—	4596	3316

In Helgoland wurde in zwei aufeinander folgenden Jahren je eine größere Population vom gleichen Fundort gesammelt, um festzustellen, ob die Variabilität für einen Fundort konstant bleibt, oder bereits im Zeitraum von einem Jahre wesentliche Schwankungen aufweist.

Auffällig sind die starken Verschiedenheiten im Verhältnis der Geschlechter; die Prozentzahlen der ♂♂ schwanken von 39,05% bis 51,01%. BRINDLEY fand bei 34 verschiedenen Fundorten sogar Schwankungen von 16,1% bis 59,7% und stellte fest, daß der Prozentsatz der ♂♂ nicht nur beträchtliche Unterschiede zeigt in verschiedenen Gegenden im gleichen Jahr, sondern auch bei Lokalitäten, die dicht benachbart sind; außerdem wurden starke Schwankungen gefunden für den gleichen Distrikt in verschiedenen Jahren. Obige Tabelle gibt einen weiteren Beitrag zu dieser Frage. Die Anzahl der ♂♂ von Helgoland zeigte Verschiedenheiten von 5,85% in zwei aufeinander folgenden Jahren; für Frankfurt wurden bei dem oben angegebenen Fundort 51,01% ♂♂ registriert, für eine etwa 3 1/2 km entfernte Stelle (zur gleichen Zeit) 42,89% ♂♂.

BRINDLEY gibt für sämtliche 34 Fundorte genaue Angaben über Bodenbeschaffenheit und Pflanzenwuchs, kommt aber zu keinem Resultat über einen etwaigen Einfluß dieser Umweltfaktoren auf das schwankende Zahlenverhältnis der Geschlechter. Er stellte seine Sammlungen

in den Monaten an, in denen fast nur noch Imagines gefunden wurden, um eine Fehlerquelle zu vermeiden, die etwa darin liegen könnte, daß die ♂♂ früher die entscheidende letzte Häutung von der Nymphe zur Imago durchmachten als die ♀♀.

Mit der Sammlung des vorliegenden Materials wurde, aus ähnlichen Gesichtspunkten, ebenfalls nicht vor Anfang Juli begonnen. In Frankfurt und Holstein wurden in den Monaten Juli-August nur noch ganz vereinzelt Nymphen und gar keine Larven mehr unter dem gesamten Material gefunden, anders hingegen in Helgoland. Hier fanden sich z. B. 1925 unter 4784 Individuen noch 157 Nymphen und 7 Larven = 3,43% vorimaginale Entwicklungsstadien. Da in diesem zweiten Sammeljahre auf Helgoland erst sehr spät das Material beschafft werden konnte (Anfang bis Mitte September, infolge anhaltender feuchter Witterung), so gewinnt diese Tatsache besondere Bedeutung im Hinblick auf das fast völlige Fehlen von Nymphen und Larven in viel früherer Jahreszeit bei den anderen beiden Fundorten.

Bei der Sammlung von irgendwelchem biologischen Material, das die Grundlage zu biometrischen Untersuchungen bilden soll, ist es durchaus nicht belanglos, auf welche Weise die Anreicherung der Objekte vorgenommen wird. Der Hauptwert ist jeweils darauf zu legen, psychische Momente, die in der Wahlmöglichkeit des Sammelnden liegen, tunlichst auszuschalten, d. h. es sollte der Einzelfang der Objekte durch Massenfang ersetzt werden. Dies wird nur in relativ seltenen Fällen sich ermöglichen lassen. In vorliegendem Falle lag ein günstiger Umstand in dem Instinkt der *Forficuliden*, tagsüber gesellig, meist dicht gedrängt, in irgendwelchen Schlupfwinkeln sich aufzuhalten, und erst nachts dem Nahrungserwerbe nachzugehen. Dieser Instinkt wurde praktisch verwendet, man ließ die Tiere sich selbst fangen. Des Abends wurden alte Säcke usw. mit Holzwolle gefüllt, in zusammengeknäueltem Zustande auf kleinem Areal ausgelegt und morgens in größere Gefäße, Eimer oder dergleichen ausgeschüttelt. Auf diese Weise wird eine natürliche Population „natürlich“ gesammelt, und eine Auswahl der größeren Objekte oder der leichter zu ergreifenden durch den Sammelnden wird vermieden; außerdem werden Larven und Nymphen nicht übersehen.

Es ist von Bedeutung, auf diese rein technische Frage genauer einzugehen, wie später ersichtlich wird.

Nach obigem einfachen Verfahren wurde das Material der Fundorte Helgoland 1924, 1925 und Frankfurt 1925 gesammelt, während auf dem Gute Satjewitz in Holstein nach der wohl meist ausgeübten Einzelmethode vorgegangen werden mußte.

Helgoland 1924, 1925: Der gesamte *Forficula*-Fang stammt aus der sogenannten „Sapskuhle“ auf dem Oberland der Insel, einem mit dichtem Strauchwerk und vielen blühenden Pflanzen versehenen, rund 1600 qm

umfassenden Geländestück. Wie der Name sagt, ist das Gelände — wenigstens nach Norden zu — gegenüber der Umgebung vertieft; ein dichter Bretterzaun friedigt das gesamte Areal allseitig ein. Die Sapskuhle gehört zur Staatlichen Biologischen Anstalt und dient der Vogelwarte als Beobachtungsstation und als Fanggelände für die Beringungsversuche. Herrn Dr. DROST, dem derzeitigen Vogelwart der Anstalt, danke ich ganz besonders dafür, daß mir das günstige Gelände für meine „ornithologische“ Jagd bereitwilligst zur Verfügung gestellt wurde. In beiden Jahren wurden die Köder an genau den gleichen Stellen ausgelegt, und zwar in einem Raume von etwa 350 qm im südlichen Teile des Areals. 1924 diente der südliche Teil der Sapskuhle teilweise auch noch als Schulgarten mit kleineren Anpflanzungen von Korn, Raps usw. zu Lehrzwecken. 1925 waren keine Beete mehr angelegt, ein kleiner Teil der Futterpflanzen fiel also fort. In beiden Sammeljahren war *Forficula* auf dem Oberlande und im besonderen in der Sapskuhle sehr häufig anzutreffen; die Anwesenheit der vielen Vögel scheint die Häufigkeit nicht beeinträchtigt zu haben.

Holstein, 1924. Adliges Gut Satjewitz bei Neustadt in Holstein in der Lübecker Bucht.

Die untersuchte Population wurde von einem 20 ha großen, mit Rübsen bestellten Feld, das im Jahre vorher Brachland gewesen war, abgesammelt. Zwischen den Rübsenpflanzen standen Kamillen in geringer Dichte als Unkraut. Fraßspuren wurden weder an den Rübsenblüten noch an den Samen beobachtet. Nach der Meinung des Besitzers des Gutes suchten die Ohrwürmer das Feld erst nach dem Schnitt auf und benutzten die geschnittenen Rübsen nur als Unterschlupf; eine Kontrolle dieser Angabe war nicht möglich. Die *Forficuliden* wurden mit der geschnittenen Frucht in den Planwagen in Massen eingebracht und im Dreschschuppen einzeln aufgesammelt nach der Entleerung der Beutel. Auf die hier vorliegende Fehlerquelle und die entsprechende Deutung der biometrischen Befunde dieses Fundortes wird noch später zurückzugreifen sein.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Gutsbesitzer HANS THEOPHILE auf Satjewitz herzlichst zu danken für die vielseitige liebenswürdige Unterstützung und Hilfsbereitschaft.

Frankfurt am Main, 1925. Das Material stammt aus einem dicht bestellten Obst- und Ziergarten an der östlichen Stadtgrenze. Die Fangmethode war die gleiche wie in Helgoland; außerdem wurden auf Dahlienstöcken und innerhalb der Obststauden umgekehrte Blumentöpfe (mit Stroh gefüllt) angebracht, eine beliebte Methode der Gärtner, dieser Schädlinge Herr zu werden. Das an diesem Fundort abgesammelte Areal hatte annähernd die gleiche Größe wie das auf Helgoland in der Sapskuhle.



Es seien an dieser Stelle einige Angaben eingefügt über das Material und die Art des Sammelns der Voruntersucher; eine Kritik folgt bei der Besprechung der statistischen Resultate.

BATESONS *Forficula*-Material stammt von den Farneinseln an der Küste von Northumberland, und zwar von drei kleinen Inselchen, die nur bei Ebbe miteinander zusammenhängen. Miß A. BATESON sammelte 1892 für ihren Bruder das der ältesten Untersuchung über die Variabilität von *Forficula* zugrunde liegende Material; und zwar wurden die Insekten, wie mir Miß BATESON in liebenswürdiger Weise mitteilte, einzeln aus alten Mövennestern aufgesammelt, wo sie massenhaft vorkamen. Das Substrat der alten Nester scheint ein besonders geeigneter Zufluchtsort für die Tiere gewesen zu sein.

DIAKONOV sammelte sein Material in der Umgebung des Zoologischen Institutes der Universität Perm (Kaukasus), und zwar wurden die Ohrwürmer ebenfalls einzeln von alten Baumstümpfen (unter deren Rinde) oder von vermodertem Holz abgesammelt. Nach freundlicher Mitteilung von Herrn Prof. Dr. W. N. BEKLEMISHEV, der sich an der Materialbeschaffung für DIAKONOV beteiligte, fanden sich in jedem Baumstumpf etwa 6—10 *Forficulae*. Das Material war also an der Fundstelle so selten, daß das Einsammeln von 100 Individuen 2—3 Stunden erforderte.

### III. Technik des Meßverfahrens.

Da die früheren Bearbeiter der Zangenvariabilität sich mit einer einzigen Messung — der Zangenlänge — begnügten (BATESON, DIAKONOV), war Millimeterpapier als Maßstab ausreichend.

Am vorliegenden Material wurden hingegen eine ganze Reihe von Messungen vorgenommen, sechs an der männlichen Zange, zwei an der weiblichen, außerdem in beiden Geschlechtern eins am Abdomen. Da die Zahl der am proximalen Teil gelegenen kleinen Zähnen ebenfalls in den Bereich der Untersuchung einbezogen wurde, war Lupenvergrößerung nicht mehr ausreichend; es wurden daher sämtliche Daten unter dem Präpariermikroskop (Abb. 1) mit bildaufrichtendem Porroprisma nach PFEIFFER (von E. LEITZ) bei einer 20fachen Vergrößerung genommen.

Die Objekte mußten zweckentsprechend vorbereitet werden, um das Meßverfahren möglichst wenig zeitraubend zu gestalten.

Das gesamte *Forficula*-Material wurde sogleich am Fundort mit 80% Alkohol konserviert, der mehrfach gewechselt wurde. Von jedem Individuum wurde die Zange mit den drei letzten Abdominalsegmenten abgetrennt, dabei eine Prüfung auf das Vorhandensein von Nematoden (Mermis) in der Leibeshöhle und Gregarinencysten am Darm vorgenommen.

Die letzten drei Abdominalsegmente + Zange blieben im Zusammenhang und wurden trocken bis zur Messung aufgehoben.

Als Maßstab fand ein von der Firma E. LEITZ hergestellter Objektträger mit eingezätzter 0,5 qmm-Einteilung Verwendung (Abb. 3, O). Das Objekt wurde dabei nicht auf die Skala gelegt und zeitraubend und mühsam verschoben, bis eine bestimmte Stelle mit einem Teilstrich der Skala bündig lag, sondern es wurde der umgekehrte Weg eingeschlagen; die zu messende Zange wurde festgelegt und die Meßplatte dicht auf ihr

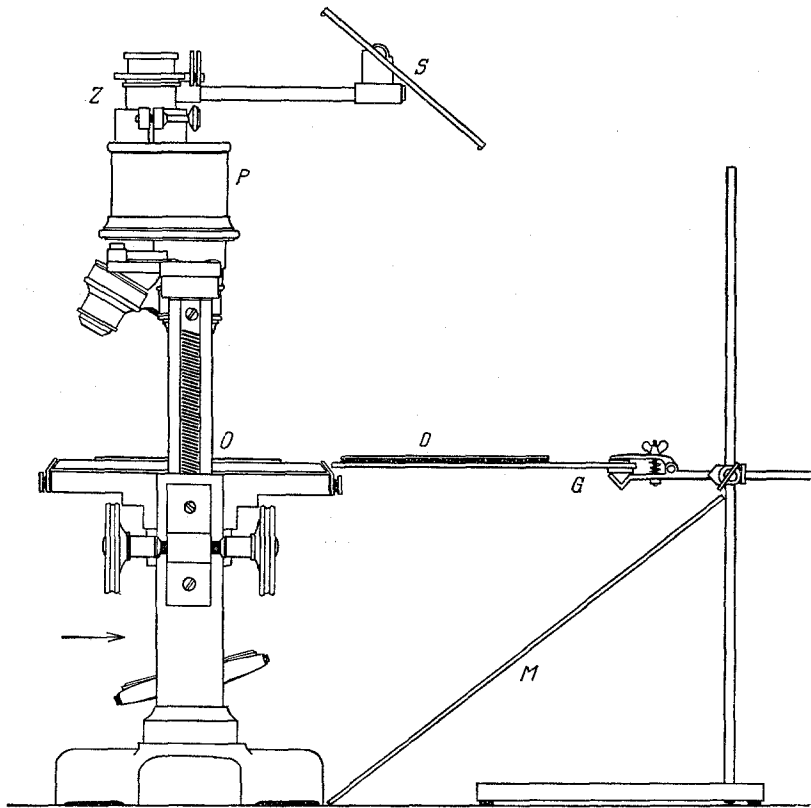


Abb. 1. Darstellung der zur Messung der Krümmung der männlichen Zange angewandten Methode. Instrumentarium: Präpariermikroskop mit bildaufrechtem Porroprisma (LEITZ), ABBE'scher Zeichenapparat und horizontal angebrachtes Diapositiv mit konzentrischen Kreisbögen von bekanntem Radius ( $D$ ). Erklärung der übrigen Buchstaben im Text.

liegend verschoben. Abb. 3 erläutert die benutzte einfache Hilfseinrichtung, die sich leicht auf dem Objektisch des Präpariermikroskopes anbringen ließ. Das Aufsichtsbild zeigt auf einer rechteckigen Grundplatte aus Glas (dunkel gehalten) zwei kleine Objektträgerstücke aufgeklebt,  $T$ , die in der Mittellinie den Raum von einer maximal breiten Zange zur Aufnahme des zu messenden Objektes frei lassen (siehe auch Schnitt  $CD$ ). Die Zangen wurden stets von der Dorsalseite aus gemessen, befanden sich also in natürlicher Lage. Da die Cerci bei den Dermapteren

dorsal dem letzten Abdominalsegment eingelenkt sind, muß zur Erreichung einer horizontalen Lage der Zange im Meßspalt ein flaches Glasstückchen untergelegt werden, wie dies der Schnitt *AB* (Seitenansicht) zeigt. Die Zangen der Ohrwürmer klaffen nun verschieden weit infolge des Abtötens; gemessen wurden sie sämtlich in maximal geschlossenem Zustande, der auch am getrockneten Objekt leicht durch Vorschieben des Schiebers *S* in der Pfeilrichtung (Abb. 3) erreicht werden kann. Die beiden Zangenglieder können sich nur soweit aufeinander zu bewegen, bzw. sich an den Spitzen sogar häufig überschneiden, bis die an der Innenseite der Basis befindlichen kleinen Zähnen sich berühren.

Für die exakte Messung des wichtigen (bei einem bestimmten Teil der männlichen Tiere vorliegenden) *Abstandes der Zangenspitzen* *A3* (Abb. 4a, A 3) ist das völlige Schließen der Zange vor der Messung unerläßlich. Die Gleitflächen für die Meßskala und die Dorsalseite des zu messenden Objektes liegen also in gleicher Höhe. (Bei sehr kleinen Objekten — starken Minusabweichern — konnten Glimmerplättchen unter die Abdominalsegmente geschoben werden, um den gleichen Zweck zu erreichen.) Der Objektträger mit der 0,5 qmm-Einteilung wurde mit der Skala nach unten auf das Meßtischchen aufgelegt, damit die Skala möglichst dicht dem Meßobjekt anliegt (Abb. 3, Schnitt *CD* und *AB*).

Die Vorteile dieser Apparatur, die durch Abb. 3 besser erläutert werden als durch eine lange Schilderung, sind kurz die folgenden: 1. Rasches Auswechseln des Objektes, 2. festliegendes Objekt, 3. leichte Beweglichkeit der Skala während der Beobachtung, 4. klares Umrißbild des Objektes und gleichzeitiges deutliches Bild der Skala bei durchfallendem Licht und 5. noch bequemes Ablesen von 0,1 mm.

Nach dem Ablesen sämtlicher Werte mit der Meßskala fand die Anordnung des vorstehend geschilderten Meßtischchens noch weiterhin Verwendung zur Bestimmung der Krümmung der Zange.

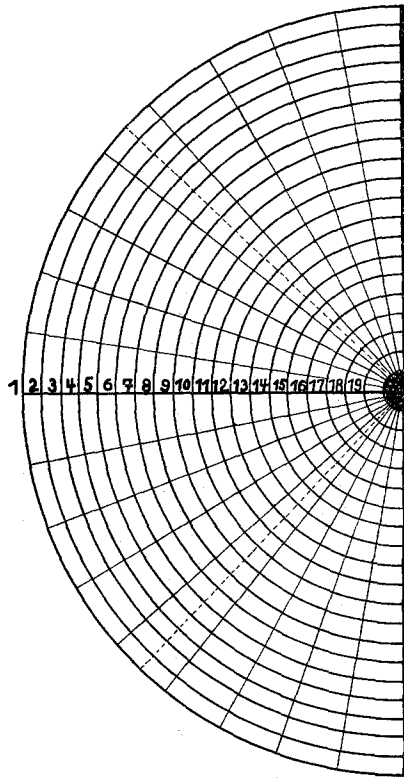


Abb. 2. Das zur Messung der Zangenkrümmung angewandte Diapositiv (*D* in Abb. 1).

Die Krümmung der Zangenglieder stellt mit für vorliegenden Zweck hinreichender Genauigkeit einen Teil einer Kreisperipherie dar; sie wurde gemessen durch Vergleich mit einer Serie konzentrischer Halbkreise, deren Radius um den gleichen Betrag zunimmt (Abb. 2). Der Vergleich der Zangenkrümmung mit der empirischen Halbkreissskala mit bekannten Werten für den Radius und die damit verbundene künstliche Klasseneinteilung der kontinuierlichen Variabilität der Krümmung, wurde erreicht durch Anwendung des ABBESchen Zeichenapparates. Abb. 1 demonstriert dieses einfache technische Hilfsmittel. Das Auge beobachtet

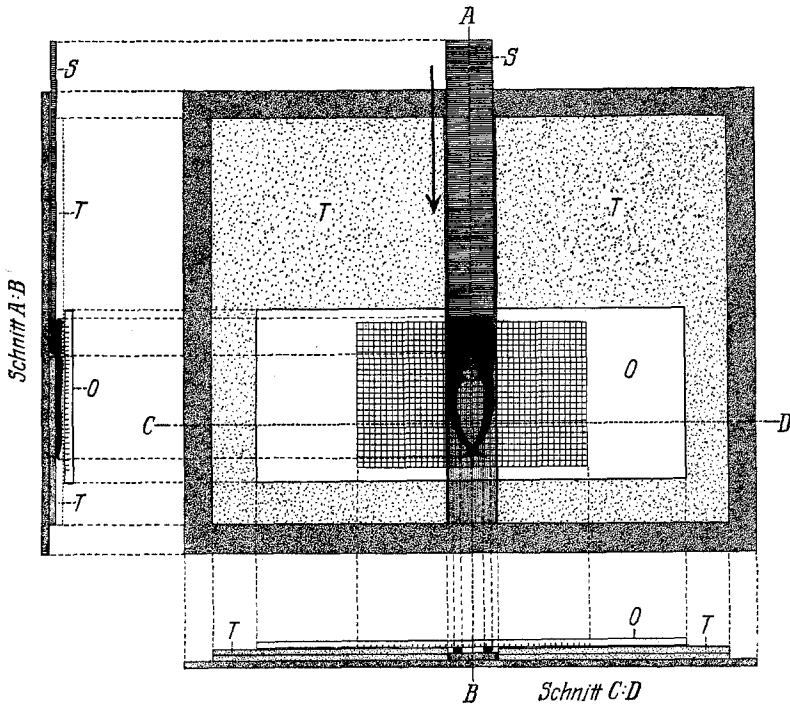


Abb. 3. Schematische Darstellung der Meßtechnik der (außer der Krümmung) an den männlichen und weiblichen Zangen abgelesenen Größen. Buchstabenerklärung im Text.

die auf das Maß der Krümmung hin zu untersuchende Zange im durchfallenden Lichte. Die als Maßstab verwandte Halbkreissskala (Abb. 1 D und Abb. 2) wird in Form eines Diapositivs auf einer in Höhe des Objektisches angebrachten Glasscheibe (Abb. 1 G) senkrecht unter dem Spiegel des Zeichenapparates horizontal gleitend bewegt; dabei wird sie vom Auge im mikroskopischen Bilde der Zange gesehen. Das Diapositiv (Abb. 1 D) erhält durch eine unter seiner Tragplatte G im Winkel von  $45^{\circ}$  angebrachte Mattglasscheibe soviel Licht, als zu seiner Spiegelung in das mikroskopische Bild erforderlich ist. Die Radien der Halbkreise der Meßskala sind, da mit einer linearen Vergrößerung von

20 beobachtet wurde, auf das 20fache der bei den gebogenen Zangen der ♂♂ vorkommenden Werte vergrößert. Die im mikroskopischen Bilde erscheinenden Zahlenbezeichnungen der Radien können also sofort als wahre Werte abgelesen und registriert werden. (Angaben über eine allgemeinere Verwendungsmöglichkeit des Zeichenapparates und irgendeiner Kurvenskala von bekannten Werten zum Messen oder zum Vergleich von Krümmungen an biologischen Objekten siehe KUHL, 1925.)

Zur Erleichterung der Verarbeitung des großen Zahlenmaterials wurde für jede untersuchte Population ein besonderer Zettelkatalog angelegt, in dem jedes gemessene Individuum durch einen Zettel repräsentiert wurde; hierdurch konnte jederzeit ein leichtes Umordnen nach verschiedenen Gesichtspunkten erfolgen. Sämtliche Messungen wurden vom Verfasser selbst vorgenommen. Bei der Registrierung der Meßdaten (und Quotienten aus diesen) — es wurden über 65000 Einzel feststellungen protokolliert — stellte mir Herr cand. phil. nat. HELMUTH WAGNER seine stete Hilfsbereitschaft zur Verfügung, wofür ihm nochmals an dieser Stelle herzlich gedankt sei. Außerdem schulde ich Frau Dr. GERTRUD WINTER (Frankfurt) Dank für ihre mannigfaltige Hilfe bei der Ordnung des Materials und Fräulein MARTHA MÜLLER (Frankfurt) für freundliche Unterstützung bei der Aufstellung der zahlreichen Korrelationstabellen.

#### IV. Allgemeines über Größen- und Formverhältnisse der imaginalen *Forficula-Cerci* und Übersicht über die gemessenen Größen.

Für die hier interessierenden Probleme und Fragestellungen kommen im wesentlichen nur die abdominalen Körperanhänge der Imagines in Betracht; die der *Forficula*-Larve sollen einer näheren Untersuchung erst unterworfen werden bei der Besprechung der Vorgänge bei der letzten Häutung von der Nymphe zur Imago. Diese Häutung ist es ja, die den weitgehenden Dimorphismus der männlichen und weiblichen Zange des ausgewachsenen Tieres in Erscheinung treten läßt, während die Cerci der Larven für beide Geschlechter noch völlig gleich gebaut sind.

Während die imaginalen weiblichen Cerci denen der Larven in der Formgestaltung weitgehend gleichen (die Larvencerci zeigen nur viel schlankeren Bau), stellen die abdominalen männlichen Körperanhänge der Imago einen völlig anderen Formtypus dar: Gegenüber der fast ganz gerade gestreckten weiblichen Zange, die nur an den distalen Spitzen eine kurze scharfe Einwärtskrümmung aufweisen, ist beim ♂ der längste Teil des Zangengliedes stark einwärts gekrümmt, so daß auch bei gänzlich geschlossenen Zangengliedern zwischen diesen ein mehr oder weniger stark ausgeprägter kreisförmiger oder elliptischer Raum freibleibt („Öhrwurm“!). Weitere charakteristische Unterscheidungsmerkmale der männlichen und weiblichen Zangen sind Anzahl, Stellung

und Form der kleinen Chitinzähnen an der Innenseite der Zangenglieder. Bei der weiblichen Zange sind diese Zähnen wenig deutlich ausgeprägt; eine kontinuierliche sägeblattartige Zähnelung läuft längs der Innenseite, nur die einwärts gebogenen Endglieder sind frei von chitinen Erhebungen.

Die Cerci des *Forficula*-♂ zeigen an der Innenseite des Basalteiles kräftig ausgebildete Zahnbildungen, und zwar lassen sich hier sehr deutlich

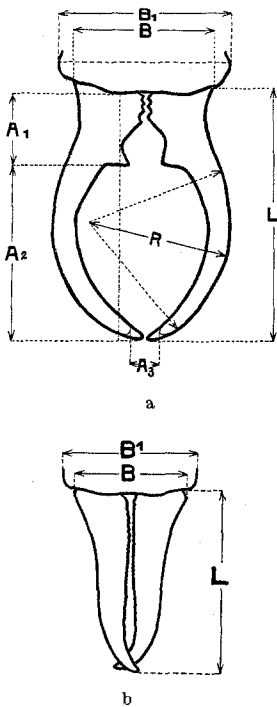


Abb. 4. Schema der an der männlichen und weiblichen Zange gemessenen Größen. Erklärung der Buchstabenbezeichnungen im Text.

die am weitesten caudal liegenden Zähne durch ihre Größe von den übrigen — meist in der Fünzfzahl vorhandenen — kleinen Zähnen unterscheiden. Die Lage dieser letzten beiden großen Zähne bezeichnet die Stelle, wo der äußere Kontur der Zange in Form einer S-Kurve vom konkaven Teil in den konvexen Abschnitt (von außen gesehen) übergeht (Abb. 4a). Die kleinen Zähnen greifen bei völligem Schluß der Zange ineinander wie die Zähne eines Gebisses; die großen Zähne hingegen stehen sich normalerweise genau gegenüber.

Die Wahl der zur Messung und biometrischen Erfassung des Objektes geeigneten Größen ergibt sich aus den vorstehend geschilderten Formeigentümlichkeiten der *Forficula*-Cerci.

Abb. 4a und b gibt eine Übersicht über die zur Messung verwandten Größen. An der männlichen Zange (Abb. 4a) wurden gemessen:

1. Zangenlänge  $L$ , als Projektion der Zangenspitze und des Schnittpunktes der äußeren Zangenbegrenzungslinie mit dem Hinterrand des letzten Abdominaltergits; dieser letztgenannte Punkt behält eine genügend konstante Lage bei verschiedenen Öffnungsstadien der Zangenglieder infolge der eigenartigen Einlenkungsart der Cerci im letzten Abdominalsegment. Die oben dargelegte Verwendung einer quadratischen Meßskala gestattete ein sehr genaues und rasches Ablesen dieser Längen- und sonstiger Projektionen.

2. Zangenbreite  $B$  gemessen als Projektion der rechten und linken Schnittpunkte: Äußere Zangenbegrenzungslinie — Hinterrand des letzten Abdominaltergits.

3. Zahnabstand  $A_1$ : Senkrechter Abstand des Hinterrandes des

letzten großen Zahnes vom hinteren Rande des letzten Abdominaltergits.

4. Zahnabstand  $A_2$ : Projektion der Zangenspitze und des Hinterrandes des letzten großen Zahnes (die Basis für die Projektionen von  $A_1$ ,  $A_2$  und  $L$  bildete eine Parallele zur medianen Sagittallinie, für  $B$  und  $B_1$  eine hierzu senkrechte Linie, parallel den vorderen und hinteren Tergiträndern).

Bei Zangen, deren Spitzen sich auch bei maximalem Verschuß nicht berührten (d. h. bei dichtem Kontakt der kleinen Zähnchen) wurde noch gemessen:

5. Abstand der Zangenspitzen  $A_3$ . Durch die bisher angegebenen fünf Größen wird die Form der Zange noch nicht klar genug erfaßt; die Einführung eines zahlenmäßig ausdrückbaren Maßes für die Krümmung der Zangenglieder erwies sich als unerlässlich. Abb. 4a bringt klar zum Ausdruck, daß im Bereich des Zahnabstandes  $A_2$  der äußere Zangenkontur mit hinreichender Genauigkeit einen Teil einer Kreisperipherie darstellt.

6. Krümmungsradius  $R$ : Der Radius  $R$  dieses Kreisbogens wurde mit Hilfe der einleitend beschriebenen Einrichtung gemessen; er stellt eine kontinuierlich variable Größe dar, die Einteilung und Zuordnung in Klassen erfolgt hier, umgekehrt wie bei den meisten Klassenvarianten, schon bei der Messung selbst durch den Vergleich mit einem möglichst genau passenden Radius (bzw. einer Kreisperipherie) der Krümmungsmeßskala (Abb. 2). Bei normal ausgebildeten Zangen läßt sich die äußere Begrenzungslinie der Zangenglieder durchweg mit einer gegebenen Kreisperipherie in hinreichender Genauigkeit zur Deckung bringen. Aus dem Wert für  $R$  läßt sich das Maß der Krümmung  $1/R = K$  ohne weiteres für jedes gemessene Objekt errechnen.

Aus den bisher angegebenen Meßdaten wurden für jede männliche Zange noch folgende Quotienten bestimmt:

7. Zanglänge : Zangenbreite,  $L : B$ , ferner:

8. Zahnabstand  $A_2$  : Zahnabstand  $A_1$ ,  $A_2 : A_1$ . Als

9. und letzte Bestimmung an der Zange selbst wurden die Zähnchen am inneren Basalteil des rechten und linken Zangengliedes gezählt und auf ihre Ausgestaltung geachtet.

Die Gesamtkörperlänge eines Insektes genau zu messen, stößt infolge der teleskopartigen Ineinanderschachtelung der Abdominalsegmente auf erhebliche Schwierigkeiten. Alle in der Längsrichtung genommenen Maße werden beträchtliche Ungenauigkeiten aufweisen, je nach dem Kontraktionszustand der Längsmuskulatur, der Füllung des Darmkanals, der Geschlechtsorgane usw. Auch die Menge des vorhandenen Blutes spielt eine Rolle bei dem Dehnungszustand der Segmente im Augenblick des Abtötens des Tieres. Statt der Angabe der ungenauen

Gesamtlänge wurde die Breite des Abdomens gewählt, gemessen am letzten Abdominaltergit, und zwar an seiner breitesten Stelle. Hier findet sich beim ♂ jederseits ein lateral gelegener chitiner Vorsprung (Abb. 4a). Diese

10. Feststellung  $B I =$  größte Breite des Abdomens gibt auf indirektem Wege eine Vorstellung von der Gesamtgröße des Individuums, dessen Zange biometrisch untersucht wird.  $B I$  ist unbeteiligt an Zufälligkeiten in der Dehnung des Abdomens.

Die weibliche imaginal Zange ist infolge ihrer wesentlich einfacheren Form durch wenige Maße hinreichend charakterisiert. Abb. 4b erläutert die gemessenen Größen: 1. Zangenlänge  $L$ , 2. Zangenbreite  $B$ , 3. größte Breite des Abdomens  $B I$ . Die Messung erfolgte auf die gleiche Weise wie bei der männlichen Zange. Als 4. Feststellung wurde noch der Quotient Zangenlänge : Zangenbreite  $L : B$  berechnet.

Bei der Bearbeitung der einzelnen Populationen der vier Fundorte wurden nur völlig *normal* gebaute Cerci verwandt; alle im Bau der Zange abnormen Objekte wurden ausgeschieden, selbst wenn es sich um geringfügige Längen- oder Krümmungsdifferenzen des rechten und linken Zangengliedes handelte.

Die abnormen Zangentypen werden in einem besonderen Kapitel Berücksichtigung finden.

#### V. Formanalyse der männlichen abdominalen Anhänge an zahlenmäßig geringem Material.

Die Variabilität der imaginalen männlichen *Forficula*-Zange ist in bezug auf den einen Faktor Zangenlänge anscheinend hinreichend exakt durchgearbeitet worden (BATESON, DIAKONOV). (Inwiefern die Grundlagen dieser variationsstatistischen Arbeiten bereits mit Fehlern behaftet sind, wird in einem späteren Abschnitt kritisch zu untersuchen sein.)

Diese oben genannten Untersuchungen beschäftigen sich jedoch in keiner Weise mit der Formgestaltung des Einzelobjektes selbst; es werden von diesem nur unvollkommene Abbildungen beigelegt. BATESONS Fig. 1 ist, selbst als Skizze, hinsichtlich der Zangenform unzureichend; desgleichen zeigt die Abbildung der männlichen extrem langen, kurzen und der weiblichen Zange zum Vergleich nach D. SHARP in LANGS Vererbungslehre, S. 338, Abb. 95, pathologischen Bau.

Selbst die oberflächliche Betrachtung einer geringen Anzahl männlicher *Forficula*-Cerci läßt erkennen, daß es sich hier nicht allein um eine einfache Variabilität der Länge der Zange handelt; eine graphische Darstellung dieser Längenvariabilität allein in Form der üblichen Frequenzkurven oder -polygone läßt alle Formeigentümlichkeiten des Objektes außer Acht und kann also nur einen ganz geringen Teil der Gesamtvariabilität zum Ausdruck bringen.



Es soll deshalb dem biometrischen Abschnitt dieser Arbeit (Variationspolygone und Korrelationstabellen) das im folgenden behandelte formanalytische Kapitel vorausgeschickt werden. Seine Ergebnisse werden eine geeignete Überleitung bilden zu den am großen Zahlenmaterial gewonnenen Befunden.

Die Grundlage zu den nachstehenden Ausführungen bilden 60 männliche imaginale Cerci, die aus einer mehrere Hundert Tiere umfassenden Frankfurter Population stammen. Es wurde insofern eine Auswahl ge-

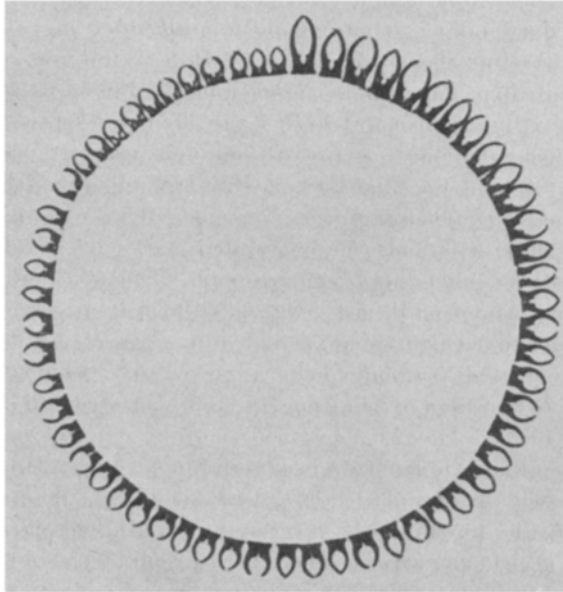


Abb. 5. Photographie der kreisförmig angeordneten 60 zur Formanalyse verwandten männlichen Cerci: extreme Plus- und Minusvarianten berühren sich. Breite kurze und schlanke kurze Zangen gleicher Länge stehen nebeneinander. Natürliche Größe.

troffen, als unter den 60 Objekten sich die längste und die kürzeste Zange der Population befand. Die 58 übrigen Zangen stellen allmähliche Übergänge von der extrem langen zur kürzesten Zange dar.

Abb. 5 gibt einen Überblick über die 60 Objekte nach einer Photographie, und zwar in natürlicher Größe. In der kreisförmigen Anordnung berühren sich die beiden extremen Plus- und Minusvarianten und demonstrieren auf diese Weise deutlich die große Variabilität der Zangenlänge des betreffenden Fundortes.

Zur weiteren Verdeutlichung der Größen- und Formunterschiede sind sämtliche Cerci in Abb. 6 bei stärkerer Vergrößerung, aber in derselben Reihenfolge hintereinander angeordnet wie bei der kreisförmigen Darstellung in Abb. 5.

Die Zangen sind also nach steigender Zangenlänge geordnet und von der kleinsten (1) bis zur größten (60) fortlaufend durchnummeriert. Die Herstellung der Zeichnungen erfolgte mit Hilfe des ABBESchen Zeichenapparates; nicht nur Größenverhältnisse und Krümmung, sondern auch die äußerst variable Art der Anordnung und Gestalt der kleinen und großen Zähnen sind genau zeichnerisch wiedergegeben.

Ein flüchtiger Überblick über die Objektreihe zeigt bereits sehr deutlich, daß es nicht möglich ist, unter diesen 60 Zangen auch nur 2 zu finden, deren Größe und Form identisch ist, so daß die beiden Objekte sich zur Deckung bringen lassen. Diese theoretische Forderung läßt sich natürlich nur bei gleichlangen Zangen aufstellen; bei ungleichlangen können wir nur von einer mehr oder weniger stark ausgeprägten Ähnlichkeit (im mathematischen Sinne) sprechen. (Es sei hier eingefügt, daß die vorliegenden 60 Cerci in dem beim Tode des betreffenden Tieres resultierenden Schließungszustande gezeichnet wurden; im Augenblick der Messung für die unten zu besprechenden graphischen Darstellungen wurden sie selbstverständlich sämtlich maximal geschlossen [Abb. 3, S. 310.]

In sämtlichen, die Variabilität der *Forficula*-♂♂ betreffenden Arbeiten ist immer nur von zwei Männchentypen die Rede, die entweder mit BATESON als „high“ und „low“ males — Groß- und Kleinmännchen — bezeichnet oder von anderen Autoren „forma macrolabia“ bzw. „forma cyclolabia“ genannt werden. Statt „cyclolabia“ setzt SEMENOV TIAN SHANSKY „brachylabia“, ein Ausdruck, der auch von DIAKONOV übernommen wird.

Zur „forma macrolabia“ sind somit die ♂♂ mit den längsten Zangen zu rechnen, zur „forma brachylabia“ die mit den kürzesten. Für die Autoren, die zweigipfelige Variationspolygone für die Zangenlänge angegeben haben (BATESON, DIAKONOV), ist es relativ leicht, irgendein Objekt dem einen oder anderen Typus zuzuordnen: Die „forma macrolabia“ ist eben durch den empirischen zweiten Gipfel des Variationspolygons (also um 7 mm Länge bei BATESON, um 7,5 mm bei DIAKONOV) charakterisiert, die „forma brachylabia“ durch den etwa bei 3,5 mm liegenden ersten Gipfel. Schwierig bleibt die Eingruppierung der mittellangen Cerci mit einer Länge von 4,5 mm bis 5,0 mm; soll man diese Zangen als extreme Plusvarianten der „forma brachylabia“ oder als extreme Minusvarianten der „forma macrolabia“ auffassen?

Die gleiche Schwierigkeit besteht natürlich auch bei unserem zahlenmäßig geringen Material von 60 Individuen, und zwar in noch viel höherem Grade. Bis zu welcher Nummer soll man zur „forma brachylabia“, von welcher Nummer ab zur „forma macrolabia“ zuordnen, und wie soll man die mittleren Längen, also etwa von 25—45 benennen und einordnen? DIAKONOV macht eine künstliche Teilung bei 5 mm Zangenlänge; alle Zangen bis 5 mm einschließlich rechnet er zu den „brachylabia“, von

Abb. 6, Nr. 1–60. Genaue Darstellung der Variabilität von Größe und Form der männlichen Cerci von *Forficula auricularia* an 60 Objekten. Man beachte besonders die Formunterschiede der kurzen Zangen (Nr. 1–20): Bei annähernd gleicher Länge finden sich schlanke kurze und breite kurze Cerci nebeneinander.

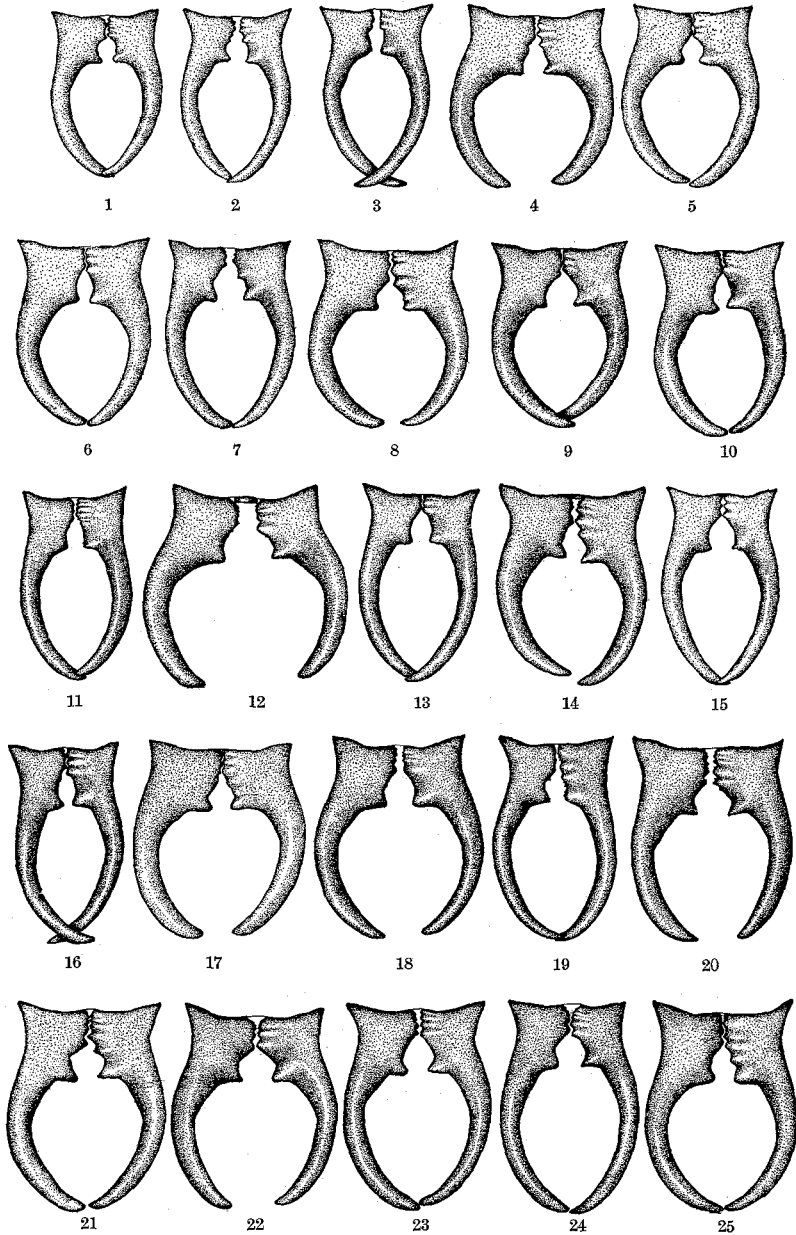


Abb. 6, Nr. 1–25.

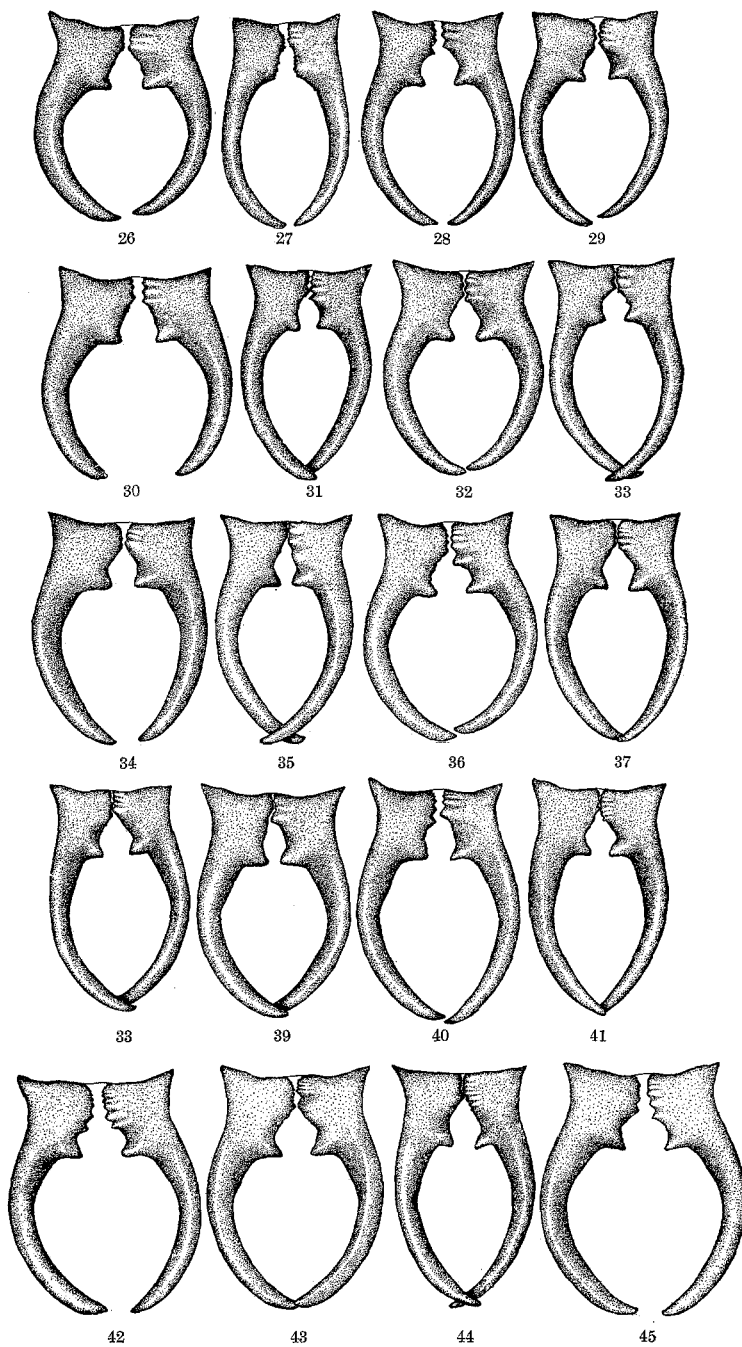
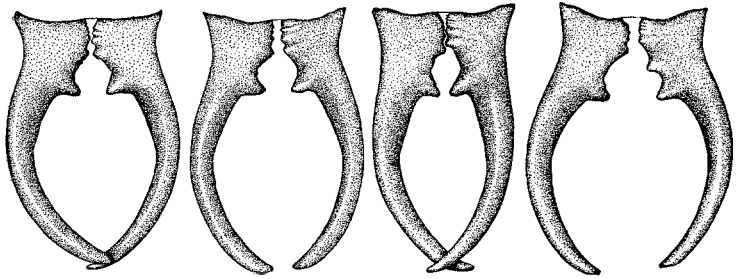


Abb. 6, Nr. 26-45.

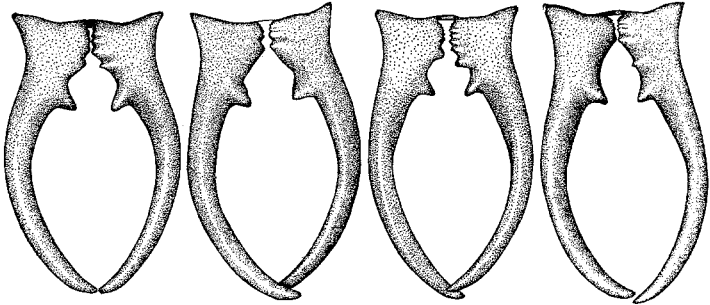


46

47

48

49

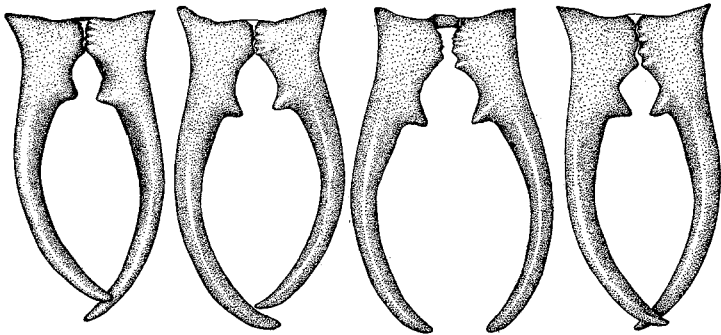


50

51

52

53

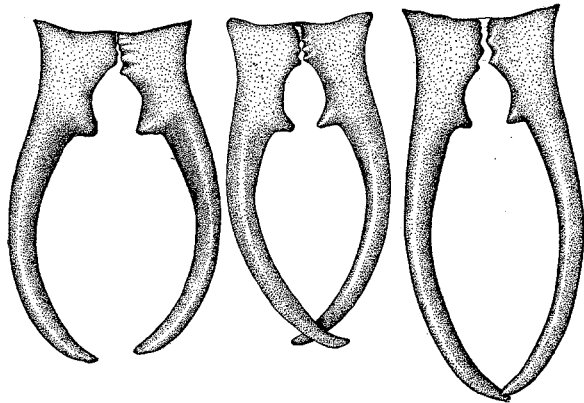


54

55

56

57



58

59

60

Abb. 6, Nr. 46-60.

5 mm aufwärts zu den „macrolabia“. Diese Bezeichnungen versagen also für den exakten Gebrauch und lassen sich nur ganz im allgemeinen und auch dann nur mit Vorsicht anwenden, wie weiter unten gezeigt werden soll.

Die weitere allgemeine Betrachtung der kleinen, mittleren und großen Zangentypen hat also weniger die absolute Größe der einzelnen Objekte der Reihe zu berücksichtigen — denn in der Anordnung der Zangen nach steigender Länge unterscheiden sich (außer 59 und 60) zwei benachbarte Cerci hinsichtlich ihrer Länge nur um einen sehr geringen Betrag (wenige Zehntel Millimeter) —, sondern es muß angestrebt werden, die Formverhältnisse der der Länge nach nur wenig differierenden Zangen klarer zu erfassen.

Ein Überblick über die Gesamtreihe zeigt, daß bei den Endgliedern der Reihe eine größere Ähnlichkeit bei annähernd gleicher Länge vorliegt, als bei den Anfangsgliedern. Bei diesen herrscht große Formverschiedenheit, sogar bei genau gleicher Länge; besonders ist diese Verschiedenheit zu bemerken bei 11—15, 16—20, 30—33 und 34—37.

Diese ausgeprägte Verschiedenheit im Habitus der kurzen Zangen ist für alle weiteren Ausführungen von großer Bedeutung und soll zunächst an Hand der Abbildungen demonstriert werden; sie wird bei der graphischen Darstellung der 60 Zangen noch besonders deutlich in Erscheinung treten und im weiteren Verlauf der Untersuchung ihre Erklärung finden.

In der DE BORMANSSchen Bearbeitung der *Forficuliden* im „Tierreich“ (Übersetzung von KRAUSS) wird die „forma cyclolabia“ als kurz und „kreisförmig gebogen“ der „forma macrolabia“ gegenübergestellt; die rundliche Gestalt der kurzen Zangen wird also besonders betont und auch im Namen zum Ausdruck gebracht. Die neuere Bezeichnung „brachylabia“ sieht hingegen wieder von einer Formcharakterisierung ab und legt nur Gewicht auf die Längenunterschiede. Merkwürdigerweise sind demnach die weitgehenden typischen Formunterschiede innerhalb der Gruppe der kurzen Zangen den bisherigen Bearbeitern entgangen, wohl hauptsächlich durch das Unterbleiben einer genauen zeichnerischen Darstellung einer größeren Serie von Objekten, die einen gleichzeitigen Überblick und Vergleich gestattet. Nur bei DIAKONOV, dem exaktesten Bearbeiter der Zangenvariabilität, findet sich folgender kurzer Hinweis auf Krümmungsverschiedenheiten innerhalb der Gruppe der „brachylabia“: „. . . the forcipes which are well known to be different not only in size but also in form: in macrolabia they are of oval shape, in brachylabia more roundish, though among them there occur oval ones. Unfortunately, these differences do not admit of an exact quantitative computation.“

Worin bestehen nun die angedeuteten Verschiedenheiten innerhalb der Reihe der kurzen Zangen? In Abb. 6 zeigt Zange 1, 2 und 3 schlangengebaute Zangenglieder; die Spitzen der rechten und linken Zangenglieder berühren sich, bei 3 überschneiden sich sogar die Endglieder um ein be-

trächtliches Stück. Zange 4 zeigt jedoch, bei gleichbleibender Länge mit 3, einen wesentlich anderen Habitus. Als wichtigstes Merkmal berühren sich hier die Spitzen der Zangenglieder nicht (Abstand der Zangenspitzen  $A\ 3 = 0,8$  mm), sie klaffen bei maximal geschlossener Zange um 0,8 mm. Außerdem ist diese Zange wesentlich breiter als die drei ersten Cerci, ferner liegt der letzte große Zahn viel weiter distal auf die Zangenspitzen zu verschoben — mit anderen Worten, der Zahnabstand  $A\ 1$  hat einen viel größeren Wert als bei Zange 1—3. Die Zangenglieder von 4 sind viel massiger und kräftiger, der von ihnen umschlossene Raum nähert sich mehr der Kreisform, während er bei 1—3 mehr elliptische Gestalt aufweist.

In der Reihe 1—60 finden sich insgesamt 13 Zangen mit mehr oder weniger stark ausgebildetem Abstand der Zangenspitzen  $A\ 3$  ( $A\ 3$  schwankend innerhalb der Grenzen 0,2—0,8 mm), und zwar die Cerci 4, 8, 10, 12, 14, 17, 18, 20, 21, 22, 26, 30 und 34; alle diese Objekte zeigen die oben für 4 gekennzeichneten Eigentümlichkeiten. Außer den 13  $A\ 3$ -Werte zeigenden Zangen finden sich unter den 60 zur Formanalyse vorliegenden Objekten noch weitere, die unzweifelhaft zum breiten, kurzen Formtypus gehören, wie wir vorläufig diese Kategorie bezeichnen wollen. Diese unterscheiden sich von den genannten 13 Zangen nur durch den völligen distalen Verschluss der Zangenendglieder. Unter diese Zangen, für die  $A\ 3$  also = 0 ist, sind mit Sicherheit zu rechnen: 5, 6, 9, 23, 25, 28 und 32. Damit ist ungefähr eine mittlere Länge erreicht, eine Region, wo die Bezeichnung „brachylabia“ oder „macrolabia“ nicht mehr ohne weiteres möglich ist, wie oben dargelegt wurde.

Nun bleibt noch der zweite Typus der „brachylabia“ zu charakterisieren. Abb. 6, 3 zeigt eine sehr kurze, aber typisch schlanke Zange mit sehr geringem Werte für  $A\ 1$ , und relativ langen dünnen Zangengliedern distal vom letzten großen Zahn; die Zangenspitzen überlagern sich,  $A\ 3$  ist natürlich = 0. Hervorzuheben ist noch die geringe Breite der Zange an der Einlenkungsstelle im letzten Abdominalsegment.

Zu diesem schlanken Typus der kurzen Cerci gehören ferner noch: 2, 7, 11, 13, 15, 19, 24, 27, 31, 33, 35 und 37. Mit 37 sind wiederum die hinsichtlich ihrer Einordnung schwierig zu beurteilenden mittleren Zangenspitzen erreicht.

Bei größeren Längen als Zange 34 (also von 35—60) tritt bei keinem Objekte mehr ein Wert für  $A\ 3$  auf, alle Spitzen der mittleren und großen Zangen berühren sich oder überschneiden sich sogar. Der Wert  $A\ 3$  fällt also als Indikator für einen besonderen Zangentyp von einer bestimmten Länge ab fort.

Es sei an dieser Stelle betont, daß sowohl bei dem oben gekennzeichneten schlanken Typus der „forma brachylabia“ als auch bei sämtlichen „macrolabia“ niemals ein Abstand der Zangenspitzen  $A\ 3$  beobachtet wurde (selbstverständlich bei maximal geschlossenen Zangen gemessen).

Als Überleitung zu den langen Zangen der Untersuchungsreihe hat nunmehr eine Kennzeichnung der mittleren Längen zu erfolgen; in der

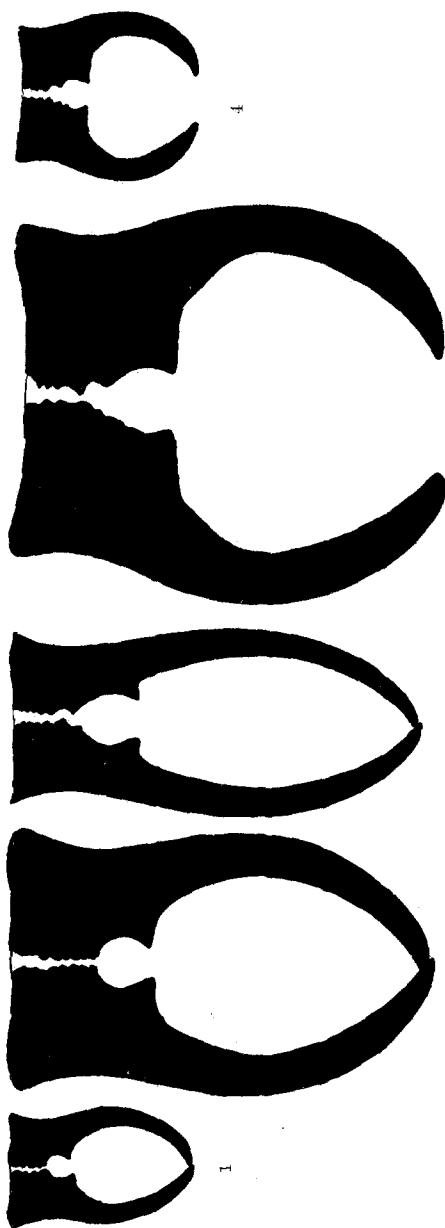


Abb. 7. Formähnliche Vergrößerung der kürzesten (und schlanksten) Zange (Nr. 1 der Abb. 6) auf die Länge der größten Zange (Nr. 60 der Abb. 6) und einer kurzen Zange vom breiten Typus (Nr. 4 der Abb. 60) ebenfalls auf die Länge von Nr. 60. Darstellung der Formähnlichkeit der schlanken kurzen Cerci mit den extrem langen und der fehlenden Ähnlichkeit des breiten kurzen Formtypus mit den extremen Plusvarianten der Länge.

Zange 1, als Vertreter der schlanken und 4 als Vertreter der breiten Form sollen mit 60, der längsten Zange, verglichen werden. Mit Hilfe

Gruppe 38—49 lassen sich immerhin noch einige schlankere Typen feststellen gegenüber gleichlangen ihrer Nachbarschaft, so z. B. 41, 44, 48. Von 50 ab ließe sich etwa die Bezeichnung „macrolabia“ anwenden, und bei gänzlich geschlossenen Zangengliedern ist es nicht mehr möglich, irgendwelche Unterteilung nach schlankeren und breiteren Zangentypen vorzunehmen.

Es entsteht nun die Frage, welchem Typ der „brachylabia“ gleichen die so gleichmäßig ähnlich gebauten „macrolabia“?

Abb. 7 erläutert diese Ähnlichkeitsbeziehungen: Es sind 5 Cerci in natürlichem Formenumriß dargestellt, und zwar in der Mitte die längste der 60 Zangen (60), ganz links die kürzeste Zange (1), die zum schlanken Typus gehört, und am äußersten Ende rechts die viert-kürzeste (4), fast ebenso langgestreckt wie 1, aber dem gedrunghenen breiten Typ angehörig ( $A\ 3 = 0,8$ ).



des Mikroprojektionsapparates ist Zange 1 und 4 auf das Längenmaß von 60 formähnlich vergrößert und zum Vergleich rechts und links neben die extrem lange Zange gestellt worden (s. in Abb. 7 die Numerierung der einzelnen Zangen). Eine vergleichende Betrachtung zeigt ohne weiteres die wesentlich größere Ähnlichkeit der Form von Zange 1 als von 4 mit der längsten Zange 60.

Es ergibt sich hieraus schon an dieser Stelle die Folgerung, daß die *schlanken kurzen* und die *extrem langen Zangen* hinsichtlich ihrer *Formähnlichkeit enger* zusammengehören als die im Habitus von den *schlanken-kurzen* so verschiedenen *breiten-kurzen Zangen*.

Unter den langen Cerci — also etwa von Länge 50 ab — bemerkt man eine sehr große Ähnlichkeit der Form bei: 50, 51, 52, 53, 56, 57, 59 und 60. Die Zwischenglieder haben zum Teil etwas asymmetrischen Bau, so z. B. 54 und 55; sie wären bei der Aufstellung von Variationsreihen nicht berücksichtigt worden. Bis 59 einschließlich nimmt die Länge, wie bei den übrigen Gliedern der Reihe, allmählich ohne scharfe Sprünge zu. Die große Längendifferenz zwischen 59 und 60 erklärt sich aus der Seltenheit der extremen Plusvarianten, von denen wenigstens ein Individuum in der Reihe auf die Ähnlichkeit hin geprüft werden sollte. Weiteres läßt sich über den Typus der „macrolabia“ auf Grund der einfachen vergleichenden Betrachtung nicht ermitteln; die graphische Darstellung wird auf diese Formbesonderheit noch zurückzugreifen haben.

## VI. Graphische Darstellung der Form und Ableitung korrelativer Beziehungen im Bau der Zange an 60 männlichen Zangen.

Der vorausgeschickte Versuch einer Gestaltanalyse der männlichen *Forficula*-Cerci hat bereits durch bloßen Vergleich einer Reihe von 60 Objekten neue Formeigentümlichkeiten ermittelt, die eine andere Einteilungsmöglichkeit der vorliegenden Formverschiedenheiten darbieten.

Im folgenden soll diese aufgezeigte Variabilität der Zangenform durch eine geeignete graphische Darstellungsmethode genauer untersucht und die Formähnlichkeit der eliminierten Typen klarer demonstriert werden; an Stelle der äußerlichen Vergleichung treten exakte Maße.

Die Grundlage für die graphische Darstellung bilden wieder die gleichen 60 männlichen Cerci, die im vorhergehenden Abschnitt einer vergleichendene Betrachtung unterworfen wurden.

Das Prinzip der graphischen Anordnung besteht in folgendem: Auf der horizontalen Abszissenachse werden äquidistant senkrechte Ordinaten errichtet; die Fußpunkte der Ordinaten werden mit den fortlaufenden Nummern der Objekte 1—60 bezeichnet, und zwar nach steigenden Werten für die Zangenlänge, wie in Abb. 6. (Abb. 8, 13, 14, 15, mit kräftig ausgezogenen Zahlen; jede Zahl gibt immer ein und dasselbe Objekt an. In der Abb. 9, 10, 11 und 12 hingegen geben die Zahlen an der Ab-

szissenachse nur die fortlaufende Numerierung bei der jeweiligen Umgruppierung der 60 Zangen an; die Zahlen sind in dünnerer Schrift ausgezogen. Die Grundnumerierung der einzelnen Objekte nach der ursprünglichen Anordnung Abb. 6 und 8 läßt sich für diese vier graphischen Darstellungen 9, 10, 11 und 12 aus den beigegeführten Abb. 9a, 10a, 11a und 12a entnehmen.)

Auf jeder Ordinate, die also eine Zange repräsentiert, sind nun alle wesentlichen, an dem betreffenden Objekt gemessenen Größen (s. Abb. 4a) als Punkte markiert, und zwar: 1. Zangenlänge L, 2. Zangenbreite B, 3. Zahnabstand A 1, 4. Zahnabstand A 2, 5. Abstand der Zangenspitzen A 3, 6. Radius R, 7. Krümmungsmaß  $K = \frac{1}{R}$ , 8. Quotient L : B, 9. Quotient A 2 : A 1, und endlich 10. Größte Breite des Abdomens B 1.

Die wahren Werte (an der Zange gemessen) sind derart mit geeigneten Faktoren multipliziert, daß ein möglichst klarer Überblick erreicht wird. Die Werte für L, B, B 1, A 1, A 2 und R sind um den gleichen Betrag vergrößert dargestellt (20 fach), die der Quotienten L : B und A 2 : A 1 sind mit 5 multipliziert und in Millimeteereinheiten aufgetragen; das Krümmungsmaß  $K = \frac{1}{R}$  ist mit 25 multipliziert und ebenfalls in Millimeteereinheiten eingezeichnet, und der Abstand der Zangenspitzen A 3 endlich ist in 10 facher Vergrößerung an den Fußpunkten der Ordinaten kenntlich gemacht<sup>1</sup>. Durch die Wahl der angegebenen Vergrößerungsfaktoren der wirklichen Werte sind zusammengehörende Maße auch um den gleichen Betrag vergrößert worden, wodurch der zur Verfügung stehende Raum für sämtliche 10 gemessene Größen in übersichtlicher Weise ausgenutzt wird.

Zur Erleichterung der Beurteilung der Ähnlichkeit zweier benachbarter Zangen sind ferner alle „homologen“ Punkte der Ordinaten durch bestimmt gekennzeichnete Linien (s. Überschrift in Abb. 8) miteinander verbunden. Jede Ordinate mit den auf ihr abgetragenen Maßen stellt gewissermaßen eine Formel für jede der 60 untersuchten Cerci dar.

Nehmen wir zwei hinsichtlich der Länge, der Krümmung und sonstigen Konfiguration völlig gleiche Zangen an — die sich also durch Aufeinanderlegen restlos zur Deckung bringen lassen —, so würden die Verbindungslinien gleichartiger Maßpunkte unter sich und zur Abszissenachse parallel verlaufende Gerade darstellen. Dies wäre nur bei vollkommener Kongruenz der Fall, die allerdings bei organischen Objekten kaum zu erwarten ist.

Liegen verschieden lange Zangen zur Beurteilung ihrer Formähnlichkeit vor (nach zunehmender Länge geordnet), und verbindet man alle

<sup>1</sup> Diese Werte sind durch die Reproduktion auf  $\frac{3}{10}$  verkleinert worden.

zugehörigen Maßpunkte in der oben geschilderten Weise, so müssen bei vorhandener vollkommener Ähnlichkeit alle Liniensysteme von der kleinsten zur größten Zange divergierend auseinanderlaufen, als ob sie von einem auf der Abszissenachse außerhalb der untersuchten Reihe gelegenen Punkte, dem „Ähnlichkeitszentrum“ ausstrahlten. In Wirklichkeit wird sich auch dieser theoretische Fall bei organischem Material nur in den seltensten Fällen einer beobachteten Längenvariabilität irgendeines Organes in mathematischer Genauigkeit aufzeigen lassen.

Für die praktisch vorliegende Reihe wird man für die geschilderte Darstellungsmethode der Ähnlichkeit einer Anzahl von Objekten die Regel anzunehmen haben, daß der Gesamtlinienzug aller gemessenen neun Größen (A 3 liegt nur bei 13 Objekten vor) um so mehr einen parallelen bzw. schwach divergenten Verlauf zeigen wird, je homogener das Untersuchungsmaterial hinsichtlich seiner Formgestaltung ist. Laufen die neun Linienzüge zwischen zwei benachbarten Zangen parallel der X-Achse, so liegt maximale Ähnlichkeit vor, bei harmonischer Divergenz im Sinne des Anordnungsprinzipes ist noch Ähnlichkeit vorhanden; bei Überschneidung und Kreuzung aller oder einiger Linienzüge läßt sich große Formverschiedenheit feststellen.

Es ist selbstverständlich, daß die für jedes Objekt verwandten zehn Maße ein völlig identisches Abbild der Zangengestalt nicht liefern können; für den vorliegenden Zweck sind jedoch die hinsichtlich der Form charakteristischsten Punkte gewählt worden, so daß man auf Grund der gegebenen Ordinate mit den abgetragenen zehn Maßpunkten ein genügend genaues Bild der betreffenden Zange zeichnerisch rekonstruieren könnte.

Die Analyse der graphischen Darstellungen hat sich zunächst mit den Abb. 8, 9, 10, 11 und 12 zu befassen; in diesen fünf Aufzeichnungen sind die nunmehr bereits bekannten 60 Objekte in einer jeweils verschiedenen Reihenfolge angeordnet.

### *1. Anordnung.*

Abb. 8, die erste Anordnung, ist nach derselben Reihenfolge getroffen wie die Bildserie der 60 Zangen in Abb. 6; wir beobachten also als Linienzug für die Zangenlänge L eine gleichmäßig ansteigende gebrochene Linie. Da unter den 60 Objekten sich relativ mehr kurze als lange Zangen befinden, steigen die Werte für L bei den längeren Cerci, also etwa von 47 ab, sprunghafter an.

Ein Überblick über die acht Linienzüge (der Abstand A 3 sei noch zurückgestellt) zeigt, daß die durch sie repräsentierten Größen nicht die Längelinie L in absolut parallelem Laufe von der kürzesten Zange 1 bis zur längsten 60 begleiten; die Linienzüge stellen mehr oder weniger stark gebrochene Systeme dar.

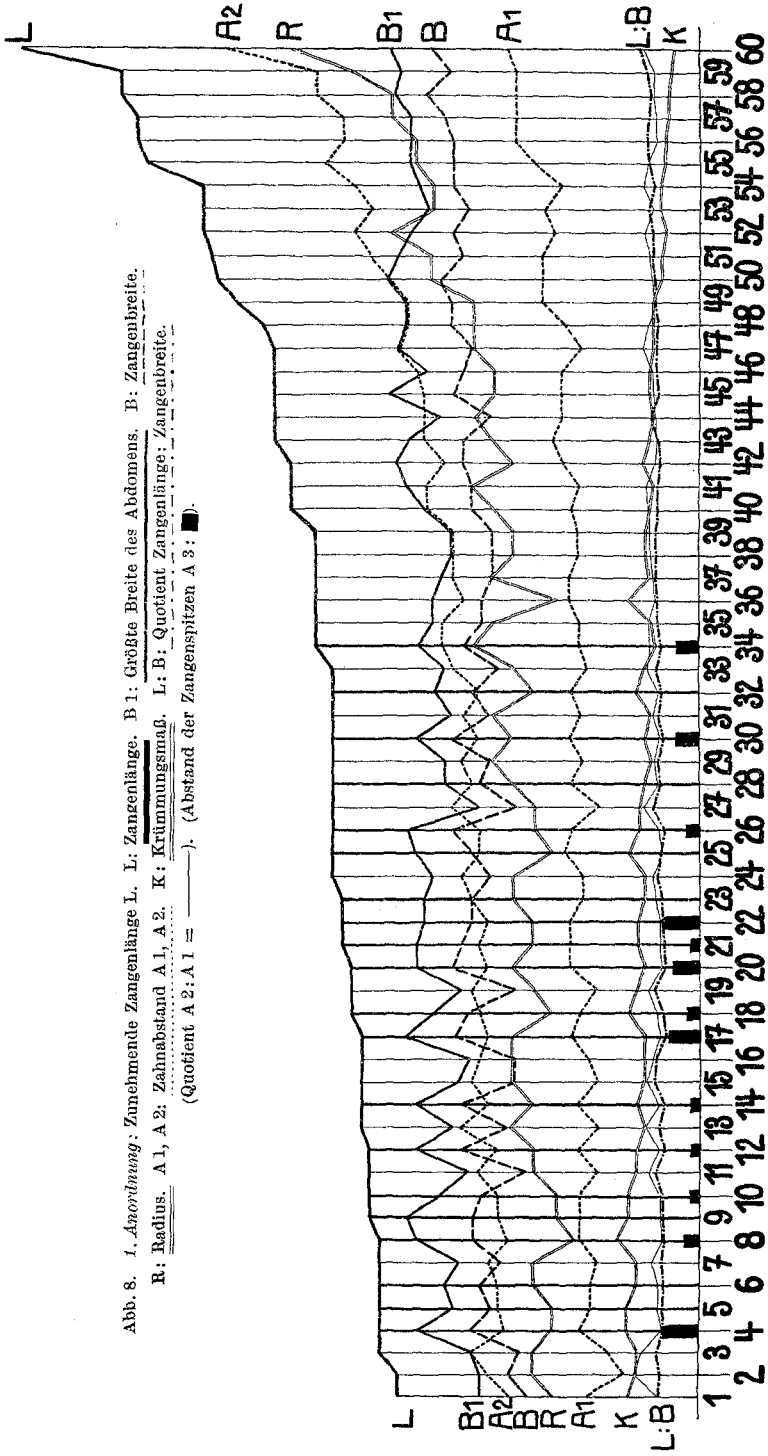


Abb. 8. 1. *Auswertung*: Zunehmende Zangenlänge L, L: Zangenlänge, B 1: Größte Breite des Abdomens, B: Zangenbreite, R: Radius, A 1, A 2: Zahnabstand A 1, A 2, K: Krümmungsmaß, L: B: Quotient Zangenlänge: Zangenbreite, (Quotient A 2: A 1 = ————), (Abstand der Zangenspitzen A 3: ■).

Bei 1 ist die Ordnung der Maßpunkte auf der Ordinate von oben nach unten: L, B 1, A 2, B, R, A 1, K, A 2 : A 1 und L : B; bei 60 ist die Reihenfolge eine andere: L, A 2, R, B 1, B, A 1, L : B, A 2 : A 1 und K. Die Linienzüge überschneiden sich also zum Teil und zeigen damit eine ungleiche Zunahme der gemessenen Größen von der kleinsten zur größten Zange an. Der Zahnabstand A 2 weist die größte relative Längenzunahme auf, dann folgt der Krümmungsradius R. Die größte Breite des Abdomens B 1 und die Zangenbreite B zeigen in ihrem Linienverlauf fast durchweg den gleichen Abstand; B 1—B ist also nahezu konstant, d. h. je breiter das Abdomen des betreffenden ♂ ist, um so breiter ist auch die Zange an der Einlenkungsstelle, oder mit anderen Worten: B 1 und B stehen in positiv-korrelativer Abhängigkeit zueinander.

Verfolgt man den Verlauf der Linien für B 1 und B genauer, so sieht man, daß diese beiden Größen in der 1. Anordnung nach steigender Zangenlänge, wenigstens von 1—30 der Reihe ab die am stärksten gebrochenen Linienzüge aufweisen, d. h. unter den kurzen Zangen nimmt bei gleichmäßig ansteigender Länge die Breite nicht bei allen Objekten ebenfalls gleichmäßig zu, schmale Zangen stehen dicht neben gleichlangen unverhältnismäßig breiten, ein Resultat, das wir auch schon bei der einfachen Betrachtung der Bildreihe Abb. 6 erzielt hatten.

Die kurzen Zangen mit den hohen Werten für B 1 und B tragen die Nummern: 4, 8, 10, 12, 14, 17, 18, 20, 21, 22, 26, 30 und 34, es sind die gleichen 13 Objekte für die schon bei Abb. 6 jeweils ein Wert für den Abstand der Zangenspitzen A 3 festgestellt wurde. A 3 ist auf sämtlichen graphischen Darstellungen durch ein kleines schwarzes Rechteck am Fußpunkt der Ordinaten gekennzeichnet, außerdem sind die Ordinaten dieser Zangen kräftiger ausgezogen (die Höhe des Rechteckes gibt den Wert für A 3 an). Abb. 6 hatte bereits dargetan, daß außer den A 3-Werte zeigenden kurzen, breiten Zangen in der Reihe noch weitere Objekte vom ähnlichen Typ zu finden sind (5, 6, 9, 23, 25, 28 und 32), deren Zangenspitzen sich aber berühren: auch diese sind in Abb. 8 durch stark ausgezogene Ordinaten deutlicher hervorgehoben.

In Abb. 8 ist das Anordnungsprinzip einzig die Längenzunahme; bei gleichen Werten für L finden sich, wie auch bereits Abb. 6 zeigte, nebeneinander schlanke kurze und breite kurze Typen, daher also der stark gebrochene Linienverlauf für B 1 und B (dünne Ordinaten neben dicken!).

Was lehren nun die übrigen graphisch dargestellten Maße und Linienzüge?

Der Krümmungsradius R zeigt in seinem Linienverlauf von der kleinsten zur größten Zange ein Ansteigen, das in der Gesamtheit der Längelinie L folgt; im einzelnen liegt auch hier eine gebrochene Linie vor, und gleich lange Objekte haben durchaus nicht die gleiche Krümmung, wie Zange 3—8 und 24—33 zeigt. Die langen Zangen weisen die

größten Werte für R auf, sie sind also am wenigsten stark gekrümmt. Dieses läßt auch der Verlauf der Linie für das Krümmungsmaß  $K = \frac{1}{R}$  klar erkennen: die kürzesten Zangen haben die größten Werte für K, dann folgt gleichmäßiger Abfall bis zur längsten Zange. Daß die K-Linie genau gegenläufig zu R ist, versteht sich von selbst. Eine weitere Gesetzmäßigkeit über die Krümmung läßt sich aus dieser 1. Anordnung nicht ablesen.

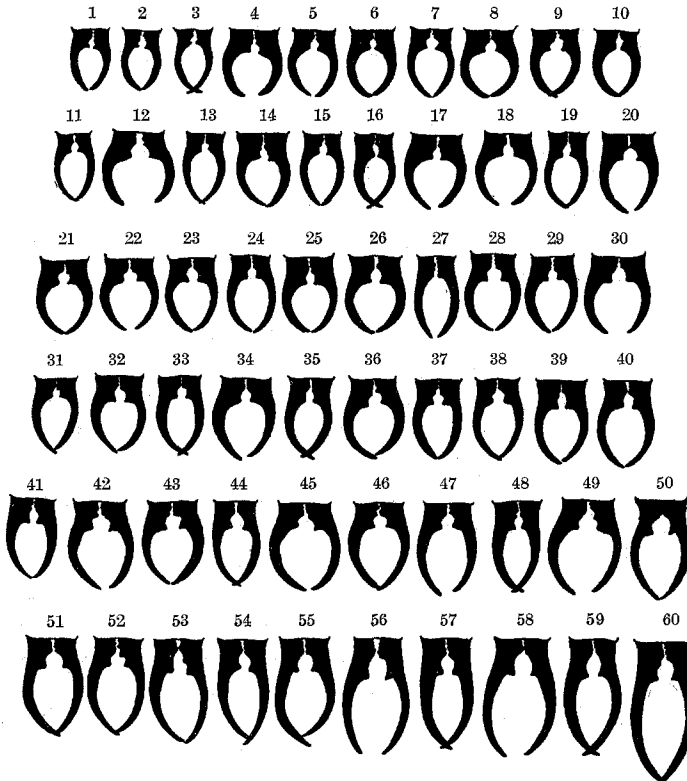


Abb. 8a. Bildliche Darstellung zur Ergänzung der graphischen Reihe Abb. 8 (Anordnung nach zunehmender Zangenlänge L).

Die Linienzüge für die Zahnabstände A 1 und A 2 (Abb. 4a) lassen eine weitere Charakterisierung der kurzen breiten Zangen zu. Für 20 Objekte wurde ja durch dickere Ordinaten die Zugehörigkeit zu diesem Typus gekennzeichnet (13 Objekte mit A 3-Werten + 7 Objekte mit A 3 = 0). Diese Zangen zeigen regelmäßig geringere Werte für A 2 als ihre benachbarten schlanken kurzen Cerci, während ihre A 1-Werte relativ höher sind in bezug auf diese. Hierdurch wird das häufige Überschneiden für den Linienzug der Zangenbreite B hervorgerufen. Bei den kurzen

breiten Zangen liegt also der große Zahn viel weiter distal, eine Tatsache, die mit dem plumpere Aussehen dieser Typen bewirkt. Jenseits 34, der letzten einen A 3-Wert zeigenden Zange, verlaufen A 1 und A 2 wesentlich gleichmäßiger, die Differenz A 2—A 1 nimmt ziemlich konstant zu.

Der Quotient A 2 : A 1 (Abb. 8: dünne, ausgezogene Linie) bestätigt das über diese Zahnabstände oben Gesagte: sein Wert ist groß bei den schlanken kurzen Zangen mit kleinem A 1 und klein bei den breiten kurzen (s. 11—19 und 26—34).

Der Linienzug für den Quotient L : B zeigt ebenfalls relativ hohe Werte bei den schlanken kurzen Cerci (11—20, 23—34) und das Gegenteil bei den breiten Typen. Für die mittleren und langen Zangen, also etwa oberhalb 34, ist das Verhältnis von Zangenlänge zu Zangenbreite L : B nahezu konstant, der Linienzug läuft ohne wesentliche Störungen fast parallel zur Abszissenachse.

Über die Verteilung der 13 + 7 kurzen breiten Objekte läßt sich in dieser 1. Anordnung nur das schon in Abb. 6 festgestellte bestätigen, nämlich die Beschränkung dieser Form auf geringe Zangenlänge.

Um die graphische Darstellung anschaulicher zu gestalten, ist jeweils die betreffende Anordnung bildlich beigelegt. Abb. 8a entspricht also Abb. 8 (und Abb. 6) und kann zum Vergleich herangezogen werden; die diskutierte Unähnlichkeit der Form benachbarter *kurzer* Cerci ist hier besonders deutlich erkennbar.

Nach Aufstellung der 1. Anordnung ergab sich von selbst die Aufgabe, zu versuchen, ob nicht durch die Wahl eines anderen Anordnungsprinzipes es möglich sei, die Ähnlichkeit bzw. Unähnlichkeit der einzelnen Glieder der Untersuchungsreihe noch klarer zum Ausdruck zu bringen, als es in der Anordnung nach steigender Zangenlänge der Fall ist. Wir haben ja festgestellt, daß die *Forficula*-Cerci durchaus nicht nur in der Zangenlänge variieren. Im Prinzip läßt sich natürlich jedes als variierend erkannte Maß als Grundlage einer Reihenfolge verwenden.

Es wurden folgende charakteristische Größen für die weiteren graphischen Darstellungen gewählt.

Der Radius R, die Zangenbreite B, der Quotient A 2 : A 1 und schließlich der Quotient L : B.

Wir wenden uns nunmehr der 2. Anordnung zu.

## 2. Anordnung.

Nach zunehmendem Radius R. (Zahlen an den Fußpunkten der Ordinaten hier nur fortlaufende Numerierung! Richtige Reihenfolge s. Abb. 9a.)

Ein Überblick über den Gesamtverlauf der neun Linienzüge in Abb. 9 zeigt im Vergleich zu Abb. 8 einen wesentlich klareren Verlauf; dieses

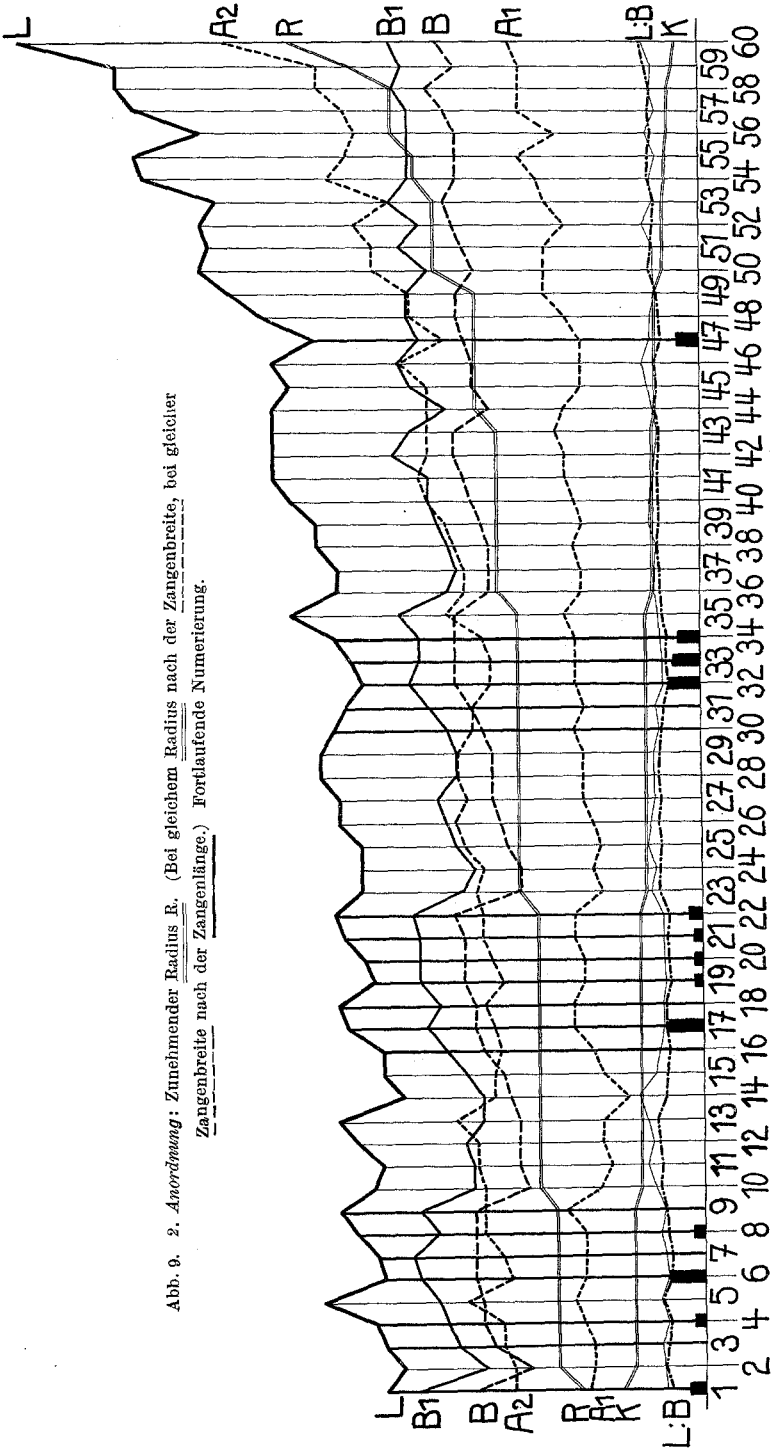


Abb. 9. 2. Anordnung: Zunehmender Radius R. (Bei gleichem Radius nach der Zangenbreite, bei gleicher Zangenbreite nach der Zangenlänge.) Fortlaufende Numerierung.



rührt zum Teil daher, daß das Anordnungsprinzip insofern verfeinert wurde, als für Zangen mit gleichem Krümmungsradius  $R$  (also auch gleichem Krümmungsmaß  $K = \frac{1}{R}$ ) eine weitere Unterordnung vorgenommen wurde.

Gleichstark gekrümmte Objekte wurden nach zunehmender Zangenbreite  $B$ , solche, die auch noch in der Breite übereinstimmten nach ansteigenden Werten für die Zangenlänge  $L$  angeordnet. Durch dieses dreifache Anordnungsprinzip, das auch für die Abb. 10, 11 und 12 in entsprechender Abänderung Geltung hat, wurde eine exaktere Ordnung nach der Formähnlichkeit angestrebt bei deutlichem Hervorheben der unsere 1. Anordnung (Abb. 8) so stark verwirrenden 20 kurzen breiten Zangen. Diese durch die kräftigen Ordinaten und die in 13 Fällen bei ihnen vorliegenden  $A$  3-Werte besonders gekennzeichneten Objekte störten ja, wie oben in Abb. 6 und 8 gezeigt wurde, die kontinuierliche Ähnlichkeitsreihe: schlanke kurze — schlanke lange Zangen (s. auch Abb. 7). Auf diese dem „normalen“ Formtypus so unähnlichen, störenden Objekte ist fernerhin besonders das Augenmerk zu richten. Nun zur Charakterisierung der Linienzüge selbst.

Die Linie für die Zangenlänge  $L$  zeigt bei der gewählten Anordnung einen mäßig stark gebrochenen Verlauf, insgesamt allmählich ansteigend zur längsten Zange 60. Die zum Vergleich heranzuziehende Abb. 9a lehrt, daß die kürzeste Zange 1 an zweite Stelle getreten ist, die längste 60 hat ihren Platz behalten, sie hat also den größten Wert für  $R$ , demgemäß ist sie am schwächsten gekrümmt, was zu erwarten ist. Die zweitkürzeste Zange (Abb. 9a, 2) steht an 14. Stelle (Abb. 9, lfd. Nr. 14); es entspricht also die Reihenfolge nach steigender Zangenlänge  $L$  keineswegs genau der Anordnung nach wachsenden Werten für den Radius  $R$ . Dieser kommt bei unseren 60 Objekten in 11 Werten vor, wie die Linienzüge für  $R$  und  $K$  der Abb. 9 zeigen; viele Objekte haben die gleiche Krümmung (siehe lfd. Nr. 2—9, 10—22, 23—35 usw.), und im Anschluß an diese Tatsache läßt sich eine genauere Charakterisierung der kurzen breiten Zangen für die vorliegende „Krümmungsreihe“ geben.

Diese liegen, im Gegensatz zu der 1. Anordnung, in mehreren Gruppen auf drei Radienwerte verteilt; so bei lfd. Nr. 2—9, 10—22 und 23 bis 35 (kräftig ausgezogene Ordinaten und  $A$  3-Werte). Die Zangen wurden, wie oben mitgeteilt, bei gleicher Krümmung nach zunehmender Zangenbreite  $B$  aneinandergereiht (ansteigender Verlauf der Linienzüge für  $B$  und  $B$  1 bei horizontal laufender Linie für Radius  $R$  und Krümmungsmaß  $K$ ).

Die graphische Darstellung lehrt also, daß die kurzen breiten Zangentypen in einer Reihe gleichstark gekrümmter Formen die breitesten sind (Abb. 9, lfd. Nr. 10—22 und 23—35). Unsere 2. Anordnung gibt uns mit

dieser Feststellung ein weiteres Charakteristikum dieser Formgruppe der „brachylabia“ an die Hand.

Die Linienzüge für die Breitenmaße B und B 1 zeigen im Gesamtverlauf der Zangenserie den schon bei der 1. Anordnung beobachteten parallelen Verlauf, der auf eine positive Korrelation zwischen der größten Breite des Abdomens B 1 und der Zangenbreite B schließen ließ. In den

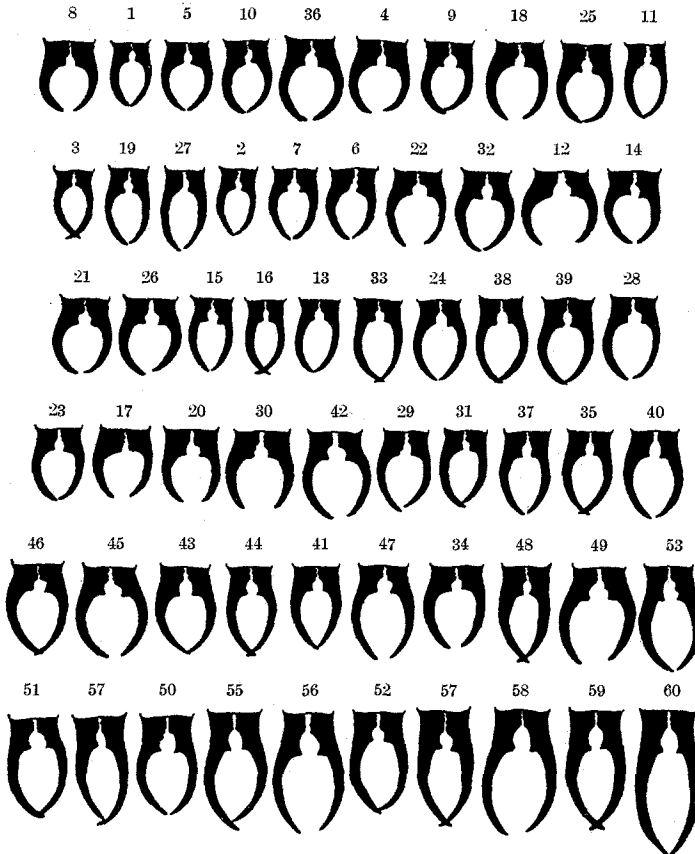


Abb. 9a. Bildliche Darstellung zur Ergänzung der graphischen Reihe Abb. 9  
(Anordnung nach zunehmendem Radius R).  
Die Numerierung entspricht der Abb. 6 und 8a.

einleitenden allgemeinen Bemerkungen zu diesem Kapitel wurde für diese Art der graphischen Darstellung der Ähnlichkeit festgestellt, daß ein Parallelverlauf der Linienzüge der untersuchten Merkmale mit der Abszissenachse das Zeichen für sehr stark ausgeprägte Ähnlichkeit benachbarter Objekte ist.

In der 2. Anordnung (Abb. 9) läßt sich dieser geforderte Parallelverlauf für unsere 20 kurzen breiten Typen der „brachylabia“ gegenüber den

benachbarten Gruppen gut beobachten (siehe lfd. Nr. 6—9, 16—22 und 30—34): B 1, B, R, A 1, K, A 2 : A 1 und L : B zeigen sehr regelmäßige horizontale Anordnung ihrer Linienzüge.

Eine bemerkenswerte Ausnahme hiervon macht der Zahnabstand A 2, der im Bereiche der kurzen breiten Zangen gerade niedrige Werte aufweist (Abb. 9, lfd. Nr. 6—9, 16—22 und 30—34). A 2 bildet ja einen wesentlichen Anteil an der Zangenlänge L, es ist also auch zu erwarten, daß dies in der graphischen Darstellung zum Ausdruck kommt: A 2 läuft in Abb. 9 dem Linienzug für die Zangenlänge L sehr genau parallel.

Für die Linienzüge der Quotienten A 2 : A 1 und L : B gilt dasselbe, was schon bei der 1. Anordnung festgestellt wurde.

### 3. Anordnung:

Nach zunehmender Zangenbreite B.

Abb. 10 zeigt unsere 60 Objekte nach steigenden Werten für die Zangenbreite B angeordnet; Zangen mit gleichen Werten für B sind nach zunehmendem Radius R, bei gleichem Radius noch nach der Zangenlänge L von rechts nach links auf der Abszissenachse aneinandergereiht. Die zum Vergleich beigegebene Übersicht über die Objekte selbst (Abb. 10a) zeigt bereits deutlich, daß bei der gewählten Anordnung nach der Zangenbreite B gegenüber der 1. Anordnung nach der Zangenlänge L (Abb. 8) eine erhebliche Umordnung der einzelnen Objekte stattgefunden hat: die kürzeste Zange 1 ist zwar die schmalste, die längste dagegen (60) ist nicht die breiteste; viele kurze Objekte haben ihre ursprüngliche Stelle verlassen und eine wesentlich höhere laufende Nummer erhalten. So steht die zweitkürzeste Zange (2, Abb. 10a) an achter Stelle hinsichtlich der Zangenbreite (Abb. 10, lfd. Nr. 8), die fünftkürzeste (5) an zwölfter (Abb. 10, lfd. Nr. 12), Zange 4 ist lfd. Nr. 26 geworden usf.

Die graphische Darstellung selbst (Abb. 10) stellt die Ähnlichkeit der uns besonders interessierenden kurzen breiten Zangentypen untereinander bei der vorliegenden „Breitenreihe“ noch klarer dar, als die beiden vorhergehenden Anordnungen 1 und 2. Unsere 20 kurzen breiten Objekte sind zu einheitlichen Gruppen zusammengetreten (siehe lfd. Nr. 25—32 und 37—46), die untereinander ziemlich weitgehende Parallelität der Linienzüge aufweisen.

Viele Zangen haben gleiche Breite, in solchen Gruppen finden wir die kurzen breiten Typen (kräftige Ordinaten) meist zu Beginn eines neuen Anstiegs der Linie für B (der Anordnungsbasis), d. h. also bei relativ geringen Werten für R und L. Mit anderen Worten: unter einer Reihe von gleichbreiten Zangen (Abb. 10, lfd. Nr. 25—36, 37—42 und 43—56) sind die kurzen breiten Cerci am stärksten gekrümmt (hohe Werte für K, niedrige Werte für R), ferner sind sie die relativ kürzesten. Dies letztere äußert sich in tiefen Einsenkungen der „Längelinie“ über Objekten

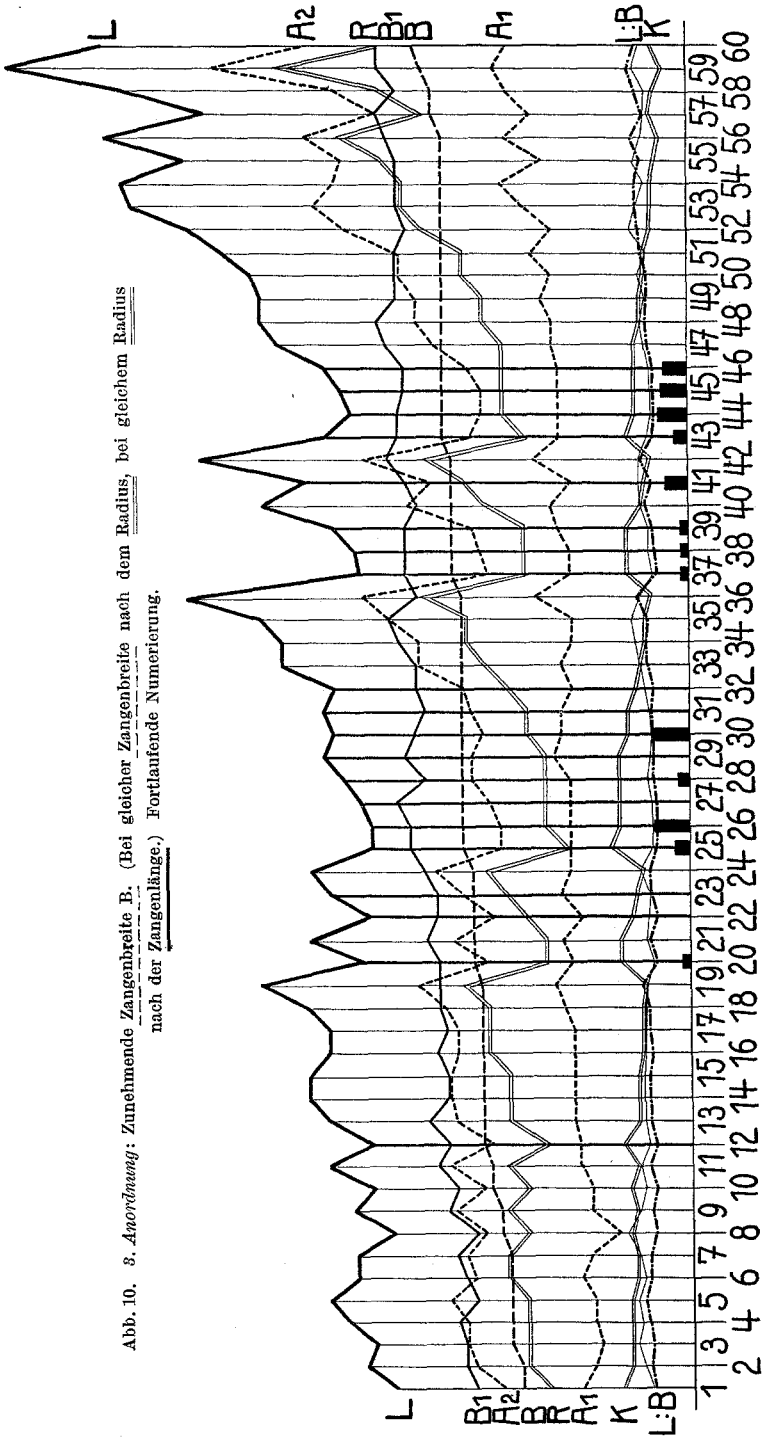


Abb. 10. 3. Anordnung: Zunehmende Zangenbreite B. (Bei gleicher Zangenlänge nach dem Radius, bei gleichem Radius nach der Zangenlänge.) Fortlaufende Numerierung.

mit kräftigen Ordinaten, so z. B. bei lfd. Nr. 25—32, 37—39, 41 und 43—46.

An der 3. Anordnung fällt ferner ein stärkeres Ansteigen und Abfallen der neun Linienzüge auf, als es bei den anderen beiden Anordnungen zu beobachten war, trotzdem sind aber die Ähnlichkeitsmerkmale

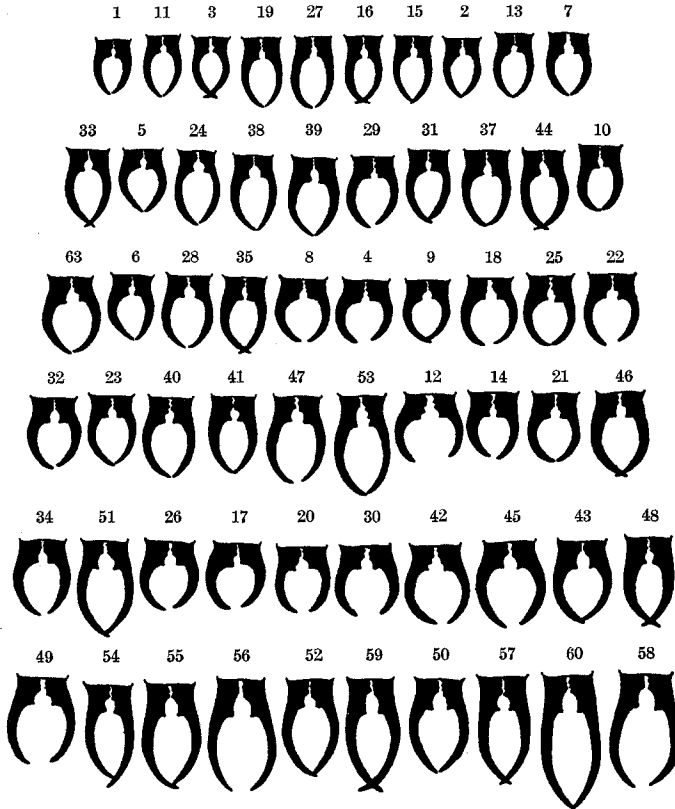


Abb. 10a. Bildliche Darstellung zur Ergänzung der graphischen Reihe Abb. 10 (Anordnung nach zunehmender Zangenbreite B). Die Numerierung entspricht der Abb. 6 und 8a.

benachbarter Objekte — paralleler Verlauf der Linienzüge untereinander — weit deutlicher ausgeprägt als in Abb. 9.

Für folgende Größen ist bei Anordnung nach steigenden Werten für die Zangenbreite B Parallelverlauf festzustellen: L, A 2, R und der Quotient  $L : B$ ; es ist also gelungen, unsere 60 Objekte in der „Breitenreihe“, trotz häufiger starker Längendifferenzen benachbarter Objekte, hinsichtlich der Formähnlichkeit eindrucksvoller zu gruppieren, als wenn wir zur Ordnungsbasis die Zangenlänge L oder den Radius R auswählten (Abb. 8, 8a und 9, 9a).

Es wurde bereits bei der Analyse von Abb. 6 und 7 festgestellt, daß die schlanken kurzen und die längsten Zangentypen untereinander formähnlicher sind, als die breiten kurzen Typen und letztere. Es ist ja mit ein Hauptziel unserer graphischen Darstellungen, diese zwei kurzen Cerciformen deutlicher unterscheiden zu lernen.

Der günstigste Fall wäre der, daß die breite kurze Form durch irgendeine Art der Anordnung (nach zunehmenden Werten für eine gemessene Größe) völlig eine scharf umrissene Gruppe für sich bildete gegenüber der Formreihe des anderen Typus.

Durch die bisherige Art der Gruppierung nach L, R und B (Abb. 8, 9 und 10) ist dieses Ziel nur zum Teil erreicht: bei der 1. Anordnung verteilen sich die 20 breiten kurzen Objekte ohne ausgeprägte Gruppenbildung auf ein großes Areal der Abszissenachse, bei der 2. Anordnung wechseln bereits Gruppen von schlanken Objekten verschiedener Länge (dünne Ordinaten) mit kleinen Serien von breiten kurzen Zangen ab (kräftige Ordinaten, A 3-Werte), während bei der 3. Anordnung nach B diese störenden, aber unter sich ähnlichen Cerci auf ein Feld mittlerer und großer Breite zusammengedrängt erscheinen. Hier wird die Kontinuität ihrer Reihe nur noch durch vereinzelte schlanke kurze und lange Zangen unterbrochen (Abb. 10, lfd. Nr. 20—32 und 37—46).

Untersuchen wir in der Darstellung Abb. 10 die Gruppen der schlanken Zangen, so finden wir zwei große Areale: lfd. Nr. 1—19 und 47—60, ferner noch eine kleine Gruppe bei mittlerer Breite: lfd. Nr. 33—36 und außerdem noch einzelne Typen dieser Form, so z. B. lfd. Nr. 21, 24, 40 und 42.

Die hinsichtlich der Form als schlank zu bezeichnenden Typen kommen also im Gegensatz zur kurzen breiten Form sowohl bei kleinen, als auch bei mittleren und großen Werten für die Zangenbreite vor.

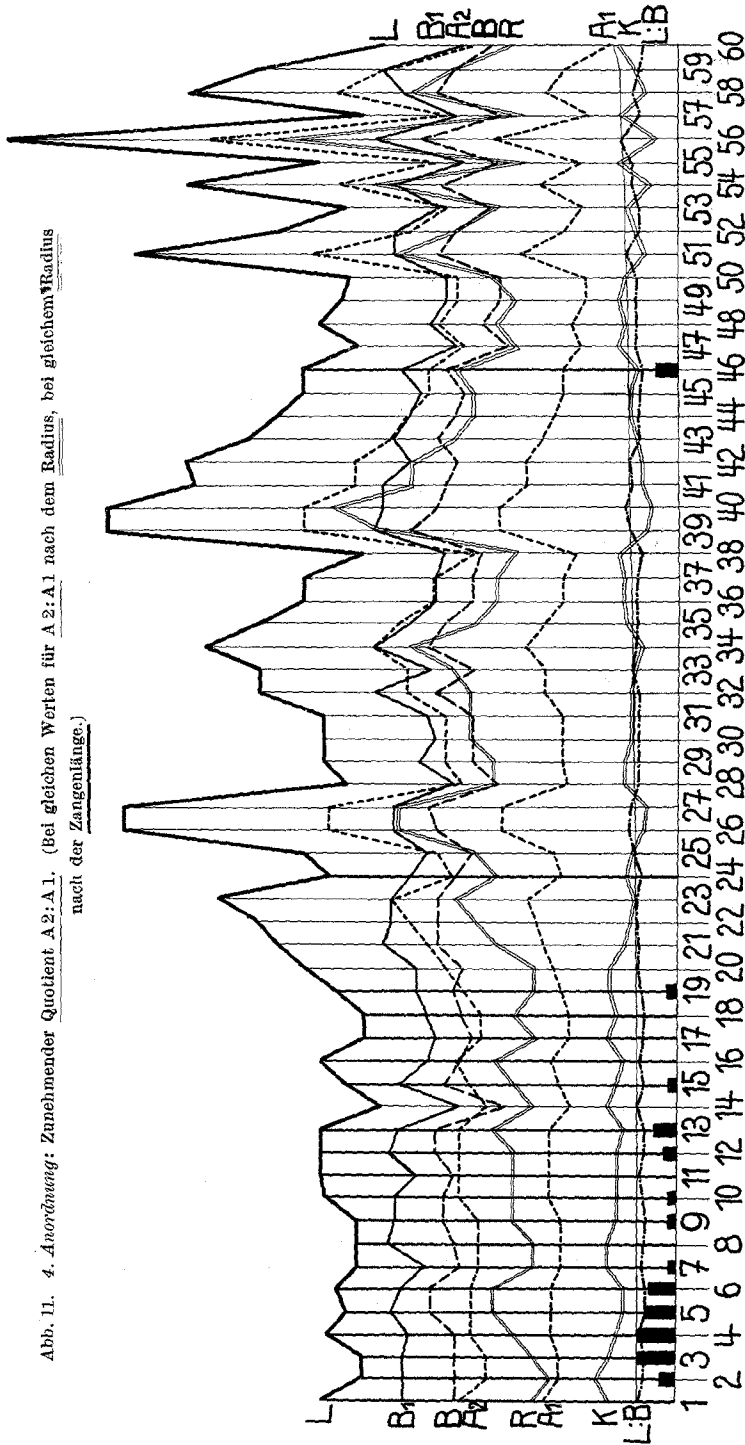
Die nun folgenden Anordnungen sollen eine weitere reinliche Trennung der eliminierten Formtypen im oben dargelegten Sinne versuchen.

#### 4. Anordnung.

Nach zunehmenden Werten für den Quotienten  $A 2 : A 1$ .

Den bisherigen Anordnungen lag immer nur ein Wert zugrunde; in der nunmehr zu besprechenden 4. Gruppierung wurden als Ordnungsprinzip zwei gemessene Größen gewählt, und zwar die Zahnabstände A 2 und A 1 (Abb. 4a). Es wurde bereits festgestellt, daß der Zahnabstand A 2 einen beträchtlichen Teil der Zangenlänge ausmacht; die Linienzüge für A 2 und L liefen daher in allen oben analysierten graphischen Darstellungen sehr genau parallel. Das Maß für A 1 zeigte bei den schlanken kurzen Zangen relativ niedrige, bei den breiten kurzen hingegen im Verhältnis zu ihrer geringen Länge hohe Werte. Das Zahlenverhältnis

Abb. 11. 4. Anordnung: Zunehmender Quotient A 2:A 1. (Bei gleichen Werten für A 2:A 1 nach dem Radius, bei gleichem Radius nach der Zangengänge.)



A 2 : A 1 muß also ebenfalls bei dem breiten kurzen Typ niedriger sein, als bei der schlanken Form.

Dieser Quotient A 2 : A 1 bildet die Grundlage für die 4. Anordnung (bei gleichen Werten für A 2 : A 1 wurde wieder, wie bei der 3. Anordnung nach dem Radius R, bei gleichem Radius nach der Zangenlänge angeordnet); ihr beigegeben ist wiederum ein Übersichtsbild der Gesamt-

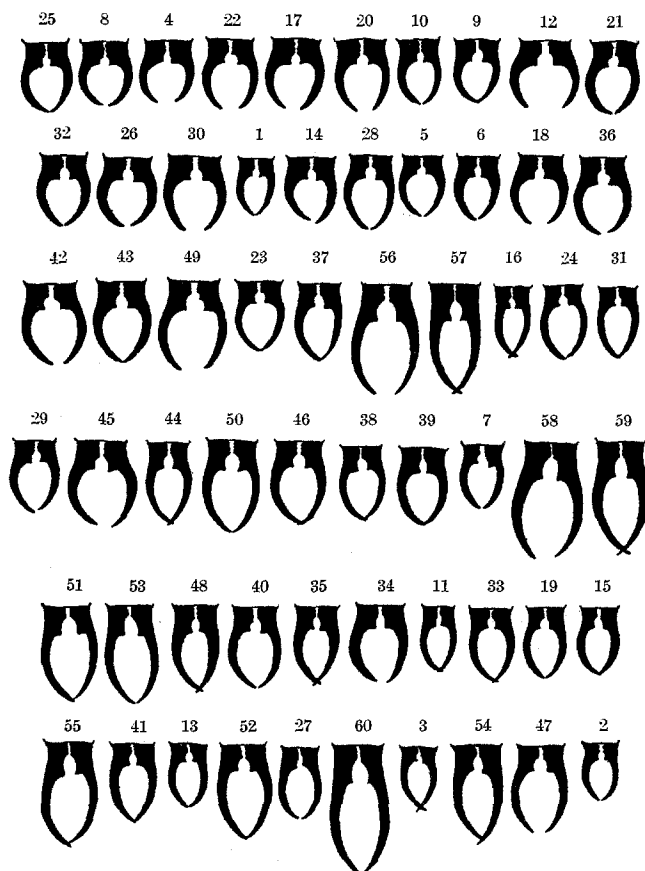


Abb. 11 a. Bildliche Darstellung zur Ergänzung der graphischen Reihe Abb. 11 (Anordnung nach zunehmenden Werten für den Quotienten A 2 : A 1). Die Numerierung entspricht der Abb. 6 und 8 a.

heit der 60 Objekte in der Reihenfolge nach zunehmenden Werten für A 2 : A 1 (Abb. 11 a).

Ein Überblick über die in Abb. 11 a dargestellte Reihe lehrt, daß die ursprüngliche Reihenfolge der 1. Anordnung gänzlich umgeworfen ist; so steht 25 an 1., die kürzeste Zange 1 an 14. (Abb. 11, lfd. Nr. 14), die drittkürzeste 3 an 57. und die zweitkürzeste 2 gar an 60. Stelle. Auch die



langen Cerci haben beträchtlich ihren „Längenplatz“ gewechselt: 56 und 57 stehen in bezug auf ihr Verhältnis  $A_2 : A_1$  an 26. und 27. Stelle (Abb. 11, lfd. Nr. 26, 27), die längste Zange ist an die 56. Stelle gerückt, neben die drittkürzeste. Eine genauere Betrachtung benachbarter Zangen mit großen Längendifferenzen zeigt nun aber, daß sie hinsichtlich ihrer Form doch ähnlich sind und zum gleichen Typ gehören. Die breiten kurzen Zangen scheinen an den Anfang der Reihe gerückt zu sein, dort bemerkt man viele Objekte mit sich nicht berührenden Zangenspitzen ( $A_3$ -Werte).

Die graphische Darstellung selbst gibt eine klarere und exaktere Anschauung des eben Gesagten.

Auffallend ist zunächst die etwas bizarre Form der Linienzüge, besonders für L, hervorgerufen durch das eben geschilderte Nebeneinandertreten von sehr verschieden langen Objekten mit gleichen Werten für  $A_2 : A_1$ ; es zeigt sich aber, daß selbst bei stark ausgeprägter Gipfel- und Talform fast sämtliche neun Linienzüge unter sich parallelen Verlauf aufweisen. Dies beweist die große Formähnlichkeit benachbarter Zangen. Weiter fällt auf, daß der stark gebrochene Verlauf der Linienzüge nur in einem ganz bestimmten Areal der Reihe vorliegt, und zwar von lfd. Nr. 20 ab bis zum Endglied der Reihe lfd. Nr. 60, also für  $\frac{2}{3}$  der 60 Objekte. Die Ordinaten dieser 40 Zangen — bis auf zwei Ausnahmen: lfd. Nr. 24 und 46 — zeigen durch ihre dünne Ausgestaltung, daß es sich fast nur um Cerci vom schlanken Typus handelt.

In starkem Gegensatz zu diesem Areal der Anordnung stehen die Anfangsglieder lfd. Nr. 1—19; ein Blick auf ihre Ordinaten lehrt, daß es sich — bis auf eine einzige Ausnahme, lfd. Nr. 14, die kürzeste Zange 1 der Reihe — durchweg um die uns besonders interessierenden breiten kurzen Zangen handelt. Deren große Formähnlichkeit untereinander haben wir ja schon des öfteren feststellen können. Die neun Linienzüge dieser 18 zu Anfang der Reihe stehenden Zangen zeigen nun einen nur sehr gering gestörten Parallelverlauf mit der Abszissenachse, das Kriterium, das wir für besonders ausgeprägte Formähnlichkeit aufgestellt hatten. Es ist also durch die Wahl des Anordnungsprinzipes nach  $A_2 : A_1$  ein wesentlicher Fortschritt erzielt gegenüber den bisherigen Anordnungen: wir haben die beiden eliminierten Formtypen schon recht deutlich trennen und charakterisieren können. Zu betonen ist noch, daß die Cerci mit klaffenden Zangenspitzen ( $A_3$ ) ebenfalls im ersten Drittel der Reihe dicht nebeneinander aufgereiht zu beobachten sind.

Zur Charakterisierung der neun Linienzüge im einzelnen wird, um Wiederholungen zu vermeiden, auf die graphische Darstellung Abb. 11 selbst verwiesen.

Die Anwendung eines Quotienten als Leitmaß der Anordnung, die ja eine wesentlich schärfere Trennung ähnlicher und unähnlicher Zangen

bewirkte als die vorausgehenden Darstellungen, hatte als Nebenerscheinung einen sehr stark gebrochenen Verlauf der Linienzüge der schlanken kurzen sowohl als auch der langen Cerci zur Folge. Hierdurch wurde ja der Parallelverlauf als Maßstab der Ähnlichkeit keineswegs verwischt, im Gegenteil an vielen Stellen gerade durch die große Längendifferenz benachbarter Objekte sogar noch schärfer zum Ausdruck gebracht.

Es wurde aber trotzdem noch ein weiterer Darstellungsversuch unternommen, der obige Nachteile durch Wahl eines anderen Quotienten mildern sollte.

#### *5. Anordnung.*

Nach zunehmenden Werten für den Quotienten  $L : B$ . (Bei gleichen Werten für  $L : B$  nach dem Radius, bei gleichem Radius nach der Zangenlänge.)

Bei dieser graphischen Darstellung (Abb. 12) ist das Verhältnis zweier Größen verwandt worden, die einzeln bereits in der 1. und 3. Anordnung (Zangenlänge  $L$  und Zangenbreite  $B$ ) die Grundlage der Reihenfolge bildeten.

Das Verhältnis von Zangenlänge zu Zangenbreite ist eine Zahl, die besonders zur Charakterisierung der breiten kurzen Cerci geeignet ist, bei denen relativ große Werte für die Zangenbreite  $B$  bei kleinen für die Zangenlänge  $L$  zu beobachten sind.

Die allgemeine bildliche Gesamtübersicht der 60 Cerci in der Reihenfolge nach ansteigenden Werten für den Quotienten  $L : B$  (Abb. 12a) läßt große Formähnlichkeit benachbarter Zangen erkennen. Objekte mit  $A 3$ -Werten sind, ebenso wie in Abb. 11a, an den Anfang der Reihe gerückt. Ein Vergleich beider Übersichten zeigt (Abb. 11a und 12a), daß die Anordnung nach steigenden Werten für  $L : B$  die ursprüngliche Reihenfolge (Abb. 6 und 8a) in viel geringerem Umfange verändert als nach dem Quotienten  $A 2 : A 1$ . So bleibt besonders die Reihe der Endglieder fast ganz in der alten Anordnung bestehen. Die längste Zange 60 hat auch den höchsten Wert für  $L : B$ , hingegen steht die kürzeste an 24. Stelle.

Die Auswertung der graphischen Darstellung (Abb. 12) zeigt nun die schärfste bisher erreichte Trennung der 60 Objekte nach Ähnlichkeitsgraden: sämtliche breiten kurzen Zangen befinden sich im ersten Drittel der Abszissenachse (lfd. Nr. 1—16 und 19—22), während die schlanken kurzen und langen Cerci die übrigen beiden Drittel einnehmen (lfd. Nr. 23—60). Die kontinuierliche Reihe der breiten kurzen Typen ist nur beim Übergang in den anderen schlanken Typus an einer Stelle (lfd. Nr. 17 und 18) durch zwei schlanke kurze Objekte unterbrochen, die Zange 2 und 7 der ursprünglichen Anordnung (6, 8; s. a. Abb. 12a). Diese beiden Cerci haben infolge sehr geringer Länge und Breite zufällig

den gleichen Wert für den Quotient  $L : B$  wie formunähnliche breite kurze Typen. Die Linienzüge dieser beiden Zangen zeigen denn auch den typischen Verlauf für schlanke Formen: geringe Werte für  $B_1$ ,  $B$ ,  $A_1$  und hohe für  $A_2$  und den Quotienten  $A_2 : A_1$ .

Unsere 20 breiten kurzen Zangen demonstrieren die klarste bisher in den graphischen Darstellungen erzielte Parallelität der neun Linien-

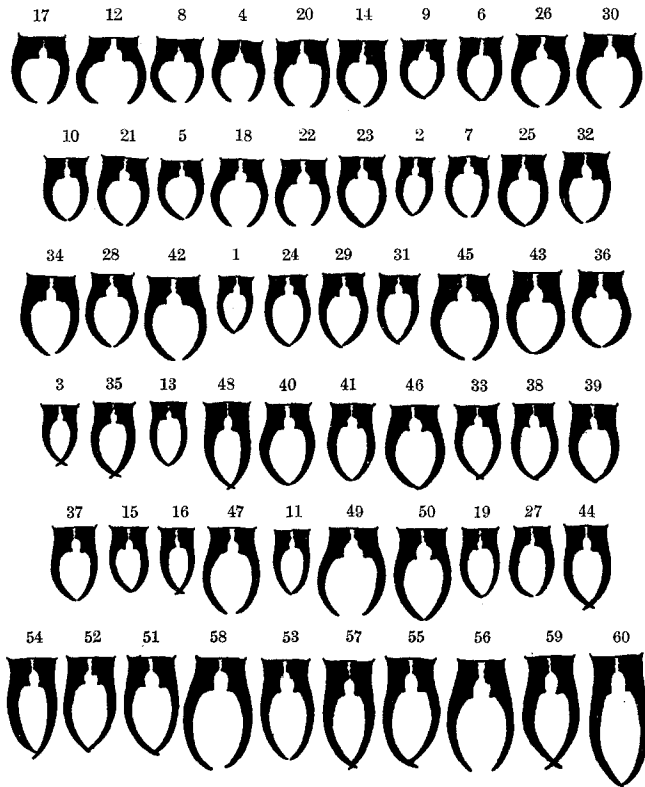


Abb. 12a. Bildliche Darstellung zur Ergänzung der graphischen Reihe Abb. 12 (Anordnung nach zunehmenden Werten für den Quotienten  $L : B$ ). Die Numerierung entspricht der Abb. 6 und 8a.

züge; Abb. 12 zeigt dies besser als eine erneute Schilderung, die zum Teil zu Wiederholungen des schon oben bei der 4. Anordnung Gesagten führen würde.

Gegenüber dieser Reihenfolge 4 (nach  $A_2 : A_1$ ) ist durch die Wahl von  $L : B$  das erstrebte Ziel des gemilderten Verlaufs der Linienzüge erreicht worden. Bemerkenswert ist noch folgende Gesetzmäßigkeit im Verlauf der Linienzüge für die Zangenbreite  $B$  und den Zahnabstand  $A_2$ . Bei laufender Nr. 1, also der äußerst links stehenden breiten kurzen Zange, liegt der Punkt, der die Größe  $B$  auf der Ordinate markiert, weit

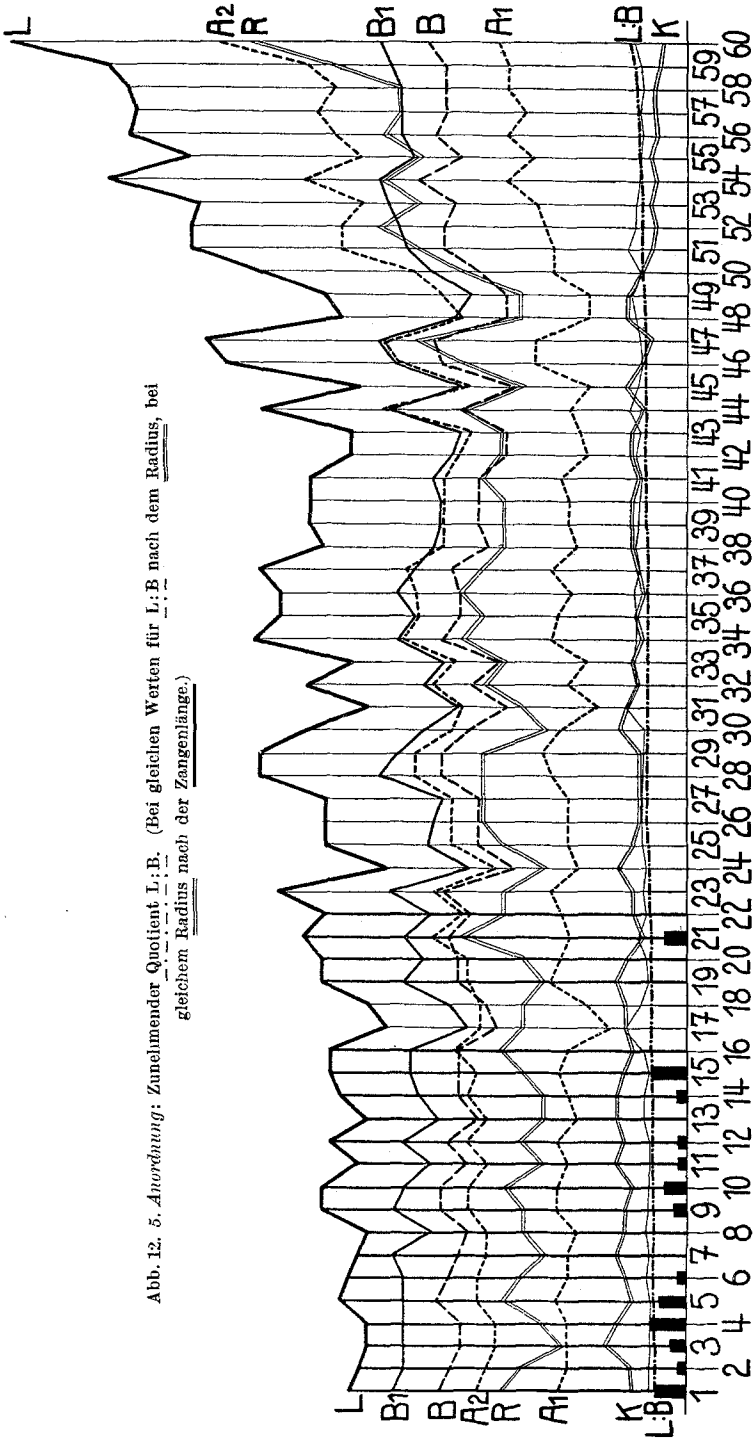


Abb. 12. 5. Anordnung: Zunehmender Quotient L: B. (Bei gleichen Werten für L: B nach dem Radius, bei gleichem Radius nach der Zangenlänge.)

über dem Wert für A 2; am Ende der Reihe der breiten kurzen Zangen (lfd. Nr. 16 und 22) fallen beide Werte zusammen ( $B = A 2$ ). In der kontinuierlichen Reihe der schlanken Typen (dünne Ordinaten), (lfd. Nr. 17, 18 und 23—60) nimmt nun der Wert für A 2 immer höhere Werte gegenüber der Zangenbreite B an, erreicht schließlich bei lfd. Nr. 44—48 den Wert der größten Breite des Abdomens B 1, und wächst dann bei den höchsten Werten für L: B entsprechend den höheren Werten für L an. Diese Lagebeziehung von A 2 zu B kann als weiteres Charakteristikum für die beiden Zangentypen verwandt werden.

In den graphisch dargestellten fünf Anordnungen Abb. 8—12 ist es trotz des starken Auf- und Absteigens der je nach der Anordnung mehr oder weniger parallellaufenden neun Linienzüge gelungen, die 60 Objekte in *zwei scharf gesonderte Gruppen* zu zerlegen, die äußerlich durch die Art der Ordinaten gekennzeichnet sind.

Es wurde nun noch nach einem Wege gesucht, unter Vermeidung des störenden Berg- und Talverlaufs der Linienzüge, die gleiche klare Soudierung in schlanke und breite kurze Typen graphisch zu demonstrieren, wie es in der 5. Anordnung nach steigenden Werten für L : B erreicht wurde. Die große Variabilität der Zangenlänge bedingt ja den steigenden und fallenden Verlauf der Linienzüge zwischen Objekten, die ihrer Form nach sehr ähnlich sein können und daher in der Reihe ihren Platz nebeneinander bekommen, aber sehr verschieden lang sind.

Das Nächstliegende ist daher, für den Zweck der graphischen Darstellung sämtliche 60 Untersuchungsobjekte rechnerisch gleich lang zu machen und die gemessenen Größen in bezug auf die Zangenlänge als Einheit auf den Ordinaten abzutragen.

Diese Methode ist in den Anordnungen 6, 7, und 8 (Abb. 13, 14 und 15) zur Anwendung gekommen: Die Zangenlänge L ist bei allen Objekten 1—60 = 100 gesetzt worden, der Linienzug für L läuft also im Abstand 100 parallel zur Abszissenachse. (Dasselbe Verfahren wurde für zwei Zangen schon in Abb. 7 zeichnerisch angewandt.) Die übrigen Größen wurden sämtlich in Prozent der Zangenlänge ausgedrückt und in gleichem Maßstab der Einheitslänge 100 auf den Ordinaten abgetragen; nur die Werte für den Abstand der Zangenspitzen A 3 wurden in der gleichen Vergrößerung eingezeichnet wie bei den Anordnungen I—5.

Statt der neun Linienzüge der Abb. 8—12 werden bei der prozentualen Darstellung nur vier angewandt und zwar die Zangenlänge L, die Zangenbreite B, der Zahnabstand A 1 und A 2. Diese Größen wurden ja als charakteristisch für die Gestalt der männlichen Zange erkannt. (Die übrigen Größen: R, K, L: B und A 2: A 1 eignen sich nicht zu dieser Art der Darstellung; es wäre z. B. nicht sinnvoll, den Krümmungsradius in Prozenten der Zangenlänge auszudrücken!)

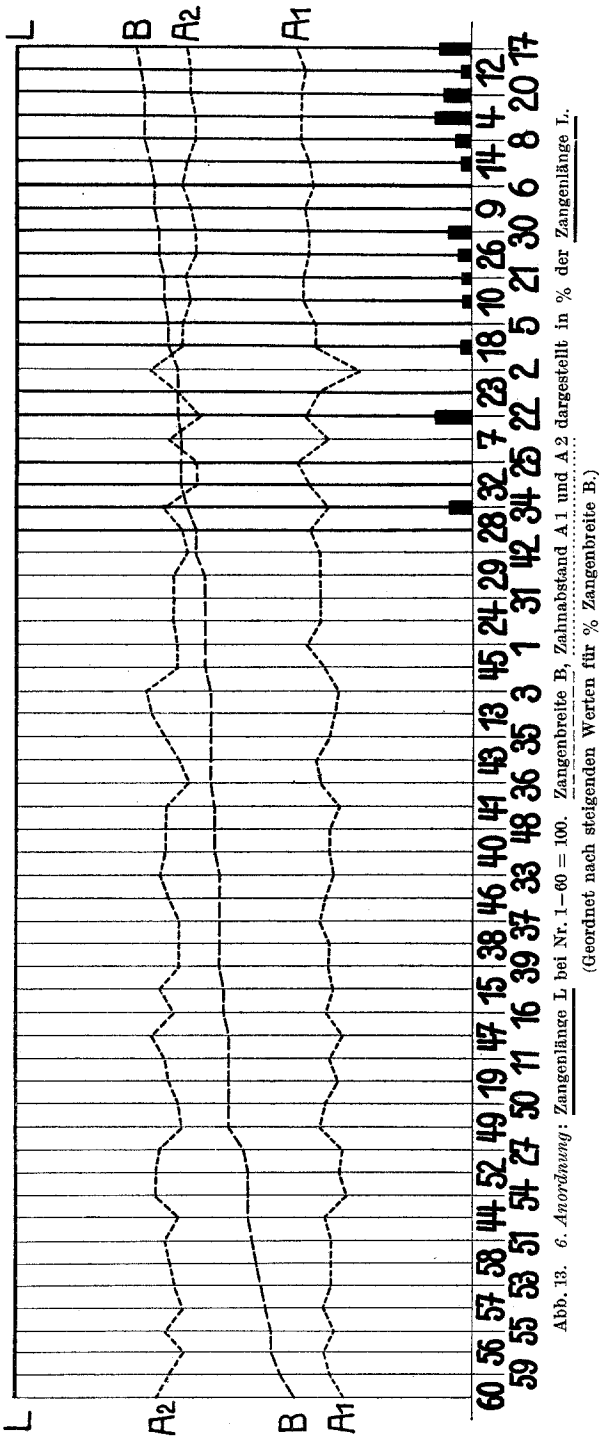


Abb. 13. 6. Anordnung: Zangenlänge L bei Nr. 1-60 = 100. Zangenbreite B, Zahnabstand A1 und A2 dargestellt in % der Zangenlänge L. (Geordnet nach steigenden Werten für % Zangenbreite B.)

6. Anordnung.

Zangenlänge bei Nr. 1-60 = 100.

Zangenbreite B, Zahnabstand A1 und A2 dargestellt in Prozent von L.

Anordnungsprinzip: nach steigenden Werten für Prozent Zangenbreite B.

Abb. 13 zeigt diese Anordnung; die Ordinaten tragen ihre ursprünglichen Zahlen der Abb. 6 und 8.

Die Darstellung fällt auf den ersten Blick durch ihre Klarheit und Übersichtlichkeit gegenüber den vorausgehenden auf. Da der prozentuale Wert der Zangenbreite bei den längsten schlanken Zangen am kleinsten ist, muß die Reihe, gemäß dem gewählten Anordnungsprinzip, mit den längsten Objekten beginnen. Es läßt sich fast genau die umgekehrte Reihenfolge der Zangen feststellen wie in der 5. Anordnung nach

L: B (s. a. Abb. 12a), was nach der Wahl des Anordnungsprinzips — steigende Werte für Prozent B — zu erwarten ist.

In der Tat haben beide Anordnungen große Ähnlichkeit: völlige *Trennung* der *schlanken* Typen verschiedener Länge von den *breiten kurzen* (nur zwei Zangen unterbrechen die kontinuierliche Reihenfolge der dicken Ordinaten, und zwar wieder Zange 2 und 7 = laufende Nr. 17 und 18 in Abb. 12 (s. a. Abb. 12a).

Es gilt im wesentlichen also für die 6. Anordnung das für die 5. Gesagte. Hervorzuheben ist der sehr glatte parallele Verlauf der Linienzüge; das Vorkommen der breiten kurzen Zangen nur bei relativ hohen Prozentwerten für B ist besonders deutlich, so ebenfalls auch die relativ hohen Prozentwerte von A 1 für diese Typen.

Unsere 6. Anordnung gibt die beste Vorstellung über die Formähnlichkeitsverhältnisse der Reihe von 60 Objekten, sie kann in Verbindung mit der 5. Anordnung (Abb. 12) als Paradigma für die verschiedenen Zangenformtypen der männlichen Imago von *Forficula auricularia* dienen.

Daß auch in einer anderen Umgruppierung bei der gleichen Art der prozentualen Darstellung eine ebenso klare Charakterisierung der Ähnlichkeit resultiert, soll durch die beiden letzten graphischen Darstellungen 7 und 8 gezeigt werden.

#### 7. Anordnung.

Zangenlänge bei Nr. 1—60 = 100. B, A 1 und A 2 dargestellt in Prozent der Zangenlänge L. Anordnungsprinzip: nach steigenden Werten für Prozent Zahnabstand A 2 (bei gleichen Werten für Prozent A 2 nach Prozent B).

Bei dieser Darstellung (Abb. 14) nimmt die Mehrzahl der breiten kurzen Zangen wieder den Anfang der Reihe ein, da bei ihnen ja A 1 relativ groß und A 2 nur einen geringen Prozentsatz der Zangenlänge ausmacht. Unter den kurzen breiten Typen finden sich fünf schlanke (36, 42 und 56, 57 und 49), bei denen zufällig A 2 im gleichen prozentualen Verhältnis zur Zangenlänge steht wie bei den benachbarten breiten kurzen Zangen. Der Linienzug für die Prozentwerte von B zeigt an diesen Stellen die zu erwartende Einsenkung zu geringeren Werten. Zwei schlanke kurze Cerci fallen aus der kontinuierlichen Reihe heraus: Zange 23 und 34. Letztere ist unter den breiten kurzen Formen die relativ längste (wie ihre hohe Zahl 34 schon angibt), ihre aus dem Rahmen fallende Stellung unter den schlanken Typen liegt in der Wahl von A 2 als Anordnungsprinzip begründet. Bei der zweit- und drittkürzesten Zange (2, 3, Abb. 14) hat der Zahnabstand A 2 den relativ höchsten prozentualen Wert in bezug auf die Zangenlänge; ihre Stellung innerhalb der Reihe ist ganz am äußersten rechten Ende der Gruppe der schlanken Formen.

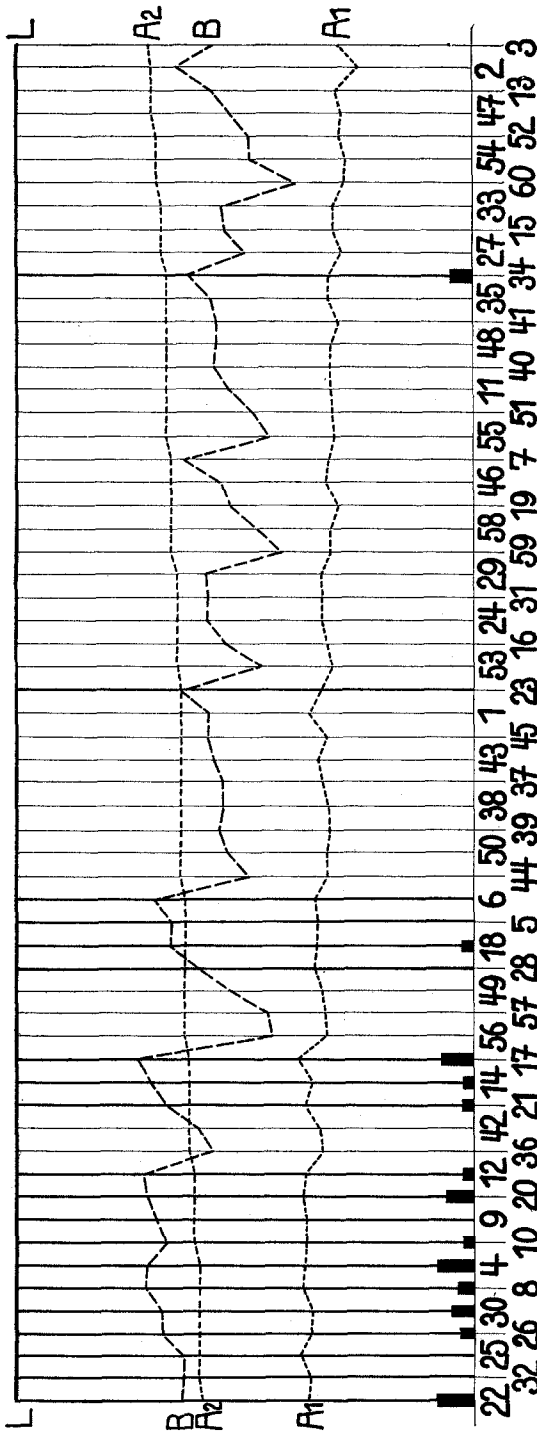


Abb. 14. 7. Anordnung: Zangenlänge L bei Nr. 1—60 = 100. B, A 1 und A 2 dargestellt in % der Zangenlänge L. (Geordnet nach steigenden Werten für % A 2, bei gleichem A 2 nach B.)

8. Anordnung.

Zangenlänge bei Nr. 1—60 = 100. B, A 1 und A 2 dargestellt in Prozent der Zangenlänge L. Anordnungsprinzip: nach steigenden Werten für Prozent Zahnabstand A. 1 (bei gleichen Werten für Prozent Zahnabstand A 1 nach Prozent B).

Während in der 7. Anordnung (Abbildung. 14) zwar die Mehrzahl der breiten kurzen Typen dicht nebeneinander gereiht das eine Ende der Reihe bildete, war doch zum Teil eine Aufspaltung unter die schlanken Typen zu bemerken. Das Anordnungsprinzip nach prozentualen Werten von A 2 ist demgemäß nicht so gut als Basis verwendbar wie die Zangenbreite B (6. Anordnung, Abb. 13).

In demn unmehr zu besprechenden 8., letzten Anordnung ist die Reihenfolge nach stei-



genden prozentualen Werten für A 1 gewählt (Abb. 15). Diese Größe eignet sich wieder gut zur Trennung der beiden unähnlichen Gruppen, es wird ungefähr dasselbe Gesamtbild erzielt wie bei der 6. Anordnung (Abb. 13). Die Mehrzahl der breiten kurzen Zangen befindet sich am rechten Ende der Reihe, charakterisiert durch hohe Prozentualwerte für A 1. Nur die längste der breiten kurzen Cerci, 34, steht mitten unter den schlanken Typen, wie bei Abb. 14.

Die zweitkürzeste Zange (2, Abb. 15) weist den niedrigsten prozentualen Wert für A 1 auf; sie beginnt die Reihe und fast unmittelbar neben ihr findet sich die längste Zange unserer Reihe (60, Abb. 15).

Die 7. und 8. Anordnung wurde noch hinzugefügt um zu zeigen, daß bei den graphischen Darstellungen in Prozentualwerten der Zangenlänge die Größe als Anordnungsbasis die klarste Sortierung der Objekte nach Ähnlichkeit bzw. Unähnlichkeit ergibt, die morphologisch in möglichst geringer Beziehung zur stark variablen Zangenlänge steht (Zangenbreite B, Abb. 13, Zahnabstand A 1, Abb. 15; nicht aber Zahnabstand A 2, Abb. 14).

*Zusammenfassung der Ergebnisse über die Formanalyse der männlichen imaginalen Cerci von Forficula auricularia L.*

Die Analyse der Formgestaltung der Cerci der männlichen Imagines von *Forficula* ergab bereits bei der einfachen Betrachtung einer Reihe von 60, möglichst die extremen Plus- und Minusvarianten der Zangenlänge umfassenden Objekten eine derartige Verschiedenheit der *Form*, daß sich nicht zwei Objekte zur völligen Deckung bringen ließen.

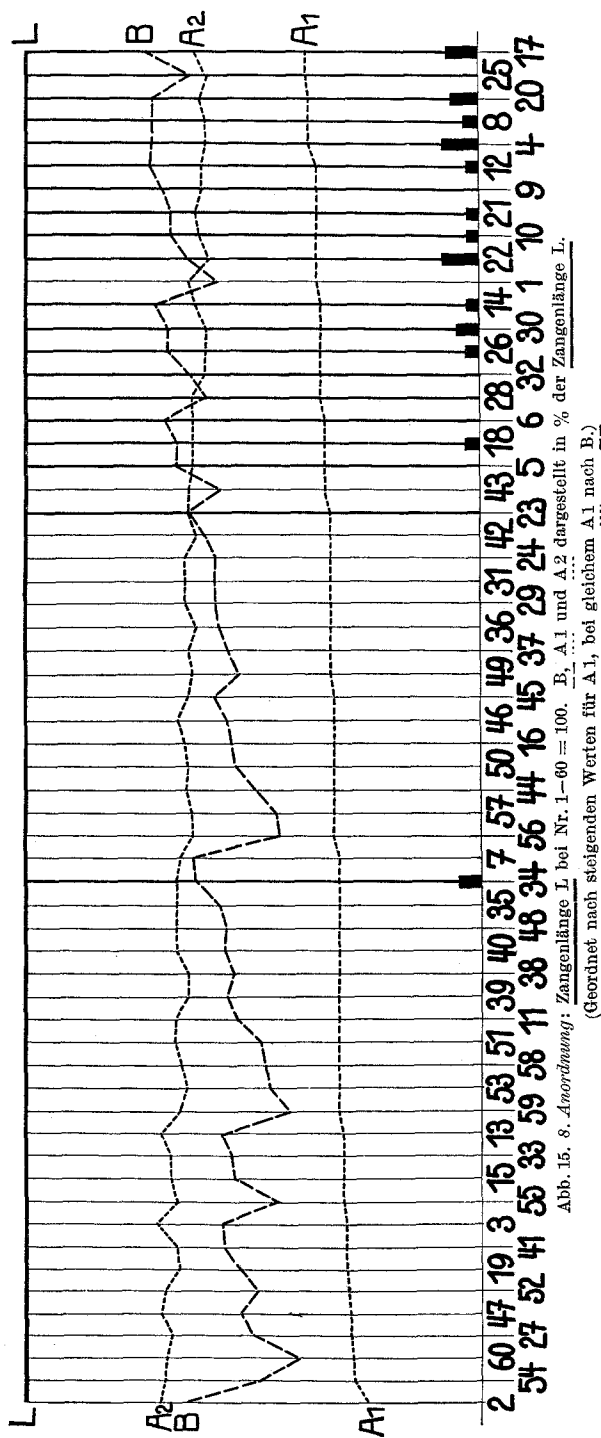
Die Bezeichnung „*forma brachylabia*“ und „*macrolabia*“ umfaßt nicht die Mannigfaltigkeit der Form der Zangen.

Die bildliche Darstellung der Objektreihe selbst, sowohl als ganz besonders die aus genauen Meßdaten konstruierten graphischen Darstellungen ließen erkennen, daß unter den kurzen Zangen zwei Formtypen vorkommen, die wir vorläufig als *schlanke kurze* und *breite kurze Form* charakterisierten.

Erstere ist dadurch gekennzeichnet, daß sich bei maximalem Verschuß der Zangenglieder die Endspitzen berühren oder sogar weit überschneiden; ihr letzter großer Zahn sitzt relativ weit proximal (kleiner Wert für den Zahnabstand A 1), die Zangen haben schlanken und feingliedrigen Bau. Der Wert für die Zangenbreite B ist relativ gering, wodurch der Eindruck des schlanken Baues erhöht wird.

Der breite kurze Formtypus weist folgende Formmerkmale auf:

Relativ hohe Werte für die Zangenbreite B, die oft denen der längsten Zangen nahekommen, weit distal verschobene Lage des letzten großen Zahnes (großer Wert für den Zahnabstand A 1); die Zangenspitzen über-



schneiden sich bei maximalem Verschuß niemals, hingegen klaffen sie häufig mehr oder minder weit auseinander (Abstand der Zangenspitzen A 3, bei völligem Verschuß und bei Berührung der kleinen basalen Innenzähnen). Die Zangenglieder sind plump und massig. Diese breiten kurzen Typen kommen nur bei geringen und höchst selten bei mittleren Werten der Zangenlänge vor; bei langen und längsten Zangen berühren oder überschneiden sich die Spitzen der Zangenglieder, A 3 ist immer gleich 0.

Formähnliche Vergrößerung sehr kurzer Objekte vom schlanken und breiten Typus auf die Größe des längsten Objektes und Vergleich der Formgestaltung ergab gänzliche Formähnlichkeit der breiten kurzen Form mit

dem längsten Typ der Reihe, hingegen Gestaltähnlichkeit mit der schlanken kurzen Bauart.

Die graphischen Darstellungen konnten diese eliminierten Formtypen bei geeigneter Wahl des Anordnungsprinzipes (z. B. nach steigenden Werten für das Verhältnis von Zangenlänge zu Zangenbreite,  $L : B$ , oder nach zunehmenden Werten der Zangenbreite in Prozenten der Zangenlänge ausgedrückt) wesentlich schärfer trennen und ihrer feineren Gestaltung nach charakterisieren.

Am deutlichsten hebt sich die Reihe der breiten kurzen Formen heraus, während die schlanken kurzen und sehr langen Objekte hinsichtlich ihrer Formmerkmale zusammengehören und sich nur durch die verschiedene Länge der Zange zu unterscheiden scheinen.

Die Art der graphischen Darstellung ergab eine Möglichkeit, an Hand eines zahlenmäßig geringen Materials nicht nur neue Formeigentümlichkeiten festzustellen durch wechselnde Art der Anordnung der Objektreihe und Vergleich der Ähnlichkeit benachbarter Cerci, sondern auch korrelative Beziehungen einzelner gemessener Größen untereinander zu erkennen.

Als Kriterium der Ähnlichkeit einer Reihe benachbarter Objekte in der Anordnung wurde für den günstigsten Fall Parallelverlauf der Linienzüge mit der Abszissenachse aufgestellt, ein Fall, der nur bei annähernd gleichlangen Zangen möglich ist (z. B. bei den breiten kurzen Typen); bedingte die Wahl des Anordnungsprinzipes ein Nebeneinander verschieden langer Objekte, so wurde die dennoch bestehende Ähnlichkeit der Form durch den mehr oder weniger stark ausgeprägten Parallelverlauf der Linienzüge untereinander zum Ausdruck gebracht.

Auf die Korrelationen, die sich also bereits an zahlenmäßig sehr geringem Material feststellen ließen, wird in einem weiteren Kapitel an Hand von zahlreichem Material der einzelnen Fundorte noch eingehend zurückzukommen sein.

## VII. Biometrische Untersuchungen über die Variabilität der männlichen und weiblichen imaginalen Cerci von *Forficula auricularia* an vier verschiedenen Populationen: Helgoland 1924/25, Frankfurt a. M. 1925 und Holstein (Satjewitz) 1924.

Die aus den (in der allgemeinen Einleitung näher gekennzeichneten) Messungen am Einzelindividuum an den Gesamtpopulationen gewonnenen biometrischen Ergebnisse gliedern sich in drei Gruppen:

1. Darstellung der Variabilität der männlichen und weiblichen Zange an Variationspolygonen der jeweils gemessenen Größen (beim Männchen:  $L, B, A 1, A 2, R, L : B, A 2 : A 1$ , Zahl der Innenzähnen rechts und links und  $B 1$ ; beim Weibchen:  $L, B, B 1$  und  $L : B$  [siehe auch Abb. 4a und b]).

2. Untersuchung über die korrelativen Beziehungen im Bau der Zange, dargestellt an Korrelationstabellen durch Kombination der den Variationspolygonen zugrunde liegenden Variationsreihen.

3. Analyse der Variabilität der kurzen Zangen an der Population Helgoland 1925, und zwar der Individuen innerhalb der Längenklasse 3 (= 3,0—3,4 mm) und 4 (= 3,5—3,9 mm).

Darstellung der korrelativen Beziehungen der Merkmale L, B, A 1, A 2, L : B und A 2 : A 1 zur Gruppe der breiten kurzen Zangen mit ausgeprägtem Abstand der Zangenspitzen A 3.

*Allgemeine Charakteristik der Variabilität der ♂♂ und ♀♀ der vier Fundorte.*

Die vier zur Analyse vorliegenden Populationen weisen charakteristische Unterschiede in ihrer Variabilität auf; diese Verschiedenheiten sollen zunächst an Hand von instruktiven Abbildungen erläutert werden.

Photographische Belege der vier Gesamtpopulationen.

Die nach dem in Kapitel III angegebenen Verfahren gemessenen männlichen Zangen wurden entsprechend ihrer Länge und Krümmung in einem mit kleinen quadratischen Fächern versehenen flachen Kasten untergebracht, dessen Felderung der gewählten Klasseneinteilung für die Zangenlänge L und den Zangenradius R entsprach; für die weiblichen Zangen wurde die Einordnung nach Zangenlänge L und Zangenbreite B vorgenommen.

Die Objekte bilden auf diese Weise durch ihre verschieden dichte Anhäufung in den einzelnen Kästchen eine natürliche Darstellung der Gesamtvariabilität des betreffenden Fundortes im Rahmen der untersuchten jeweiligen Individuenzahl; gleichzeitig werden die für die männliche und weibliche Zangengestalt charakteristischsten Größen in ihrer korrelativen Abhängigkeit voneinander durch die Individuen selbst demonstriert, wobei das Gesamtareal der Kästchen das Korrelationsfeld darstellt. (Leer gebliebene Fächer sind auf der photographischen Platte entfernt und durch ein einfaches quadratisches Liniennetz ersetzt worden, um das von jeder männlichen und weiblichen Population eingenommene Flächenareal deutlicher hervortreten zu lassen.)

Die Abbildungen 16—19 zeigen die männlichen und weiblichen Cerci der vier Fundorte in der vorstehend geschilderten korrelativen Anordnung in photographischer Darstellung; für jeden Fundort ist die Zahl der untersuchten Individuen (n), der Klassenspielraum und die Variationsbreite der gemessenen Größen angegeben. Letztere soll hier natürlich nicht als exaktes Maß der Variabilität aufgefaßt werden!

Die männlichen Cerci.

Da die Genauigkeit biometrischer Daten in gewissem Umfange von der Zahl ( $n$ ) der untersuchten Objekte abhängig ist, so ist das Bild der Helgoländer Population von 1925 ( $n = 1706 \text{ ♂♂}$ ) unter den vier Populationen das relativ genaueste (Abb. 17); es folgen Frankfurt (1925) mit 1277  $\text{♂♂}$  (Abb. 18), Helgoland 1924 mit 1053  $\text{♂♂}$  (Abb. 16) und Holstein 1924 mit 560  $\text{♂♂}$  (Abb. 19).

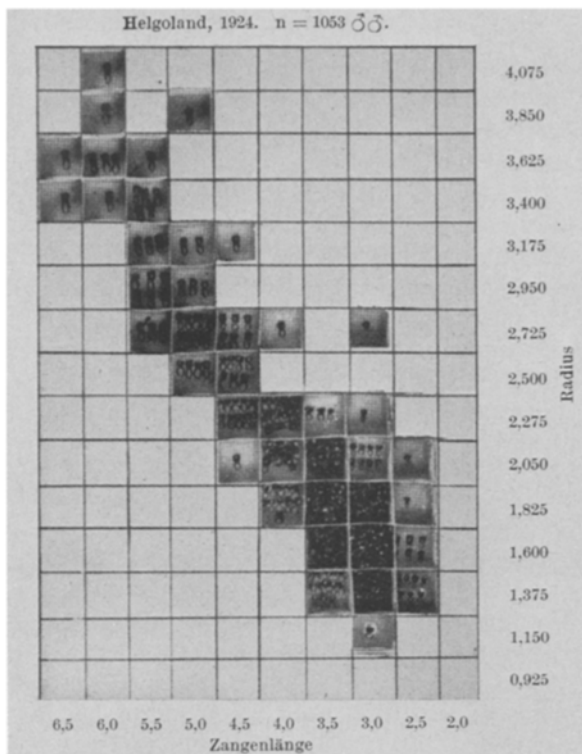
Die Abbildungen 16—18 (obere Figur) lassen an der Form des von den Zangen eingenommenen Flächenareals diese Genauigkeitsabstufung deutlich erkennen: je größer die Zahl der Objekte, um so weniger treten einzeln liegende, nur eine oder wenige Zangen enthaltende Kästchen auf.

Bei sämtlichen vier Fundorten liegen die mit den Cerci angefüllten Fächer sehr genau in der von rechts unten nach links oben laufenden Diagonale: es besteht also eine gut ausgeprägte positive Korrelation zwischen der Länge der Zange und dem Krümmungsradius des die Zangenglieder außen begrenzenden Kreisbogens. Je länger eine männliche Zange ist, um so größer ist auch der Wert für den Radius, um so geringer ist demnach die Krümmung der Zangenglieder. Bei Helgoland 1925 ist diese Korrelation am typischsten zum Ausdruck gekommen.

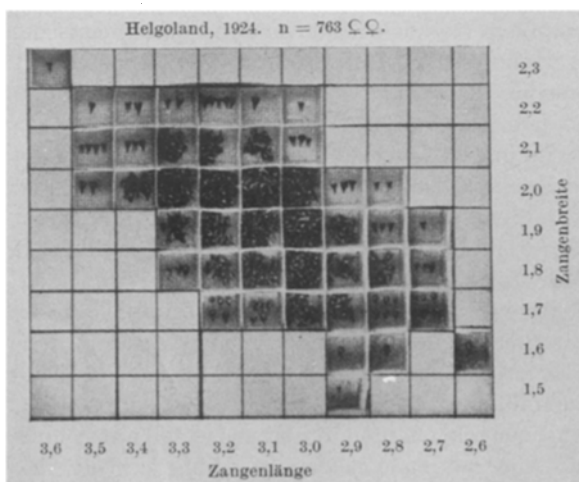
Die stärksten Anhäufungen von Zangen liegen bei allen vier Fundorten bei niedrigen Werten sowohl der Länge als auch des Krümmungsradius. Beide Helgoländer Populationen (1924/1925) beginnen mit niedrigeren Werten für  $L$  und  $R$  und hören mit geringeren Werten für diese Größen auf als die Fundorte Frankfurt und Holstein. Helgoland zeigt in zwei aufeinander folgenden Sammeljahren sehr gleiche Variabilitätsverhältnisse, eine Tatsache, die später bei den zahlenmäßig dargestellten Variationsreihen noch deutlicher für sämtliche gemessene Größen in Erscheinung treten wird. (Daß das von den Zangen bei Helgoland 1925 eingenommene Flächenareal einen ausgeglicheneren Eindruck macht, hängt mit dem Plus von 653 Individuen zusammen.)

Bei Frankfurt 1925 nehmen die Zangen zwei Längen- und drei Radienklassen mehr ein als bei Helgoland 1925, bei Holstein 1924 drei Längen- und vier Radienklassen. Holstein nimmt im Raum der Korrelations-tabelle den größten Raum ein, dann folgen Frankfurt, Helgoland 1924 und schließlich Helgoland 1925.

Die Frage nach einer eventuellen Mehrgipfligkeit kann in gewissem Umfange schon an den Photographien der männlichen Populationen im Korrelationsfeld beantwortet werden. Eine Vergleichung der beiden Helgoländer Fundorte zeigt in klarer Weise, daß in dem von den Cerci eingenommenen Diagonalfeld nur einmal, und zwar bei niedrigen Werten für  $L$  und  $R$  eine maximale Zangenanhäufung vorliegt; in der Region der mittleren und hohen Werte für  $L$  und  $R$  nimmt die Zahl der Objekte in den Kästchen kontinuierlich ab: also schon der bloße Überblick lehrt,

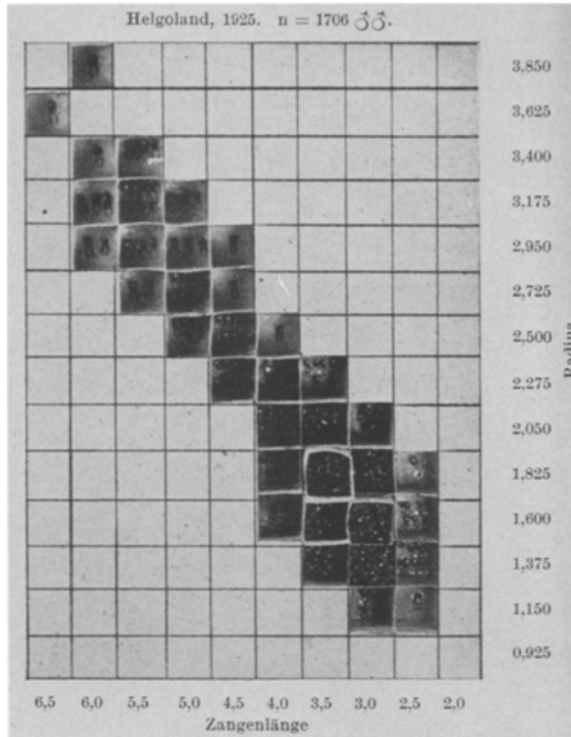


Korrelation: Zangenlänge L — Radius R. Klassenspielraum: L: 0,5 mm; R: 0,225 mm.  
 Variationsbreite: L: 2,5 mm  $\rightarrow$  6,5 mm = 4,0 mm; R: 1,150 mm  $\rightarrow$  4,075 mm = 2,925 mm.

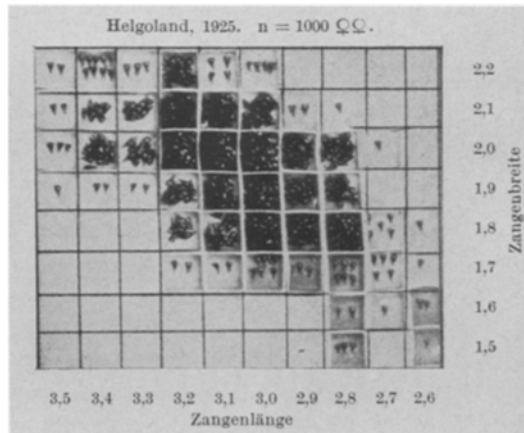


Korrelation: Zangenlänge L — Zangenbreite B. Klassenspielraum: L: 0,1 mm; B: 0,1 mm.  
 Variationsbreite: L: 2,6 mm  $\rightarrow$  3,6 mm = 1,0 mm; B: 1,5 mm  $\rightarrow$  2,3 mm = 0,8 mm.

Abb. 16.



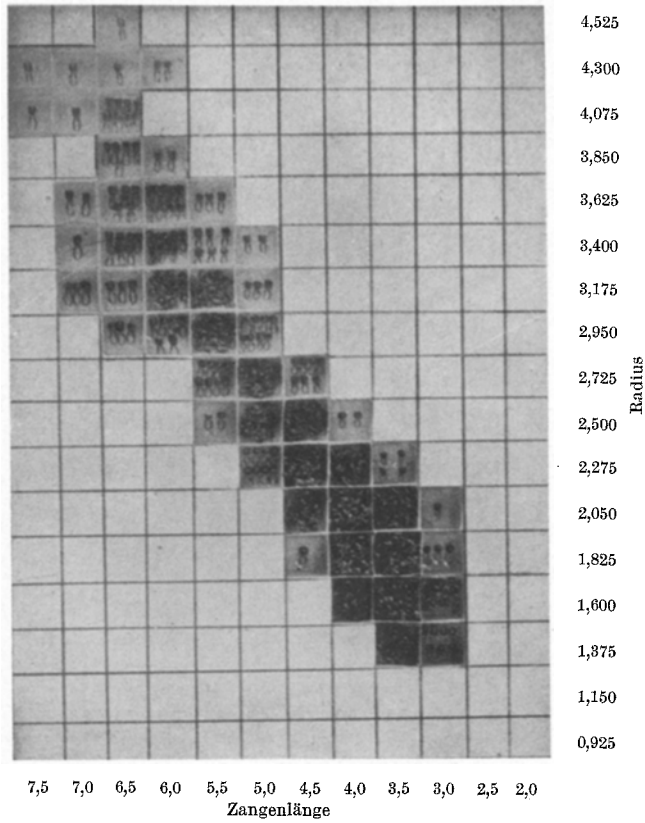
Korrelation: Zangenlänge L — Radius R. Klassenspielraum: L: 0,5 mm; R: 0,225 mm.  
 Variationsbreite: L: 2,5 mm → 6,5 mm = 4,0 mm; R: 1,150 mm → 3,850 mm = 2,7 mm.



Korrelation: Zangenlänge L — Zangenbreite B. Klassenspielraum: L: 0,1 mm; B: 0,1 mm  
 Variationsbreite: L: 2,6 mm → 3,5 mm = 0,9 mm; B: 1,5 mm → 2,2 mm = 0,7 mm.

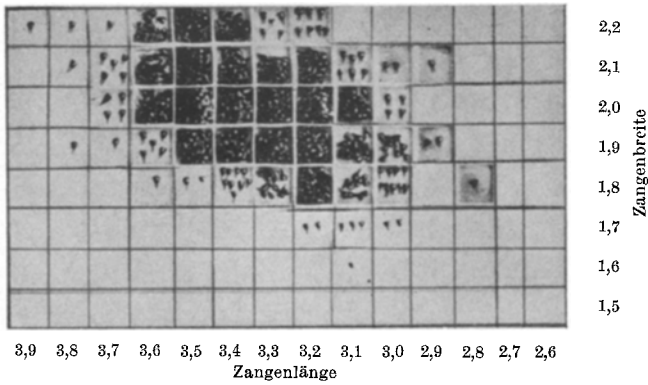
Abb. 17.

Frankfurt, 1925. n = 1277 ♂♂.



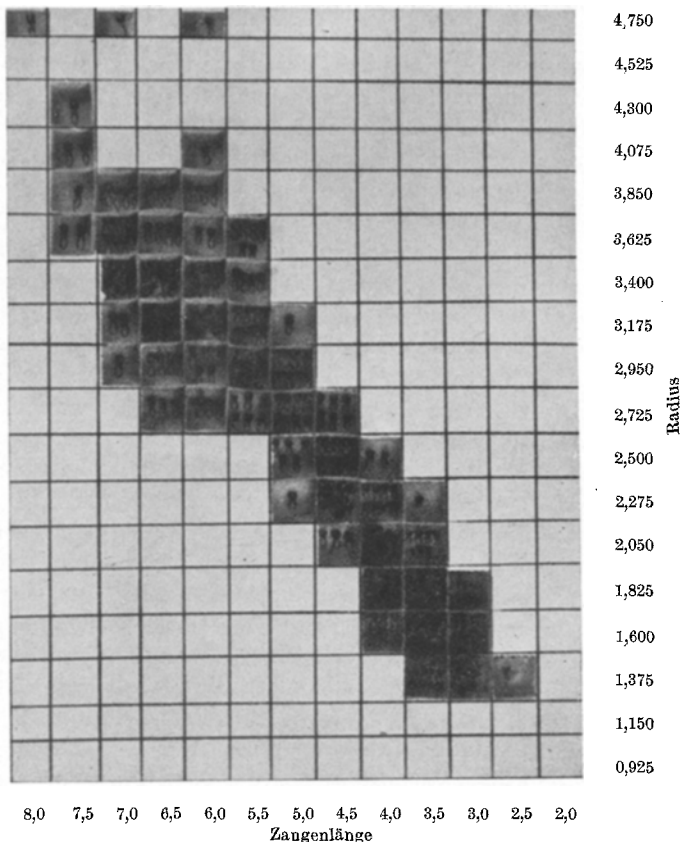
Korrelation: Zangenlänge L — Radius R. Klassenspielraum: L: 0,5 mm; R: 0,225 mm.  
 Variationsbreite: L: 3,0 mm  $\rightarrow$  7,5 mm = 4,5 mm; R: 1,375 mm  $\rightarrow$  4,525 mm = 3,150 mm.

Frankfurt, 1925. n = 1000 ♀♀.

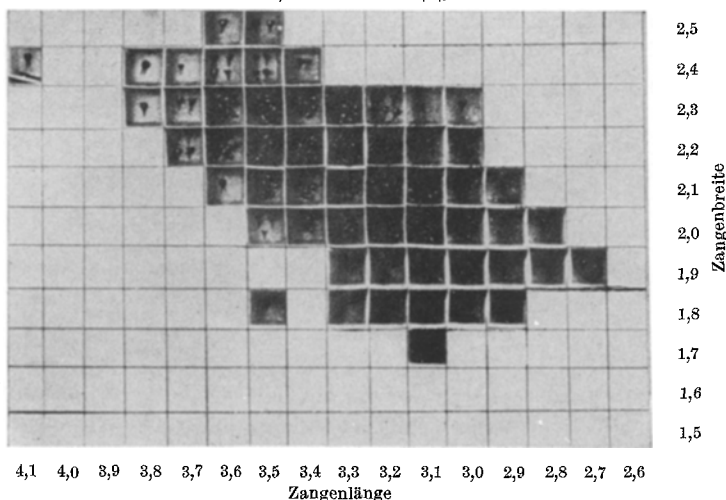


Korrelation: Zangenlänge L — Zangenbreite B.  
 Klassenspielraum: L: 2,5 mm  $\rightarrow$  3,9 mm = 1,1 mm; B: 1,6 mm  $\rightarrow$  2,2 mm = 0,6 mm.  
 Abb. 18.





Korrelation: Zangenlänge L — Radius R. Klassenspielraum: L: 0,5 mm; R: 0,225 mm.  
 Variationsbreite: L: 2,5 mm  $\rightarrow$  8,0 mm = 5,5 mm; R: 1,375  $\rightarrow$  4,750 mm = 3,375 mm.



Korrelation: Zangenlänge L — Zangenbreite B. Klassenspielraum: L: 0,1 mm; B: 0,1 mm.  
 Variationsbreite: L: 2,7 mm  $\rightarrow$  4,1 mm = 1,4 mm; B: 1,7 mm  $\rightarrow$  2,5 mm = 0,8 mm.

daß, wenigstens für den Fundort Helgoland, für die Zangenlänge und den Krümmungsradius eingipflige Variationsreihen vorliegen. Es ist somit durch diese beiden Fälle zum ersten Male das Vorkommen unimodaler Variabilität für *Forficula* festgestellt worden.

Für Frankfurt und Holstein wurde bereits oben eine stärkere Variabilität — wenigstens vorerst für die beiden hier vorliegenden Größen L und R — ermittelt; bei diesen beiden Fundorten zeigen die Photographien (Abb. 18 und 19) von mittleren Werten für Zangenlänge und Radius ab eine erhebliche Verbreiterung des von den Zangen eingenommenen Areals, die auf ein zweites Maximum schließen läßt. Da eine einfache Betrachtung dieser beiden Populationen keine Entscheidung erlaubt, ob es sich hier nur um einen allmählicheren Häufigkeitsabfall als bei Helgoland handelt, oder um einen zweiten Anstieg der Häufigkeit der Objekte in den Kästchen von mittleren Werten ab, so sei hier das weiter unten näher zu betrachtende Ergebnis der zahlenmäßigen Darstellung der Korrelation zwischen L und R vorweg genommen. Bei Frankfurt liegt in der Tat nur ein um einen geringen Betrag weniger steil erfolgender Kurvenabfall für L und R, also ebenfalls Eingipfligkeit vor, bei Holstein hingegen tritt ein schwacher zweiter Gipfel auf, der allerdings bei weitem in seinem Ausmaße hinter allen bisher in der Literatur mitgeteilten Fällen (BATESON und BRINDLEY, DIAKONOV) zurück bleibt.

Leider liegt gerade für diesen Fundort mit der relativ größten Variabilität nur verhältnismäßig geringes Material vor ( $n = 560 \text{ ♂♂}$ ), das für die hohen Werte für R Lücken aufweist (ein beträchtlicher Teil des Materiales ging bedauerlicherweise in Abwesenheit des Verfassers infolge ungeeigneter Behandlung verloren).

Unter den vier zu analysierenden Populationen zeigt also nur eine geringe Bimodalität bei den hohen Werten für L und R, ein Resultat, das in starkem Gegensatz zu den bisherigen Befunden anderer Autoren steht, deren Resultate zum Teil zur Annahme führten, daß die Zweigipfligkeit der Variationsreihe der Zangenlänge der *Forficula*-Männchen gesetzmäßig für jeden Fundort nachzuweisen sei.

Die Bimodalität der männlichen Cerci vom Fundorte Holstein wird noch in einem besonderen Abschnitt einer vergleichenden Analyse unterworfen werden, die ihre Bedeutung wesentlich verringern wird.

#### Die weiblichen Cerci.

Die Variabilität der weiblichen Zangen ist bisher nur von DIAKONOV untersucht worden mit dem Resultate normaler Unimodalität. Die photographischen Belege der vier weiblichen Zangenpopulationen sind dargestellt in korrelativer Beziehung zwischen Zangenlänge L und Zangenbreite B. Entsprechend der wesentlich geringeren Variabilität der weiblichen Zangen sind die Klassenspielräume erheblich enger gewählt

worden als bei den männlichen Cerci (für die Zangenlänge 0,1 mm statt 0,5 mm bei den ♂♂); infolgedessen sind die Flächenareale der weiblichen Zangen nur untereinander direkt vergleichbar. Alle vier Photographien zeigen eine Bestätigung der Befunde DIAKONOVs hinsichtlich der Unimodalität. Die Genauigkeit nach der Zahl der untersuchten Objekte ist wiederum (zufällig) in ähnlicher Weise abgestuft wie bei den männlichen Zangen nämlich: Helgoland 1925, Frankfurt 1925, Helgoland 1924 und Holstein 1924 (Abb. 16—19 unten).

Von besonderem Interesse ist nun ein Vergleich des Umfangs der Variabilität der weiblichen Zangen bei den einzelnen Fundorten, der sich vielleicht in Beziehung setzen läßt zur jeweiligen Variabilität der männlichen Cerci. Dieser Vergleich läßt sich bereits an Hand der Abb. 16 bis 19 durchführen, er soll weiter unten zahlenmäßig belegt werden.

Die von variationsstatistischer Seite mit Recht als Maß der Variabilität für ungeeignet angesehene „Variationsbreite“ kann für die an dieser Stelle vorliegende Fragestellung ohne allzu großes Bedenken angewandt werden.

Für den anzustellenden Vergleich kommt nur die Länge der weiblichen Cerci in Betracht, da sich die Zangenbreite nicht in Beziehung zum Radius der männlichen Zangen setzen läßt. Die Variationsbreite der weiblichen Zangenbreite schwankt für die vier Populationen nur von 0,6 mm (Frankfurt) bis 0,8 mm (Helgoland 1924 und Holstein 1924). Die Variationsbreite für die Zangenlänge hingegen schwankt innerhalb der Grenzen von 0,9 mm (Helgoland 1925) bis 1,4 mm (Holstein 1924). Die Gründe hierfür werden später zu erörtern sein.

Für die Variationsbreite der weiblichen Zangenlänge ergibt sich folgende Stufenfolge (siehe Abb. 16—19): Helgoland 1925 (0,9 mm), Helgoland 1924 (1,0 mm), Frankfurt 1925 (1,1 mm), Holstein 1924 (1,4 mm). Für die Variationsbreite der Länge der männlichen Cerci ergibt sich, wie die Abb. 16—19 zeigen, genau die gleiche Reihenfolge (bei Helgoland für 1924 und 1925 identische Werte). (Man vergleiche die von den weiblichen Zangen eingenommenen jeweiligen Flächenareale untereinander und mit denen der männlichen Cerci des betreffenden Fundortes.)

Auf Grund dieser Feststellung kommen wir schon durch vergleichende Betrachtung der Aufnahmen der vier Populationen zu dem wichtigen Ergebnis, daß die Variabilität der weiblichen Zangenlänge relativ groß ist bei den Fundorten, bei denen auch die Männchen hinsichtlich ihrer Längen- und Krümmungsverhältnisse stark variieren und umgekehrt.

Das biologische und biometrische Interesse an der Variabilität von *Forficula* wird hierdurch auch auf die bisher meist vernachlässigten Weibchen ausgedehnt; die Parallelität des Umfanges der Variabilität bei Männchen und Weibchen für jeden der hier untersuchten Fundorte

drängt nach einem beide Erscheinungen umfassenden kausalen Erklärungsversuch.

Es sei noch auf den Diagonalverlauf der Anhäufungen der weiblichen Zangen hingewiesen, der auf eine bestehende Korrelation zwischen Zangenlänge und Zangenbreite schließen läßt. Diese Korrelation ist aber bei weitem nicht so scharf ausgeprägt wie diejenige zwischen Länge und Radius der männlichen Zange.

*Die extremen Plus- und Minusvarianten unter den männlichen und weiblichen Zangen der vier Populationen.*

Zur Ergänzung der allgemeinen Charakteristik werden in den nachstehenden Abb. 20—27 jeweils die längsten und kürzesten männlichen und weiblichen Zangen mit ihren wesentlichsten Maßen abgebildet (Zeichnungen mit Zeichenapparat entworfen; Zangen sind zum Teil nicht in maximal geschlossenem Zustande dargestellt).

Bei den beiden Helgoländer Populationen der Jahre 1924 und 1925 (Abb. 20, 21, 22, 23) fallen wiederum die nahezu identischen Maße der extremen Zangentypen auf, die nur um wenige Zehntelmillimeter differieren (maximal um 0,2 mm).

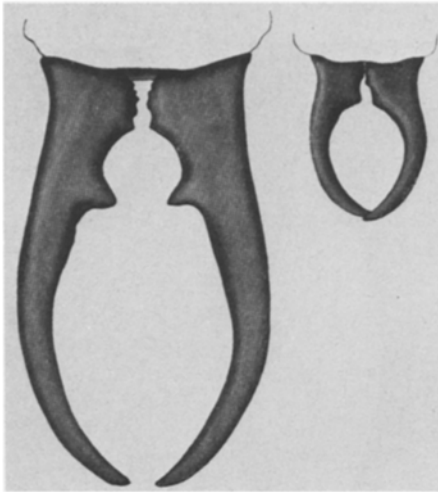
Die wesentlich geringere Variabilität der weiblichen Zangen tritt hier, im unmittelbaren Vergleich mit den stärksten männlichen Plus- und Minusabweichern, besonders klar in Erscheinung. Die längsten männlichen Cerci sind sehr ähnlich in der Form — auf Grund unserer früheren Feststellungen ein allgemeines Kennzeichen der großen Zangentypen —, die beiden extrem kurzen Cerci zeigen dagegen zufällig beide unter den kurzen Zangen vorkommenden Typen: bei Helgoland 1924 gehört die kürzeste männliche dem schlanken kurzen Typus an, bei der Population von 1925 der breiten kurzen Form mit Zangenspitzen, die auch bei völligem Verschuß um 0,5 mm klaffen ( $A_3 = 0,5$  mm).

Für Frankfurt und Holstein mag das Charakteristische der extremen Plus- und Minusvarianten direkt aus den Abbildungen 24, 25, 26 und 27 und den beigefügten Maßangaben entnommen werden. Man beachte noch, daß die längste weibliche Zange (4,1 mm) sich in der Holsteinschen Population findet, die auch hinsichtlich der männlichen Zangen unter den vier Fundorten am stärksten variiert. Die zweitlängste weibliche Zange (3,9 mm) kommt bei dem in Bezug auf die Variabilität der männlichen Cerci am zweitstärksten variiierenden Fundort vor, nämlich bei der Frankfurter Population.

**1. Darstellung der Variabilität der männlichen und weiblichen Zange an Variationspolygonen.**

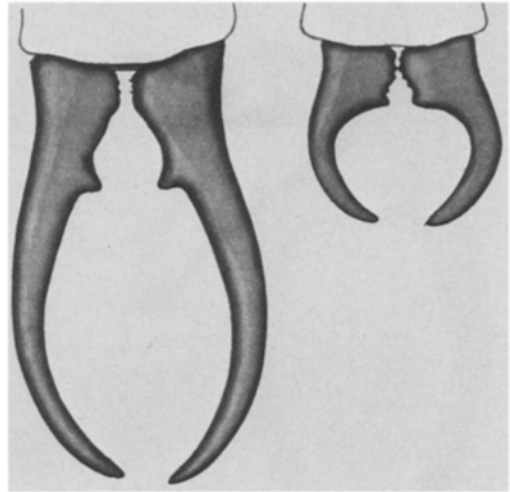
Vorbemerkungen: Da es sich bei dem vorliegenden Abschnitt der Analyse vor allem darum handelt zu beweisen, daß bei der so viel disku-

tierten Zangenlänge der *Forficula*-♂♂ auch *unimodale* Variabilität vorkommt, so sollen die im folgenden gegebenen Variationspolygone in der



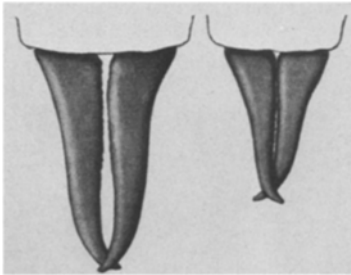
L: 6,3 mm	L: 2,7 mm
B: 2,8 mm	B: 1,9 mm
L:B: 2,25	L:B: 1,42
R: 4,075 mm	R: 1,375 mm
K=1/R: 0,245	K=1/R: 0,727
A1: 1,7 mm	A1: 0,7 mm
A2: 4,4 mm	A2: 1,7 mm
A2:A1: 2,58	A2:A1: 2,42

Abb. 20. Die extremen Plus- und Minusvarianten unter den männlichen Cerci des Fundortes Helgoland 1924.



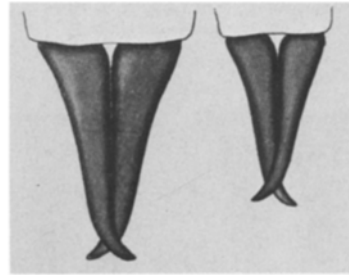
L: 6,5 mm	L: 2,9 mm
B: 2,8 mm	B: 2,3 mm
L:B: 2,32	L:B: 1,26
R: 3,625 mm	R: 1,150 mm
K=1/R: 0,275	K=1/R: 0,869
A1: 1,9 mm	A1: 1,0 mm
A2: 4,5 mm	A2: 1,8 mm
A2:A1: 2,37	A2:A1: 1,8
	A3: 0,5 mm

Abb. 22. Die extremen Plus- und Minusvarianten unter den männlichen Cerci des Fundortes Helgoland 1925.



L: 3,6 mm	L: 2,6 mm
B: 2,3 mm	B: 1,6 mm
L:B: 1,56	L:B: 1,62

Abb. 21. Die extremen Plus- und Minusvarianten unter den weiblichen Cerci des Fundortes Helgoland 1924.

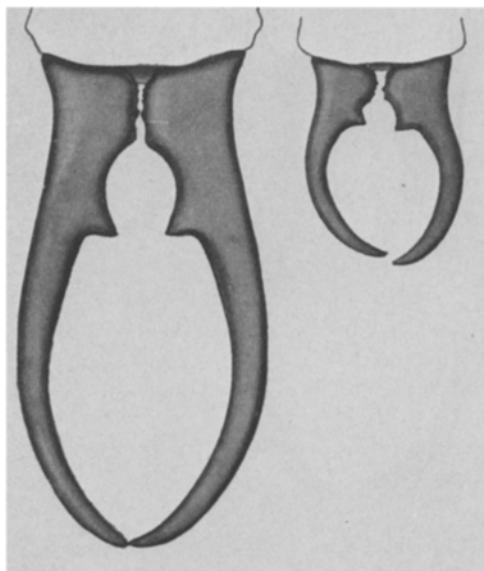


L: 3,5 mm	L: 2,6 mm
B: 2,2 mm	B: 1,5 mm
L:B: 1,59	L:B: 1,73

Abb. 23. Die extremen Plus- und Minusvarianten unter den weiblichen Cerci des Fundortes Helgoland 1925.

Hauptsache als Dokumente für die hier zum ersten Male für die *Forficula*-♂♂ dargestellte typische Art der Variabilität aufgefaßt werden.

Es konnte daher von der Beibringung der für die meisten rein variations-statistischen Untersuchungen unbedingt erforderlichen Werte



L: 7,5 mm  
B: 2,9 mm  
L:B: 2,58  
R: 4,3 mm  
K=1/R: 0,232  
A1: 2,5 mm  
A2: 4,8 mm  
A2:A1: 1,92

L: 3,0 mm  
B: 2,0 mm  
L:B: 1,50  
R: 1,375 mm  
K=1/R: 0,727  
A1: 1,0 mm  
A2: 2,0 mm  
A2:A1: 2,0

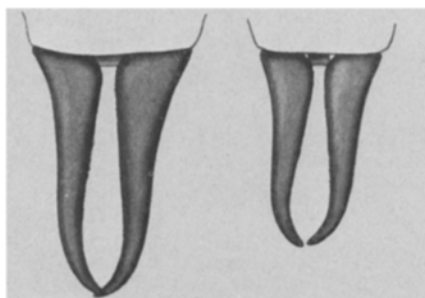
Abb. 24. Die extremen Plus- und Minusvarianten unter den männlichen Cerci des Fundortes Frankfurt 1925.



L: 8,4 mm  
B: 3,2 mm  
L:B: 2,62  
R: 4,750 mm  
K=1/R: 0,21  
A1: 2,8 mm  
A2: 5,4 mm  
A2:A1: 1,92

L: 2,9 mm  
B: 2,2 mm  
L:B: 1,31  
R: 1,375 mm  
K=1/R: 0,727  
A1: 1,0 mm  
A2: 1,8 mm  
A2:A1: 1,8 mm

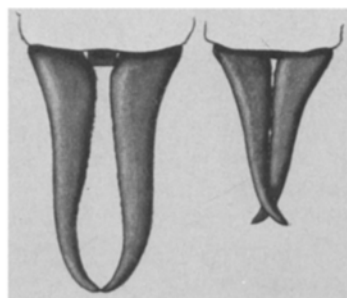
Abb. 26. Die extremen Plus- und Minusvarianten unter den männlichen Cerci des Fundortes Holstein 1924.



L: 3,9 mm  
B: 2,2 mm  
L:B: 1,77

L: 2,8 mm  
B: 1,8 mm  
L:B: 1,56

Abb. 25. Die extremen Plus- und Minusvarianten unter den weiblichen Cerci des Fundortes Frankfurt 1925.



L: 4,1 mm  
B: 2,4 mm  
L:B: 1,70

L: 2,7 mm  
B: 1,9 mm  
L:B: 1,42

Abb. 27. Die extremen Plus- und Minusvarianten unter den weiblichen Cerci des Fundortes Holstein 1924.

( $\sigma$ , M usw.) Abstand genommen werden, da die hier zu ziehenden Schlußfolgerungen, im Rahmen der gesamten Untersuchungen, auf einer einfachen Art der Vergleichung beruhen, so daß von der Beigabe dieser Zahlenwerte keine weitere Klärung der Angelegenheit zu erwarten ist.

An Stelle genauerer mathematischer Durchdringung der erzielten Ergebnisse der Variationsanalyse wurde hier in höherem Maße der Kontakt mit dem Objekt selbst — wie bei der Formanalyse — als erstrebenswert und fruchtbar angesehen, ob zum Schaden oder Nutzen in der Beantwortung der eingangs dargelegten Fragen, wird der weitere Gang der Analyse lehren. Das Fehlen der üblichen Konstanten möge also nicht als Unterlassungssünde gebucht werden; vielleicht kann die Auswertung des hier gebotenen Materials von späteren Bearbeitern auch in rein biometrischer Hinsicht noch vertieft werden.

Sämtliche Variationspolygone sind flächengleich dargestellt, durch Umwandlung der empirischen Variationsreihen auf  $n = 1000$  Individuen; die Promillewerte sind nicht mit aufgeführt, um das Bild nicht unnötig zu belasten. Die graphischen Darstellungen für die einzelnen an der männlichen und weiblichen Zange gemessenen Größen sind jeweils — zur Erleichterung des Vergleichs — immer für die vier untersuchten Populationen im Zusammenhang gegeben.

*a) Die Variabilität der männlichen Zange und der abdominalen Körperbreite des Männchens (Abb. 28—39).*

1. *Zangenlänge* L (Klassenspielraum: 0,5 mm). Die Reihenfolge der Längenspolygone ist die gleiche wie bei den photographischen Belegen der vier Populationen und den Darstellungen der extremen Plus- und Minusvarianten, nämlich nach zunehmender Variationsbreite: Helgoland 1924, Helgoland 1925, Frankfurt 1925 und Holstein 1924.

Aus den Abb. 16—19 konnte zum Teil bereits festgestellt werden, daß für die Variationsreihen der Zangenlänge nur ein Häufigkeitsmaximum vorliegt, außer bei dem Fundort Holstein. Den Variationspolygonen können die genauen Klassenfrequenzen entnommen werden.

Die Polygone des Fundortes Helgoland zeigen für die beiden Sammeljahre 1924 (Abb. 28a) und 1925 (Abb. 28b) weitgehende Übereinstimmung der relativen Klassenfrequenzen, beide Darstellungen lassen sich fast zur Deckung bringen; die größte Klassenfrequenz liegt bei beiden unimodalen Polygonen in der Längensklasse 3,0 mm. Die kleinsten Objekte finden sich in der Längensklasse 2,5 mm, die größten in der Klasse 6,5 mm. Beide Variationsreihen beginnen und schließen also mit der gleichen Klasse.

Von mittleren Längen, etwa 4,5 mm ab, zeigt sich ein sehr gleichmäßiger Häufigkeitsabfall der Plusvarianten, ohne daß es zu einem

noch so kleinen zweiten Anstieg kommt. Gegenüber dem großen Flächenareal, das die Masse der kurzen Zangen darstellt, fällt der die langen Objekte repräsentierende Anteil kaum ins Gewicht.

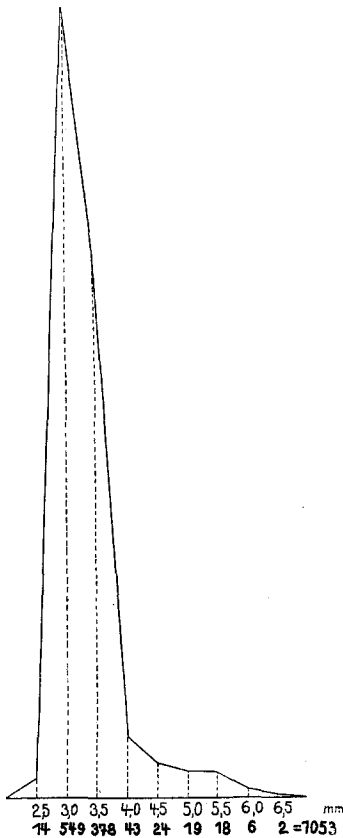


Abb. 28 a.  
Helgoland: 1924.

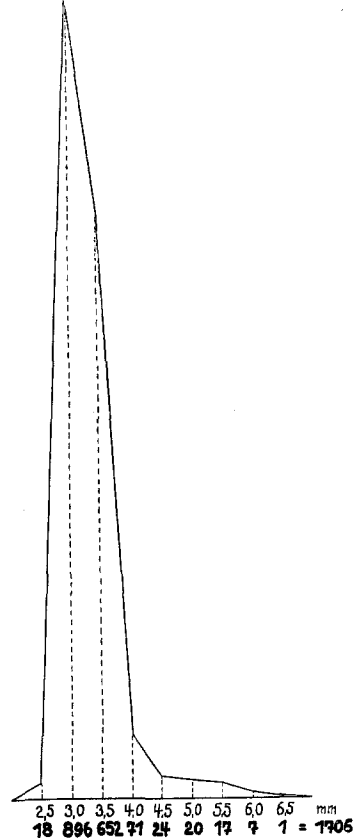


Abb. 28 b.  
Helgoland: 1925.

*Forficula auricularia*. Männliche Cerci. Flächengleiche

Das Variationspolygon für die Zangenlänge der Frankfurter Population (Abb. 28 c) ist ebenfalls unimodal, jedoch ist infolge der größeren Gesamtvariabilität der Objekte dieses Fundortes die Gestalt des Polygons etwas verändert gegenüber Helgoland. Hier beginnt die Reihe erst mit der Längenkategorie 3,0 mm, sie zeigt dafür auf der Seite der Plusvarianten zwei Klassen mehr: die Längenkategorien 7,0 und 7,5 mm. Die Gipfelordinate mit der größten Frequenz ist gegenüber den Verhältnissen des Fundortes Helgoland nach der Seite der Plusvarianten um einen Klassenspielfeld verschoben und liegt bei 3,5 mm. Das Flächenareal über den mittleren Längenkategorien und denen der extremen Plusvari-



anten ist wesentlich größer als bei Helgoland, entsprechend ist die Gipfelordinate relativ niedriger. Der Abfall der die Ordinatenendpunkte verbindenden Polygonseiten ist demgemäß steiler.

Der Fundort Holstein 1924 weist, wie schon oben kurz dargelegt wurde, die größte Variabilität unter den vier untersuchten Populationen auf. Trotz der relativ geringsten Zahl der gemessenen Individuen ( $n = 560$ ) zeigt das Polygon für die Zangenlänge (Abb. 28 d) eine ausgeglichene Gestalt. Die Reihe beginnt hier wieder, wie bei Helgoland,

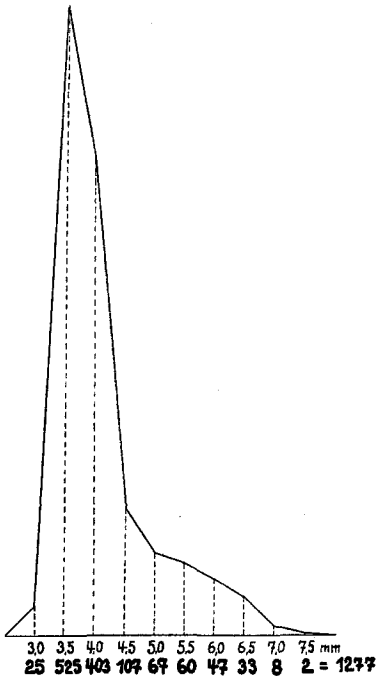


Abb. 28 c.  
Frankfurt: 1925.

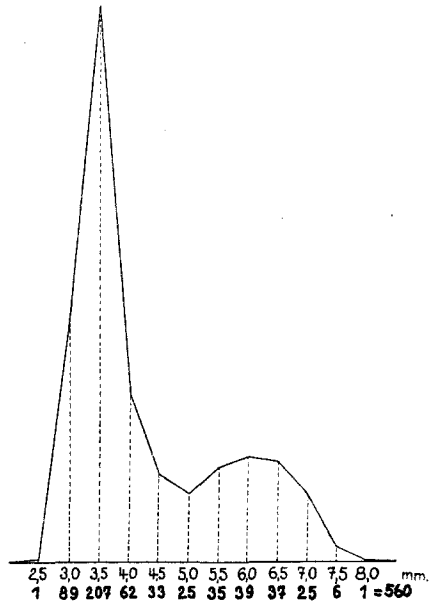


Abb. 28 d.  
Holstein: 1924.

Variationspolygone der Zangenlänge L.

mit der Längenklasse 2,5 mm (Frequenz = 1) und zeigt auf der Plusseite eine Klasse mehr als Frankfurt (8,0 mm-Klasse). Von der Klasse 5,0 mm ab beginnt ein zweiter Anstieg; die zweite Gipfelordinate liegt bei 6,0 mm. Ein Vergleich mit den drei anderen flächengleichen Polygonen ergibt die relativ niedrigste 1. (Haupt-) Gipfelordinate, und zwar liegt sie wieder bei der Längenklasse 3,5 mm, wie bei Abb. 28 c (Frankfurt). Das Flächenareal über den mittleren und großen Längenklassen ist bei Holstein entsprechend dem relativ stärksten Auftreten von langen und längsten Zangen unter den vier Fundorten am ausgedehntesten.

Gegenüber den von BATESON und DIAKONOV veröffentlichten zwei-

gipfligen Variationspolygonen der Zangenlänge zeigt der Fundort Holstein einen viel niedrigeren zweiten Gipfel und größere Klassenfrequenzen bei mittleren Zangenlängen (5,0 mm). Kritik der früheren Befunde anderer Autoren und Vergleich mit den vorliegenden Ergebnissen folgt

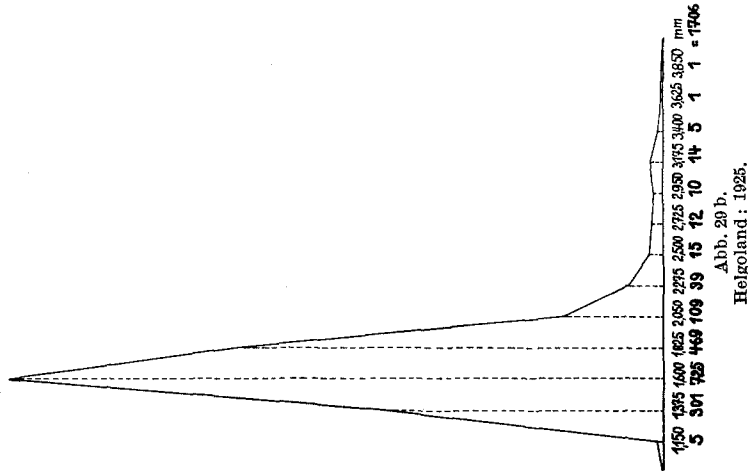


Abb. 20 b.  
Helgoland: 1925.

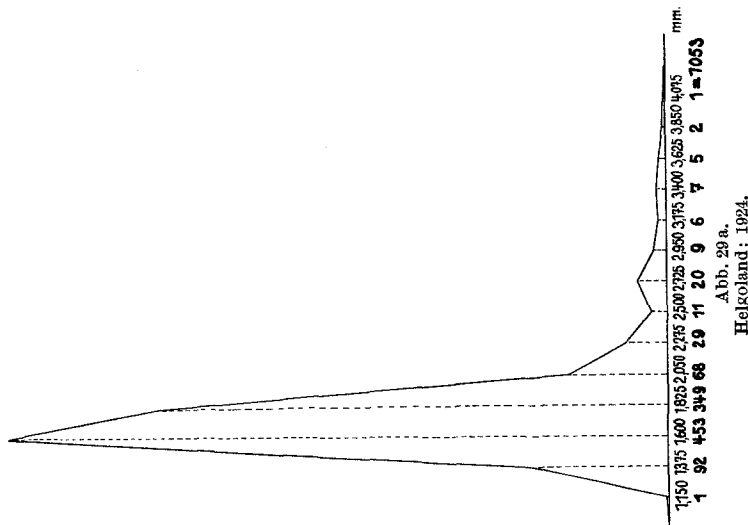
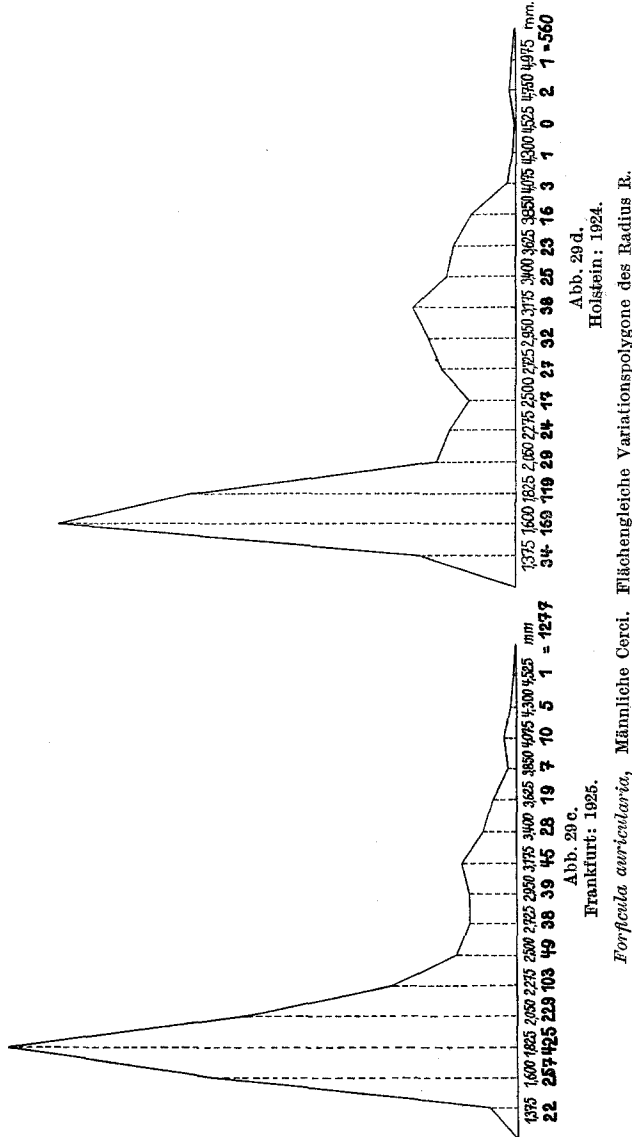


Abb. 20 a.  
Helgoland: 1924.

am Schlusse dieses Abschnittes über die Variationspolygone der männlichen Zangen.

2. *Radius R* (Klassenspielraum: 0,225 mm). Die in den Abb. 29 a—d gegebenen Polygone für die Variabilität des Krümmungsradius (gemessen

am Außenkontur der linken Zange) zeigen im allgemeinen einen ähnlichen Habitus wie die Längenpolygone: relativ geringe Variabilität bei



Helgoland 1924 und 1925, stärkere Verschiebung nach der Seite der Plusvarianten bei Frankfurt (drei weitere Klassen weisen allerdings nur sehr geringe Frequenz auf) und größte Variabilität bei Holstein.

Ein deutlich ausgeprägter zweiter Gipfel ist wiederum nur bei der auch hinsichtlich der Zangenlänge am stärksten variierenden Holsteiner Population festzustellen (hier Zunahme um zwei weitere Radienklassen gegenüber Frankfurt).

Die beiden Helgoländer Radiuspolygone sind wiederum fast identisch, das Häufigkeitsmaximum liegt bei beiden Sammeljahren bei  $R = 1,600$  mm. Bei Frankfurt ist die Gipfelordinate, wie bei den Zangenlängenpolygonen, um eine Klasse nach der Plusseite verschoben. Daß trotz der hohen Werte für  $n$  (1924:  $n \approx 1053$ , 1925:  $n = 1706$ ) bei Helgoland außer dem Hauptmaximum noch je ein äußerst kleiner zweiter Anstieg vorkommt (1924 bei Klasse 2,725 mm, 1925 bei 3,175 mm), dürfte mit der Eigenart der Meßmethode zusammenhängen, die für Krümmungen nicht die gleiche Genauigkeit erzielen kann wie für einfache Längenmessungen (siehe Kapitel III). Diese minimalen zweiten „Gipfelordinaten“ können demgemäß ohne Bedenken vernachlässigt werden. Unter dem gleichen Gesichtspunkt ist der zweite geringfügige Anstieg bei Klasse 3,175 mm des Frankfurter Polygons (Abb. 29 c) zu betrachten.

Daß die Variationspolygone für den Krümmungsradius in den Hauptzügen das Bild der Polygone der Zangenlänge für die vier Populationen wiederholen, ist ohne weiteres verständlich. Wie bereits aus den Abb. 16 bis 19 hervorgeht, besteht eine gute positive Korrelation zwischen der Zangenlänge und dem Krümmungsradius (zahlenmäßige Belege weiter unten). Je länger eine männliche Zange ist, um so größer ist demgemäß auch der Radius des Abschnittes der Kreisperipherie an der Außenseite ihrer Zangenglieder; je größer der Radius, um so geringer die Krümmung selbst ( $\text{Krümmung} = \frac{1}{R} = K = \text{Krümmungsmaß}$ ). Kurze Zangen sind also stark gekrümmt, lange schwach. Die Krümmung liegt in Richtung der Längsausdehnung der Zangenglieder, sie wird also im wesentlichen auch ähnlich variieren wie die Zange selbst. Der wenig ausgeglichene Habitus des Polygons Holstein (Abb. 29 d) auf der Seite der Plusvarianten, ist auf die vielleicht etwas zu geringe Individuenzahl und auch auf die Meßmethodik zurückzuführen (bei geringen Krümmungen, also großen Werten für  $R$ , ist der Entscheid oft schwieriger, welcher gegebenen Kreisperipherie zuzuordnen ist (siehe Abb. 2), als bei starken Krümmungen mit kleinen Werten für  $R$ ).

Bei der messenden Behandlung der Krümmung der Zangen wurde nicht nur durch Vergleich mit der eingangs geschilderten Kreisperipherieskala, die auf gleichmäßig zunehmendem Radius beruhte, eine Variationsreihe erhalten, sondern noch eine weitere durch Vergleich mit einer Skala, die nach gleichmäßig ansteigenden Werten des Krümmungsmaßes  $K = \frac{1}{R}$  konstruiert war. Ordnet man nach fallenden Werten für  $K$ , so

erhält man eine sehr ähnliche Variationsreihe wie die für R. Auf die Beigabe dieser Polygone wurde daher verzichtet.

3. *Zangenbreite* B (Klassenspielraum: 0,2 mm). Die Zangenbreite B (Abb. 30 a—d) zeigt für sämtliche vier Populationen unimodale Variationspolygone. Bei keinem Fundort wird die Breitenklasse 3,1 mm überschritten, die äußersten Plusvarianten gehören also überall der gleichen Breitenklasse an. Die schmalsten Objekte finden sich bei Helgoland 1925 (Abb. 30 b), sie gehören der Breitenklasse 1,5 mm an; Helgoland 1924 und Frankfurt 1925 (Abb. 30 a und c) beginnen die Variationsreihe mit der Breitenklasse 1,7 mm, Holstein (Abb. 30 d) erst mit der nächstbreiteren Klasse von 1,9 mm. Helgoland hat für beide Jahre die Gipfelordinate bei der Breitenklasse 2,3 mm; für die Frankfurter Population liegt die größte Frequenz bei einer Zangenbreite von 2,5 mm, für Holstein sogar bei 2,7 mm.

Unsere nach steigender Variabilität der Zangenlänge angeordneten vier Populationen bleiben demnach in der gleichen Reihenfolge stehen, auch wenn man nach der Verschiebung der Gipfelordinate für die Zangenbreite nach der Seite der Plusvarianten zu anordnet.

Der Fundort mit der größeren Längenvariabilität zeigt also im Durchschnitt breitere Zangen; aber selbst die extremsten Plusvarianten der Zangenlänge (Holstein) überschreiten nie die Klasse 3,1 mm.

Wir können daraus schließen, daß zwischen Zangenlänge und Zangenbreite keine ebenso klare positive Korrelation bestehen wird, wie zwischen Zangenlänge und Krümmungsradius.

Daß die beiden Breitenpolygone für Helgoland ähnlichen Gesamthabitus aufweisen, ist nach dem Vorausgegangenen nicht mehr verwunderlich; die 653 Individuen mehr bei der Population von 1925 ergeben eine wesentlich ausgeglichene Gestalt des Polygons.

Im Anschluß an die Zangenbreite ergibt sich die Darstellung der Variabilität der einzigen am Körper der *Forficula*-♂♂ selbst gemessenen Größe.

4. *Größte Breite des Abdomens* B 1 (Klassenspielraum: 0,2 mm). Die Gründe für die Wahl dieser Größe, die ein Ersatz für die nur ungenau meßbare Körperlänge darstellt, wurden bereits eingangs dargelegt.

Unabhängig von DIAKONOV, der außer B 1 noch die Breite des Pronotums maß, wurde die Gerade zwischen den seitlichen kleinen, nur beim ♂ vorkommenden Höckern am letzten Abdominalsegment gemessen (Abb. 4 a, B 1). Wie bei DIAKONOV sind die Variationspolygone vom unimodalen Typus. Merkwürdig ist, daß bei Helgoland 1924 (Abb. 31 a), trotz  $n = 1053$  ♂♂, an der Stelle des nach der Population von 1925 bei der Klasse 2,8 mm zu erwartenden Gipfels, sich eine geringfügige Einsenkung des Polygons vorfindet; bei 1706 Individuen verschwindet diese Unregelmäßigkeit. Von dieser kleinen Abweichung abgesehen,

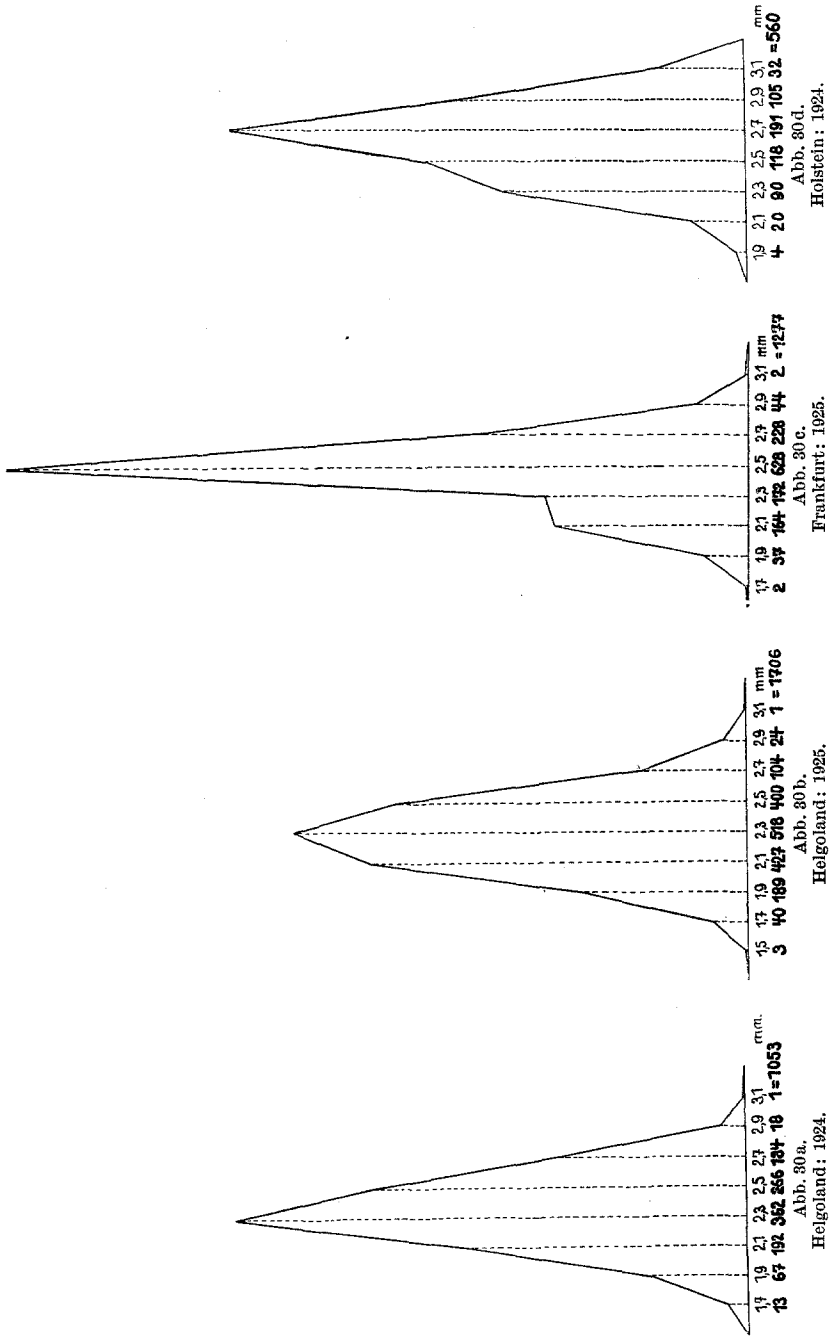


Abb. 30d.  
Holstein: 1924.

Abb. 30c.  
Frankfurt: 1925.

Abb. 30b.  
Helgoland: 1925.

Abb. 30a.  
Helgoland: 1924.

*Forficula auricularia*. Männliche Cerci. Flächenreiche Variationspolygone der Zangenbreite B.

zeigen beide Helgoländer Polygone untereinander einen ähnlichen Habitus gegenüber den hinsichtlich der Länge der Zange und des Krümmungsradius wesentlich stärker variierenden Populationen von Frankfurt und Holstein. Die Helgoländer Polygone sind viel niedriger, dafür an der Basis breiter. Die Variationsreihen für B 1 beginnen schon bei der Klasse 2,0 mm und hören beide bei der 3,6 mm-Klasse auf. Helgoland 1925 fällt durch die fast schematisch symmetrische Gestalt des Polygons auf; die der Gipfelordinate benachbarten Klassen zeichnen sich durch sehr hohe Klassenfrequenz aus.

Anders verhält es sich mit den B 1-Polygonen für Frankfurt und Holstein. Wesentlich geringere Frequenz in den der Gipfelordinate benachbarten Klassen bedingt relativ hohe und spitze Polygone. Die Variationsreihen beginnen erst mit der Klasse 2,2 mm; bei Holstein findet sich noch ein besonders breites Individuum in der Klasse 3,8 mm. Die Symmetrie der Polygone ist gestört durch Verschiebung der Gipfelordinate nach der Plusseite: Gipfelordinate für Frankfurt bei 3,0 mm, für Holstein bei 3,2 mm.

Was an dieser Stelle zur Beurteilung der Variationspolygone für die größte Breite des Abdomens festgestellt wurde, gilt, wie ein Vergleich der Abb. 31 a—d mit Abb. 30 a—d lehrt, auch für die Variabilität der Zangenbreite B. Eine Gegenüberstellung der Polygone dieser beiden Größen innerhalb der einzelnen Fundorte zeigt große Ähnlichkeit hinsichtlich der Gestalts- und Symmetrieverhältnisse: starke Symmetrie bei den Helgoländer Populationen, Verschiebung der Gipfelordinate nach der Plusseite bei Frankfurt und Holstein; der steile Abfall der Polygone auf der Seite der Plusvarianten ließe sich gut einer Normalkurve angleichen, während dies auf der Seite der Minusvarianten Schwierigkeiten bereiten würde. Mit anderen Worten: unter den Männchen der Fundorte mit starker Variabilität der Zangenlänge (Frankfurt, Holstein) sind die niedrigwertigen Klassen für die Zangenbreite und größte Breite des Abdomens (und damit Körperlänge!) nur mit relativ sehr geringer Frequenz vertreten. Eine Deutung dieser relativen Seltenheit der schmalen Zangen und Männchen mit schmalen Abdomen (also auch geringer allgemeiner Körpergröße) folgt weiter unten.

Die Übereinstimmung im Habitus der jeweiligen Variationspolygone für Zangenbreite und größte Breite des Abdomens läßt vermuten, daß zwischen diesen Größen positive Korrelationsbeziehungen bestehen, was nach dem Gesamtbauplan auch zu erwarten ist. Die Korrelationstabellen des folgenden Kapitels werden diese Vermutung bestätigen.

5. *Zahnabstand* A 1 (Klassenspielraum: 0,2 mm). Die Abb. 32 a und b zeigen für die beiden Sammeljahre von Helgoland dem allgemeinen Habitus nach wieder sehr ähnliche Variationspolygone; für 1925 liegt eine etwas spitzere Gestalt vor. Beide Populationen beginnen ihre Va-

riationsreihe für A 1 (Abb. 4 a) mit der 0,6 mm-Klasse und endigen sie bei der Klasse 2,2 mm (1924), bzw. 2,0 mm (1925). Die Gipfelordinate liegt für beide Polygone bei der 1,0 mm-Klasse.

Strenge Unimodalität kennzeichnet auch die Variabilität dieser Größe; auf der Seite der Plusvarianten ist der Abfall der Polygonseiten allmählich und weniger steil als auf der anderen Seite. Für die höheren Klassen von A 1, etwa von 1,6 mm ab, ist eben nur sehr geringe Frequenz vorhanden, ähnlich wie auch bei den Helgoländer Variationspolygonen für die Zangenlänge die Gestaltsverhältnisse lagen (siehe Abb. 28 a und b).

Ein Vergleich der Zangenlänge-polygone (Abb. 28 a—d) für alle vier Fundorte mit den graphischen Darstellungen der vier Variationsreihen von A 1 zeigt überhaupt eine Übereinstimmung in der Polygongestalt. Auch für A 1 paßt die bisherige Reihenfolge (nach zunehmender Variabilität der Zangenlänge), sowohl hinsichtlich steigender Variationsbreite als auch der Verschiebung der Gipfelordinate nach der Seite der Plusvarianten. Für Frankfurt läßt sich wiederum (Abb. 32 c) ein höheres

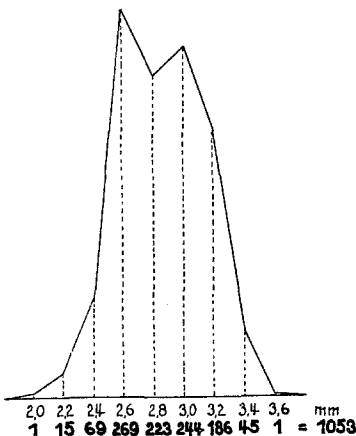


Abb. 31 a.  
Helgoland: 1924.

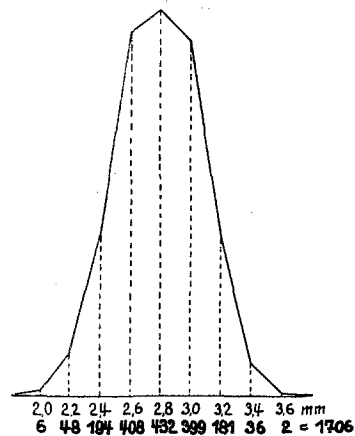


Abb. 31 b.  
Helgoland: 1925.

*Forficula auricularia*. Männliche Cerci. Flächengleiche

Flächenareal für die Klassen von 1,6 mm ab feststellen, wodurch eine relativ niedrigere Gipfelordinate bedingt wird; drei weitere Klassen zeigen hier eine, wenn auch geringe Frequenz (gegenüber Helgoland 1925): die Klassen 2,2 mm bis 2,6 mm.

Das Polygon für A 1 von Holstein weist eine weitere besetzte Klasse auf der Plusseite auf (Abb. 32 d : 2,8 mm); über der 2,2 mm-Klasse ist ein geringer zweiter Gipfel festzustellen. Der Verlauf der Polygonseiten ist hier auf der Plusseite nicht so gut ausgeglichen wie bei der Zangenlänge, wie ja überhaupt bei den bisher besprochenen Polygonen des öfteren der Abfall der Polygonseiten vom Gipfel zur Klasse der extremen



Plusvarianten keine klar ausgeprägte Anpassung an eine Idealkurve ermöglichte.

6. *Zahnabstand* A 2 (Klassenspielraum: 0,3 mm). Was vorstehend für A 1 ermittelt wurde in bezug auf Habitusähnlichkeit mit den Zangenlängenpolygenen, gilt in noch höherem Maße für den Zahnabstand A 2. Diese Beziehung wird verständlich, wenn man bedenkt, daß  $A 1 + A 2$

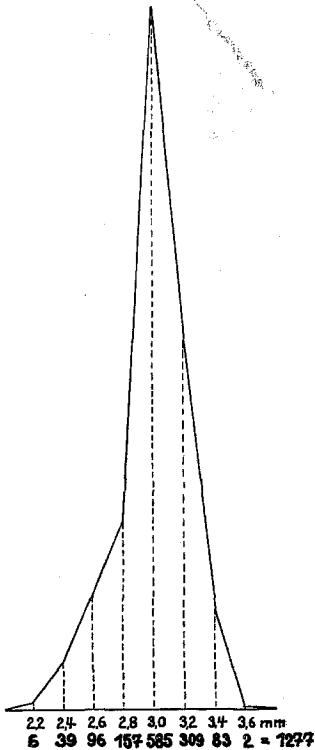


Abb. 31 c.  
Frankfurt: 1925.

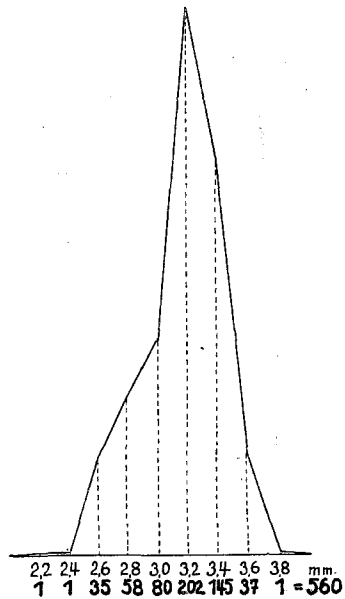


Abb. 31 d.  
Holstein: 1924.

Variationspolygone der größten Breite des Abdomens B1.

annähernd gleich der Gesamtzangenlänge L ist (Abb. 4 a). Die Größe von A 1 und A 2 ist durch die Lage des letzten großen Zahnes an der Innenseite der Glieder der männlichen Zange bedingt. Die Frage, ob dieser charakteristische Punkt in seiner jeweiligen Lage relativ konstant bleibt, oder bei sehr langen Objekten stark distad verschoben ist, kann durch die Variationspolygone allein nicht entschieden werden; es wird hierauf bei den entsprechenden Korrelationstabellen in Verbindung mit den Ergebnissen der Formanalyse (Kapitel V und VI) besonders einzugehen sein.

Um Wiederholungen zu vermeiden, mögen die Polygone von A 2

(Abb. 33 a—d) direkt mit denen für A I und der Zangenlänge L (Abb. 32 a—d und 28 a—d) verglichen werden.

7. *Quotient* L : B (Klassenspielraum: 0,2). Unter Beibehaltung der bisherigen Reihenfolge der vier Polygone für die einzelnen gemessenen Größen, wodurch die Ähnlichkeit in der Gestalt der Polygone gut zum

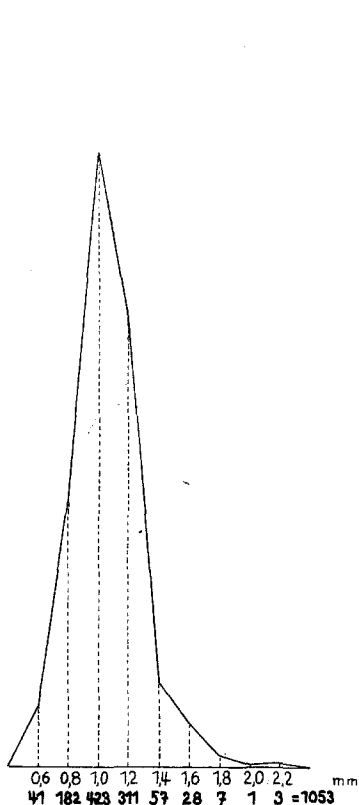


Abb. 32 a.  
Helgoland: 1924.

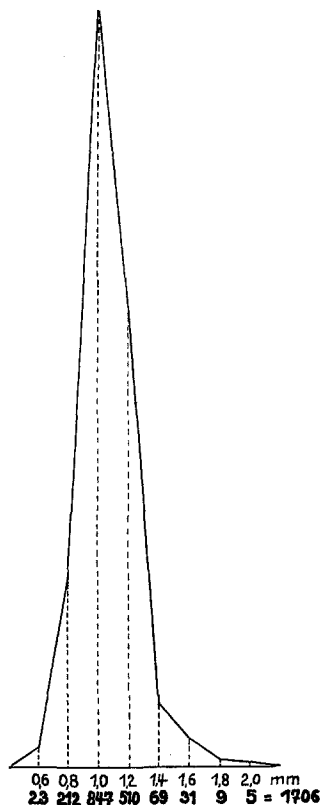


Abb. 32 b.  
Helgoland: 1925.

*Forficula auricularia*. Männliche Cerci. Flächengleiche

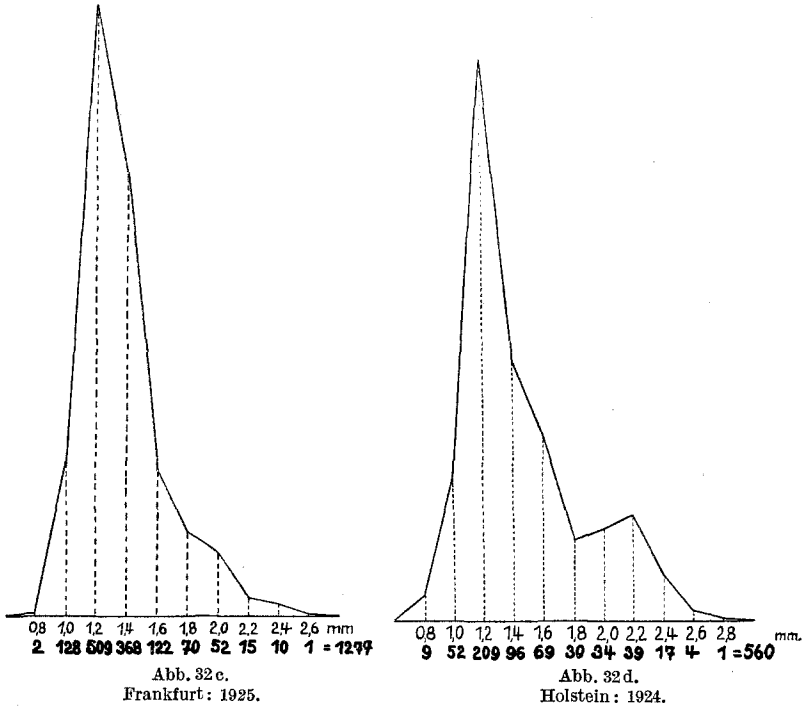
Ausdruck kam, zeigen die Abb. 34 a—d die graphische Darstellung der Variabilität für das Verhältnis von Länge zu Breite der Zange, L : B.

Der Wert dieses Quotienten ist groß bei den langen Zangen und relativ klein bei den kurzen; am kleinsten wird er sein bei dem Formtypus der breiten kurzen Zangen, wo eine verhältnismäßig sehr große Zangenbreite (und Körperbreite) in Verbindung mit einer sehr geringen Zangenlänge vorliegt (siehe Abb. 6).

Zwischenbemerkung: Bei den graphischen Darstellungen der Variabilität der Einzelgrößen durch Variationspolygone findet keine Berück-

sichtigung der Ergebnisse der Formanalyse statt. Die in Kapitel V und VI eliminierten beiden Formen unter den kurzen Zangen, die schlanken kurzen und die breiten kurzen Typen, sind hier nicht gesondert in Erscheinung getreten, wie es ja in der Natur der polygonalen Darstellungsweise begründet liegt. Bei der Darstellung der korrelativen Beziehungen im Bau der männlichen Zange wird dieser Mangel beseitigt durch besonders eingehende Behandlung dieser beiden Zangenformen.

In der Variabilität des Quotienten  $L : B$  wird sich natürlich die bei den vier Populationen so verschieden stark variable Zangenlänge er-



Variationspolygone des Zahnabstandes A1.

heblich geltend machen: wiederum bedingt diese Größe die Gestalt des Polygons. Bei den beiden Helgoländer Populationen (Abb. 34 a und b) schwankt das Verhältnis von Länge zu Breite nur in geringem Umfange um den Wert 1,4, daher sehr spitze Form des Polygons mit relativ höchsten Gipfelordinaten im Vergleich zu Frankfurt und Holstein. Der flachere Abfall der Polygone auf der Plusvariantenseite ist durch die längeren Zangen bedingt, denen ja die höchsten Werte für  $L : B$  zukommen. Frankfurt zeigt einen sehr schwachen zweiten Gipfel bei der Klasse 2,2, Holstein einen wenig stärkeren bei der gleichen Klasse (Abb. 34 c und d).

Diese geringfügigen zweiten Gipfelordinaten entsprechen der für diese beiden Fundorte ermittelten größeren Anzahl von Plusvarianten für das Merkmal „Zangenlänge“ gegenüber den beiden Populationen von Helgo-

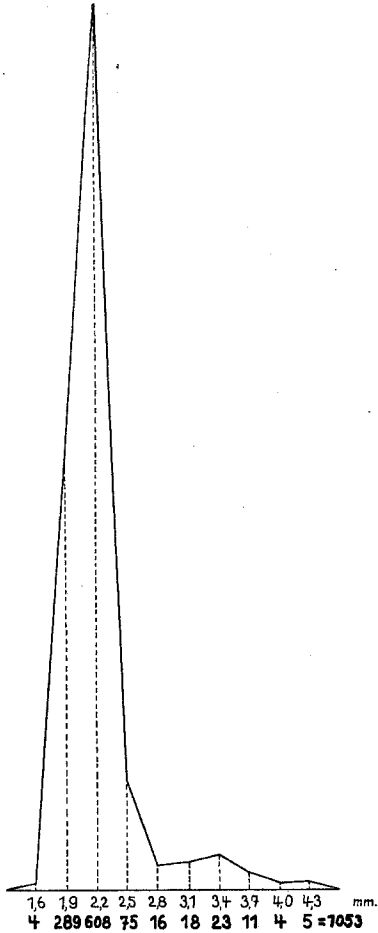


Abb. 33 a.  
Helgoland: 1924.

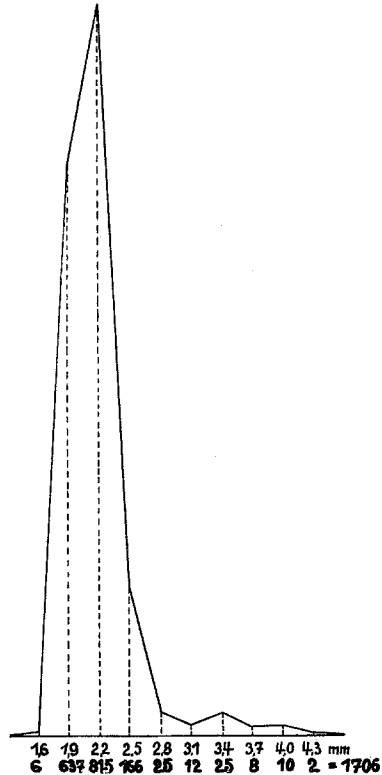


Abb. 33 b.  
Helgoland: 1925.

*Forficula auricularia*. Männliche Cerci. Flächengleiche

land. Bei Frankfurt 1925 führte allerdings die größere Menge von sehr langen Zangen zu keiner zweiten Gipfelbildung (Abb. 28 c), jedoch ist ja die zweite Gipfelordinate für L : B (Frankfurt) auch nur durch ein Plus von elf Individuen bedingt (Abb. 34 c, Klasse 2,2).

8. *Quotient A 2 : A 1* (Klassenspielraum: 0,3). Die Deutung der Gestalt der Variationspolygone für den Quotienten aus den Zahnabständen A 2 und A 1 ist nicht ohne genauere Kenntnis der Zusammensetzung der

vier Populationen nach Gestalttypen, hauptsächlich der kurzen Zangen, möglich.

Die Abb. 35 a—d zeigen für Helgoland 1924 und 1925, im Gegensatz zu den meisten bisher besprochenen Darstellungen, relativ breite und stumpfe Polygone.

In der Gestalt für beide Jahre wiederum ähnlich, liegt auch die Gipfelordinate für beide Populationen bei der Klasse 2,0 (Abb. 35a und b). Die Variationsbreite ist um zwei bzw. drei Klassen größer als bei Frankfurt und Holstein. Frankfurt und Holstein (Abb. 35c und d), die Fundorte mit der größeren Variabilität der Zangenlänge, weisen die gleiche Variationsbreite auf, und im Gegensatz zu allen übrigen Poly-

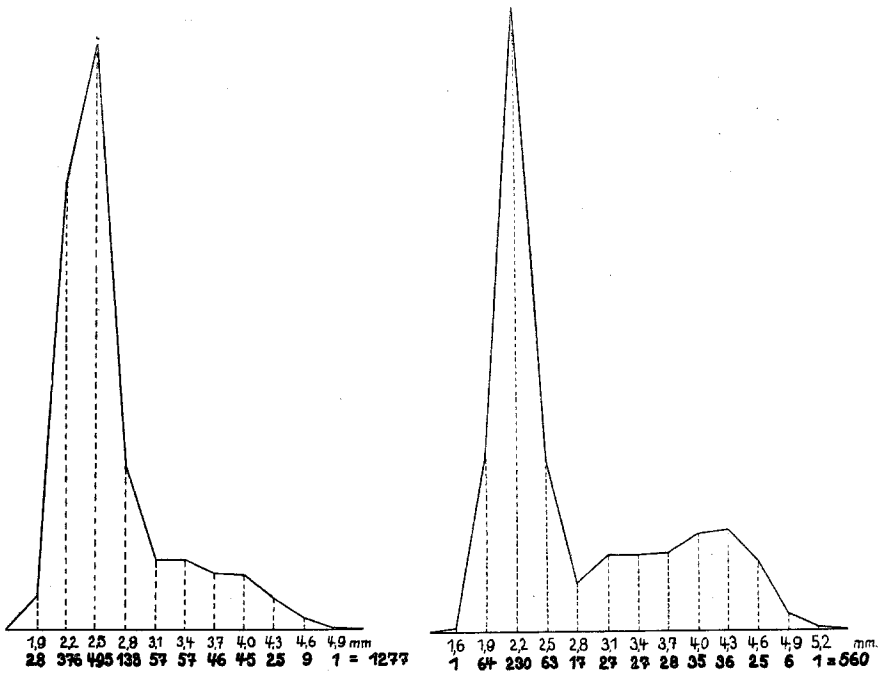


Abb. 33 c.  
Frankfurt: 1925.

Abb. 33 d.  
Holstein: 1924.

Variationspolygone des Zahnabstandes A2.

gonen ist hier die Gipfelordinate gegenüber Helgoland nach der Seite der Minusvarianten um eine Klasse verschoben; sie liegt bei der Klasse 1,7. Die Frage nach den Gründen für die stärkere Frequenz der Klassen mit niedrigen und mittleren Werten für A 2 : A 1 bei den beiden Helgoländer Populationen findet ihre Beantwortung, wenn wir vorausgreifend die Tatsache erwähnen, daß bei diesen Fundorten eine viel größere Zahl von breiten kurzen Zangen mit vorhandenem Abstand der Zangenspitzen

A 3 (siehe Abb. 4 a und 6) vorliegt als bei Frankfurt und Holstein. Z. B. fanden sich unter den Tieren von Helgoland 1925: 29,42% breite kurze Typen, bei der Frankfurter Population nur 4,46%!

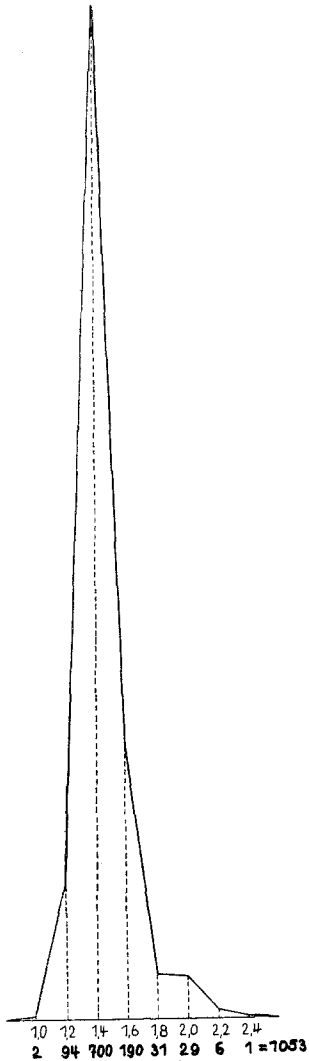


Abb. 34a.  
Helgoland: 1924.

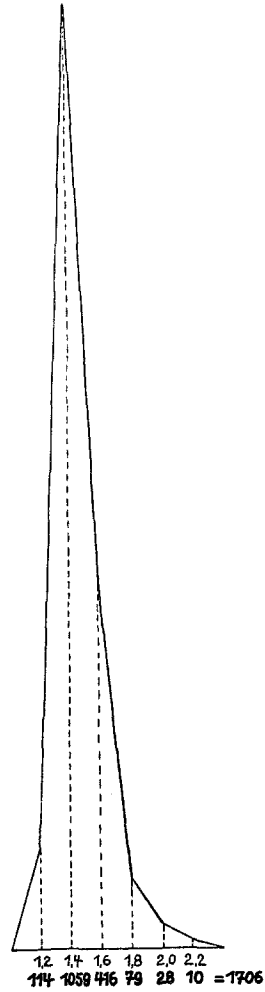


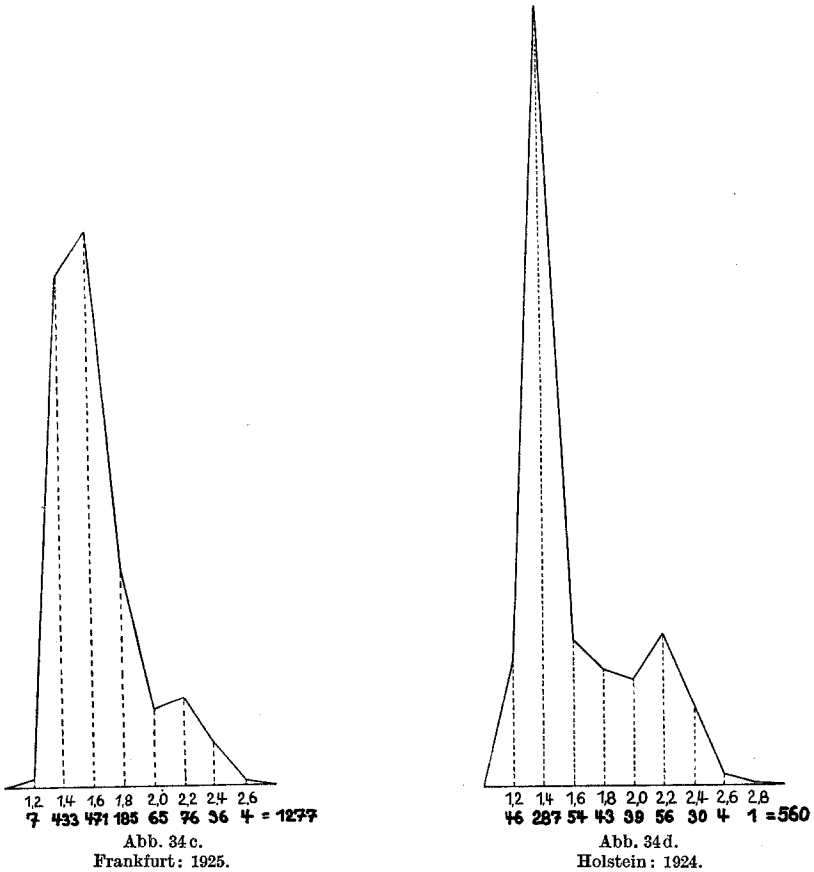
Abb. 34b.  
Helgoland: 1925.

*Forficula auricularia*. Männliche Cerci. Flächengleiche

Wie aus Kapitel VI über die Formanalyse hervorgeht (siehe die Zusammenfassung zu VI), zeichnen sich die breiten kurzen Zangen durch verhältnismäßig sehr großen Zahnabstand A 1 bei sehr kleinem A 2

aus.  $A_2 : A_1$  wird also auch meist einen kleinen Wert haben (siehe Abb. 11).

Bei Fundorten mit einem sehr hohen Prozentsatz an breiten kurzen Zangen (bis zu mittleren Zangenlängen treten „A 3“-Individuen auf) ist demgemäß eine viel größere Mannigfaltigkeit unter den Kombinationen von  $A_2$ - und  $A_1$ -Werten bei den einzelnen Individuen zu erwarten, die sich biometrisch in einer größeren Variationsbreite der Zahlenwerte für  $A_2 : A_1$  äußert; daher können auch bei Helgoland 1924 und 1925 zufällig bei wenigen Tieren einmal sehr hohe Werte für diesen Quotienten auftreten, z. B. je einmal 3,8 und 3,5 (extreme Plusvarianten von 1924 und 1925 für  $A_2 : A_1$ ). Die längsten Zangen haben durchaus nicht den



Variationspolygone des Quotienten L : B.

größten Wert für  $A_2 : A_1$ . Es liegt ja in der Eigentümlichkeit der Quotienten begründet, daß der gleiche Zahlenwert sowohl durch Änderung des Zählers als auch des Nenners erzielt werden kann.

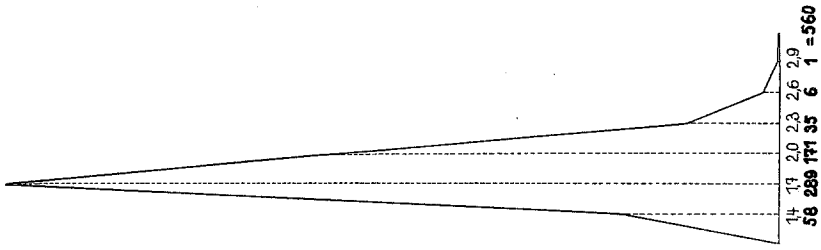


Abb. 35d.  
Holstein: 1924.

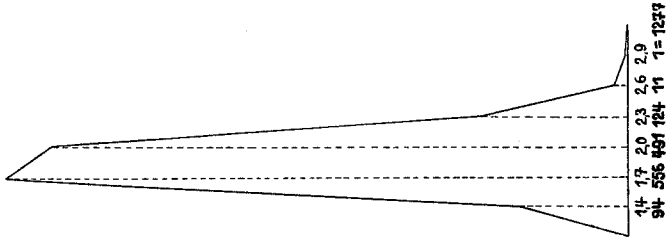


Abb. 35c.  
Frankfurt: 1925.

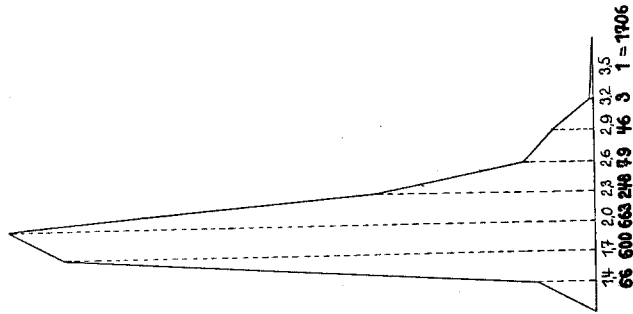


Abb. 35b.  
Helgoland: 1925.

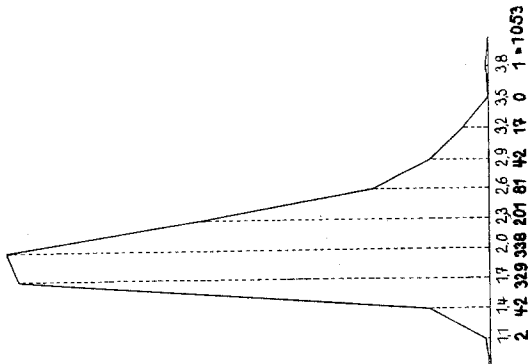


Abb. 35a.  
Helgoland: 1924.

*Forficula auricularia*. Männliche Cerei. Flächengleiche Variationspolygone des Quotienten A 2 : A 1.



Ohne Formkenntnis des zu untersuchenden Materials ist daher die Analyse von Variationsreihen, die auf Verhältniszahlen aufgebaut sind, ziemlich wertlos, und die exaktest berechneten Standardabweichungen usw. können nichts über die Bedingtheit der oder jener Polygonform aussagen.

Eigentümlich ist noch, daß z. B. Holstein mit der geringsten Individuenzahl von 560 ♂♂ eine sehr ausgeglichene Polygongestalt aufweist (Abb. 35 d), während z. B. Helgoland 1925 (Abb. 35 b) mit 1706 Objekten einen deutlich „gestörten“ Polygonaufbau auf der Plusseite zeigt. Diese Asymmetrie dürfte mit auf das Konto der zahlreichen breiten kurzen Zangentypen zu rechnen sein. Strenge Unimodalität kennzeichnet alle vier Polygone.

9. Die *Variabilität* der *Zähnechen* in der *Innenseite* der imaginalen *männlichen Zange*. Die nur beim Männchen an der proximalen Innenseite der Zangenglieder, und zwar nur an der breiten Zangenbasis entwickelten Zähnechen unterliegen einer starken Variabilität. Abb. 6 gibt für 60 Zangen einen Überblick über einige vorkommende Zähnechenkombinationen. Abnorme Zahnbildungen sind unter anderem in Abb. 47 zur Darstellung gebracht.

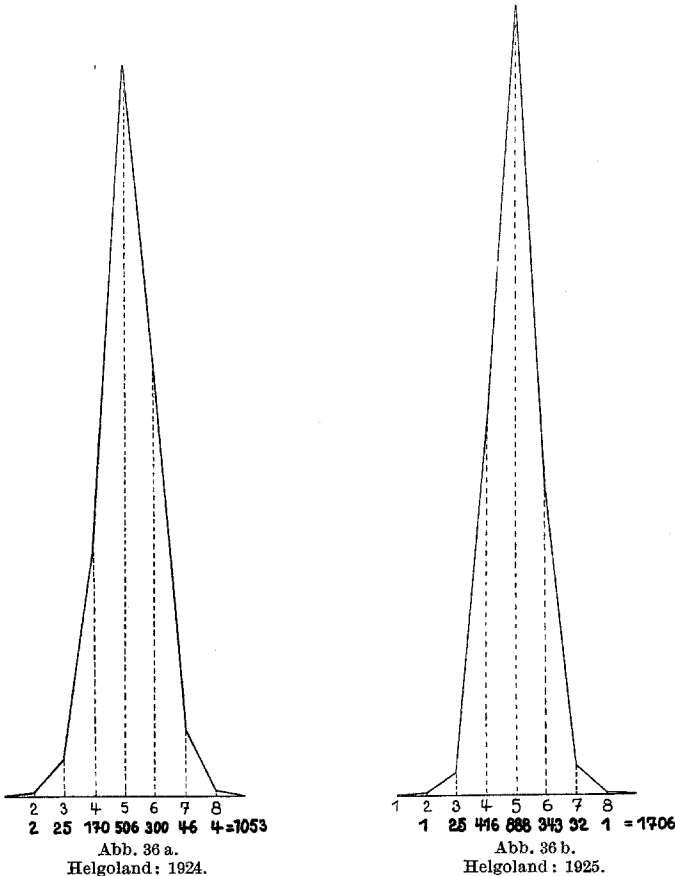
Der letzte große Zahn wurde schon als wichtiges Formmerkmal erkannt, er bestimmte die jeweiligen Längenverhältnisse von A 1 und A 2. Proximal von diesem auffallend großen Zahn nehmen die Zähnechen jederseits an Größe rasch ab, und die bogenförmigen bis rechtwinkligen Zwischenräume werden ebenfalls kleiner.

Es wurde die Variabilität der rechten und linken Zähnechenreihen getrennt untersucht; hier handelt es sich um diskrete Varianten. Eine Schwierigkeit bestand noch in der Feststellung, was bei der Zählung als Zahn gerechnet werden sollte. Betrachtet man die Innenseite der Zangen genauer, so findet man sehr häufig zwischen den „regulären“, der Größe nach angeordneten Zähnechen noch sehr kleine chitinige Erhebungen, die ich „Andeutungen“ von Zähnechen nenne. In Abb. 6 sieht man solche z. B. bei Zange 8, 10, 11, 12 und vor allem bei 19, 20, 26 und 27. Meist liegen diese kleinen Chitinspitzen genau alternierend in der Einsenkung zwischen zwei „normalen“ Zähnen. Die regulären Zähne passen bei völligem Verschuß der Zange meist gut ineinander. Bei der Aufstellung der Variationsreihen wurden zunächst diese kleinen „Andeutungen“ nicht mit berücksichtigt, bei einer zweiten Polygonreihe wurden sie mit in die Zählung eingerechnet.

Die Abb. 36 a—d und 37 a—d geben die Variationspolygone für die regulären Zähnechen ohne Berücksichtigung der kleinen Zahnandeutungen. Alle acht Polygone sind unimodal und zeigen meist hohe und spitze Gestalt. Die Gipfelordinate liegt überall bei der Klasse 5. Für jeden Fundort stimmt das Polygon für die Zähnechen der rechten Seite gut über-

ein mit dem der linken Seite. Die Variationsbreite ist ebenfalls für beide Zangenseiten im wesentlichen die gleiche, wenn man von den meist nur in Einzahl auftretenden extremen Plus- und Minusvarianten absieht.

Gar keine Zähnnchen oder nur 1—2 sind sicher schon pathologische Verhältnisse; nur weil die Gesamtgestalt der betreffenden Zangen normal war, wurden diese Objekte in der Reihe belassen. Das Fehlen der Zähnnchen oder das Übermaß derselben (z. B. 10 in einem Falle bei Helgoland 1925) wurde nicht als hinreichender Grund zum Ausmerzen eines



*Forficula auricularia*. Männliche Cerci. Flächengleiche Variationspolygone

Objektes angesehen. Bei Frankfurt schwankt für beide Zangenseiten (Abb. 36 c und 37 c) die Zähnnchenzahl am wenigsten, um die Zahl 5 und 6, dann folgt Helgoland 1925, Helgoland 1924 und schließlich Holstein.

Durch Hinzurechnen der Zahnandeutungen (Abb. 38 a—d und 39 a

bis d) ändert sich der Habitus der Variationspolygone nicht wesentlich. Nur bei den Zähnchen der rechten Zangenseite der Helgoländer Popula-

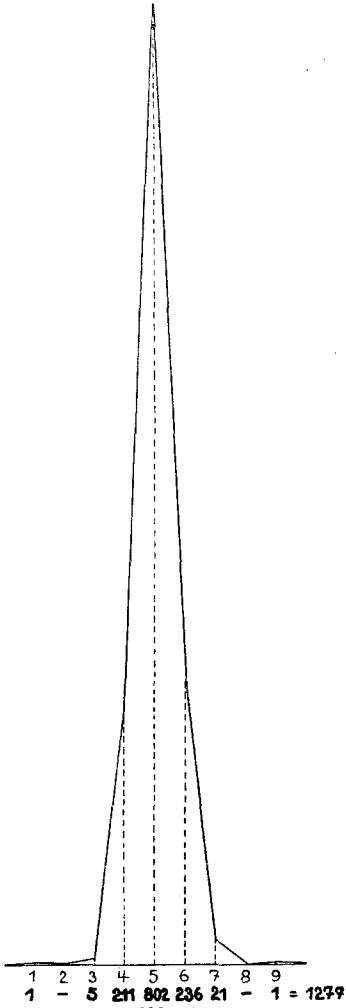


Abb. 36 c.  
Frankfurt: 1925.

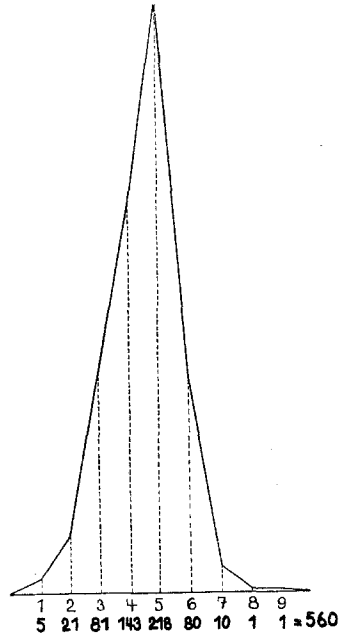


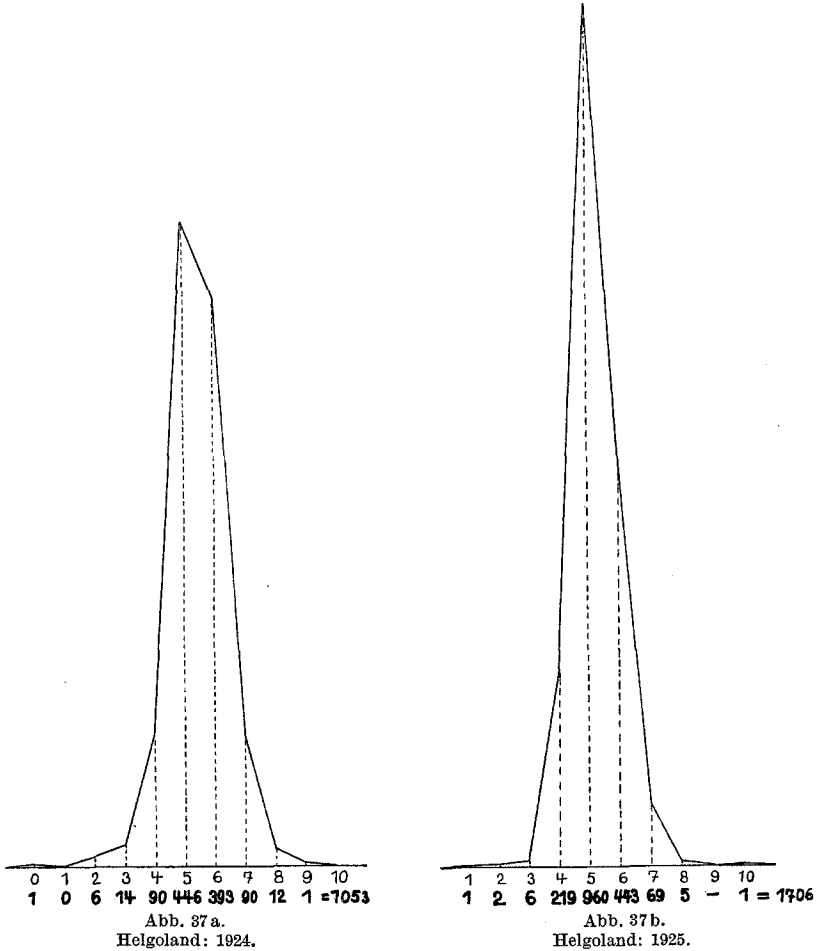
Abb. 36 d.  
Holstein: 1924.

der Zahl der Zähnchen links (ausschließlich der Andeutungen).

tion von 1924 ist die Gipfelordinate um eine Klasse nach der Plusseite verschoben (Klasse 6); bei dieser Population kommt auch ein Individuum vor mit 13 Zähnchen + Andeutungen auf der rechten Zangenseite. Auch auf der linken Seite finden sich bei diesem Fundort einmal 12 Chitinerhe-

bungen. 10 Zähnen + Andeutungen kommen bei Helgoland 1925 noch rechts fünfmal und links dreimal vor. Die Polygone von Frankfurt (Abb. 38c und 39c) und Holstein (Abb. 38d und 39d) sind kaum in der Gestalt verändert; hier treten die kleinen Zahnandeutungen in viel geringerer Zahl auf.

Bei Fundorten mit großer Variabilität der Zangenlänge scheint also die Ausbildung regelmäßiger Zähnenreihen weniger Störungen durch

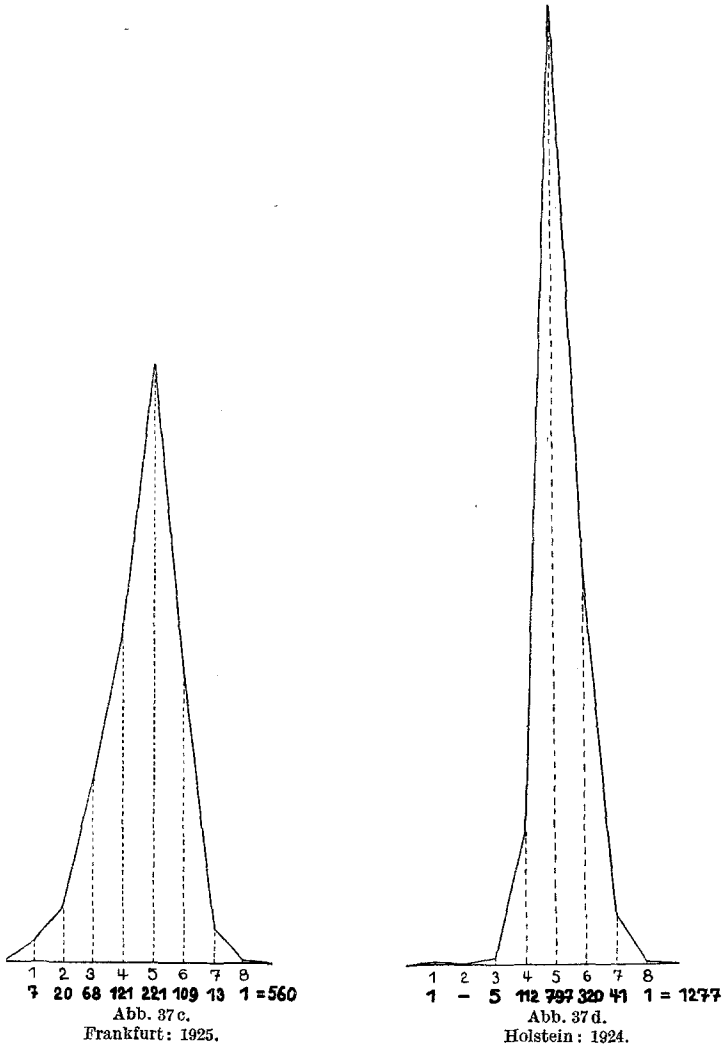


*Forficula auricularia*. Männliche Cerci. Flächengleiche Variationspolygone

zwischengelagerte Chitinbildungen ausgesetzt zu sein, als bei hinsichtlich der Zangenlänge schwächer variierenden Populationen (Helgoland 1924 und 1925).

b) Die *Variabilität* der weiblichen Zange und der abdominalen Körperbreite des Weibchens (Abb. 40—43).

1. *Zangenlänge* L (Klassenspielraum: 0,2 mm). Entsprechend der sehr viel geringeren Variabilität der weiblichen Zangen mußte der Klassen-

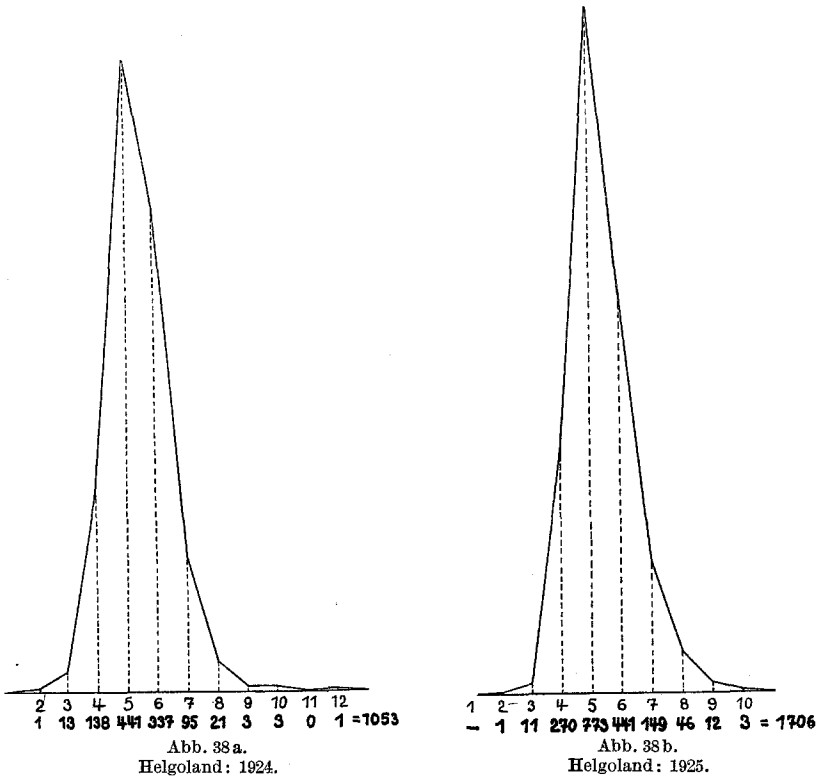


der Zahl der Zähne rechts (ausschließlich der Andeutungen).

spielraum verengert werden: 0,2 mm scheint der vorliegenden Variabilität adäquat zu sein (bei den photographischen Belegen der vier Populationen wurde nur 0,1 mm genommen, siehe Abb. 16—19).

Alle Längenspolygone von weiblichen Zangen zeigen völlige Unimodalität.

Es wurde die gleiche Reihenfolge der vier Populationen auch für die ♀♀ beibehalten wie für die an der männlichen Zange gemessenen Größen: Helgoland 1924, 1925, Frankfurt 1925 und Holstein 1924 (Abb. 40a—d). Die Lage der Gipfelordinate ist verschieden; bei Helgoland 1924 liegt sie bei Klasse 3,1 mm, bei 1925 zeigt die vorhergehende Klasse 2,9 mm die größte Frequenz. Da bei beiden Populationen sich die Klassen 2,9 mm und 3,1 mm hinsichtlich ihrer Individuenzahl nur um wenige Objekte unterscheiden, so ist anzunehmen, daß bei größerer Anzahl  $n$  auch bei



*Forficula auricularia*. Männliche Cerci. Flächengleiche Variationspolygone

Helgoland 1924 (Abb. 40a) die Gipfelordinate in die 2,9 mm-Klasse zu liegen gekommen wäre; die Population 1925 (Abb. 40b) ist mit ihren 1000 untersuchten weiblichen Zangen jedenfalls genauer zu werten.

Frankfurt (Abb. 40c) mit 1000 ♀♀ zeigt ein niedrigeres Polygon für die Zangenlänge  $L$ . Die Gipfelordinate findet sich bei der Klasse 3,5 mm, also eine recht erhebliche Verschiebung nach der Plusvariantenseite. Die

Klassen 3,1 mm und 3,3 mm weisen eine Frequenz auf, die nur wenig hinter der der Gipfelordinatenklasse zurücksteht. Ob bei einer noch größeren Individuenzahl als 1000 eine dieser Ordinaten zur Gipfelordinate ge-

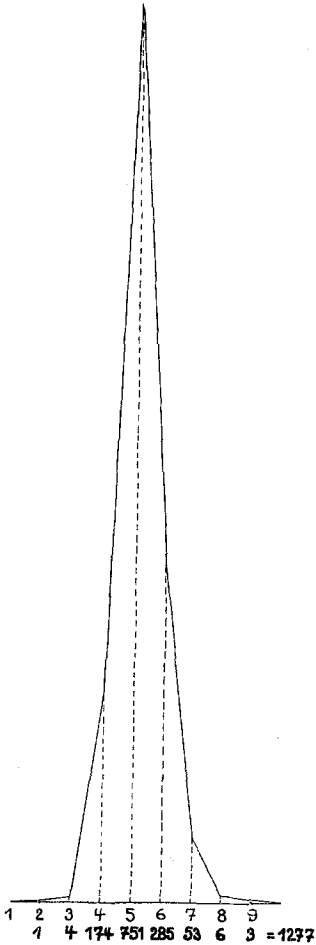


Abb. 38 c.  
Frankfurt: 1925.

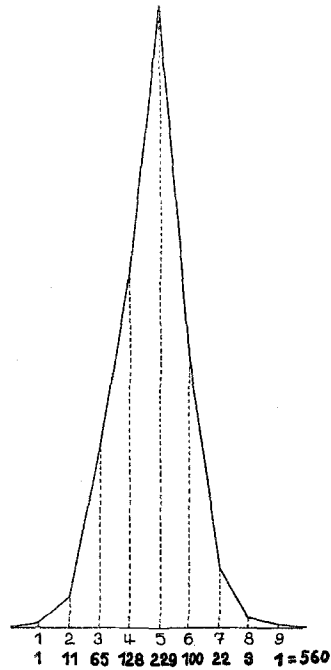


Abb. 38 d.  
Holstein: 1924.

der Zahl der Zähne links (einschließlich der Andeutungen).

worden wäre, ist kaum anzunehmen. Holstein (Abb. 40d) mit nur 553 ♀♀ ist hinsichtlich der Lage seiner Gipfelordinate bei der Klasse 3,1 mm kritischer zu beurteilen.

Beide Helgoländer Variationsreihen beginnen mit der gleichen Klasse 2,5 mm und zeigen auf der Plusseite zuletzt Frequenz bei Klasse 3,5 mm. Frankfurt fängt die Reihe erst mit der 2,7 mm-Klasse an und endet bei

3,9 mm. Holstein zeigt die erste Frequenz ebenfalls bei einer Zangenlänge von 2,7 mm und hört erst bei der Klasse 4,1 mm mit der Frequenz 1 auf; wahrscheinlich wäre bei einer größeren Gesamtzahl  $n$  noch eine weitere Klasse auf der Plusseite besetzt worden.

Wenn wir auch, was die Lage der Gipfelordinate für Holstein betrifft, wegen relativ niedriger Individuenzahl zur Vorsicht in der Deutung gezwungen werden, so ist doch von großem Interesse, daß bei diesem Fundort schon bei  $n = 553$  ♀♀ die unter den vier Fundorten verhältnismäßig größte Variationsbreite auftritt.

Also auch für die Variabilität der Zangenlänge der Weibchen kann die bisher gewählte Anordnung (siehe oben) aufrecht erhalten werden.

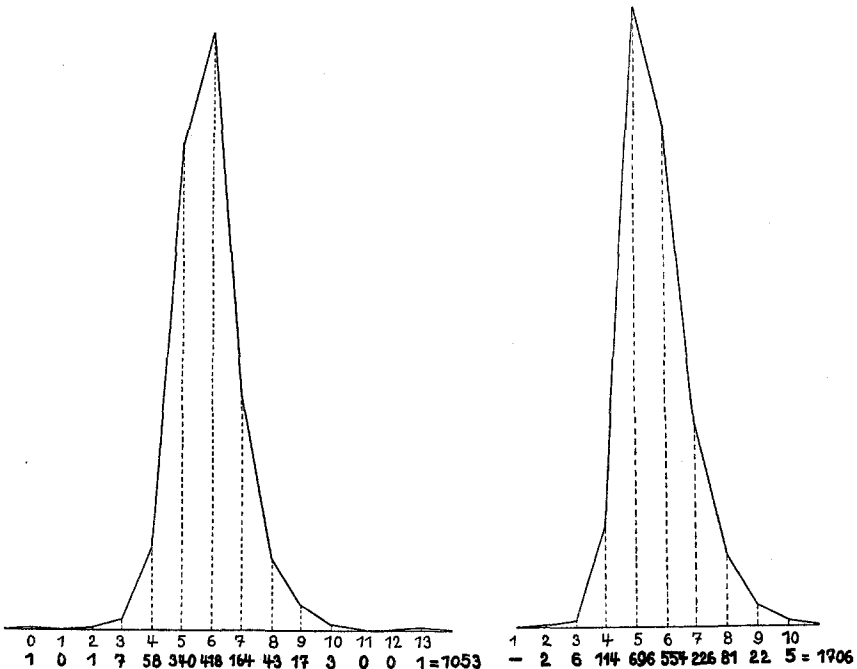


Abb. 39 a.  
Helgoland: 1924.

Abb. 39 b.  
Helgoland: 1925.

*Forficula auricularia*. Männliche Cerci. Flächengleiche Variationspolygone

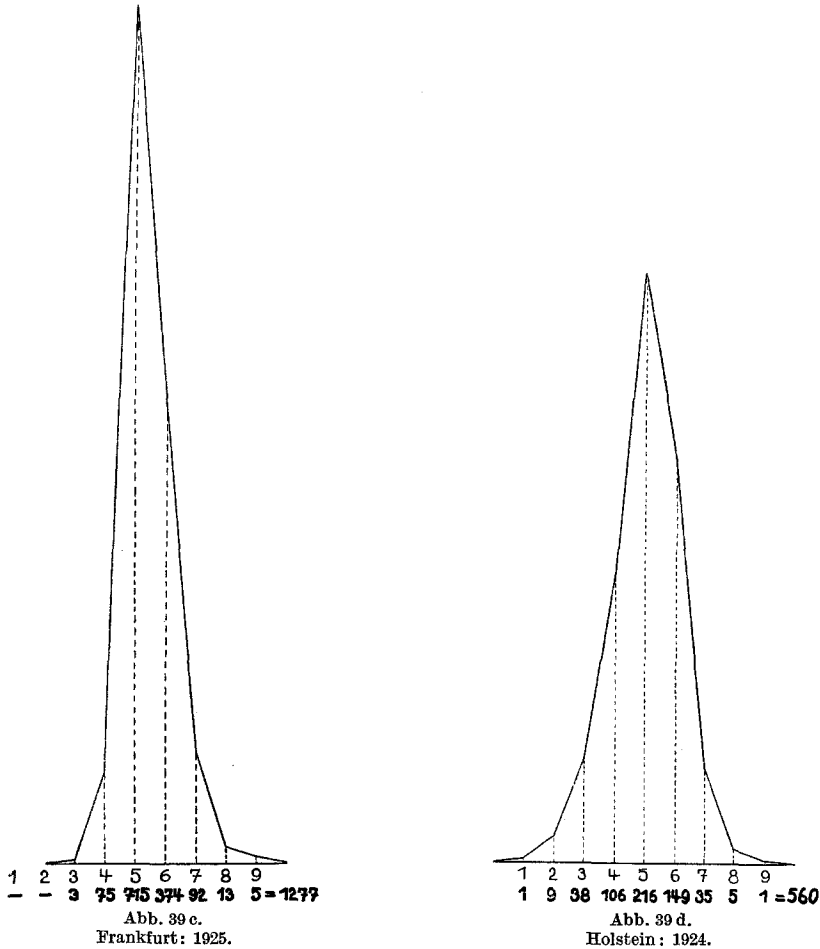
Wir kommen damit zu der wichtigen Schlußfolgerung, die sich auch schon bei Besprechung der Abb. 16—19 auf Grund der Vergleichung des von den einzelnen Populationen im Korrelationsfeld Länge-Radius eingenommenen Flächenareals ergab, daß die Weibchen bei Fundorten, an denen die Männchen stark variieren, ebenfalls eine relativ große Variabilität der Zangenlänge aufweisen.

Das Interesse, das man bisher nur den ungleich stärker variierenden



männlichen Zangen entgegenbrachte, wird nunmehr auch den Weibchen zugewandt werden müssen.

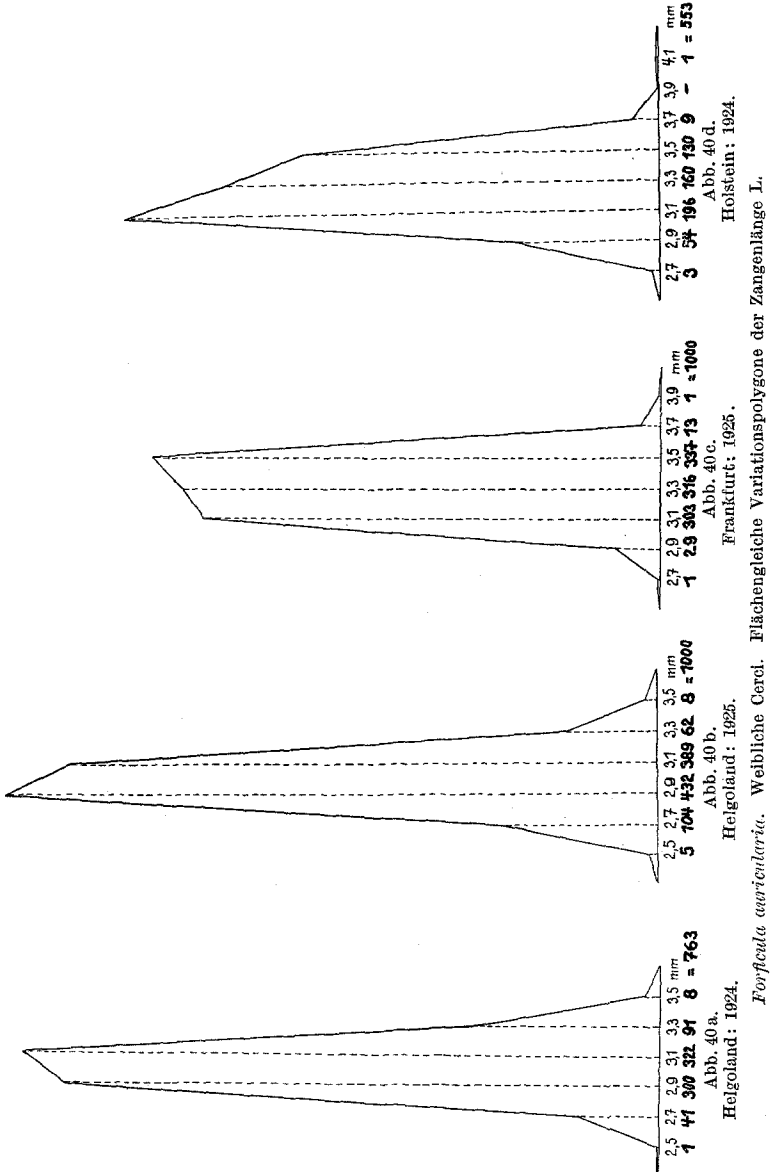
Um den wesentlich geringeren Umfang der Längenvariabilität der weiblichen Cerci gegenüber der stark variierenden Zangenlänge der ♂♂



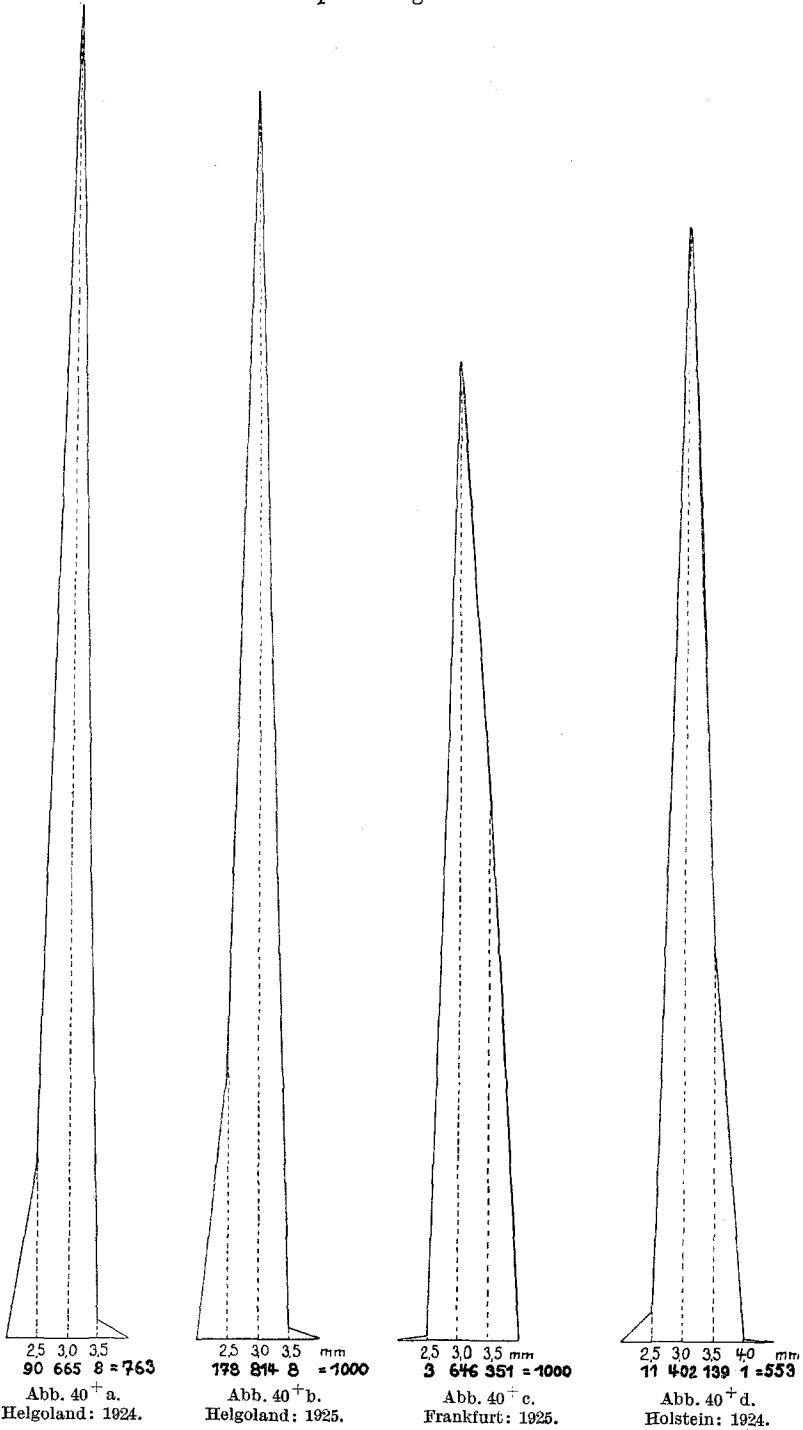
der Zahl der Zähne rechts (einschließlich der Andeutungen).

deutlich zu demonstrieren, wurden in den Polygonen Abb. 40 a<sup>+</sup>—d<sup>+</sup> die 0,2 mm-Klassen zu 0,5 mm-Klassen gemäß der Einteilung der Zangenlänge der ♂♂ zusammengefaßt. Wenn durch diese Zusammenfassung auch die Gipfelordinate bei allen vier Populationen auf die Längenklasse 3,0 mm fällt und sich die gesamten weiblichen Cerci nur auf drei bzw. vier (Holstein) Klassen verteilen, so kommt doch das für die 0,2 mm-Polygone (Abb. 40 a—d) oben Gesagte noch zum Ausdruck: Helgoland 1924

und 1925 (Abb. 40a<sup>+</sup> und b<sup>+</sup>) zeigt in der 2,5 mm-Klasse immerhin noch 90 bzw. 178 Individuen, Frankfurt nur noch 3 (Abb. 40c<sup>+</sup>) und Holstein

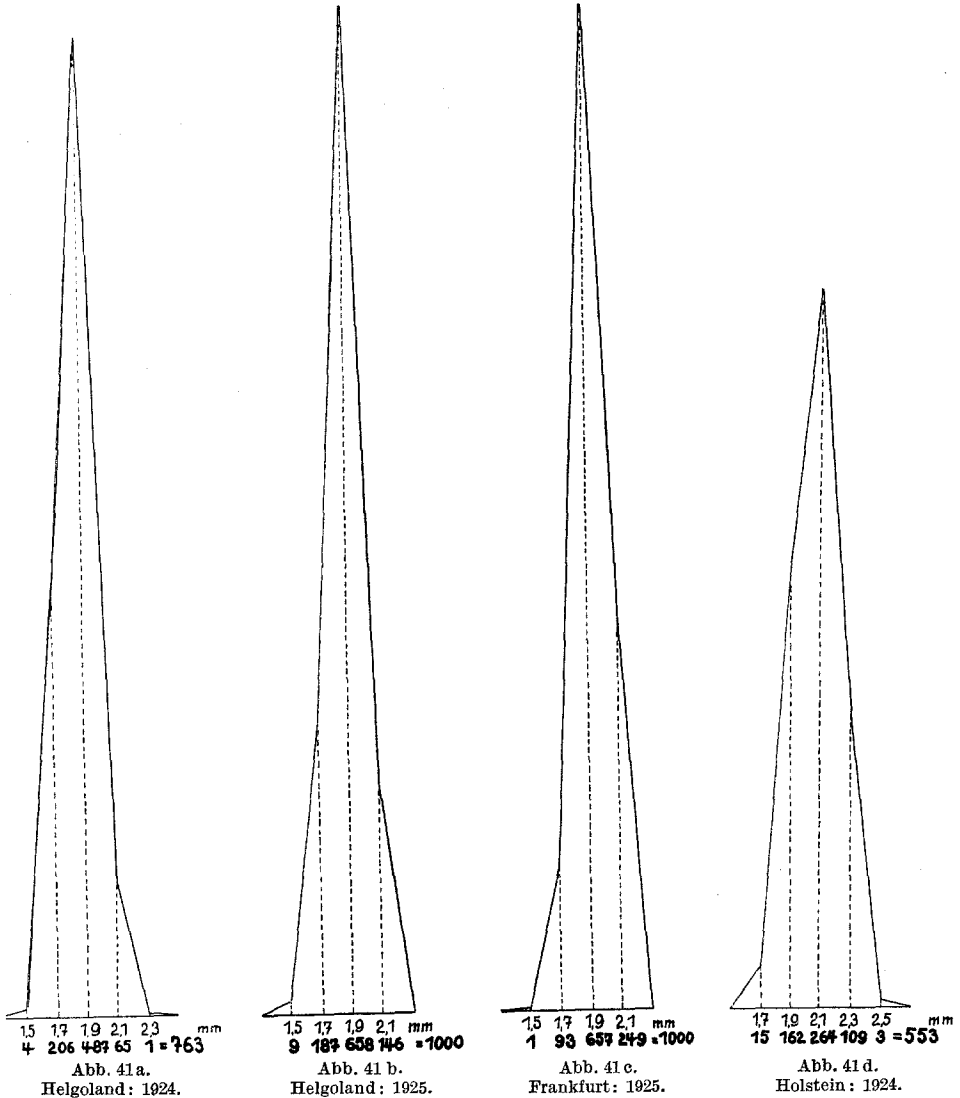


(Abb. 40d<sup>+</sup>) nur 11. Dafür weisen diese beiden letzteren Populationen in der Klasse 2,5 mm 351 bzw. 139 Tiere auf, gegenüber je 8 bei Helgoland.



*Forficula auricularia*. Weibliche Cerci. Flächengleiche Variationspolygone der Zangenlänge L. (Mit gleichem Klassenspielraum wie für die Zangenlänge der männlichen Cerci, Abb. 23 a—d.)

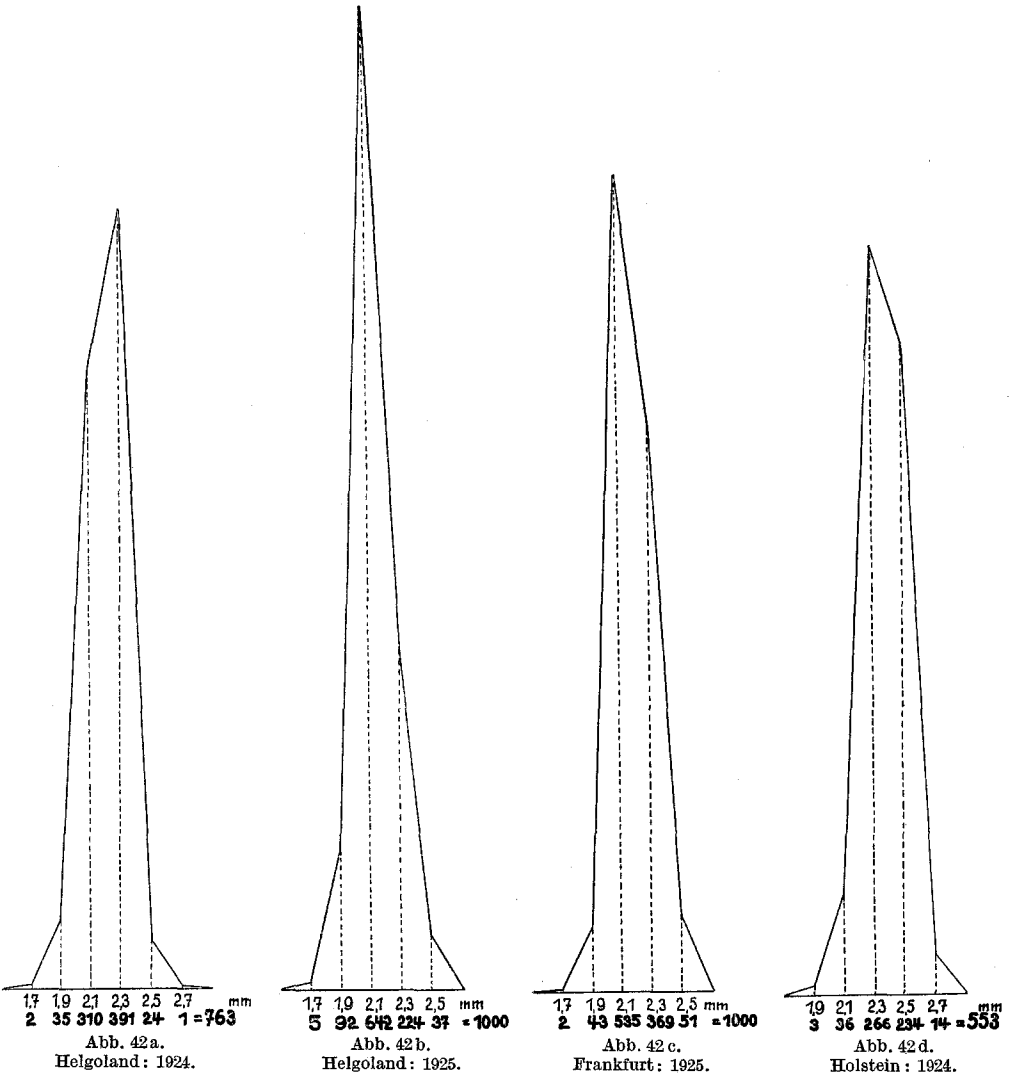
2. Zangenbreite B (Klassenspielraum: 0,2 mm). Unimodale Variationspolygone (Abb. 41 a—d) von sehr hoher und spitzer Gestalt charakterisieren die Breite der weiblichen Cerci; die Gipfelordinaten liegen für



*Forficula auricularia*. Weibliche Cerci. Flächengleiche Variationspolygone der Zangenbreite B.

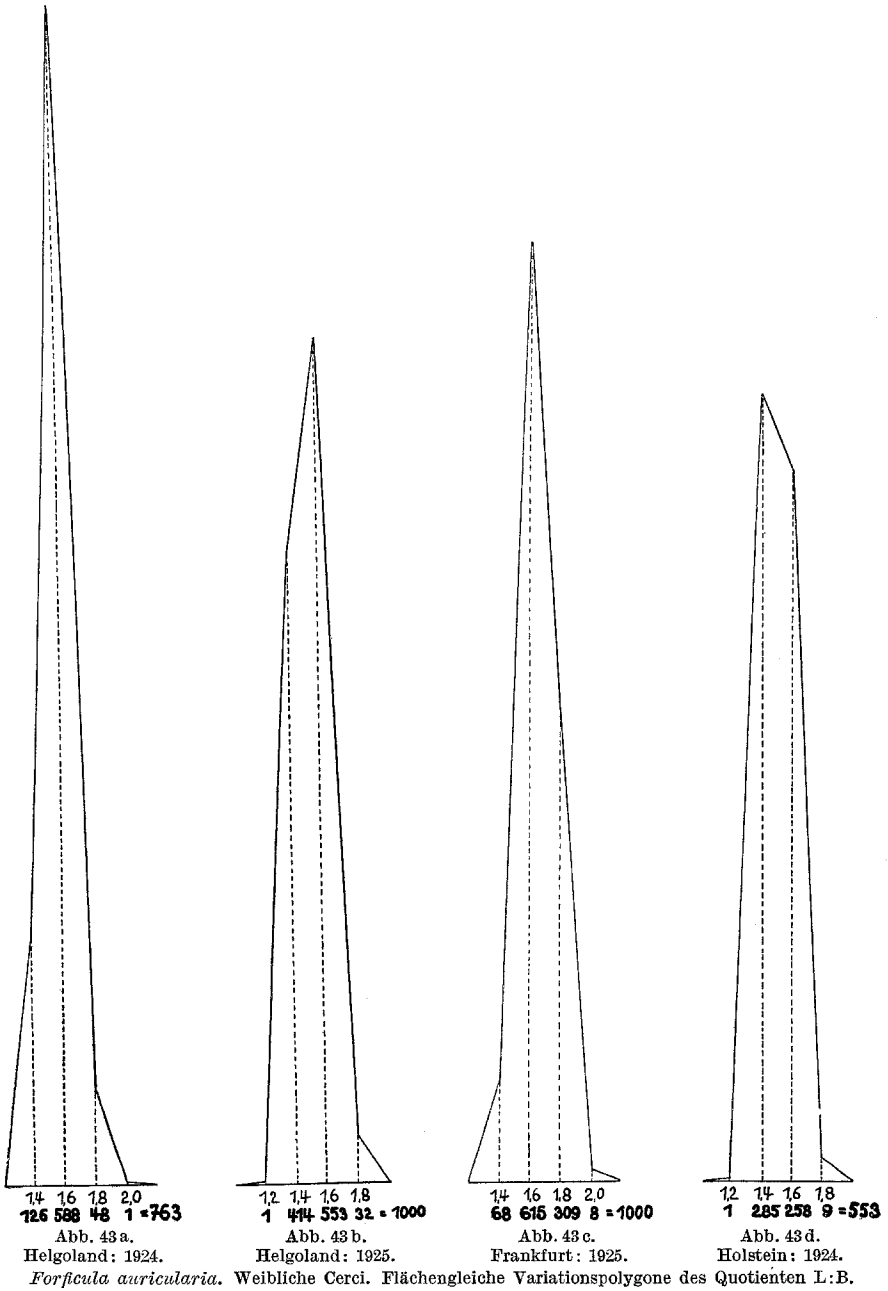
die beiden Helgoland-Populationen und für Frankfurt bei der Breitenklasse 1,9 mm, bei Holstein zeigt die Klasse 2,1 mm die größte Frequenz, also wiederum Verschiebung um einen Klassenspielraum nach der Plus-

seite. Bereits bei Frankfurt ist, unter Beibehaltung des Frequenzmaximums bei der 1,9 mm-Klasse, eine Frequenzverschiebung nach der Seite der Plusvarianten bemerkbar: man vergleiche die relativen Frequenzen der Breitenklasse 2,1 mm bei Helgoland und Frankfurt.



*Forficula auricularia*. Weibliche Cerci. Flächengleiche Variationspolygone der größten Breite des Abdomens B 1.

Während für die drei ersten Polygone unserer Reihe die Variationsreihen mit der Klasse 1,5 mm beginnen und, mit der Ausnahme eines einzigen Individuums (Helgoland 1924: Klasse 2,3), mit der Klasse 2,1 mm



abschließen, zeigt Holstein erst bei der Klasse 1,7 Frequenz, die Reihe reicht dafür zwei Klassen weiter nach der Plusseite, und zwar bis 2,5 mm.

Also auch für die Zangenbreite der Weibchen fügt sich die Anordnung der Polygone nach steigender Variabilität der Zangenlänge — wie schon bei der ersten Polygonreihe der Männchen — zwanglos in den bisherigen Rahmen ein.

3. *Größte Breite des Abdomens* B 1 (Klassenspielraum: 0,2 mm). B 1, die größte Breite des letzten Abdominalsegmentes soll auch hier, wie beim Männchen, als Index für die nur ungenau meßbare Körperlänge verwertet werden.

Auch diese Größe ergibt völlig unimodale Variationspolygone (Abb. 42 a—d). Holstein steht hier ebenfalls hinsichtlich der größten durchschnittlichen Breite mit Berechtigung am Ende der Reihe der vier Polygone (hohe Frequenz noch in der 2,5 mm-Klasse). Im übrigen wird, um textliche Wiederholungen zu vermeiden, auf einen direkten Vergleich der Polygone Abb. 42 a—d mit Abb. 41 a—d verwiesen. Die Ähnlichkeit der Zangebreitenpolygone mit denen der größten Breite ist deshalb nicht so auffällig wie bei den gleichen Größen beim Männchen, weil zum Teil wesentlich geringere Individuenzahlen vorliegen.

4. *Quotient* L : B (Klassenspielraum: 0,2). Die vier Polygone für diesen Verhältniswert zeigen, wie zu erwarten ist, Unimodalität; entsprechend der viel geringeren Variabilität der weiblichen Zange umfassen die Variationsreihen (Abb. 43 a—d) durchweg nur vier Klassen. Die Gipfelordinate liegt bei beiden Helgoländer Populationen und bei Frankfurt bei dem Wert 1,6, bei Holstein bei 1,4. In diesem einen Falle ist die Gestalt der beiden Helgoländer Polygone nicht in gleichem Grade spitz und hochgipfelig (Abb. 43 a und b). Der Fundort mit der höheren Individuenzahl (1000 gegenüber 763 ♀♀): Helgoland 1925, zeigt das niedrigere und an der Basis breitere Polygon. Die Gründe für diese geringe Verschiedenheit der beiden, bei allen übrigen gemessenen Größen sonst so ähnlich sich verhaltenden Populationen sind nicht ersichtlich; in der geringeren Individualzahl von Helgoland 1924 kann nicht die alleinige Ursache gesehen werden.

c) *Zusammenfassung* der wichtigsten *Ergebnisse* der *polygonalen* Darstellungen der *Variabilität* der *männlichen* und *weiblichen Zange*; *Kritik der eigenen* und *fremden Befunde*.

1. Entgegen *allen* bisher veröffentlichten Variationsreihen über die *Zangenlänge* der *Forficula*-Männchen (BATESON, DIAKONOV), die eine starke Bimodalität zeigten, waren unter vier untersuchten Populationen drei völlig *unimodal*, nur eine wies einen schwachen zweiten Gipfel auf.

Die drei, eingipfelige Variationspolygone ergebenden Populationen (Helgoland 1924, 1925 und Frankfurt 1925) wurden, wie in Kapitel II dargelegt, auf eine Art gesammelt, die nur den Zufall walten ließ und keine, wenn auch unbewußte Auswahlmöglichkeit der großen Exemplare

durch den Sammelnden gestattet. Für diese drei Populationen liegen demgemäß keine Fehlerquellen hinsichtlich der Materialbeschaffung vor.

Anders bei dem Fundort Holstein (siehe Kapitel II): hier wurde einzeln aufgesammelt und trotz dauernder Ermahnung der Sammelnden (es beteiligten sich außer dem Verfasser noch vier Personen am Sammeln), möglichst wahllos die Objekte zu ergreifen, ist hier keineswegs die oben skizzierte Fehlerquelle vermieden, denn unwillkürlich wird bei eiligem Aufsammeln der sehr beweglichen Tiere zunächst immer nach den größten gegriﬀen. Bei der so wesentlich größeren Variabilität der Männchen gegenüber den Weibchen wird sich diese ungenaue und fehlerhafte Sammelmethode bei den Variationsreihen für die männliche Zange entsprechend stärker bemerkbar machen und sich in einem zweiten Gipfel für

die Zangenlänge manifestieren. Außerdem ist dieser Fundort Holstein durch seine etwas zu geringe Individuenzahl niedriger zu bewerten.

Wenn der „Sammelfehler“ durch Bevorzugung der großen langen Zangen entstehen soll — schon zum Teil dadurch, daß sich diese großzangigen Männchen leichter ergreifen lassen —, so dürfen bei der unexakt gesammelten Population nur diejenigen Teilgrößen an der Zange ebenfalls bimodale Polygone ergeben, welche in der Längsrichtung der Zange gelegen sind, also außer  $L$  noch  $A_1$ ,  $A_2$  ( $A_1 + A_2 =$  annähernd  $L$ ) und der Radius  $R$ ; dieser ist zwar nicht selbst in der Längsausdehnung der Zange gelegen, aber er

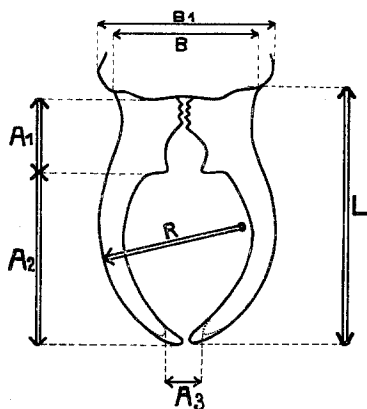


Abb. 44. Zangenmeßschema für die männlichen Cerci. Durch Doppellinien sind die bei der Population von Holstein 1924 bimodal variierenden Größen:  $L$ ,  $A_1$ ,  $A_2$  und  $R$  kenntlich gemacht.

bedingt die in dieser Richtung befindliche Krümmung der Cerci. Keine direkte Breitenausdehnung des Objektes darf dann also diese fehlerhaft verursachte Bimodalität aufweisen. Abb. 44 zeigt im Zangenmeßschema durch Doppellinien die bei der Holsteiner Population bimodal variierenden Größen: wie angenommen  $L$ ,  $A_1$ ,  $A_2$  und  $R$  (siehe die betreffenden Polygone).

Wenn trotzdem dieser Fundort in der Reihe der auf exaktere Weise gewonnenen Variationspolygone stehengeblieben ist, so geschah dies aus rein didaktischen Gründen.

Wie verhält es sich nun mit den bisher von anderen Autoren veröffentlichten Polygonen und der Exaktheit der angewandten Sammelmethoden?

Unter erneutem Hinweis auf die technischen Angaben des II. Ka-



pitels sei hier wiederholt, daß sowohl BATESON als auch DIAKONOV ihr Material durch Einzelaufsammeln erhielten.

Die also bisher von den oben genannten Autoren bekannt gegebenen zweigipfeligen Variationspolygone für die Zangenlänge der *Forficula*-Männchen sind mit dem gleichen Fehler behaftet wie die hier vorliegende Population des Fundortes Holstein. Sämtliche berechneten Standardabweichungen, Mittelwerte, Schiefeitsziffern und Korrelationskoeffizienten usw. beruhen also ebenfalls auf unexakter Basis und sind für die biologische Deutung der Befunde nicht einwandfrei zu verwenden.

Eine exakte Erfassung dieses „Sammelfehlers“ dürfte wohl kaum möglich sein, da hier zu viele psychologische Faktoren eine Rolle spielen; es läßt sich daher nur mit großer Sicherheit behaupten, daß unter den bisher mitgeteilten zweigipfeligen Variationspolygonen die Frequenz der Klasse der zweiten Gipfelordinate und der benachbarten Klassen viel zu hoch ist, als den an den betreffenden Fundorten nach einwandfreier Methodik gesammelten „natürlichen“ Populationen in Wirklichkeit entsprochen haben würde.

Daß unter vier Populationen drei durchaus unimodal sind bei korrekter, und nur eine bimodal bei unexakter Sammelmethode, läßt sich wohl kaum als zufällig bedingt erklären, zumal zwei Populationen von dem gleichen Fundort — Helgoland — in zwei aufeinander folgenden Jahren fast völlig identische Resultate ergaben.

Es soll hiermit keineswegs die Möglichkeit des Vorkommens bimodaler Variabilität für die Zangenlänge und einige andere an der männlichen Zange gemessene Größen in Abrede gestellt werden, wie weiter unten bei der biologischen Deutung der Gesamtergebnisse näher ausgeführt werden soll; weitere fehlerfreie Materialbeschaffung und Bearbeitung von Populationen, die möglichst aus der gleichen Gegend stammen wie die bisher mitgeteilten „bimodalen“ Fälle, werden hier zur Klärung beitragen.

Die an der weiblichen Zange gemessenen Größen ergeben durchweg unimodale Variationspolygone.

2. Die *Gesamtvariabilität* aller an der männlichen und weiblichen Zange biometrisch behandelten Größen und auch die durch die größte Breite des Abdomens vertretene Körpergröße bleibt für einen Fundort in zwei aufeinander folgenden Jahren in hohem Maße konstant. Der hier in dieser Richtung behandelte Fundort Helgoland (1924 und 1925) zeichnet sich nun allerdings infolge seiner geographischen Lage durch sehr gleichmäßige klimatische Bedingungen aus, die natürlich auch auf die larvale Entwicklung sehr konstante Einflüsse ausüben.

Wie sehr die Zeit zwischen den einzelnen Häutungen schwanken kann infolge der ungünstigen Wirkung kalter und feuchter Witterung, zeigt ein Vergleich der Dauer der larvalen Entwicklung von *Forficula* für den Fundort Frankfurt: 1925 gab es Anfang Juli in dem betreffenden Garten

kaum mehr Nymphen und fast nur bereits Imagines. In diesem nassen und kalten Sommer (1927) bestand eine am gleichen Fundort und ungefähr zur gleichen Zeit (der den gleichen Pflanzenbestand unverändert hatte wie 1925) gesammelte Population von mehreren Hundert Individuen durchweg nur aus Nymphen und einigen 20 Larven!

3. Ordnet man die Polygone der vier untersuchten Populationen nach zunehmendem Gesamtumfang der Variabilität der Zangenlänge, so ergibt sich die Reihenfolge: Helgoland 1924 und 1925 — Frankfurt 1925 — Holstein 1924; diese Gruppierung bleibt auch bestehen, wenn nach steigender Variationsbreite irgendeines anderen an der Zange gemessenen Merkmals eine Anordnung der vier jeweiligen Variationsreihen vorgenommen wird, z. B. nach dem Radius oder der Zangenbreite usw. Dies gilt auch für die weiblichen Zangen trotz ihrer geringeren Variabilität. (Ausgenommen hiervon sind die Innenzähne der männlichen Zange.)

Die bisher vernachlässigte Variabilität der Weibchen, die nur von DIAKONOV auf Bimodalität hin untersucht wurden, wird hiermit ebenfalls in den Kreis der Untersuchung einbezogen.

4. Die Fundorte mit nachgewiesener großer Variabilität der männlichen Cerci weisen auch eine relativ große Variabilität der weiblichen Zangen auf; Populationen, die im männlichen Geschlecht nur in geringem Umfange variieren, zeigen das gleiche auch im weiblichen Geschlecht.

Die die Variabilität der Zangen bedingenden Faktoren scheinen sich demgemäß für beide Geschlechter gleichsinnig auszuwirken.

Ein Vergleich der Umweltfaktoren der drei analysierten Fundorte ergibt, soweit sich diese Verhältnisse überhaupt überblicken lassen, folgende Zusammenstellung:

#### Helgoland 1924, 1925.

Lage des Fundortes 50 m über dem Meeresspiegel; wenig Futterpflanzen; verlangsamte larvale Entwicklung. Relativ schlechte Lebensbedingungen.	Unter den drei Fundorten relativ geringste Variabilität der männlichen und weiblichen Cerci.
--	--

#### Frankfurt 1925.

Geschützte Lage des Fundortes; viele Futterpflanzen; südlicheres Klima; kürzere larvale Entwicklungsdauer; Relativ gute Lebenslage für Larven, Nymphen und Imagines.	Größere Variabilität der männlichen und weiblichen Zangen als bei der Helgoländer Population.
--	---

#### Holstein 1924.

Fundort infolge unexakter Sammelmethode nur geringer zu bewerten; Lebensbedingungen, soweit beurteilbar, sind als sehr gut zu bezeichnen (gut bestellte Felder).	Relativ größte Variabilität unter den vier Populationen, sowohl bei Männchen als auch bei Weibchen.
--	---

Die Tatsache, daß die günstige oder ungünstige Lebenslage der Larven und Nymphen eines Fundortes in dem Ausmaße der Variabilität zum Ausdruck kommt, wird im folgenden Kapitel VIII, das die Zangenmißbildungen behandelt, weitere Stützen erhalten.

## 2. Untersuchung über die korrelativen Beziehungen im Bau der Zangen.

Die in diesem Kapitel dargestellten Beziehungen zwischen jeweils zwei an der männlichen und weiblichen Zange gemessenen Größen sind der Anordnung nach in der Art der üblichen Korrelationstabellen gegeben. Für den vorliegenden Zweck der vergleichenden Darstellung von Merkmalspaaren hat die Berechnung von Korrelationskoeffizienten wenig Wert, da durch diese Zahlenwerte nur ganz allgemein eine Vorstellung von der räumlichen Anordnung der Objekte im Korrelationsfeld vermittelt wird; hier kommt es vor allem darauf an, die Variabilität der supponierten (x-)Eigenschaft innerhalb der jeweiligen Klassen der relativen (y-)Eigenschaft klar zu erkennen und in bezug auf die betreffende Gesamtpopulation biologisch zu deuten. Die angewandte Tabellenform wird in dieser Art der Auswertung mehr zu leisten vermögen als die rein statistisch-mathematische Betrachtungsweise. Die Analyse der Variationspolygone ging ja ebenfalls von einem ähnlichen Gesichtspunkt aus und verzichtete auf die Beibringung der üblichen Werte.

Die Richtung einer für das vorliegende Material bestehenden Korrelation (positiv, negativ) kann ohne weiteres aus der Gruppierung der Zahlenwerte um eine der beiden Diagonalen (+-oder —-Diagonale) des Korrelationsfeldes erkannt werden, ferner auch mit hinreichender Genauigkeit das ungefähre Maß der Korrelation.

Vielleicht findet das zahlreiche Tabellenmaterial von anderer Seite eine weitere biometrische Bearbeitung.

Zur Einführung sei in Abb. 45, als Ergänzung der photographischen Belege Abb. 16—19, eine plastische Darstellung der vier untersuchten männlichen Populationen in der charakteristischen Korrelation: Zangenlänge—Radius gegeben. Die Zahl der gemessenen Individuen ist für alle vier Darstellungen a, b, c, d auf  $n=1000$  umgerechnet worden (Technik: Photographien von vier Holzmodellen). (Abb. 45a—d entspricht der Tabelle 1a—d, aus der die wahren Werte entnommen werden können).

Abb. 45a—d demonstriert vor allem deutlich die geringere Variabilität der beiden Populationen von Helgoland 1924, 1925 gegenüber Frankfurt und Holstein, ferner die völlige Unimodalität der drei erstgenannten Populationen für die Merkmale Zangenlänge und Radius. Die bereits bei der Behandlung der Variationspolygone kritisch gewertete Bimodalität der Population Holstein tritt hier bei der plastischen Dar-

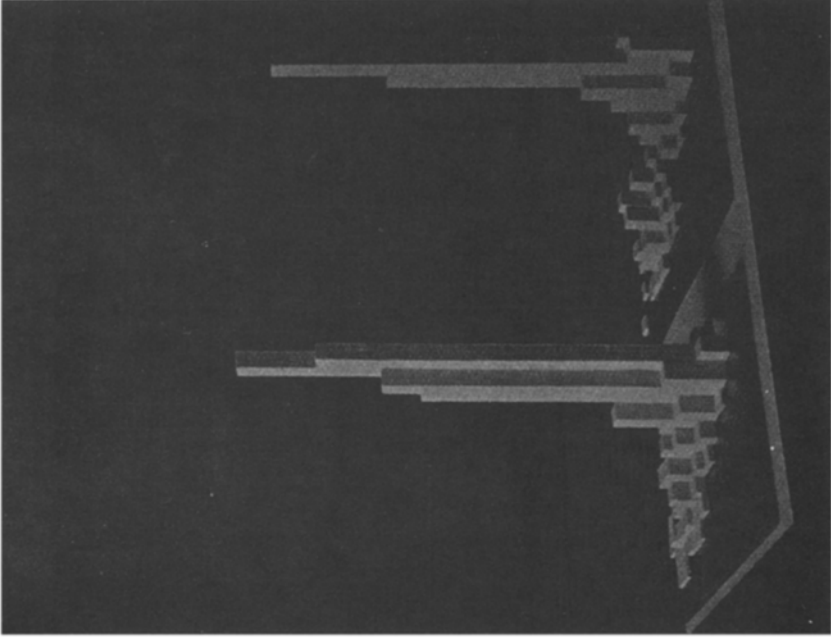


Abb. 45 d.  
1924, 560  $\bar{O}\bar{O}$ .  
Holstein (bimodal).

Abb. 45 c.  
1925, 1277  $\bar{O}\bar{O}$ .  
Frankfurt (unimodal).

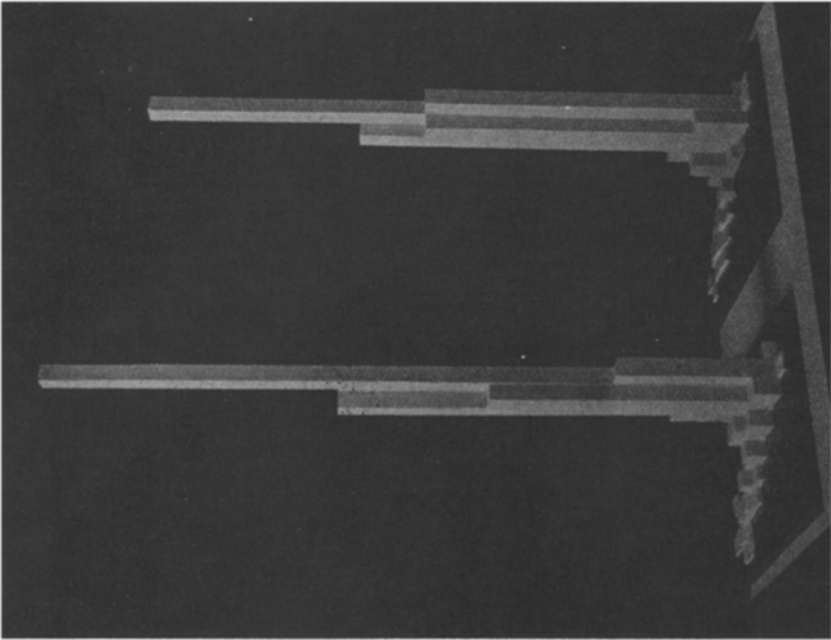


Abb. 45 b.  
1925, 1706  $\bar{O}\bar{O}$ .  
Helgoland (unimodal).

Abb. 45 a.  
1924, 1088  $\bar{O}\bar{O}$ .  
Helgoland (unimodal).

Plastische Darstellung der vier untersuchten Populationen für die korrelativen Beziehungen an der männlichen Zange: Zangenlänge I — Radius R.

stellung instruktiv in Erscheinung. Weitere Einzelheiten werden durch Vergleich der Abb. 45a—d mit Tabelle 1a—d ersichtlich.

Vorbemerkungen: Bei der Analyse von korrelativen Beziehungen im Bau der Cerci von *Forficula auricularia* ist zu berücksichtigen, daß es sich hier um Verhältnisse besonderer Art handelt. Folgende Punkte sind vor allem zu beachten:

1. Es handelt sich um die Auffindung von Gesetzmäßigkeiten von Merkmalspaaren, deren Partner jeweils meßbare Teilabschnitte eines Organs (Zange) darstellen (nur wo die größte Breite des Abdomens als x- oder y-Eigenschaft auftritt wird eine meßbare Größe am Körper des ♂ oder ♀ in Beziehung gesetzt zu einem Merkmal der Zange).

2. Das Organ, dessen Teile oder meßbare Qualitäten (z. B. Krümmung) auf korrelative Gesetzmäßigkeiten hin untersucht werden, wird äußerlich von dem harten Chitinskelett gebildet, es ist demgemäß in Größe und Form für die gesamte Dauer des imaginalen Lebens festgelegt und physiologischen Einflüssen, die größen- oder gestaltändernd wirken könnten, entzogen. Physiologische Korrelationen kommen also nach der endgültigen Ausbildung von Größe und Form bei der letzten Häutung nicht mehr in Frage.

3. Die Korrelationsanalyse kann nur am fertig ausgebildeten Organ — den imaginalen Cerci — einsetzen; der Fragenkomplex ist daher der Kategorie der korrelativen Variabilität zuzuordnen.

Die Entscheidung über die imaginale Größe und Form der Zange wird in den wenigen Minuten der Häutung der Nymphe zur Imago getroffen und nach der Erhärtung des Chitins sind selbstverständlich auch alle charakteristischen Punkte im Habitus der Zange in ihrer Lage bestimmt. Die während der kurzen Häutungsdauer erforderlichen Umformungen der für beide Geschlechter gleichen Nymphenzangen sind um so durchgreifender, je mehr die Zangengestalt der Imago sich von der der Nymphe unterscheidet. Für die männliche imaginale Zangengestalt bedeutet demgemäß die letzte Häutung eine wesentlich kritischere Periode als für die weibliche, die weitgehend der larvalen Form gleicht. Bei der Umbildung der männlichen Nymphenzange in die imaginale werden physiologische Faktoren (Druck der Hämolymphe, glatter Ablauf der Häutung der übrigen Körperteile usw.) also eine erheblich größere Rolle spielen, als bei den weiblichen Cerci. Auf alle diese biologischen Fragen wird später genau einzugehen sein; ihre kurze Erwähnung bereits an dieser Stelle soll nur zeigen, daß die folgenden Tabellen erst dann mit Vorteil analysiert werden können, wenn man die ontogenetische Entstehungsweise der Cerci dabei im Auge behält.

Die Auswertung der Korrelationstabellen wird eine weitere Klärung der komplizierten Variabilitätsverhältnisse der männlichen und weib-

lichen Zangenphänotypen herbeiführen. Je mehr es gelingt, den Phänotypus der Cerci in seine morphologischen und physiologischen Einzelkomponenten und deren Variationsmöglichkeiten aufzulösen, um so mehr werden wir ihn „nicht als eine bloße Summe von Einfachcharakteren“, sondern als das „Resultat eines sehr verwickelten Zusammenspiels“, als „Phänotypus  $\sim$  Genotypus + Lebenslage“ (JOHANNSEN) oder als genotypische Reaktionsnorm + physiologisch sich auswirkende Folgeerscheinungen des Milieus (sich äußernd beim kritischen Punkt der letzten Häutung) kennen und verstehen lernen.

a) *Die männlichen Cerci.*

1. Die Beziehungen zwischen *Zangenlänge L* und *Radius R*  
(Tab. 1a—d und Abb. 45a—d).

Sämtliche vier Populationen weisen eine gute positive Korrelation zwischen der Zangenlänge L und dem Radius R auf. Es ist bei allen hier behandelten Korrelationstabellen die gleiche Reihenfolge der vier Populationen eingehalten wie bei den Variationspolygonen; diese Anordnung wird sich auch bei der Vergleichung von jeweils zwei variierenden Merkmalen bewähren. Tabelle 1b zeigt die am meisten ausgeglichene Gruppierung in der Diagonale, die positive Korrelation anzeigt, da hier bei Helgoland 1925 die relativ höchste Individuenzahl vorliegt. Bei Frankfurt (Tabelle 1c) und Holstein (Tabelle 1d), den Fundorten mit der relativ größten Variabilität für Zangenlänge und Radius, ist eine Verbreiterung des von den Objekten eingenommenen Raumes beiderseits der Diagonale zu bemerken; dies dürfte mit der schwierigen Meßbarkeit des Krümmungsradius R für die sehr langen Zangen zusammenhängen. (Bei Tabelle 1d ist außerdem die Individuenzahl etwas zu gering.) Über die Wertung der zweiten Gipfel für L und R des Fundortes Holstein (Tabelle 1d) sei hier auf die Ausführungen bei den entsprechenden Variationspolygonen dieses Fundortes verwiesen.

Schlußfolgerungen: Mit zunehmender Zangenlänge L nimmt der Wert für den Krümmungsradius R in annähernd gleichmäßiger Weise zu, die Krümmung der Zange selbst nimmt entsprechend ab; kleine Zangen sind stark, große schwach gekrümmt. Setzt man die Zangenlänge L zum Maß der Krümmung  $K = \frac{1}{R}$  in Beziehung, so erhält man natürlich eine negative Korrelation: die Objekte ordnen sich um die andere Diagonale des Korrelationsfeldes. Wie erinnerlich, zeigten die Variationsreihen für den Radius sehr schwache zweite Maxima (oder gar dritte) auch bei den Fundorten, die sonst z. B. hinsichtlich der Zangenlänge durchaus unimodale Polygone aufwiesen. Diese zweiten, bzw. dritten geringen „Gipfel“ sind in den Tabellen mit My 2, My 3

gekennzeichnet. Sie würden die Berechnung des Korrelationskoeffizienten erheblich erschweren.

**HELGOLAND 1924.**

									M <sub>x</sub>	
		1								1 4475
		1	1							2 3650
		1	3	1						5 3625
		1	1	5						7 3900
			3	2	1					6 3775
			6	3						9 2950
	M <sub>y</sub> <sup>2</sup>		3	9	6	1		1		20 2725
				4	7					11 2500
				10	15	3	1			29 2275
					16	43	8	1		68 2050
						11	192	115	1	319 1825
	M <sub>y</sub>						127	321	5	453 1600
								13	72	7 92 1375
									1	1 1150mm
									1	1 1150mm
		2	6	18	19	24	43	378	519	14 1053
		6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5

Radius : R  
Tab.  
Zangenlänge : L mm

**1a.**

**HELGOLAND 1925.**

									M <sub>x</sub>	
										1 3850
			1							1 3625
			1	4						5 3400
	M <sub>y</sub> <sup>2</sup>		3	7	4					14 3175
			2	4	3	1				10 2950
				2	9	1				12 2725
					4	10	1			15 2500
						12	20	7		39 2275
							38	54	17	109 2050
								10	299	159 1 169 1825
	M <sub>y</sub>							2	250	466 7 125 1600
									4	2250 9 301 1375
									4	1 5 1150mm
									4	1 5 1150mm
		1	7	17	20	24	47	65	89	18 1705
		6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5

Radius : R  
Tab.  
Zangenlänge : L mm

**1b.**

**HOLSTEIN 1924.**

									M <sub>x</sub> <sup>2</sup>				
													1 4175
													2 4150
													1 4125
													3 4100
													16 3875
													23 3850
													25 3825
													38 3775
													32 3750
													27 3725
													17 3500
													24 3275
													29 2950
													27 2725
													34 2500
													6 106 57 169 1600
													16 17 1 34 1375
													1 6 25 37 39 35 25 33 62 20 7 89 1 560
													8,0 7,5 7,0 6,5 6,0 5,5 5,0 4,5 4,0 3,5 3,0 2,5

Radius : R  
Tab.  
Zangenlänge : L mm

**1d.**

**FRANKFURT 1925.**

									M <sub>x</sub>	
										1 4125
										5 4100
										10 4075
										7 3850
										19 3625
										28 3400
										45 3175
										39 2950
										38 2725
										49 2500
										103 2275
										21 156 51 1 229 2050
										1 177 244 3 425 1825
										32 211 14 257 1600
										15 7 22 1375
										2 8 33 47 60 67 107 403 525 25 1247
										7,5 7,0 6,5 6,0 5,5 5,0 4,5 4,0 3,5 3,0

Radius : R  
Tab.  
Zangenlänge : L mm

**1c.**

*Forficula auricularia*. Männliche Zangen; Korrelation: Zangenlänge L — Radius R.

Die folgenden tabellarischen Übersichten befassen sich weiterhin mit der stark variablen Zangenlänge und ihrer Beziehung zu anderen Teilen der männlichen Zange.

## 2. Die Beziehungen zwischen Zangenlänge $L$ und Zahnabstand $A 1$ (Tabelle 2a—d).

Der Zahnabstand  $A 1$  — hier die  $y$ -Eigenschaft — liegt an der männlichen Zange in der gleichen Ausdehnung wie die in Beziehung zu ihm gesetzte Zangenlänge (Abb. 4). Die Tabellen 2a—d zeigen für die vier Populationen eine im allgemeinen klar ausgeprägte positive Korrelation zwischen diesen beiden Größen; mit anderen Worten: je länger die Cerci sind, um so mehr ist auch der letzte große Zahn (der ja  $A 1$  bestimmt) distad verschoben. Den geradlinigsten Verlauf hat die Frankfurter Population (Tabelle 2c). Die Anordnung der Objekte der Holsteiner Population (Tabelle 2d) zeigt auf der  $+$ -Diagonale zweimal eine Verbreiterung, zunächst bei geringen Werten für  $L$  und  $A 1$  (145 Individuen mit einer Länge von 3,5 mm und einem Zahnabstand von 1,2 mm), entsprechend der ersten Gipfelordinate der  $x$ - und  $y$ -Reihe; die zweite Verbreiterung des von den Objekten in der Umgebung der  $+$ -Diagonale eingenommenen Areals entspricht hohen Werten für  $L$  und  $A 1$ . Infolge zu geringen Materials liegt allerdings der Schnittpunkt der Kolonnen  $Mx 2$  und  $My 2$  (zweites Frequenzmaximum der  $x$ - und  $y$ -Reihe) nicht bei der höchsten Frequenz dieses von Objekten belegten Areals. Zwischen diesen beiden Regionen des Korrelationsfeldes, etwa bei der 4,5 bis 5,0 mm-Klasse der  $x$ -Reihe und bei der 1,6—1,8 mm-Klasse der  $y$ -Reihe finden sich nur sehr wenige Objekte, und zwar genau in der  $+$ -Diagonale, so daß das gesamte von Zangen belegte Feld in zwei scharf voneinander gesonderte Gebiete zerfällt: die Zweigipfeligkeit der  $x$ - und  $y$ -Reihe manifestiert sich auch in charakteristischer Weise im Korrelationsfeld. Diese Eigentümlichkeit würde bei der Berechnung des Korrelationskoeffizienten keineswegs zum Ausdruck kommen, abgesehen davon, daß seine Berechnung wegen der Bimodalität überhaupt auf Schwierigkeiten stoßen würde. Wie bei den Variationspolygonen des Fundortes Holstein näher ausgeführt wurde, kommt dieser Population infolge nicht einwandfreier Sammelmethode keine große Bedeutung zu.

Die Tabellen der beiden Helgoländer Populationen von 1924 und 1925 (Tabelle 2a, 2b) weisen große Habitusähnlichkeit auf, da ja, wie oben gezeigt wurde, die Variationspolygone aller untersuchten Größen für die beiden Untersuchungsjahre stark übereinstimmten. Eine nähere Betrachtung ergibt, daß die hier vorliegende positive Korrelation für die geringen Werte von  $L$  und  $A 1$  nicht in gleichem Maße geradlinig zu verlaufen scheint, wie für die mittleren und hohen Werte der  $x$ - und  $y$ -Reihe. Besonders deutlich geht dies aus Tabelle 2b hervor, der Population mit der größten Individuenzahl: die von links oben nach rechts unten verlaufende Diagonale biegt von der  $x$ -Klasse 3,0 mm und der  $y$ -Klasse 1,0 mm schärfer nach der  $x$ -Achse zu ab. Für die Objekte





liegen für einige Populationen (in diesem Falle Helgoland 1924 und 1925) kompliziertere Verhältnisse vor, deren Klärung weiter unten erfolgen soll.

### 3. Die *Beziehungen* zwischen *Zangenlänge* L und *Zangenbreite* B (Tabelle 3a—d).

Die vier Tabellen, die die Verkettung der Variationsreihen für die Merkmale Zangenlänge und Zangenbreite darstellen, zeigen auf den ersten Blick, daß hier nicht eindeutig klare Verhältnisse vorliegen. Zunächst sei hervorgehoben, daß für sämtliche vier Populationen im wesentlichen die gleiche Anordnung der Objekte — räumlich, nicht zahlenmäßig — im Korrelationsfeld zu beobachten ist.

Für die Analyse sollen hauptsächlich die Tabellen 3a, b und c herangezogen werden; bei Holstein macht sich die zu geringe Objektzahl zu sehr bemerkbar, außerdem zeigt diese Population den zum Teil sammeltechnisch bedingten zweiten Gipfel für die Zangenlänge. Die Tabellen mit den größten Individuenzahlen, Helgoland 1925 (Tabelle 3b) und Frankfurt 1925 (Tabelle 3c) weisen die am meisten ausgeglichene Anordnung der Objekte im Korrelationsfeld auf. Betrachtet man das belegte Flächenareal als Ganzes, so sieht man einen „gebogenen“ Verlauf der besetzten Feldchen, und zwar verläuft dieser „Bogen“ von rechts unten (niedrige Werte für L und B) nach links oben. Die eine positive Korrelation anzeigende Diagonale des Gesamtkorrelationsfeldes schneidet nur an ihrem linken oberen und rechten unteren Ende belegte Felder, so daß der linke untere Quadrant fast völlig von Objekten frei ist. Bei Helgoland 1925 (Tabelle 3b) ist der linke untere Quadrant geradezu mathematisch genau „ausgespart“, die belegten Felder „knicken“ in der Mitte des Korrelationsareals scharf rechtwinklig parallel zur x-Achse um.

Es handelt sich hier offenbar um eine nicht geradlinige korrelative Beziehung zwischen Zangenlänge und Zangenbreite (es werden im weiteren Verlauf der Untersuchung noch mehrere ähnliche Fälle zur Besprechung gelangen). Es ist dies wiederum ein typischer Fall, der durch rein statistische Behandlung keinerlei Klärung erfahren kann; einzig die genaue Inspektion der Anordnung der Objekte im Korrelationsfeld, bzw. in den einzelnen Klassen in Verbindung mit genauer Kenntnis der Form- und Gestaltverhältnisse des Untersuchungsobjektes selbst kann zum Verständnis dieser komplizierteren korrelativen Beziehungen führen.

Was bedeutet nun dieses „Umbiegen“ der belegten Feldchen in bezug auf die hier für jedes Einzelindividuum analysierten beiden Eigenschaften? Offenbar gelten für die kurzen Zangen (bis zur 4,0 mm-Klasse einschließlich) bis etwa zur Breitenklasse 2,5 mm (Tabelle 3b und 3c) andere korrelative Gesetzmäßigkeiten als für die langen Zangen. Wir

können aus der Tabelle ersehen, daß von einer Länge von 4,5 mm ab die Zangenbreite nicht unter den Wert von 2,5 mm herabsinkt. Von dieser Längensklasse ab (4,5 mm) bis zur Klasse der extremen Längen-Plusvarianten (Tabelle 3b: 6,5 mm; Tabelle 3c: 7,5 mm) herrscht hinsichtlich der Breite dieser Längengruppen eine wesentlich geringere Variabilität als für die Längensklassen von 2,5 mm bis 4,0 mm einschließlich (also die kurzen Zangen); die Objekte der L-Klassen, 2,5 mm bis

**HELGOLAND 1924.**

										Mx		
	1										1	3,1
	1	1	5	3	2	3	3				18	2,9
		5	13	9	13	24	65	5			134	2,7
				6	9	13	153	65			266	2,5
My				1		3	116	242			362	2,3
							37	152	3		192	2,1
							4	59	4		67	1,9
							6	7	13	17		
	2	6	18	19	24	43	378	519	14	103		
	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5			

Zangenlänge: L **3a.**

**HELGOLAND 1925.**

										Mx		
											1	3,1
		4	2	1	7	8	2				24	2,9
	1	3	12	8	11	22	46	1			104	2,7
			3	10	6	27	272	81	1		400	2,5
My							10	200	307	1	518	2,3
							3	110	310	4	427	2,1
							1	19	164	5	189	1,9
								3	30	7	40	1,7
										3	3	1,5
	1	7	17	20	24	71	652	896	18	1106		
	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5			

Zangenlänge: L **3b.**

**FRANKFURT 1925.**

										Mx		
											2	3,1
	2	3	7	1	5	9	12				44	2,9
		4	21	28	22	22	32	70	29		228	2,7
My		1	5	18	31	37	64	251	218	3	628	2,5
					2	2	1	39	123	5	172	2,3
								30	124	10	164	2,1
								31	6	37	1,9	
								1	1	2	1,7	
	2	8	33	47	60	67	107	403	525	25	1274	
	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0		

Zangenlänge: L **3c.**

**HOLSTEIN 1924.**

										Mx <sup>2</sup>		
	1	4	12	5	2	2	2	2	2		32	3,1
		2	9	14	15	18	10	10	19	8	105	2,9
My			4	16	21	15	10	16	32	77	191	2,7
					1		2	5	8	79	23	2,5
						1	1	1	1	37	49	2,3
									5	14	1	2,1
										1	3	1,9
	1	6	25	37	39	35	25	33	62	207	89	1
	8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5

Zangenlänge: L **3d.**

*Forficula auricularia*. Männliche Zangen; Korrelation: Zangenlänge L — Zangenbreite B.

4,0 mm einschließlich, verteilen sich z. B. bei Helgoland 1925 (Tabelle 3b) auf acht Breitenklassen, die Individuen der L-Klassen 4,5 mm bis 6,5 mm nur auf vier Breitenklassen.

Bei Helgoland 1924 (Tabelle 3a) fällt das breiteste Objekt (3,1 mm) auch in die Klasse der extremen Plusvarianten der Zangenlänge L (6,5 mm), bei der Population von 1925 (Tabelle 3b) ist mit der größten Zangenbreite von 3,1 mm nur eine Länge von 5,0 mm korreliert. Bei der Frankfurter Population (Tabelle 3c) fallen die beiden breitesten Zangen in die Längensklassen 4,5 mm und 5,0 mm. Holstein (Tabelle 3d)

zeigt in der Klasse der extrem breiten Zangen sogar die Längensklassen von 4,0 mm bis 8,0 mm vertreten, die niedrigeren Längen aber nur mit sehr geringer Frequenz (je zwei Individuen). Die Erklärung des Auftretens sehr breiter Zangen bei geringen Werten für L wurde schon bei der Formanalyse (Kapitel V) angebahnt, es wird darauf weiter unten, an Hand besonderer Tabellen, näher einzugehen sein.

Zur Deutung des gebogenen Verlaufes der Korrelation, wie wir kurz sagen wollen, empfiehlt es sich, die Objektgruppierungen auf den beiden „Schenkeln“ der winkligen Anordnung (z. B. Tabelle 3b) getrennt auszuwerten: die eine Gruppe bilden die in der Zangenbreite acht Klassen umfassenden Objekte mit einer Längenvariabilität von 2,5 mm bis 4,0 mm einschließlich (sie enthält die Mehrzahl aller Objekte überhaupt und schließt die Klassen größter Frequenz ein), die andere umgreift die hinsichtlich der Zangenbreite geringer variierenden Objekte mit Längen von 4,5 mm ab bis zu den extremsten Längenvarianten.

Rein statistisch betrachtet entsteht die merkwürdige Anordnung der Objekte im Korrelationsfeld durch Kombination einer sehr symmetrischen Variationsreihe (y-Reihe der Zangenbreite B) mit einer sehr asymmetrischen (x-Reihe der Zangenlänge L). Es sind ja die langen Cerci, die, wenigstens bei meinem Fundort Helgoland 1924 und 1925 und Frankfurt 1925, die asymmetrische Gestalt des Polygons der Zangenlänge L bedingen. Abgesehen von dem Problem der Zweipfeligkeit, als Ausdruck besonders starker Frequenz bei sehr hohen Werten für L, genügt schon ein zahlenmäßig so geringes Auftreten von großen Zangen wie bei den Populationen der drei oben genannten Fundorte und die dadurch bedingte Asymmetrie der Variationsreihe, um derartig komplizierte Verhältnisse im Korrelationsfeld hervorzurufen wie bei Tabelle 3a—d. Für sich allein betrachtet zeigt die Gruppe der großen Zangen, wie sie vorstehend hinsichtlich des von ihr eingenommenen Raumes im Rahmen der Tabelle charakterisiert wurde, offenbar keinerlei einfach zu deutende korrelative Beziehungen zwischen den Merkmalen Zangenlänge und Zangenbreite; für die Gruppe der kurzen Zangen läßt sich hingegen eine positive Korrelation für L und B feststellen (siehe in Tabelle 3b in den senkrechten Kolonnen über den Längensklassen 2,5—4,0 mm die jeweils höchsten Frequenzen für B, die auf der Diagonale des von den kurzen Cerci eingenommenen Rechteckes liegen [Seiten des Rechteckes: auf der x-Achse von L-Klasse 2,5 bis 4,0 mm, auf der y-Achse von B-Klasse 1,5—2,7 mm]); die Unterteilung des von den Objekten eingenommenen Gesamtareals im Korrelationsfeld in die beiden Gruppen ist natürlich ungenau an den Übergangsstellen von den kurzen zu den mittellangen Cerci, an der „Umbiegungsstelle“, wo die geradlinige Korrelation der kurzen Zangen in das Areal der großen Zangen übergeht, das keine oder infolge zu geringer Anzahl

der sehr großen Zangen nur sehr schwer übersehbare Korrelation aufweist.

Interessant ist die hier nur kurz anzudeutende Tatsache, daß die der Zangenlänge nach relativ gering variierenden Populationen von Helgoland 1924 und 1925 (Tabelle 3a, 3b) eine wesentlich größere Variabilität der Zangenbreite innerhalb der niedrigen Längenklassen von 3,0 bis 4,0 mm zeigen, als die für L stärker variierenden Populationen von Frankfurt und Holstein (Tabelle 3c, 3d).

Die Erklärung hierfür kann mit Hilfe der Ergebnisse der Formanalyse weiter unten gegeben werden.

Schlußfolgerungen: Die korrelativen Beziehungen zwischen L und B manifestieren sich, im ganzen betrachtet, in der Korrelationstabelle als nicht geradlinige. Im Areal der kurzen Cerci (2,5—4,0 mm) herrscht eine positive Korrelation zwischen L und B mit größerer Variabilität von B innerhalb der L-Klassen bei Helgoland 1924/1925 als bei Frankfurt und Holstein; von einer Zangenlänge von 4,5 mm ab verläuft das von Objekten besetzte Feld ziemlich exakt parallel der x-Achse, so daß der linke untere Quadrant frei bleibt. Sämtliche Cerci oberhalb der 4,0 mm-Klasse gehören, in bezug auf ihre Breite, den vier höchsten Breitenklassen an. Die längsten Cerci müssen nicht auch die breitesten sein.

4. Die *Beziehungen* zwischen der *Zangenlänge* L und der *Länge* der *Parameren* des *männlichen Copulationsapparates* (Tabelle 3a u. Abb. 46).

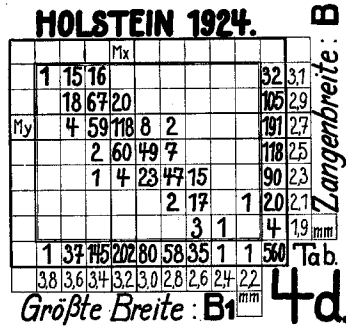
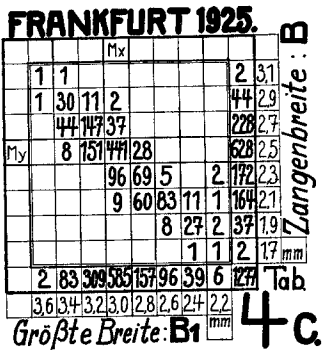
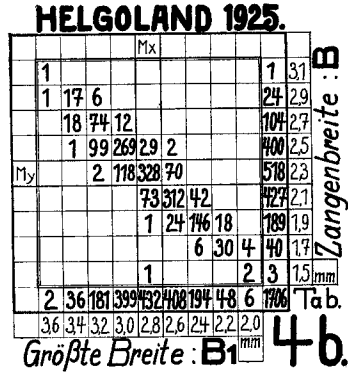
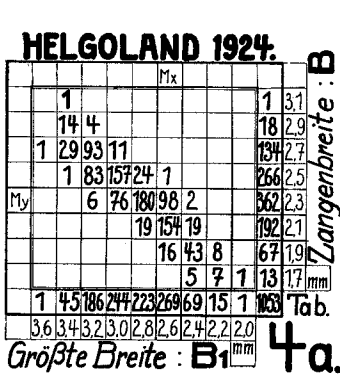
Als letzte mit der Zangenlänge L zu vergleichende Größe sei an 264 Objekten der Population von Holstein die Beziehung zur Länge der Parameren gegeben. Abb. 46 zeigt im Umriss die chitinenen Teile des männlichen Copulationsapparates und die hier mit Hilfe des Mikrometerokulars gemessene Größe L (die Messungen wurden an gefärbten Kanadabalsampräparaten vorgenommen). Wenn auch nur 264 Objekte vorliegen, so gibt doch die Tabelle 3a wenigstens einen Begriff von der Verteilung im Korrelationsfeld. Es sei noch hinzugefügt, daß in diesem Falle keine natürliche Population gemessen wurde, sondern daß bei den mittleren und sehr langen Cerci eine Auswahl vorgenommen wurde, um auch die extremen Plusvarianten zu bekommen; hierdurch ergibt sich das unausgeglichene Bild in der linken Hälfte des Korrelationsfeldes.

Für die kurzen Cerci bis 4,0 mm einschließlich, die völlig dem Zufall nach der großen Population von 1924 entnommen wurden, liegt offenbar eine positive Korrelation zwischen Zangenlänge L und Paramerenlänge vor. Für die wenigen großen Cerci zeigt sich eine ähnliche Anordnung wie bei der Korrelation Zangenlänge—Zangenbreite. Die längsten Zangen haben keineswegs auch die längsten Paramerenglieder; den höch-



sind; bei der Population von 1924 (Tabelle 4a) sind sowohl in der x- als auch in der y-Reihe die Klassen mit den höchsten Frequenzen nach der Minusvariantenseite zu verschoben, so daß der untere Plusquadrant sehr klein geworden ist.

Schlußfolgerungen: Die größte Breite des Abdomens B 1 wurde als Index der nur ungenau meßbaren Gesamtkörperlänge der *Forficula-Imagines* verwendet, da sie eine durch physiologische Vorgänge nicht



*Forficula auricularia*. Männliche Zangen; Korrelation: Zangenbreite B — Größte Breite des Abdomens B<sub>1</sub>.

veränderliche Größe darstellt. Die Breite der männlichen Zange weist eine sehr stark ausgeprägte geradlinige positive Korrelation in bezug auf die größte Breite des Abdomens auf. Je breiter also das Abdomen am letzten Segment ist, um so breiter ist auch die Zange an ihrer Einlenkungsstelle im Abdomen; große ♂♂ haben auch sehr breite Zangen, kleine ♂♂ sehr schmale. (Dies erscheint fast selbstverständlich, mußte jedoch nachgeprüft werden, da eventuell, nach den Erfahrungen mit anderen an der Zange gemessenen Größen, nicht eine völlig geradlinige Korrelation hätte vorliegen können.)

6. Die *Beziehungen* zwischen *Zangenbreite* B und *Krümmungsradius* R (Tabelle 5a—d).

Es folgen nunmehr weitere Darstellungen der Beziehungen der Zangenbreite B zu verschiedenen anderen Größen an der männlichen Zange. Zunächst werden die vier Variationsreihen von B mit denen von R verknüpft. Die Tabellen 5a—d zeigen untereinander eine sehr gute Übereinstimmung im Gesamthabitus der Belegung des Korrelationsfeldes. Ohne weiteres geht aus einem einfachen Überblick hervor, daß in diesem Falle wieder kompliziertere Verknüpfungen von B und R für jedes Individuum vorliegen. (Aus technischen Gründen zeigt Holstein 1924 [Tabelle 5d] für die y-Reihe [Radius R] einen anderen Klassenspielraum als die übrigen Populationen, nämlich 0,3 mm an Stelle von 0,225 mm; diese Population wurde als erste gesammelt und gemessen. Die Klasseneinteilung mit dem Spielraum 0,225 mm wurde als zweckmäßiger erst später angewandt. Bei der Korrelation Zangenlänge—Radius [Tabelle 1d] und auch für die plastische Darstellung Abb. 45 wurde die ganze Population in bezug auf diese Merkmale noch einmal durchgemessen; da diese Population aus den bekannten Gründen nicht sehr hoch zu werten ist, wurde auf eine Neumessung sämtlicher Größen verzichtet. Was gezeigt werden soll, kommt auch mit dem etwas weiteren Klassenspielraum zum Ausdruck.)

Bei sämtlichen vier Tabellen sieht man das Material in höchst charakteristischer Weise verteilt: es sind wiederum zwei Gruppen von belegten Feldchen unschwer zu unterscheiden wie bei den Tabellen für L und B (Tabelle 3a—d). Die eine Gruppierung zeigt die Objektverteilung der niedrigwertigen Radienklassen von 1,375 mm ab bis etwa zur Klasse 2,275 mm (Tabelle 5a—c). Diese Gruppe umfaßt nahezu sämtliche Zangenbreitenklassen und es ist deutlich erkennbar, daß geringe Radienwerte fast bei allen B-Klassen vorkommen können, mit anderen Worten, es besteht keinerlei Korrelation zwischen der Zangenbreite und niedrigen Werten für den Radius. Die Tabelle 5b zeigt für diese Gruppe ein geradezu typisches Bild einer völlig fehlenden Korrelation. Die zweite Gruppe umschließt die Radienklasse von 2,5 mm bis zu den extremsten Plusvarianten; in diesen Radienklassen kommen nur Cerci von der Breitenklasse 2,5 mm an vor. Radien von 2,500 mm finden sich, wie aus Tabelle 1a—d hervorgeht, erst von einer Zangenlänge von 4,5 mm ab. Alle höheren Werte für R kommen nur bei mittleren und langen Cerci vor.

Auf diesem Umweg über die Ergebnisse bereits oben analysierter korrelativer Verhältnisse kommen wir zu dem Resultat, daß unsere zweite Gruppe wohl vorwiegend die mittleren und langen Zangen enthält, denn der Radius steht ja in klarer positiver Korrelation zur Zangenlänge. Für sich betrachtet weisen nun die Objekte der zweiten Gruppierung ebenfalls keine geradlinige, wenn überhaupt eine Korrelation auf. Sie fallen





ständig aus der starken positiven Korrelation zwischen L und R. Alle vier Tabellen tragen natürlich auch wieder die Sondermerkmale des Variationsumfanges der beiden untersuchten Charaktere (verschiedene Lage der Kolonnen über den Klassen stärkster Frequenz, mehrfache Gipfelordinaten usw.), die direkt in den Tabellen eingesehen werden mögen, um Wiederholungen zu vermeiden.

Schlußfolgerungen: Die B-Varianten zeigen für niedrige Werte von R eine regellose Verteilung im Korrelationsfeld. Vom Radius 2,5 mm ab kommen kaum noch Cerci mehr vor unter 2,5 mm Breite. Das Feld zeigt also keine geradlinige Variantenverteilung, ähnlich den Verhältnissen bei den Beziehungen von L und B.

Verständlich wird dies infolge der starken Korrelation zwischen L und R. Der Krümmungsradius der männlichen Zange scheint offenbar bei der letzten Häutung von Faktoren bedingt zu sein, die das gegebene noch weiche Chitinmaterial nur entsprechend der jeweilig entstehenden Zangenlänge beeinflussen, aber von der Zangenbreite im allgemeinen unabhängig sind. Es läßt sich schon an dieser Stelle vermuten, daß es mehr oder weniger zufällig bedingte physiologische Faktoren sind. Wichtig ist noch die Feststellung, daß die mittellangen und sehr langen Zangen (hier gekennzeichnet durch die Radienklassen von 2,5 mm ab) wieder eine typische Sondergruppe im Korrelationsfeld einnehmen, wie bei der Tabelle über L und B.

#### 7. Die *Beziehungen* zwischen *Zangenbreite* B und *Zahnabstand* A 1 (Tabelle 6 a—d).

Das allgemeine Bild der vier Tabellen zeigt eine Anordnung der Objekte, die wieder eine zweifache natürliche Gruppierung erlaubt. Es läßt sich für geringe Werte von A 1 und geringe und mittlere Werte von B eine positive Korrelation feststellen, allerdings mit einer sehr breiten Anordnung der belegten Felder rechts und links der +-Diagonale (erste Gruppe).

Die Variationsreihe für den Zahnabstand A 1 ist sehr asymmetrisch; wir wissen aus Tabelle 2 a—d (Korrelation zwischen L und A 1), daß von der Längensklasse 4,5 mm ab die zugeordneten Werte für A 1 oberhalb der A 1-Klasse 1,4 mm liegen: eine Zange, die länger ist als 4,5 mm hat also einen Zahnabstand A 1 von mindestens 1,4 mm. Wir folgern daraus für die vorliegenden Tabellen 6 a—d, daß alle Objekte mit Werten für A 1 oberhalb 1,4 mm, auch in der Korrelationstabelle B—A 1 mittel- und sehr langen Cerci entsprechen. Hinsichtlich der Zangenbreite B füllen sie die Breitenklassen von etwa 2,5 mm ab, je nach den verschiedenen Gesamtvariabilitätsverhältnissen der einzelnen Populationen (zweite Gruppe).

Für diese zweite Gruppe — hohe Werte für A 1 und B und auf Grund



Schlußfolgerungen: Zwischen A 1 und B besteht eine deutliche positive Korrelation nur für die niedrigen Werte von A 1 (etwa bis 1,4 mm, je nach der Gesamtvariabilität vielleicht um einen Klassenspielraum verschoben) bis etwa zur B-Klasse 2,5 mm. Für die Klassen mit höheren Werten der supponierten und relativen Eigenschaft scheint keine Geradenlinie, vielleicht überhaupt keine Korrelation zwischen B und A 1 mehr vorzuliegen. Da die Objekte dieser Klassen Zangenlängen oberhalb 4,5 mm bis zu den extremen Längenvarianten aufweisen, können wir wiederum feststellen, daß die sehr langen Cerci und auch bereits die mittellangen hinsichtlich der Beziehung von A 1 zu B eine Sondergruppe bilden, die das korrelative Bild störend beeinflußt (siehe auch die Schlußfolgerungen zu 5).

Dies bedeutet ontogenetisch betrachtet: der Zahnabstand A 1 bleibt bei der Auspressung der jungen noch weichen imaginalen männlichen Zange von einem bestimmten Längengrad ab in seiner Lage konstant.

#### 8. Die Beziehungen zwischen Zangenbreite B und Zahnabstand A 2 (Tabelle 7a—d).

Die für diese Merkmale auszuwertenden Tabellen zeigen in ihrer Objektanordnung eine sehr große Übereinstimmung mit den Beziehungen zwischen Zangenbreite B und Radius R (siehe Tabelle 5a—d). Dies wird durch folgende Überlegungen erhellt.

Der Zahnabstand A 2 (Abb. 4) liegt der Ausdehnung nach in der Richtung der Zangenlänge L;  $A\ 2 + A\ 1$  war ja ungefähr  $= L$ . (Aus den entsprechenden Variationspolygonen [Abb. 32, 33a—d] geht hervor, daß A 2 in viel größerem Umfange variiert als A 1). L steht in guter positiver Korrelation zu R, also wird auch A 2 im Korrelationsfeld mit B eine ähnliche Gruppierung aufweisen wie R mit B (und schließlich auch wie L mit B).

Zusammengefaßt lassen sich die Beziehungen von A 2 zu B wie folgt formulieren: Regellose Verteilung der Varianten der Zangenbreite für die niedrigen Werte von A 2 (ungefähr bis zur 2,8 mm-Klasse einschließlich). Die Verteilung der Objekte in dieser Gruppe zeigt bei den beiden Helgoländer Populationen in fast schematischer Weise das Bild fehlender Korrelation (Tabelle 7a, b); bei Frankfurt und Holstein (Tabelle 7c, d) ist die Verteilung offenbar nicht ganz so regellos, man kann allenfalls noch Spuren einer sehr geringen positiven Korrelation erkennen; näheres hierüber weiter unten.

Die hohen Werte von A 2 (von 2,8 mm ab) kommen nur bei Cerci mit Breitenwerten über 2,3 mm (siehe die Übereinstimmung mit Tabelle 5a—d), und zwar sind alle Objekte dieser Gruppe in drei Breitenklassen untergebracht. Innerhalb dieser B-Klassen ist die Frequenz äußerst schwankend.



Helgoland 1924/1925 (Tabelle 7 a, b), weniger häufig bei Frankfurt (Tabelle 7 c) und am seltensten bei Holstein (Tabelle 7 d) —, zeigt, daß die starke Ausdehnung der distalen Zangenteile zu hohen Werten von A 2 trotz großer Zangenbreite unterbleiben kann.

Dieses Zurückbleiben von A 2 scheint von nicht gesetzmäßig wirkenden Faktoren bewirkt zu sein und ist mit als Ursache für die fehlende Korrelation in der der x-Achse benachbarten Region des Feldes anzusehen. Wir werden nicht fehl gehen, auch hier wieder an physiologische Faktoren zu denken, eine Annahme, die schon bei den Tabellen 5 a—d ausgesprochen wurde und die weiter unten näher begründet werden wird.

#### 9. Die *Beziehungen* zwischen *Zahnabstand A 1* und *Zahnabstand A 2* (Tabelle 8 a—d).

Setzt man diese beiden charakteristischen Größen für jedes Individuum im Rahmen ihrer Gesamtvariabilität in Beziehung zueinander, so ergibt sich dem Gesamtbild nach zwar eine Anordnung der Frequenzen, die der ungefähren Richtung der +-Diagonale entspricht; eine genauere Inspektion lehrt jedoch, wie sich auch schon nach dem Vorausgegangenen vermuten läßt, daß keine einfache geradlinige positive Korrelation vorliegt.

Da die Variationsreihen für beide Eigenschaften stark asymmetrisch sind — die frequenzarmen hohen Klassen entsprechen den sehr langen Cerci —, so finden sich die größten Objekthäufungen im unteren Plusquadrant. Entsprechend der geringeren Gesamtvariabilität der beiden Helgoländer Populationen ist hier dieser Quadrant erheblich stärker mit Objekten belegt (Tabelle 8 a, b) als bei Frankfurt und Holstein (Tabelle 8 c, d). Faßt man diese unteren rechten hohen Frequenzen wieder als Sondergruppe im Korrelationsfeld auf und beobachtet man den Frequenzanstieg und -abfall innerhalb der einzelnen Klassen der entsprechenden Abschnitte der x- und y-Reihe, so ergibt sich für diese niedrigen A 1- und A 2-Werte sichtlich keine deutlich erkennbare Korrelation, wenigstens gilt dies für Helgoland 1924 und 1925; für Frankfurt und Holstein liegt vielleicht schwache positive Korrelation vor. Für die mittleren bis extremen Klassen der beiden Reihen läßt sich ziemlich regellose Gruppierung um die ungefähre Lage der +-Diagonale feststellen (am regelmäßigsten ist noch die Anordnung bei Frankfurt und Holstein). Die Frequenzen für die extremen Werte von A 1 und A 2 finden sich im oberen Plusquadrant, ob in diesem Areal des Korrelationsfeldes sich noch Gesetzmäßigkeiten in den Beziehungen zwischen A 1 und A 2 erkennen lassen, erscheint wegen der relativ geringen Individuenzahl dieser Klassen zweifelhaft.

Schlußfolgerungen: Die Beziehungen zwischen A 1 und A 2, im Rahmen der Gesamtpopulation betrachtet, sind keine eindeutig klaren.



Fällen auch in der Länge zurückbleiben kann, ferner daß es wiederum physiologische Faktoren sein werden, die während der kurzen Häutungsdauer ihre Wirkung bei den Individuen ein und derselben Population in verschiedener Weise manifestieren können.

10. Die *Beziehungen* zwischen der *Anzahl* der *linken* und *rechten* *Zähnnchen* an der *Innenseite* der *Basis* der *männlichen* *Zange*.

a) Zahl der Zähnnchen links-rechts ausschließlich der Andeutungen  
(Tabelle 9 a—d).

Die größten Frequenzen liegen bei allen vier Populationen sowohl auf der rechten als auch auf der linken Seite bei der Klasse 5. Aus dem Gesamtbild der Objektverteilung geht hervor, daß eine schwache positive Korrelation zwischen der Bezahnung der linken und rechten Seite vorliegt.

Wie aus der großen Zahl der Klassen (0—8—10) hervorgeht, ist die Gesamtvariabilität der Zähnnchen eine sehr große; bei sonst normalem Bau der Zange können, allerdings in seltenen Fällen, z. B. links 5 und rechts 10, oder links 5 und rechts nur 1 Zähnnchen bei derselben Zange kombiniert vorkommen. Das Areal der von Objekten belegten Felder ist bei den vier Populationen verschieden groß: am ausgedehntesten bei Holstein (Tabelle 9 d), dann folgen die beiden Helgoländer Tabellen (Tabelle 9 a, b) und schließlich Frankfurt (Tabelle 9 c).

Parallelerscheinungen mit der Gesamtvariabilität der betreffenden Populationen für andere an der Zange untersuchte Größen lassen sich nicht feststellen.

b) Zahl der Zähnnchen links-rechts einschließlich der Andeutungen  
(Tabelle 10 a—d).

Unter „Andeutungen“ von Zähnnchen wurden die kleinen, meist spitzen chitinen Erhebungen zwischen den „normalen“ (d. h. treppenförmig vom letzten großen Zahn nach der Zangenbasis zu angeordneten) Zähnen verstanden. Die Tabellen 10 a—d zeigen die kombinierten Variationsreihen für die rechte und linke Seite unter Einrechnung dieser Andeutungen von Zähnnchen. Gegenüber den Tabellen 9 a—d scheint das Korrelationsfeld bei Holstein (Tabelle 10 d) und Frankfurt (Tabelle 10 c) relativ am wenigsten im Habitus verändert zu sein. Bei den beiden Helgoländer Populationen (Tabelle 10 a, b) ist das Areal wesentlich vergrößert; der obere Plusquadrant zeigt erheblich höhere Frequenzen.

Welche Ursachen für die Bildung dieser überzähligen Chitinerhebungen bei der letzten Häutung verantwortlich zu machen sind, entzieht sich vorläufig unserer Kenntnis.







Zangen. Diese analogen Verhältnisse sind infolge der bei den ♀♀ wesentlich geringer variierenden Merkmale nicht ohne weiteres ersichtlich. Man betrachte zunächst die oberen Tabellen der Darstellung 11 a—d.

**HELGOLAND 1924.**

		Mx								
1						1	23			
5	24	32	4			65	2.1			
My	2	64	24	17	6	489	1.9			
		3	49	120	34	206	1.7			
				2	1	1	4	1.5	mm	
8	91	322	300	41	1	763			Tab.	
	3.5	3.3	3.1	2.9	2.7	2.5				
	Zangenlänge: L									

11a

		Mx								
1						1	23			
5	60					65	2.1			
My	2	459	26	187		19				
		146	60	206		1.7				
				4	4	1.5	mm			
8	665	90	763						♀	
	3.5	3.0	2.5							
	L									

**HELGOLAND 1925.**

		Mx								
4	29	89	23	1		146	2.1			
My	4	33	268	16	35	658	1.9			
			32	91	62	2	187	1.7		
				6	3	9	1.5	mm		
8	62	389	132	104	5	1000			Tab.	
	3.5	3.3	3.1	2.9	2.7	2.5				
	Zangenlänge: L									

11b

		Mx								
4	139	3	146	2.1						
My	4	581	73	658	1.9					
		94	93	187	1.7					
			9	9	1.5	mm				
8	814	178	1000						♀	
	3.5	3.0	2.5							
	L									

**FRANKFURT 1925.**

		Mx								
1	7	133	67	39	2	249	2.1			
My	6	200	226	209	16	657	1.9			
		4	23	54	11	1	93	1.7		
				1		1	1.5	mm		
1	13	337	316	303	29	1	1000		Tab.	
	3.9	3.7	3.5	3.3	3.1	2.9	2.7			
	Zangenlänge: L									

11c

		Mx								
1	141	108	249	2.1						
My	206	449	2	657	1.9					
	4	88	1	93	1.7					
		1	1	1	1.5	mm				
	351	616	3	1000					♀	
	3.5	3.0	2.5							
	L									

**HOLSTEIN 1924.**

		Mx								
			3			3	2.5			
1	5	59	36	7	1	109	2.3			
My	4	64	95	89	12	264	2.1			
		3	28	94	34	3	162	1.9		
			1	1	6	7	15	1.7	mm	
1	9	130	160	196	54	3	533		Tab.	
	4.1	3.9	3.7	3.5	3.3	3.1	2.9	2.7		
	Zangenlänge: L									

11d

		Mx								
			3			3	2.5			
1	64	44	109	2.3						
My	68	195	1	264	2.1					
	3	152	7	162	1.9					
		1	1	3	15	1.7	mm			
1	139	402	11	533					♀	
	4.0	3.5	3.0	2.5						
	L									

*Forficula auricularia*. Weibliche Zangen; Korrelation: Zangenlänge L — Zangenbreite B. (Untere Tabelle jeweils mit den gleichen Klassenspielräumen wie bei den männlichen Zangen.)

Es liegen keine eindeutig geradlinigen Beziehungen vor, die Tabellen mit den größten Individuenzahlen (Helgoland 1925 [Tabelle 11 b] und Frankfurt (Tabelle 11 c) : n = 1000) demonstrieren dies am klarsten. Für niedrige Werte von L und B liegt anscheinend eine positive Korrela-

tion vor, für die mittleren und höchsten entspricht einem bestimmten Längenzuwachs nicht mehr ein proportionaler Breitenzuwachs; daher zeigen die Variationsreihen für B bei Tabelle 11 b und 11 c für die höchste Plusklasse (2,1 mm) noch sehr hohe Frequenzen (bei Helgoland 1924 und Holstein ist dies infolge zu geringer Individuenzahl nicht so deutlich).

Also auch bei den weiblichen Zangen nimmt bei der letzten Häutung die Zangenbreite, von einer erreichten gewissen Zangenlänge ab, nicht mehr zu.

In den unteren Tabellen 11 a—d ist, unter Beibehaltung der Klasseneinteilung für die Zangenbreite, für die Zangenlänge eine Zusammenfas-

**HELGOLAND 1924.**

		Mx			
	1	17	47	1	1
					2,3
					2,1
My	7	30	178	1	487
					1,9
		43	130	32	1206
					1,7
			1	2	1
					4
					1,5 mm
	1	24	39	10	35
					2
					1,3 Tab.
		2,7	2,5	2,3	2,1
					1,9
					1,7
					1,5 mm
					Größte Breite: B1

**12a.**

**HELGOLAND 1925.**

		Mx			
		28	105	13	1146
					2,1
My	9	118	527	9	658
					1,9
		1	107	78	1
					1,7
					5
					4
					9
					1,5 mm
		37	224	67	292
					5
					1,000 Tab.
		2,5	2,3	2,1	1,9
					1,7
					1,5 mm
					Größte Breite: B1

**12b.**

**FRANKFURT 1925.**

		Mx			
		40	180	29	249
					2,1
My	11	187	457	5	687
					1,9
		2	52	38	1
					1,7
					1
					1
					1,5 mm
		51	369	55	43
					2
					1,000 Tab.
		2,5	2,3	2,1	1,9
					1,7
					1,5 mm
					Größte Breite: B1

**12c.**

**HOLSTEIN 1924.**

		Mx			
		2	1		3
					2,5
My	1	11	89	9	109
					2,3
		1	134	26	3
					2,1
			10	128	24
					1,9
					3
					9
					3
					1,5
					1,7 mm
		14	237	266	36
					3
					5,53 Tab.
		2,7	2,5	2,3	2,1
					1,9
					1,7 mm
					Größte Breite: B1

**12d.**

*Forficula auricularia*. Weibliche Zangen; Korrelation: Zangenbreite B — Größte Breite des Abdomens B1.

sung zu 0,5 mm-Klassen, wie bei den männlichen Zangen, vorgenommen worden, um den so viel geringeren Umfang der Variabilität der ♀♀ darzustellen.

2. Die Beziehungen zwischen Zangenbreite B und größter Breite des Abdomens B 1 (Tabelle 12 a—d).

Nach den Ergebnissen über die Beziehungen zwischen diesen beiden Merkmalen bei der männlichen Zange (positive Korrelation), dürfen wir bei den Weibchen Ähnliches erwarten, da hier die Zangenlänge L nicht mit im Spiel ist, die die komplizierteren Korrelationsverhältnisse verursachte. Die Tabellen 12 a—d zeigen eine gute positive Korrelation.

Weiterer Kommentar ist zur Erklärung der Tabelle nicht erforderlich.

**3. Analyse der Variabilität der kurzen Zangen an den Populationen Helgoland 1925 und Frankfurt 1925. (Variabilität innerhalb der Längensklasse 3 und 4 [3,0—3,9 mm]; Sonderbehandlung der Gruppe der breiten kurzen Zangen der *Forficula*-Männchen mit ausgebildetem Abstand der Zangenspitzen A 3.)**

a) *Allgemeines.*

Im vorhergehenden 2. Abschnitt des Kapitels VII blieben bei der Auswertung der Korrelationstabellen an vielen Stellen noch Unklarheiten, besonders bei den nicht geradlinig verlaufenden Korrelationen mit komplizierterer Anordnung der Frequenzen im Korrelationsfeld. Die folgenden Ausführungen sollen diese Schwierigkeiten so weit als möglich beseitigen, indem die aus der genauen Analyse der Form der männlichen Cerci (Kapitel V und VI) gewonnenen Ergebnisse bei der Klärung der korrelativen Beziehungen weitgehend mit in den Bereich der Untersuchung einbezogen werden.

In den erwähnten früheren Kapiteln wurde als wichtiges Ergebnis die Tatsache festgestellt, daß die Bezeichnungen „forma brachylabia und macrolabia“ die Mannigfaltigkeit der männlichen Zangenform nicht umfassen. Unter den kurzen Cerci ließ sich ein weiterer Formtypus eliminieren, die breiten kurzen Zangen, deren Zangenspitzen sich häufig, bei sonst völligem Verschuß der Zangenglieder, nicht berühren (Abstand der Zangenspitzen A 3; siehe Abb. 4 und die Zusammenfassung zu Kapitel VI [VI. 2]).

Diese durch relativ sehr hohe Werte für die Zangenbreite B ausgezeichneten kurzen massigen Zangenformen traten in den analysierten Variationspolygonen nicht in Erscheinung, das Material jeder Population wurde als „homogen“ in der Form angesehen, als gäbe es nur allmählich ineinander übergehende Unterschiede der Größe von der kürzesten bis zur längsten Zange. Man hätte bei den Variationspolygonen auf den jeweils die Frequenzen anzeigenden Ordinaten von der x-Achse aus immer auch die Anzahl der breiten kurzen Zangen angeben können und hätte auf diese Weise ein besonderes Polygon für diesen Formtypus bei jedem Merkmal erhalten. Zweckmäßiger ist es, die breite Form unter den kurzen Objekten in den Korrelationstabellen zum Ausdruck zu bringen, weil damit gleichzeitig die Verteilung in bezug auf zwei Merkmale im Korrelationsfeld deutlich gemacht wird.

Als spezifisches Merkmal für die breiten kurzen Cerci wird der *Abstand* der *Zangenspitzen* A 3 benutzt (Abb. 4); dieser Wert von A 3 schwankt innerhalb der Grenzen 0 bis ungefähr 1,0 mm. Nun können auch Zangen in einer Population vorkommen, bei denen A 3 zwar = 0 ist, die aber doch offensichtlich noch dem breiten kurzen Typ zuzurechnen sind (siehe in Abb. 8—15 die kräftig ausgezogenen Ordinaten ohne schwarze Rechtecke, in Abb. 6 sind derartige breite Objekte mit sich

berührenden Zangenspitzen ohne weiteres aufzufinden. Diese Zangen werden also bei der Verwendung von A 3 als Index in der Sonderbehandlung nicht besonders gekennzeichnet; um sie mit zu erfassen, wäre eine kompliziertere Anwendung weiterer Merkmale erforderlich, worauf hier verzichtet werden kann.

Die kurzen männlichen Zangen werden also durch die getrennte Kennzeichnung der Objekte mit vorhandenen A 3-Werten größer als 0 in die beiden *Formgruppen*: *breite kurze* und *schlanke kurze* Typen zerlegt.

Bevor wir zum Hauptteil der hier abzuhandelnden feineren Korrelationsuntersuchung übergehen, nämlich zur Analyse der Verteilung der A 3-Typen, wie wir die breiten kurzen Zangen bezeichnen wollen, innerhalb einzelner niedriger Klassen der Zangenlänge, sind die Anordnungen dieser Zangenformen im Rahmen der Korrelationsfelder der Gesamtpopulationen zu untersuchen.

Es stellte sich heraus, daß die Anzahl der A 3-Werte aufweisenden Cerci für die einzelnen Fundorte sehr großen Schwankungen unterworfen ist.

So fanden sich z. B. unter den 1706 ♂♂ der Population von Helgoland 1925: 502 = 29,42% Zangen mit klaffenden Spitzen (A 3) und hohen Werten für B; unter den 1277 ♂♂ der Frankfurter Population von 1925 jedoch nur die sehr geringe Zahl von 57 = 4,46% A 3-Typen. Diese beiden Populationen sind den nachstehenden Ausführungen zugrunde gelegt, und zwar aus folgenden Gründen:

1. zeigen diese Populationen erhebliche Unterschiede im prozentualen Vorkommen der breiten kurzen Zangen (29,42% zu 4,46%, d. h. Helgoland weist 6,5 mal so viel A 3-Typen auf als Frankfurt);

2. unter den vier untersuchten Populationen weisen sie die relativ höchsten Individuenzahlen auf (1706 ♂♂ bzw. 1277 ♂♂);

3. wurden sie beide im gleichen Jahr gesammelt;

4. sind beide Fundorte hinsichtlich ihrer Lage- und Milieuverhältnisse sehr verschieden und wohl charakterisierbar.

b) Die *Verteilung* der A 3-Typen in den *Korrelationsfeldern* der *Gesamtpopulationen* von Helgoland 1925 und Frankfurt 1925 (Tabellen 13a, b bis 22a, b).

In den folgenden Tabellen sind die breiten kurzen Zangen mit vorhandenen A 3-Werten durch dünn-kursive Ziffern gekennzeichnet, so daß das Gesamtareal dieser charakteristischen Zangenformen sich klar aus den von den schlanken kurzen, mittellangen und extremlangen Cerci belegten Feldchen abhebt. Die dünn-kursiven Zahlen stehen immer rechts neben den Frequenzzahlen der schlanken Typen.

Durch diese Art der Darstellung können also in einer Korrelationstabelle dreierlei Beziehungen in der jeweiligen Frequenz der Korrelationsfeldchen zum Ausdruck gebracht werden. In der linken oberen Ecke

des Rahmens der Tabelle ist die Gesamtzahl der A 3-Typen notiert, auf den Seiten des Rahmens gegenüber der x- und y-Reihe sind die Variationsreihen für die breiten kurzen Zangen in bezug auf die untersuchten Zangenmerkmale eingetragen, so daß die Tabelle voll ausgenutzt ist. Es empfiehlt sich, zu jeder dieser Tabellen die Gesamttabellen der Populationen (Tabelle 1—12 a—d) zum Vergleich heranzuziehen.

1. Die A 3-Typen (breite kurze Cerci) im *Korrelationsfeld*:  
*Zangenlänge L — Radius R.*

Helgoland 1925 (Tabelle 13 a): Die 502 breiten kurzen Zangen mit vorhandenem A3 belegen im Rahmen der Tabelle den unteren Plusquadranten. Die kürzeste Zange mit dem kleinsten Krümmungsradius gehört zu den A 3-Typen; nach der Plusvariantenseite zu (für L und R) findet sich zum letztenmal eine A 3-Zange in der Längenklasse 5,0 mm und Radienklasse 2,725 mm.

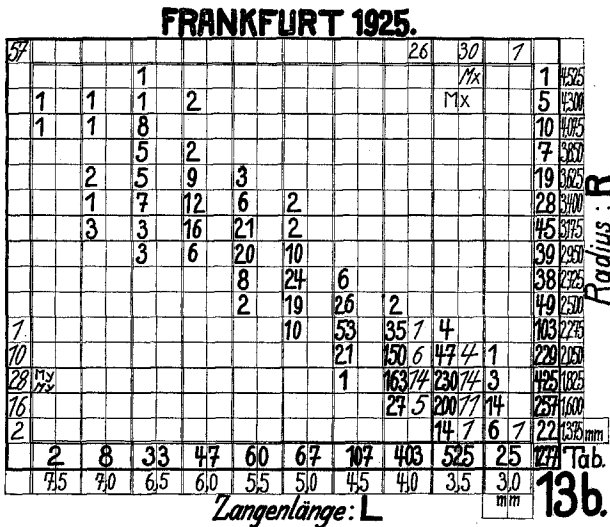
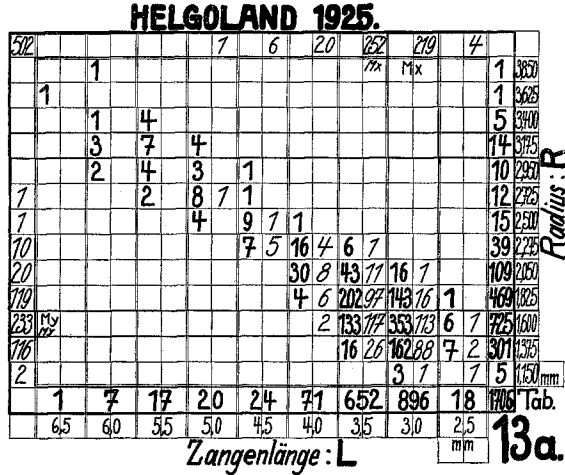
Die A 3-Cerci fallen hinsichtlich der Korrelation L—R im allgemeinen nicht aus dem Rahmen der festgestellten positiven Korrelation heraus. Die Lage des Frequenzmaximums stimmt für die y-Reihe der A 3-Typen mit der Radiusklasse 1,600 mm der Gesamtpopulation überein; dagegen liegt das Frequenzmaximum für ihre x-Reihe bei der Längenklasse 3,5 mm (statt bei 3,0 mm der Gesamtpopulation), hier ist also bei den breiten kurzen Cerci eine Verschiebung nach der Längenplussseite zu verzeichnen.

Frankfurt 1925 (Tabelle 13 b): Die wenigen (57) A 3-Typen sind auf die drei Längenklassen 3,0, 3,5 und 4,0 mm und auf die fünf niedrigsten Radienklassen verteilt; ihre Frequenzmaxima stimmen der Lage nach mit den Hauptmaxima der Gesamtpopulation überein. Auch hier gehört die kürzeste und am stärksten gekrümmte Zange (geringster Wert für R) der ganzen Population dem Typus der breiten kurzen Cerci an. Diese Zangenform hört hier ohne allmähliches „Ausklingen“ wie bei Helgoland 1925 (Tabelle 13 a), mit der Längenklasse 4,0 mm und Radienklasse 2,275 mm auf. (Vgl. die allgemeinen Korrelationstabellen für L und R: Tabelle 1 b und 1 c).

2. Die A 3-Typen (breite kurze Cerci) im *Korrelationsfeld*:  
*Zangenlänge L — Zahnabstand A 1.*

Helgoland 1925 (Tabelle 14 a): An Hand der Korrelationstabelle 2 b wurde für L und A 1 für die Klassen mit niedrigen Werten eine nicht völlig geradlinig verlaufende positive Korrelation festgestellt. Aus Tabelle 14 a geht hervor, daß die 502 breiten kurzen Cerci eine gut charakterisierte Sondergruppe im Korrelationsfeld bilden. Die größte Frequenz für die A 3-Typen liegt bei der Längenklasse 3,5 mm und der A 1-Klasse 1,2 mm. Die Frequenzmaxima der Objekte mit A 3-Werten finden sich nicht in der gleichen Klasse für L und A 1, die für die Gesamtpopu-

lation die Häufigkeitsmaxima enthält (Mx: L bei 3,0 mm, My: A 1 bei 1,0 mm). Untereinander weisen die A 3-Typen in bezug auf L und A 1 zwar auch positive Korrelation auf, aber ihre +-Diagonale, um die sich



*Forficula auricularia*. Männliche Zangen; Darstellung der Anordnung der breiten kurzen Zangen (A 3-Typen) im Korrelationsfeld (dünn-kursive Zahlen) der Gesamtpopulationen; Korrelation: Zangenlänge L — Radius R.

die belegten Feldchen gruppieren, verläuft oberhalb der Diagonale des Gesamtfeldes; die fast 1/3 der Gesamtpopulation ausmachenden breiten kurzen Cerci beeinflussen demnach das Bild der Gesamtkorrelation, in-





Ontogenetisch betrachtet könnte man die Tatsachen so deuten, daß bei der letzten Häutung die distal vom letzten großen Zahn gelegenen Zangenteile bei den breiten kurzen Zangen mit A 3-Werten nicht maximal weit ausgedehnt worden sind und daß die Lage des großen Zahnes nur bei den schlanken kurzen Cerci (und den mittel- und sehr langen ohne A 3) in guter positiver Korrelation zur Zangenlänge steht.

Daß die 502 A 3-Typen untereinander positiv korrelative Beziehungen aufweisen, ist nicht verwunderlich, da sie ja gemeinsame Formcharaktere zeigen, und das relative Zurückbleiben ihrer L-Werte ja für alle diese Objekte eingetreten ist.

Frankfurt 1925 (Tabelle 14 b): Bei der der Länge nach stärker variierenden Frankfurter Population ist die Korrelation zwischen L und A 1 sehr klar geradlinig positiv ausgebildet (Tabelle 2 c).

Die geringe Zahl von 57 (4,46%) breiten kurzen A 3-Typen kann das allgemeine Korrelationsbild nicht beeinflussen; auch hier liegen diese Objekte bei niedrigen Werten für L und A 1 und zeigen untereinander ebenfalls positive Korrelation. Bei der y-Reihe (A 1) der A 3-Typen ist auch bei den wenigen hier vorliegenden breiten kurzen Cerci das Frequenzmaximum um eine Klasse nach der Plusseite zu verschoben gegenüber My der Gesamtreihe (My für die A 3-Typen bei Klasse 1,4 mm, für die Gesamtreihe bei 1,2 mm).

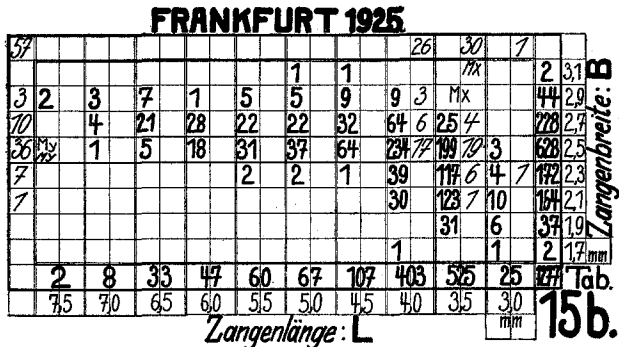
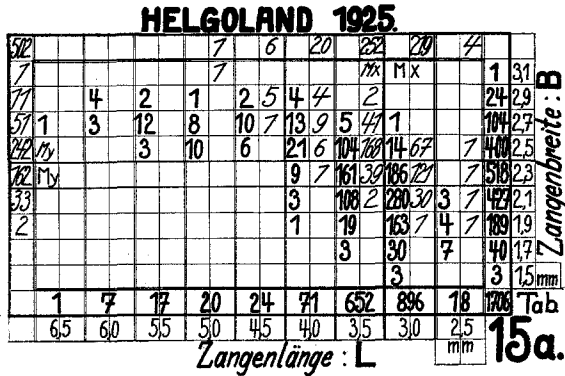
Bei dem Fundort mit großer Gesamtvariabilität der männlichen Zange stören also die zu 4,46% vorhandenen breiten kurzen Cerci das Bild der positiven Korrelation in keiner Weise.

### 3. Die A 3-Typen (breite kurze Cerci) im Korrelationsfeld: *Zangenlänge L — Zangenbreite B.*

Helgoland 1925 (Tabelle 15a): Die breiten kurzen Zangen bilden eine Sondergruppe im Areal der Cerci mit niedrigen Werten für L und mittleren bis hohen Werten für B. Die breiteste Zange der gesamten Population (Klasse 3,1 mm) mit einer Länge von 5,0 mm gehört dem breiten kurzen A 3-Typus an. Diese Zangenform kommt erst von einer Breitenklasse von 1,9 mm an vor. Die Hauptfrequenz der B-Variationsreihe (y-Reihe der A 3-Typen) liegt bei der Zangenbreitenklasse 2,5 mm, also um eine Klasse nach der Plusseite zu verschoben gegenüber der Gesamtvariationsreihe für die Zangenbreite. Das Frequenzmaximum der x-Reihe der A 3-Typen für die Zangenlänge fällt ja, wie bereits festgestellt wurde, ebenfalls nicht mit der Klasse der größten Frequenz für dieses Merkmal (3,0 mm) der Gesamtpopulation zusammen, sondern liegt bei der nächsthöheren Längensklasse 3,5 mm.

Innerhalb des von den 502 A 3-Objekten belegten Areals des Korrelationsfeldes herrscht unter den breiten kurzen Cerci eine gut ausgeprägte positive Korrelation zwischen L und B, diese Zangengestalt bildet eben

einen in sich geschlossenen Formtypus, der seinen eigenen korrelativen Gesetzmäßigkeiten unterliegt; dies wurde bereits im Kapitel VI bei der graphischen Darstellung der Form erkannt. Wie bei der Verteilung der A 3-Typen im Korrelationsfeld L—A 1 (Abschnitt 2), so ist auch hier die + -Diagonale der breiten kurzen Zangen parallel der die positive Korrelation der schlanken kurzen Cerci anzeigenden Diagonalen nach der Plus-



*Forficula auricularia*. Männliche Zangen; Darstellung der Anordnung der breiten kurzen Zangen (A 3-Typen) im Korrelationsfeld (dünn-kursive Zahlen) der Gesamtpopulationen; Korrelation: Zangenlänge L — Zangenbreite B.

seite der Zangenbreitenreihe verschoben. (Man vergleiche in den senkrechten Kolonnen über den Klassen der Zangenlänge die Lage der mit A 3-Typen belegten Feldchen mit den Frequenzen der schlanken kurzen Zangen innerhalb der gleichen Längensklasse und beachte die Verschiebung der senkrechten A 3-Kolonnen nach der Plusseite der Zangenbreite!)

Vom Gesichtspunkte der Häutungsphysiologie können wir sagen, daß von der Breitenklasse 2,5 mm ab (bei der Längensklasse 3,5 mm liegt bei diesem Breitenwert das Frequenzmaximum der A 3-Typen im Korrelationsfeld: 168 Objekte mit einer Breite von 2,5 mm und einer Länge

von 3,5 mm) eine große Anzahl von breiten kurzen Zangen vorliegt, die bei einer nur wenig größeren Zangenlänge und völliger Verschlussmöglichkeit der Zangenglieder ( $A\ 3 = 0$ ) dem Areal der großen Zangen zuzuordnen wären. Wir neigen bereits jetzt der Meinung zu, daß die Gestalt der breiten kurzen Cerci wahrscheinlich von besonderen physiologischen Faktoren bei der letzten Häutung bedingt ist.

Frankfurt 1925 (Tabelle 15 b): Die 57 Objekte mit A 3-Werten dieses Fundortes verteilen sich im wesentlichen in der gleichen Art wie bei der Helgoländer Population. Da hier nur 4,46% breite kurze Zangen vorliegen, kommt die Tendenz zur Verschiebung der Frequenzmaxima für die Zangenbreite nach der Plusseite nicht zum Ausdruck; die höchsten Frequenzen für die A 3-Reihen liegen in der gleichen Klasse für L und B (bei 3,5 mm und 2,5 mm) wie die Maxima für diese Eigenschaften der Gesamtvariationsreihen.

#### 4. Die A 3-Typen (breite kurze Cerci) im Korrelationsfeld: Größte Breite des Abdomens B 1 — Zangenbreite B.

Helgoland 1925 (Tabelle 16 a): Für die A 3-Typen sind hohe Werte sowohl für B als auch für B 1 charakteristisch, wie schon bei der graphischen Darstellung der Form festgestellt wurde (Kapitel VI). Es ist zu erwarten, daß für die 503 A 3-Typen ebenfalls eine starke positive Korrelation zwischen B 1 und B besteht wie für die schlanken kurzen und mittel- und sehr langen Cerci; nur wird das Areal der breiten kurzen Zangen in der Richtung der Gesamtplusdiagonale nach dem oberen Quadranten (hohe Werte für B 1 und B) zu verschoben sein. Die Tabelle 16a zeigt dies sehr deutlich; wie erwartet, liegen hier die Frequenzmaxima der x- und y-Reihe für die beiden Eigenschaften der A 3-Objekte um je eine Klasse nach der Plusvariantenseite zu verlagert. Die extremste Plusvariante der Zangenbreite weist auch den höchsten Wert für die größte Breite des Abdomens auf, außerdem gehört sie den A 3-Typen an.

Man beachte wie im oberen Plusquadrant die Hauptmasse der Objekte von den breiten kurzen Zangen gebildet wird und wie allmählich in Richtung der Plusdiagonale (auf den unteren Plusquadranten zu) in den senkrechten Kolonnen über den B 1-Klassen die A 3-Typen immer mehr ab- und die anderen Zangenformen zunehmen.

Die breiten kurzen Cerci finden sich mithin bei Imagines, die auch ein relativ sehr breites Abdomen haben — also auch dem übrigen Körper nach kräftig gebaut sind; um so merkwürdiger ist es, wenn diese A 3-Typen in dem Merkmal der Zangenlänge erheblich hinter anderen gleich breiten Cerci zurückgeblieben sind und das typische Klaffen der Zangenspitzen aufweisen, obwohl doch offenbar während der letzten Häutung genug weiches Chitin vorgebildet war.



Die höchste Frequenz für die x-Reihe (Zangenbreite B) der A 3-Typen ist wieder um einen Klassenspielraum nach der Plusseite verschoben (nach Klasse 2,5 mm) gegenüber dem Frequenzmaximum der Gesamtpopulation für B bei 2,3 mm, während für die y-Reihe das Frequenzmaximum der breiten kurzen Zangen bei dem gleichen Wert für R (1,600 mm) liegt wie das der Gesamtvariationsreihe für R.

Es ergibt sich also für die Verteilung der A 3-Cerci im Korrelationsfeld das eigenartige Bild, daß die Objekte sich in bezug auf die y-Eigenschaft (Krümmungsradius R) auf die Klassen mit niedrigen Werten verteilen und hinsichtlich der x-Eigenschaft (Zangenbreite B) vorzugsweise auf die mittleren und hohen. Die Anordnung der breiten kurzen Zangen in die niedrigwertigen R-Klassen wird verständlich aus der starken positiven Korrelation zwischen R und L: die A 3-Typen zeichnen sich ja durch verhältnismäßig geringe Zangenlänge aus.

Die zweite Gruppe innerhalb der Gesamtpopulation (von der B-Klasse 2,5 mm und der R-Klasse 2,5 mm ab) entspricht, wie aus der Analyse der Tabelle 5 b hervorging, den mittleren und sehr langen Cerci ohne A 3-Werte. Diese Gruppe ist bei der vorliegenden Helgoland-Population sehr schwach, anders verhält es sich bei der Population:

Frankfurt 1925 (Tabelle 17 b): Hier ist diese zweite Gruppe (die senkrechten Kolonnen über den Breitenklassen 2,5 mm bis 2,9 mm von einem Radiuswert von 2,5 mm ab) sehr stark belegt, entsprechend der größeren Gesamtvariabilität dieses Fundortes. Im Gegensatz dazu sind die A 3-Typen bei dieser Population nur mit 4,46% vertreten.

Vergleicht man die linken Hälften der Korrelationsfelder 17 a und 17 b miteinander, so fällt das umgekehrte Verhältnis der Frequenz der A 3-Typen zur Frequenz der mittellangen und sehr langen Cerci bei den beiden Populationen auf (hier durch Werte für R oberhalb der 2,5 mm-Klasse gekennzeichnet): Bei Helgoland 1925 (Tabelle 17 a) sehr viele breite kurze A 3-Typen und sehr wenige mittel- und sehr lange Zangen, bei Frankfurt 1925 (Tabelle 17 b) sehr geringe Anzahl breiter kurzer Cerci und sehr hohe Frequenz der mittleren und größten Längen. (Aus der Tabelle 13 a und 13 b ging dies auch schon hervor, nur ist bei Tabelle 17 a und 17 b die Darstellung weit instruktiver.)

Aus der Anordnung der Objekte der Helgoländer Population in der linken Hälfte des Korrelationsfeldes würde das Bild der Verteilung der Frankfurter Population hervorgehen, wenn bei der ersteren eine größere Menge von A 3-Typen in bezug auf ihre B-Werte konstant bleibt, aber hinsichtlich der R-Klassen (also auch Zangenlängeklassen) in höhere Werte „aufrückte“.

Diese theoretische Möglichkeit, die an der fertig ausgebildeten Zange nur einen bildhaften Wert hat, kann während der Ontogenie der männlichen Zange Wirklichkeit werden; wir dürfen die *breiten kurzen Cerci*



Formen besonders gekennzeichnet sind, ergeben, daß die A 3-Typen nur in bezug auf ihre Länge Störungen im Bau aufweisen (und hinsichtlich aller mit der Zangenlänge L in positiver Korrelation stehenden Größen z. B. R und A 1). Die Zangenlänge ist die am meisten variable Größe, und zwar so stark variabel, daß Asymmetrien bei den Polygonen aller mit der Länge in Beziehung stehenden Größen und nicht geradlinige Korrelation durch dieses Merkmal hervorgerufen werden. Wie die A 3-Typen bei der graphischen Darstellung der Form (Kapitel VI) sich als Sondergruppe isolieren ließen, so ist nunmehr ihre eigentümliche Anordnung im Korrelationsfeld biologisch zu deuten; dies macht keine Schwierigkeiten, wenn man annimmt, daß die breiten kurzen Cerci bei der letzten Häutung Störungen unterworfen waren, die ihre Gestalt stark beeinflussten:

Sie sind nicht so weit durch den Druck der Hämolymphe ausgepreßt worden, wie es auf Grund des vorgebildeten weichen Chitinmaterials maximal hätte geschehen können, sie sind (sit venia verbo!) auf geringerem Längenstadium „stecken geblieben“.

Nunmehr verstehen wir auch das Klaffen der Zangenspitzen, das den Abstand A 3 bedingt, das charakteristische Merkmal dieser Formgruppe, ferner wird das so verschieden starke Auftreten der A 3-Typen bei den einzelnen Populationen verständlich (Helgoland 1925: 29,42%, Frankfurt 1925: nur 4,46%!) und das vorstehend besprochene umgekehrte Häufigkeitsverhältnis von breiten kurzen Zangen und mittellangen und sehr langen Cerci bei diesen beiden Populationen.

So viel mag an dieser Stelle zum leichteren Verständnis der folgenden Tabellen genügen; am Schluß dieses Teils der Untersuchung werden diese Verhältnisse noch einmal zusammenfassend dargelegt.

#### 6. Die A 3-Typen (breiten kurzen Cerci) im Korrelationsfeld: Zangenbreite B — Zahnabstand A 1.

Helgoland 1925 (Tabelle 18a; vergleiche auch Tabelle 6b): Bei der Besprechung der Tabelle 6b und in den Schlußfolgerungen zu den Ergebnissen der Analyse der Korrelationstabellen 6 a—d wurde festgestellt, daß nur für die niedrigen Werte von A 1 (bis 1,4 mm) eine positive Korrelation zwischen B und A 1 besteht; von A 1 größer als 1,4 mm ab entsprechen die Frequenzen den mittel- und sehr langen Zangen (siehe Tabelle 14 a, 14 b). Die Frequenzmaxima der x- und y-Reihe der A 3-Typen sind wiederum um eine Klasse nach der Plusvariantenseite zu verschoben. Die Anordnung der breiten kurzen Zangen ist nach dem Vorausgegangenen nunmehr ohne weiteres verständlich: Der rechte untere Plusquadrant enthält nur sehr wenige A 3-Cerci; diese zeigen positive Korrelation zwischen B und A 1 in der Region A 1 von 0,9 mm bis 1,4 mm und B von 1,9 mm bis 2,7 mm, dann liegen keine geradlinigen





## 7. Die A 3-Typen (breiten kurzen Cerci) im Korrelationsfeld:

*Zangenbreite B — Zahnabstand A 2.*

Helgoland 1925 (Tabelle 19a; siehe auch Tabelle 7b): Die Schlußfolgerungen, die aus der Analyse der Tabelle 7a—d gezogen wurden, erfahren durch die besondere Kennzeichnung der A 3-Typen im Korrelationsfeld der Tabelle 19 a eine Erweiterung. Es wurde in bezug auf die Beziehungen von A 2 zur Zangenbreite B gefolgert, daß der distal vom letzten großen Innenzahn gelegene Zangenabschnitt (A 2 ist seine Projektion) nur dann bei der letzten Häutung zu großer Länge ausgedehnt werden kann, wenn die Zangenbreite einen Wert oberhalb 2,5 mm aufweist. Wie bei Tabelle 17 a so zeigt auch hier, gemäß der einfachen Lagebeziehungen zwischen R und A 2 (Abb. 4), die Verteilung der A 3-Typen, daß für die y-Eigenschaft (A 2) die Frequenzen nur bei niedrigen Werten auftreten und die der x-Eigenschaft (B) nur bei mittleren und hohen. Die zu geringe Länge von A 2 ist ja neben dem Abstand der Zangenspitzen A 3 ein typisches Merkmal der breiten kurzen Zangen.

Bereits bei der Auswertung der Tabelle 7b wurde für die Objekte mit niedrigen Werten für A 2 eine regellose Verteilung im Abschnitt der beiden unteren Quadranten festgestellt; Tabelle 19a zeigt für die A 3-Typen ebenfalls keine Korrelation, nur beginnen die Frequenzen erst bei einer Zangenbreite von 1,9 mm und reichen bis zu der äußersten Plusklasse 3,1 mm (1 Individuum). Das Frequenzmaximum der x-Reihe (B) der A 3-Zangen ist, wie schon des öfteren festgestellt, um einen Klassenspielraum nach der Plusseite zu verschoben; für die y-Reihe (A 2) fällt es mit der höchsten Frequenz der Gesamtpopulation zusammen (A 2 = 2,2 mm).

Frankfurt 1925 (Tabelle 19b; siehe auch Tabelle 7c): Die 57 A 3-Typen verteilen sich nach den gleichen Gesichtspunkten, die für die Helgoländer Population dargelegt wurden. Hier liegt das Frequenzmaximum für die y-Reihe (A 2) um eine Klasse nach der Minusseite verschoben (2,2 mm) gegenüber der höchsten Frequenz der Gesamtpopulation.

Was in den allgemeinen Bemerkungen zur Verteilung der breiten kurzen Zangen (A 3-Typen) bei der Korrelation B—R (Tabelle 17a und 17b) hinsichtlich der Deutung im biologischen Sinne mitgeteilt wurde, gilt an dieser Stelle in gleichem Maße; es sei auf diese Ausführungen verwiesen und hier nur noch einmal das Wesentliche wiederholt in bezug auf A 2 und B.

Bei der Helgoländer Population ist bei 29,42% aller Männchen, d. h. fast einem Drittel, bei der letzten Häutung der Zahnabstand A 2 nicht zu der Länge ausgedehnt worden, die der Zangenbreite B (und damit der größten Breite des Abdomens B 1, also der Körpergröße) entspricht, um einen normalen Zangentypus nach Größe und Form auszubilden. Auffallend ist in diesem Zusammenhang die Tatsache, daß bei dieser Popu-



Die Frequenzen wechseln hier regellos, so daß keinerlei korrelative Gesetzmäßigkeiten zwischen hohen A 2- und hohen B-Werten festzustellen sind.

Dies bedeutet für die ontogenetische Bildungsweise der männlichen Zangen, daß es von zufällig bedingten physiologischen Faktoren abhängt (die ihrerseits durch für jeden Fundort verschiedene Milieueinflüsse während der Dauer der larvalen und nymphalen Stadien bedingt sein können), wie weit es den Individuen bei dem geringen Zeitraum der letzten Häutung gelingt, die distalen Zangenteile (A 2) durch den Druck der Hämolymphe auszupressen.

8. Die A 3-Typen (breite kurze Cerci) im Korrelationsfeld:  
Zahnabstand A 1 — Zahnabstand A 2.

Helgoland 1925 (Tabelle 20 a; siehe auch Tabelle 8 b): Wie aus den Erläuterungen zur Auswertung der Tabellen 8 a—d hervorging, sind die Beziehungen zwischen A 1 und A 2 nicht so eindeutig klar, wie man nach flüchtiger Betrachtung der Verteilung der Frequenzen im Korrelationsfeld annehmen könnte. Es wurde festgestellt, daß A 2 im Verhältnis stärker zunimmt als A 1, in bestimmten Fällen aber auch zurückbleiben kann.

Wir wissen jetzt, daß es die breiten kurzen Cerci mit vorhandenem Abstand der Zangenspitzen A 3 sind, die in bezug auf den Zahnabstand A 2 (also auch hinsichtlich der Gesamtlänge L) zu geringe Werte aufweisen und finden dies in der Tabelle 20 a bestätigt: Das von den A 3-Typen eingenommene Areal im Korrelationsfeld zeigt in seiner Gesamtheit eine Verschiebung nach der Plusseite der A 1-Reihe (y-Reihe), deren Frequenzmaximum bei A 1 = 1,2 mm liegt gegenüber 1,0 mm der Gesamtpopulation (siehe auch die Variabilität von A 1 innerhalb der A 2-Klassen 1,9 mm, 2,2 mm und 2,5 mm).

Bereits bei der Analyse der Tabelle 8 b wurde der nicht geradlinige Verlauf der korrelativen Beziehungen zwischen A 1 und A 2 im unteren Plusquadrant erörtert. Ein Vergleich der Tabellen 8 b und 20 a lehrt, daß die A 3-Typen für diesen „gebogenen“ Verlauf verantwortlich zu machen sind. Wäre nicht ein derart hoher Prozentsatz von männlichen Cerci der Helgoländer Population bei der letzten Häutung in bezug auf die Ausbildung eines „normalen“ Zahnabstandes A 2, d. h. eines Abstandes des letzten großen Zahnes der der Zangenbreite B und dem Zahnabstand A 1 entspricht, gestört worden, so würden sich für die mittleren Klassen von A 1 und die niedrigen von A 2 geradlinige positive Korrelationsbeziehungen im unteren Plusquadranten ergeben haben. (Im Korrelationsfeld der Tabelle 20 a würde sich dies äußern durch Verschiebung von belegten Feldchen in den horizontalen Kolonnen bei den A 1-Klassen 1,0—1,4 mm nach links zu höheren Werten von A 2.)





maxima der A 3-Reihen liegen bei dieser Population für die 4,46% breiten kurzen Zangen in der gleichen Klasse wie bei den Gesamtvariationsreihen (5 Zähnchen links und rechts). Die Zahl der A 3-Typen ist

### HELGOLAND 1925.

Zahl der Zähnchen  
einschließlich der Andeutungen.

52	2	4	47	95	161	165	25	3	7		
2	1		7		7	Mx					3 10
7		7	3 2	2 3 1							12 9
22		1	3 9 11 6	8 5 1 2							46 8
52	1	10 2 11 10	20 7 32 7 19 4 2								149 7
77	1 2 3 7 10	70 62 32 136 67 79 27 8 2 1									441 6
226	3 2	14 8 45 7 153 84 310 102 2 7 1 2									773 5
50		2 2	10 3 36 9 119 24 51 13								230 4
2			1 1 2 4 7 1 7								11 3
									1		1 2
	5	22	87	226	554	696	114	6	2	1706	Tab.
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	22a.	

### FRANKFURT 1925.

Zahl der Zähnchen  
einschließlich der Andeutungen.

57		2	3	24	27	7				
1		1	1		Mx					3 9
7		1	4 7							6 8
43	2 2	13	19 2 11	1						53 7
72	6	44 2	122 77 88 4 8							285 6
30	3	26 7 119 9 149 20 32 2								751 5
5	1	4	25 7 106 3 32 7 1							174 4
			4							4 3
						1				1 2
	5	13	92	374	715	75	3	277	Tab.	
	9	8	7	6	5	4	3	22b.		

*Forficula auricularia*. Männliche Zangen; Darstellung der Anordnung der breiten kurzen Zangen (A3-Typen) im Korrelationsfeld (dünn-kursive Zahlen) der Gesamtpopulationen; Korrelation: Zahl der Zähnchen links-rechts (einschließlich der Andeutungen).

bei diesem Fundort zu gering, um Gesetzmäßigkeiten in der Anordnung herausfinden zu können.

ε) Sonderbehandlung der Gruppe der breiten kurzen männlichen Zangen (mit ausgebildetem Abstand der Zangenspitzen A 3) innerhalb der Längensklassen 3 und 3,5 (3,0 mm—3,5 mm) der Population von Helgoland 1925.

Die Population von Helgoland 1925 eignet sich wegen der relativ höchsten Individuenzahl von 1706 ♂♂ und der großen Anzahl (502 = 29,42%) von breiten kurzen Zangen (A 3-Typen) unter den vier unter-

suchten Fundorten am besten für eine Analyse der korrelativen Variabilität innerhalb einzelner Klassen des Merkmals Zangenlänge. Es wurden für die folgenden Darstellungen die Zangenlängeklasse 3, die Objekte umfaßt von 3,0—3,4 mm einschließlich, und 3,5, deren Zangen 3,5—3,9 mm lang sind, gewählt. Die Längensklasse 3 zeigt (Abb. 28 b) die hohe Frequenz von 896, die Klasse 3,5 eine solche von 652 Individuen; es sind die beiden Klassen der Gesamtvariationsreihe der Zangenlänge, die die höchsten Frequenzen für diese Population aufweisen, nämlich 90,74% aller gemessenen Objekte dieses Fundortes überhaupt. In Anbetracht der hohen Individuenzahlen in diesen beiden Längensklassen kommt die Fehlerquelle einer zu geringen Anzahl von Untersuchungsobjekten für diese „Teilpopulation“ hier nicht in Frage. Das in den nachstehenden Tabellen zu analysierende Material läßt sich folgendermaßen einteilen:

Fundort: Helgoland 1925; n = 1706 ♂♂.

Variationsreihe der Zangenlänge der Gesamtpopulation (siehe auch Abb. 28 b und Tabelle 1 b).

Klasse. . .	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	mm
Frequenz .	18	896	652	71	24	20	17	7	1	= 1706
		1548 = 90,74% der Gesamtpopulation								

Zahlenmäßiges Auftreten der breiten kurzen Cerci innerhalb der Klassen 3,0 und 3,5):

Längensklasse: 3,0 mm:	n =	896 ♂♂
Abstand der Zangenspitzen A 3 vorhanden bei:		219 ♂♂ = 24,45% A 3-Typen (breite kurze Cerci)
A 3 = 0 bei:		677 ♂♂ = 75,55% (schlanke kurze Zangen)
Längensklasse: 3,5 mm:	n =	652 ♂♂
Abstand der Zangenspitzen A 3 vorhanden bei:		252 ♂♂ = 38,67% A 3-Typen (breite kurze Cerci)
A 3 = 0 bei:		400 ♂♂ = 61,33% (schlanke kurze Zangen)

Die in den beiden Längensklassen vorkommenden 1548 männlichen Cerci variieren der Länge nach nur mit einem Spielraum von 1,0 mm gehören also alle dem kurzen Typus an; wenn innerhalb dieses kleinen Spielraumes noch weiterhin eine Einteilung nach der Zangenform — breite kurze (A 3-Typen) und schlanke kurze Cerci — vorgenommen wird (die mittellangen und die extrem langen Zangen sind ja unter den



restierenden 9,26% der Gesamtpopulation), so dürfte damit die Basis für eine sehr genaue Analyse gegeben sein.

Unter der Gesamtpopulation von Helgoland 1925 von 1706 ♂♂ fanden sich 502 A 3-Typen (siehe z. B. Tabelle 13 a) = 29,42%; die Längenklassen 3,0 und 3,5 enthalten 471 breite kurze Zangen, mithin kommen auf die übrigen Längenklassen (2,5 mm und 4,0—6,5 mm) nur noch 31 A 3-Typen, d. h. 1,81% Individuen der Gesamtpopulation.

Durch die Analyse der Teilpopulation von 1548 Zangen werden also 93,82% aller bei der Gesamtpopulation vorkommenden *breiten kurzen* A 3-Typen erfaßt.

In den folgenden Tabellen wird zunächst, wie im vorausgegangenen Abschnitt b) (Tabelle 13ab—22ab), die Anordnung der A 3-Typen im Korrelationsfeld einiger wichtiger Zangenmerkmalspaare innerhalb der Teilpopulation dargestellt; dann werden die verschiedenen A 3-Werte selbst als Variationsreihe (x-Reihe) aufgefaßt und ihre Verteilung in bezug auf andere Merkmale der männlichen Zange untersucht und schließlich wird an Hand von Korrelationstabellen der Quotienten L:B und A 2:A 1 als x- und y-Reihe, wieder unter besonderer Kennzeichnung der A 3-Typen, eine sehr klare Sonderung der beiden Formtypen erreicht.

1. Die A 3-Typen (breite kurze Cerci) im Korrelationsfeld: Zangenlänge L — Zangenbreite B innerhalb der Teilpopulation der L-Klassen 3,0 und 3,5 mm.

Die hohen Individuenzahlen und die geringe Variationsbreite der kurzen Cerci erlauben die Anwendung sehr enger Klassenspielräume; die Tabellen 23a—c verwenden für die Zangenlänge L und die Zangenbreite B 0,1 mm Spielraum; die Meßmethode gestattete ja noch ein genaues Ablesen dieses Wertes.

Die Tabelle 23 a demonstriert positive Korrelation zwischen L und B. Die Variationsreihe für die Zangenbreite B innerhalb der beiden Längenklassen hat das Frequenzmaximum bei 2,3 mm Breite (wie die Gesamtpopulation); die Reihe für die Zangenlänge L weist schwache Bimodalität auf: erstes Frequenzmaximum bei 3,3 mm (My 1, Tabelle 23 a), zweites, größeres, bei 3,5 mm (My 2, Tabelle 23 a). Diese Zweigipfeligkeit innerhalb der beiden Hauptfrequenzklassen 3,0 und 3,5 mm der sonst völlig unimodal variierenden Helgoländer Population ist näher zu untersuchen. Es seien für jede Längenkategorie die Frequenzen für die breiten kurzen A 3-Typen notiert und ihre Häufigkeit pro Klasse (0,1 mm Längendifferenz) in Prozenten der Gesamtklassenfrequenz angegeben:

Längenkategorie . .	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9 mm
Frequenz . . . .	85	132	181	270	228	311	168	98	40	35
Davon A 3-Typen	9	23	47	72	68	107	66	46	18	15
Proz. A 3-Typen.	10,6	17,4	26,0	26,7	29,8	34,4	39,3	46,9	45,0	42,9

Aus dieser tabellarischen Übersicht geht hervor, daß die relative, prozentuale Häufigkeit pro Längensklasse von 10,6 % bei 3,0 mm allmählich zu 46,9% bei der Klasse 3,7 mm ansteigt und dann langsam abfällt. Die höchste absolute Anzahl von A 3-Typen findet sich in der Klasse 3,5 mm (107) bei einer relativen Häufigkeit von 34,4%. Die relativen Frequenzen zeigen kein zweites Maximum der Häufigkeit. Eine Deutung der geringen Bimodalität der Variationsreihe der Zangenlänge innerhalb der Teilpopulation ist nicht ohne genauere Auswertung zu geben; da die beiden Maximalfrequenzen (My 1 und My 2) nur durch eine Klasse (3,4 mm) voneinander getrennt sind, könnte man geneigt sein, anzunehmen, daß der Klassenspielraum von 0,1 mm trotz der hohen Zahl von 1548 Zangen zu gering ist. Dem ist entgegen zu halten, daß bei der Zangenbreite B innerhalb der L-Klassen 3,0 und 3,5 mm der Gesamtpopulation trotz fast gleicher Variationsbreite von 1,0—1,2 mm und gleichem Klassenspielraum von 0,1 mm kein mehrfaches Ansteigen und Abfallen der Frequenzen zu beobachten ist.

So bleibt also als Ursache der geringfügigen Bimodalität der Längensreihe Inhomogenität des Materials in bezug auf dieses Merkmal, und da liegt es sehr nahe, an die beiden Formtypen der kurzen Cerci zu denken, nämlich die schlanken kurzen ( $A\ 3 = 0$ ) und breiten kurzen Zangen ( $A\ 3$  vorhanden). Von den letzteren wissen wir ja aus dem vorausgehenden Abschnitt, daß für sie bei relativ hohen Werten für die Zangenbreite B eine zu geringe Zangenlänge charakteristisch ist (es sei an die Bildung von Sondergruppen durch die A 3-Typen im Korrelationsfeld erinnert).

In den Tabellen 23 b und 23 c sind die A 3-Typen, wie bisher, durch dünn-kursive Ziffern kenntlich gemacht, und zwar getrennt nach den beiden Längensklassen 3,0 (Tabelle 23 b) und 3,5 mm (Tabelle 23 c). Die jeweils höchste Frequenz der breiten kurzen Cerci liegt bei beiden Tabellen in der Klasse, die die höchste Gesamtfrequenz für beide Zangentypen aufweist, in Tabelle 23 b bei 3,3 mm; in der Darstellung 23 c bei 3,5 mm. Hier bei 3,5 mm Zangenlänge kommen überhaupt die meisten A 3-Typen der Teilpopulation vor (107 Cerci). Greifen wir noch einmal auf Tabelle 23 a zurück, so ergibt sich, daß die höchste Frequenz der belegten Feldchen im Areal der Korrelationstabelle nicht beim Schnittpunkt der senkrechten und horizontalen Kolonnen  $M_x$ — $M_y$  liegt (48 Individuen), wie gemäß dem höheren „zweiten Gipfel“ bei 3,5 mm (311 Individuen) zu erwarten wäre, sondern bei dem Schnittpunkt  $M_x$ — $M_y\ 1$  (81 Individuen), wobei  $M_y\ 1$  dem niedrigeren „ersten Gipfel“ (270 Individuen bei Klasse 3,3 mm) entspricht.

Aus diesen Überlegungen können wir schließen, daß das zweite Ansteigen der Längensfrequenzen bei 3,5 mm in der Hauptsache durch die für diesen Wert besonders zahlreichen breiten kurzen Zangen bedingt wird. Damit ist auch eine biologische Deutung dieses statistischen Be-



Häutung bedingt. Diese Faktoren bewirken bei einem Teil der männlichen Zangen eine Verringerung des Grades der Auspressung der distalen Zangenglieder, so daß die Gruppe der breiten kurzen A 3-Typen entsteht.

Da diese inneren Faktoren für einen bestimmten (für jeden Fundort verschiedenen) Prozentsatz der jungen männlichen Imagines einer besonderen Zufälligkeit unterliegen, die wesentlich verschieden ist von dem das geringe Variieren der „normal“ gebauten schlanken kurzen Cerci bedingenden Geschehen, so können wir nunmehr verstehen, daß diese Verschiedenheiten sich unter Umständen auch in der korrelativen Darstellung als Störungen des typischen binomialen einmaligen Auf- und Abstieges der Frequenzen äußern können.

Die Tabellen 23 b und c zeigen im übrigen die A 3-Typen nur bei relativ hohen Werten der Zangenbreite; während in der Längensklasse 3,5 mm (Tabelle 23 c) die Maximalfrequenz für B der A 3-Typen mit der Lage der Gesamtfrequenz übereinstimmt, liegt sie in der Längensklasse 3,0 mm (Tabelle 23 b) um eine Klasse nach der Plusseite zu verschoben (bei 2,4 mm).

2. Die A 3-Typen (breite kurze Cerci) im *Korrelationsfeld*: Zangenbreite B — Zahnabstand A 1 innerhalb der Teilpopulation der L-Klassen 3,0 bis 3,5 mm.

Die Beziehungen zwischen B und A 1 innerhalb der L-Klasse 3,0 und 3,5 sind hier für die schlanken kurzen und breiten kurzen Cerci auf getrennten Tabellen dargestellt; durch diese Art der Darstellung kommen die Eigentümlichkeiten der beiden Formtypen ebenfalls klar zum Ausdruck. Aus den Tabellen 6 b und 18 a der Helgoländer Gesamtpopulation wurde gefolgert, daß nur für die geringen Werte von A 1 bis zu den B-Werten von etwa 2,5 mm positive Korrelation herrscht; dieses Areal entsprach im wesentlichen den hier vorliegenden kurzen Cerci.

Längensklasse 3,0: Tabelle 24 a demonstriert die positive Korrelation der schlanken kurzen Zangen ( $A\ 3=0$ ); das Frequenzmaximum der x-Reihe (Zahnabstand A 1) liegt bei 1,0 mm, das der y-Reihe bei Werten von 2,2 mm. Die in Tabelle 24 b isoliert dargestellten breiten kurzen Cerci ( $A\ 3=0,1-1,0$ ) zeigen durch die Lage im Korrelationsfeld ihre Sonderstellung in instruktiver Weise.

Die Maximalfrequenz für die A 1-Reihe liegt bei 1,1 mm, also nach der Plusseite zu verschoben gegenüber den schlanken kurzen Zangen; für die Zangenbreite ist sogar eine Verschiebung des Frequenzmaximums um zwei Klassen eingetreten (nach 2,4 gegenüber 2,2).

Die Tabellen 24 c und 24 d zeigen eine analoge Anordnung der beiden kurzen Zangenformen innerhalb der Längensklasse 3,5. Hier ist es das A 1-Frequenzmaximum der A 3-Typen, das um zwei Klassen nach der Plusseite verlagert ist (Tabelle 24 d), beim Zangenbreitenmaximum ist



bis 29a—c wird die Variabilität des Klaffens der Zangenspitzen — als x-Reihe — anderen wichtigen Zangenmerkmalen im Korrelationsfeld gegenübergestellt.

3. Die *Beziehungen* zwischen dem *Abstand* der *Zangenspitzen* A 3 und der *Zangenbreite* B *innerhalb* der *Teilpopulation* der L-Klassen 3,0 und 3,5 mm.

Für die Variabilität des Abstandes der Zangenspitzen A 3 ist ein Klassenspielraum von 0,1 gewählt worden. Ist  $A\ 3=0$  (erste Klasse der x-Reihe), so liegen vorwiegend schlanke kurze Zangen vor (allerdings befinden sich hierunter auch noch einige breite Cerci, deren Zangenspitzen sich gerade berühren; diese Objekte wurden bei der Analyse der breiten kurzen Zangen nicht besonders erfaßt, wie oben (Kapitel VII, 3a) näher erläutert wurde; die senkrechte Kolonne über der A 3-Klasse 0,0 mm enthält also die Gesamtzahl der Objekte n — sämtliche A 3-Typen. Auf diese Weise wird aus den Tabellen auch die Verteilung der schlanken kurzen Zangen auf die Zangenbreitenklassen ersichtlich.

a) *Längenklasse* 3,0 (Tabelle 25 a): Die 896 Objekte zeigen in ihrer Variationsreihe für die Zangenbreite B (y-Reihe) völlige Unimodalität; das Frequenzmaximum (bei 2,3 mm) liegt etwas asymmetrisch nach der Plusvariantenseite zu verlagert. Die Maximalfrequenz der A 3-Reihe (x-Reihe) findet sich natürlich bei der A 3-Klasse 0,0, die alle schlanken kurzen Cerci enthält, deren Zangenglieder sich an den Spitzen berühren oder sehr oft sogar überschneiden (bei völligem Schluß der Zange). Die Variationsbreite für den Abstand der Zangenspitzen A 3 beträgt für die Längenklasse 3,0 gerade 1,0 mm (bei 0,1 mm Klassenspielraum).

Im folgenden soll das Areal der A 3-Typen, also von der Klasse 0,1 der x-Reihe ab bis zur Klasse 1,0 mm, für sich allein betrachtet werden. Die höchste Frequenz liegt bei der Klasse des geringsten Abstandes A 3, bei 0,1 mm (52 Objekte); von da ab nehmen die Frequenzen für die steigenden Werte von A 3 allmählich bis zu der geringen Individuenzahl von 2 bei Klasse 1,0 mm ab. Es ergibt sich also für die breiten kurzen Cerci hinsichtlich ihres Hauptmerkmals eine völlig asymmetrische Variationsreihe mit der Maximalfrequenz bei der extremen Minusvariantenklasse und der Minimalfrequenz bei der extremen Plusklasse. Vom biometrischen Gesichtspunkt läßt sich diese Variantenverteilung folgendermaßen deuten:

In der Reihe für das Zangenmerkmal A 3 liegt gewissermaßen nur die Hälfte einer normalen Variationsreihe mit binomialelem Auf- und Abstieg der Frequenzen vor. Das Objektmaterial für die andere Hälfte des Polygons steckt in der Frequenz 677 (Mx) der 0-Klasse des Merkmals A 3. Entfernte man aus dieser Klasse alle schlanken Cerci, deren Zangenspitzen sich nicht nur eben gerade berühren, sondern mehr oder weniger stark überschneiden, so hätte man das Material für die fehlende Hälfte

des Variationspolygons; es wäre nur erforderlich, den Grad des Überschneidens der Zangenspitzen zu messen und in einer Klasseneinteilung unterzubringen. Folgendes Schema erläutert dies näher für die Längensklasse 3,0:

Abstand der Zangenspitzen A 3: Breite kurze Zangen.					Überschneidung der Zangenspitzen: Schlanke kurze Zangen.									
2	1	7	9	16	28	28	35	41	52	..	..	..	..	..
1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9
	0,9	0,7	0,5	0,3	0,1 mm	0,2	0,4	0,6	0,8	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0 mm

Von Interesse ist nun, in welcher Weise sich die A 3-Typen (A 3 = 0,1—1,0 mm) im Korrelationsfeld auf die Klassen der y-Reihe (Zangenbreite B) verteilen. Daß die A 3-Typen relativ sehr breite Cerci haben, wissen wir bereits aus der Auswertung früherer Tabellen. Aus Tabelle 25a geht hervor, daß breite kurze Zangen mit klaffenden Spitzen innerhalb der Längensklasse 3,0 erst von der Breitenklasse 2,0 mm ab vorkommen. Die breiteste Zange dieser Teilpopulation zeigt A 3 = 0. Die Anordnung der A 3-Typen im Areal des Korrelationsfeldes innerhalb der zugehörigen Breitenklassen 2,0—2,6 mm zeigt nun keine geradlinigen korrelativen Gesetzmäßigkeiten. Die Frequenzen der belegten Feldchen wechseln stark in ihrer Höhe.

b) *Längensklasse 3,5* (Tabelle 25b): Auch hier Unimodalität der Variationsreihe für B mit nach der Plusseite zu verschobenem Frequenzmaximum. Die Variationsbreite der A 3-Typen ist bei dieser Teilpopulation um zwei Klassen (1,1 und 1,2) größer als bei der vorigen. Die 10 breitesten Cerci gehören den A 3-Zangen an. Die Verteilung dieser A 3-Typen zeigt ein ähnliches Bild wie Tabelle 25a.

c) *Längensklasse 3 und 3,5* (Tabelle 25c): Durch Addition des Zahlenmaterials der Tabellen 25a und 25b erhält man die ein ausgeglicheneres Bild der Verteilungsverhältnisse gebende Tabelle 25c. Es zeigt sich, daß die höchste Frequenz der A 3-Typen (142) in bezug auf die Zangenbreite B um zwei Klassen nach der Plusseite verschoben ist; sie liegt bei 2,5 mm B-Wert gegenüber 2,3 mm der gesamten Teilpopulation. Die Variationsreihe der A 3-Typen in bezug auf B ist unimodal.

Zur Erweiterung der bei Tabelle 25a gegebenen Auswertung der nicht geradlinigen Anordnung der breiten kurzen Cerci sei noch folgendes hinzugefügt.

Die komplizierte Art der Anordnung der A 3-Zangen im Korrelationsfeld würde durch Berechnung des Korrelationskoeffizienten nach der BRAVAISSchen Formel keine Erklärung finden; es muß daher versucht werden, durch Anwendung biologischer (ontogenetischer) Gesichtspunkte den Verteilungsursachen näher zu kommen. Betrachten wir wieder das Areal der Cerci von A 3-Werten 0,1 und Zangenbreitenwerten 2,0 mm ab.





zugleich die stärkste Belegung eines A 3-Feldchens überhaupt. In den übrigen B-Klassen der A 3-Typen (horizontale Reihen) findet man eine ähnliche Anordnung der Frequenzen, nur ist der Häufigkeitsabfall nicht so kontinuierlich, sondern durch geringen Frequenzanstieg mit folgendem erneuten Abfall gekennzeichnet.

Schlußfolgerungen: Das bestehenbleibende *Klaffen* der Zangenspitzen tritt erst von einem mittleren Zangenbreitenwert ab auf; es findet sich am häufigsten bei dem *hohen Breitenwert* von 2,5 mm. Unter den 1548 Objekten der Längensklassen 3,0+3,5 mm zeigen die 10 breitesten Cerci klaffende Zangenspitzen. Hinsichtlich des Grades des Abstandes der Zangenspitzen A 3 läßt sich keine einfache Beziehung zur Zangenbreite feststellen. In den niedrigen Breitenklassen, die Belegung mit A 3-Cerci aufweisen (2,0—2,4 mm) sind jeweils die geringen A 3-Werte am häufigsten und die hohen am seltensten. Innerhalb der Breitenklassen 2,5 bis 2,7 mm sind A 3-Werte von 0,3—0,5 mm am häufigsten, d. h. bei den sehr breiten Zangen scheint die Möglichkeit für ein mittleres Klaffen eher gegeben zu sein.

Diese statistischen Tatsachen werden *biologisch* verständlich, wenn wir die breiten kurzen Zangen wieder als *leichte Häutungsstörungen* auffassen.

Das Klaffen der Zangenspitzen ist eine leichte Mißbildung und derartige Störungen im Bau der männlichen Cerci müssen selbstverständlich eine andere Art der Variabilität aufweisen als die normale, dem Fehlergesetz entsprechende, d. h. nicht mittlere Mißbildungen sind am häufigsten ( $A\ 3=0,5$ ), sondern die geringfügigsten Störungen ( $A\ 3=0,1$  mm; Frequenz: 88 Individuen der x-Reihe, Tabelle 25c); die stärksten Abweichungen vom Bauplan müssen am seltensten auftreten (Tabelle 25c;  $A\ 3=1,2$  mm: nur 1 Individuum).

Die Variationsreihe der Häutungsstörungen (x-Reihe) für die A 3 als Index benutzt wird, bestätigt diese Überlegungen aufs beste.

(Für das Überschneiden der Zangenspitzen bei schlanken kurzen Cerci würde man eine ähnliche Reihe mit kontinuierlich nach der Plusseite zu abfallenden Frequenzen erhalten; während das Klaffen der Zangenspitzen als Minusdefekt aufzufassen ist, kann man das übermäßige Überschneiden der Zangenspitzen als Plusdefekt ansehen.)

#### 4. Die Beziehungen zwischen dem Abstand der Zangenspitzen A 3 und dem Zahnabstand A 1 innerhalb der Teilpopulation der L-Klassen 3,0—3,5 mm (Tabelle 26a—c).

Nachdem an Hand der Tabellen 25a—c der besondere Charakter der A 3-Typen — als durch Häutungsstörung bewirkte geringe *Mißbildung* — erneut festgestellt wurde und durch diese biologische Deutung erst das abweichende Bild der Verteilung der Objekte im Korrelationsfeld seine



3,5 mm findet sich allerdings eine Verschiebung des Frequenzmaximums nach der Plusseite (1,2 mm; Tabelle 26 b). Die Frequenzmaxima der y-Reihen der A 3-Typen (dünn-kursive Ziffern in der senkrechten linken Rahmenkolonne) fallen bei allen drei Tabellen nicht mit der Klasse der Hauptfrequenzen der A 1-Reihen zusammen, sie sind immer um eine Klasse nach der Seite der Plusvarianten verschoben (bei der Auswertung der Tabelle 14 a wurde bereits festgestellt, daß im Rahmen der Gesamtkorrelation die A 3-Typen relativ sehr hohe Werte für A 1 aufweisen). Tabelle 26 c zeigt für beide L-Klassen wieder die für Mißbildungen geforderte besondere Art der Variabilität (siehe die Horizontalreihen parallel der x-Achse), die bei Tabelle 25 c näher erläutert wurde. Für weitere Einzelheiten sei auf die Tabellen selbst verwiesen.

5. Die *Beziehungen* zwischen dem *Abstand* der *Zangenspitzen* A 3 und dem *Zahnabstand* A 2 *innerhalb der Teilpopulation* der L-Klassen 3,0—3,5 mm (Tabelle 27 a—c).

Während für die A 3-Typen hinsichtlich der Zangenbreite B und des Zahnabstandes A 1 relativ hohe Werte charakteristisch sind, wissen wir aus früheren Erörterungen, daß die breiten kurzen Cerci in bezug auf den Zahnabstand A 2 relativ sehr geringe Werte aufweisen, die nicht im Einklang stehen mit den ihnen zukommenden hohen Werten für B und A 1. Demgemäß fanden sich in den Tabellen 25 und 26 a—c die mit A 3-Typen belegten Feldchen im Korrelationsfeld mehr in den Regionen der hohen Klassen der y-Reihe, also im mittleren und oberen Teil der Tabelle vor. In den vorliegenden Darstellungen hingegen konzentrieren sich die Frequenzen mehr in den unteren und mittleren Klassen der y-Reihe für den Zahnabstand A 2 (Tabelle 27 a—c).

Zur Stütze der Anschauung, daß die breiten kurzen Zangen mit mehr oder weniger stark klaffenden Spitzen als Produkt von Häutungsstörungen aufzufassen sind, also als geringe Mißbildungen, läßt sich aus den A 2-Tabellen weiteres Material entnehmen. Zunächst einiges über den allgemeinen Habitus der Objektanordnung im Korrelationsfeld.

Wiederum liegen in den horizontalen Kolonnen (bei den A 2-Klassen) der Tabellen die Hauptfrequenzen jeweils bei der niedrigsten x-Reihenklasse (A 3) 0,1 mm, dann folgt allmählicher Frequenzabfall bis zu der geringsten Häufigkeit bei den höchsten A 3-Werten — also das typische Bild der nicht binomialen Variationsweise von Mißbildungen bzw. von Störungen des normalen Baues eines Organes. Die x-Reihe zeigt also bei dieser Art der Merkmalsverknüpfung im Korrelationsfeld die Frequenzen für die einzelnen (durch die angewandte Klasseneinteilung gewonnenen) Störungsgrade an.

Während bei den Tabellen der Gegenüberstellung von B und A 3 (Tabelle 25 a—c) und A 1 und A 3 (Tabelle 26 a—c) der größte Abstand



3,0+3,5 (Tabelle 27c) wieder in der Klasse der Gesamtmaximalfrequenz für A 2, bei 2,1 mm.

6. Die *Beziehungen* zwischen dem *Abstand der Zangenspitzen* A 3 und dem *Verhältnis von Zangenlänge zu Zangenbreite* (Quotient L : B) *innerhalb der Teilpopulation der L-Klassen* 3,0—3,5 mm (Tabelle 28a—c).

Wie aus der Bezeichnung „breite kurze“ Cerci (A 3-Typen) hervorgeht, sind diese Objekte durch relativ kleine Werte für den Quotienten L : B ausgezeichnet; im Korrelationsfeld werden sie demnach, wenn L : B als y-Reihe angenommen ist, den unteren Raum einnehmen. Die Tabellen 28a bis c bestätigen dies.

Während für die schlanken kurzen Cerci mit sich berührenden oder überschneidenden Zangenspitzen (die senkrechte Kolonne über der A 3-Klasse 0,0 mm) sogar innerhalb des geringen Zangenlänge-Spielraumes von 1,0 mm der gesamten hier untersuchten Teilpopulation von 1548 kurzen Zangen (z. B. Tabelle 28c) eine große Variabilität für L : B zu beobachten ist (9 Klassen, von 1,2—2,0 weisen Frequenz auf), verteilen sich sämtliche Objekte, die A 3-Werte größer als 0 zeigen, auf die niedrigsten 6 Klassen für L : B. In allen drei Tabellen fällt das Frequenzmaximum der A 3-Typen

**HELGOLAND 1925.**  
Längenklasse: 3+3,5.

	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	Quotient: L:B
1/1			
		2 2 2 0	
		12 12 19	
		42 42 38	
1	1	1 96 97 17	
9	1	1 1	
90	1	4 73 12 75 23 22 37 157 15	
289	2	6 4 23 75 26 34 44 48 44 28 52 14	
80	1	2 7 3 8 9 74 9 8 70 75 25 105 13	
4	2	1	
	1	2 1 6 12	
	1	2 8 5 19 23 47 65 66 77 83 88	
	12 11	10 9 0 8 7 0 6 0 5 0 4 0 3 0 2 0 1 0 0	
			<b>28c.</b>

**HELGOLAND 1925.**  
Längenklasse: 3,5.

	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	Quotient: L:B
2/2			
		2 2 2 0	
		4 4 10	
		23 23 18	
1	1	5 152 17	
8	1	1 1	
66	3	12 8 12 16 75 130 204 15	
160	2	5 4 10 12 12 22 20 23 22 74 79 230 14	
74	1	2 2 4 2 1 3 1 1 5 12 13	
	1	2 6 4 22 74 24 37 38 36 42 35	
	12 11	10 9 0 8 7 0 6 0 5 0 4 0 3 0 2 0 1 0 0	
			<b>28b.</b>

**HELGOLAND 1925.**  
Längenklasse: 3.

	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	Quotient: L:B
2/0			
		8 8 19	
		19 19 18	
		45 45 17	
1	1	1 53 57 16	
24	1	1 1 4 3 7 7 21 25 15	
74	3	9 15 75 25 26 30 26 39 14	
63	1	1 6 5 12 9 7 74 20 63 13	
4	2	1	
	2	1 2 6 12	
	2 1	7 9 76 28 28 35 44 52 67 68	
	10 9	8 0 8 7 0 6 0 5 0 4 0 3 0 2 0 1 0 0	
			<b>28a.</b>

*Forficula auricularia*. Männliche Zangen; Darstellung der Anordnung der breiten kurzen Zangen (A 3-Typen) im Korrelationsfeld innerhalb der Längenklassen 3, 3,5 und 3+3,5. Korrelation: Quotient L:B — Abstand der Zangenspitzen A 3. (A 3-Typen dünn-kursiv.)

Spitzenabstand: A3

Spitzenabstand: A3

Spitzenabstand: A3

in bezug auf die y-Reihe (dünn-kursive Ziffern in der linken senkrechten Rahmenkolonne) mit der Maximalfrequenz der Gesamt-y-Reihe L : B zusammen ( $L : B = 1,4$ ). Die höchste Frequenz der schlanken kurzen Cerci in bezug auf L : B (senkrechte Kolonne über der A 3-Klasse 0,0) liegt nur bei der Längenklasse 3,0 (Tabelle 28a) in der Maximalfrequenzklasse für L : B (1,4), sonst bei 1,5.

Die räumliche Verteilung der von A 3-Typen belegten Felder zeigt, trotz der geringen Variabilität dieser breiten kurzen Cerci in bezug auf den Quotienten L : B, wieder fehlende positive Korrelation. Trotzdem läßt sich, wie bei den vorhergehenden Tabellen, eine Gesetzmäßigkeit in der Anordnung feststellen. Die x-Reihe gibt ja den Grad des Klaffens der Zangenspitzen an; für die geringste Stufe der bei der letzten Häutung entstandenen kleinen Mißbildung, die A 3-Klasse 0,1 mm, sind noch 4 bis 5 Klassen der y-Reihe (L : B) belegt; je stärker nun der Abstand der Zangenspitzen A 3 ausgebildet ist, um so mehr nimmt die Variabilität des Quotienten L : B innerhalb der A 3-Klassen ab (senkrechte Kolonnen über den Klassen der x-Reihe); hierdurch entsteht der für alle A 3-Tabellen so typische schräge Verlauf der oberen Feldbegrenzung (von mittleren Werten für L : B zu höchsten Werten für A 3).

Das bedeutet vom Gesichtspunkt der *Häutungsphysiologie*, daß geringes Klaffen der Zangenspitzen schon bei mittleren Werten für die Zangenbreite B (also auch mittlere Werte für L : B, denn L ist ja praktisch konstant für diese Teilpopulation mit Längenunterschieden innerhalb 1,0 mm!) eintreten kann, sehr starke Abstände der Zangenspitzen finden sich jedoch nur bei sehr breiten Zangen mit sehr niedrigen Werten für den Quotienten L : B (siehe auch Tabelle 25a—c).

7. Die *Beziehungen zwischen dem Abstand der Zangenspitzen A 3 und dem Verhältnis von Zahnabstand A 2 zu Zahnabstand A 1 (Quotient A 2 : A 1) innerhalb der Teilpopulation der L-Klassen 3,0—3,5 mm (Tabelle 29a—c).*

Die Beziehungen der „*Störungsreihe*“ der A 3-Typen zur Variabilität des Verhältnisses der beiden Zahnabstände (Quotient A 2 : A 1) ähneln sehr den aus den vorigen Tabellen 28a—c abgeleiteten Befunden. (Für die y-Reihe ist hier 0,2 mm Klassenspielraum gewählt.)

Die breiten kurzen Zangen sind gekennzeichnet durch relativ geringe Werte für den Zahnabstand A 2 und verhältnismäßig hohe Werte für den Zahnabstand A 1. Der Wert für den Quotienten A 2 : A 1 wird also bei den A 3-Typen sehr klein sein im Gegensatz zu den schlanken kurzen Zangen. Die tabellarischen Darstellungen 29a—c bestätigen diese Vermutung.

Längenklasse 3,0 mm (Tabelle 29a): Das Frequenzmaximum der gesamten y-Reihe (A 2 : A 1) liegt bei der Klasse 2,1; die Maximalfrequenz der y-Reihe der A 3-Typen (linke senkrechte Rahmenkolonne mit dünn-



der schlanken kurzen Zangen (senkrechte Kolonne über der A 3-Klasse 0,0 mm) liegt mit 120 Objekten dagegen wieder bei der y-Klasse 2,1. In der Längenkategorie 3,5 finden sich ja 14,22% A 3-Typen mehr als in Klasse 3,0, eine Tatsache, die natürlich auch in der Aufeinanderfolge der Frequenzen zum Ausdruck kommen muß.

So zeigt nicht nur die y-Reihe (A 2 : A 1) in Tabelle 29b eine geringe Bimodalität (erstes Maximum bei Klasse 1,7, zweites bei 2,1), sondern auch die Reihe für die schlanken kurzen Cerci (senkrechte Kolonne über der A 3-Klasse 0,0) bei den gleichen Werten des Quotienten A 2 : A 1. Vergleicht man diese beiden Reihen untereinander und mit der y-Reihe der A 3-Typen (dünn-kursive Ziffern), so ergibt sich, daß an dem zweiten Frequenzmaximum der y-Gesamtreihe bei 2,1 (152 Individuen) die schlanken kurzen Cerci (A 3 = 0) mit 120 Objekten den größten Anteil haben.

Längenkategorie 3,0 und 3,5 mm (Tabelle 29c): Die Zusammenfassung der beiden Längenkategorien 3,0 und 3,5 mm vereinigt die Eigentümlichkeiten der Anordnung der Objekte der Darstellung 29a und 29b zu einem ausgeglicheneren Gesamtbild. Die y-Reihe hat ihr erstes Frequenzmaximum entsprechend der Hauptfrequenz der A 3-Reihe für A 2 : A 1 bei dem Wert 1,7, ihr zweites — Hauptmaximum — bei 2,1.

Diese Tabelle ist wieder ein gutes Beispiel dafür, daß nur die genaue Kenntnis des untersuchten Materials hinsichtlich Größe, Form und Entstehungsweise die Erklärungsmöglichkeit für Unregelmäßigkeiten in der regulären Zu- und Abnahme der Frequenzen liefern kann. Eine Berechnung des Korrelationskoeffizienten wäre hier nicht nur wertlos (siehe bei JOHANNSEN und LANG das fiktive Beispiel für eine nicht geradlinige Korrelation, wo  $r=0$  ist und demnach überhaupt kein Bild von der Anordnung der Frequenzen im Korrelationsfeld gibt) sondern wegen der Bimodalität der y-Reihe mit großen Schwierigkeiten verbunden.

8. Die *Beziehungen zwischen dem Quotient L : B und dem Quotient A 2 : A 1 innerhalb der Teilpopulation der L-Klassen 3,0—3,5 mm unter besonderer Berücksichtigung der A 3-Typen* (Tabelle 30 a—c).

Als Abschluß der Korrelationsuntersuchungen sei noch eine Darstellung der Gesetzmäßigkeiten zwischen den beiden Quotienten L : B und A 2 : A 1 gegeben. Nach den Ergebnissen der vorausgegangenen Tabellen 28 und 29a—c wird die Deutung der Anordnung der Objekte im Korrelationsfeld ohne längere Erläuterungen klar sein. Die A 3-Typen sind wieder durch dünn-kursive Zahlen kenntlich gemacht.

Die beiden Variationsreihen der Quotienten scheinen in positiv-korrelativer Abhängigkeit zueinander zu stehen, wie die Anordnung der Objekte — in der Gesamtheit betrachtet — in der Richtung der Plusdiagonale anzeigt. Die breiten kurzen A 3-Typen nehmen in sehr genauer





übersichtlicher Weise gelungene räumliche Trennung und Charakterisierung der breiten kurzen und schlanken kurzen Cerci im Korrelationsfeld und die auch aus diesen Tabellen zu erzielende Erklärung der geringen Bimodalität der Variationsreihe für den Quotient  $A 2 : A 1$  durch die verschiedene Lage der Frequenzmaxima der A 3-Typen gegenüber den schlanken Zangen mit  $A 3 = 0,0$  mm.

Ein Vergleich der Tabellen 30a—c mit 28 und 29a—c wird weitere Ausführungen, die zu Wiederholungen führen würden, überflüssig machen; es sei daher auf die betreffenden tabellarischen Darstellungen und deren Auswertung verwiesen.

*Rückblick auf die wichtigsten Ergebnisse der korrelativen Untersuchungen des Kapitels VII, Abschnitt 2.*

Die Teilergebnisse der Untersuchung über die korrelativen Beziehungen zwischen den einzelnen an der männlichen und weiblichen Zange gemessenen Merkmalen sind bereits jeweils am Schlusse der Auswertungen der Korrelationstabellen zusammengefaßt worden.

Es ergaben sich nur für wenige Zangenmerkmale klare positive korrelative Beziehungen, so z. B. zwischen Zangenlänge und dem Krümmungsradius oder der Zangenbreite und der größten Breite des Abdomens.

Für die meisten Merkmalspaare lagen verwickeltere Anordnungen der Objekte im Korrelationsfeld vor. Meist ließen sich zwei räumlich mehr oder weniger scharf voneinander getrennte Areale von mit Objekten belegten Feldchen unterscheiden und die vergleichende Auswertung der Korrelationstabellen zeigte, daß die erste Gruppe (bei niedrigen Werten der supponierten und relativen Eigenschaft) den kurzen Cerci entsprach, die zweite den mittellangen und extrem langen (bei den ♂♂).

Innerhalb dieser wohlcharakterisierten Gruppen im Korrelationsfeld herrschte entweder verschieden stark ausgeprägte positive, nicht geradlinige oder gar keine Korrelation. Besonders störend fielen durchweg die mittellangen und extrem langen Zangen aus dem Rahmen der gesamten korrelativen Gesetzmäßigkeit heraus.

Für die genauere Analyse der die meisten Individuen enthaltenden Gruppe der kurzen männlichen Cerci erwies sich die Anwendung der Ergebnisse der Formanalyse der Kapitel V und VI als zweckmäßig für die weitere Aufspaltung dieser Gruppe.

Es hatte sich bereits bei der Untersuchung der *Form* ergeben, daß die kurzen Cerci zwei Typen enthalten, die *breiten kurzen* und die *schlanken kurzen* Zangen. Erstere, charakterisiert durch große Breite und mehr oder weniger starkes Klaffen der Zangenspitzen (Abstand A 3) wurden gegenüber dem schlanken Typ besonders gekennzeichnet und es ergab sich, daß für diese breiten „A 3-Typen“ häufig gesonderte korrelative Beziehungen nachweisbar sind und daß dieser breite Typ in seiner Ge-

samtheit für jede untersuchte Population die Anordnung der Gruppe der kurzen Objekte wesentlich beeinflußt. Die eingehende Analyse der Gesamtgruppe der kurzen Cerci innerhalb eines Längenspielraumes von nur 1 mm (d. h. der Objekte der Längensklassen 3,0 und 3,5) wiederum unter Trennung nach breiten und schlanken Typen, konnte weitere interessante Aufschlüsse über die für die breiten Cerci charakteristischen nicht geradlinigen, bzw. völlig fehlenden korrelativen Beziehungen vermitteln. Es zeigte sich nämlich, daß der als Index für die breiten kurzen A 3-Typen verwandte Abstand der Zangenspitzen A 3 in der Variabilität des Grades seiner Ausbildung nicht eine typische Reihe mit steigenden und vom Frequenzmaximum ab wieder fallenden Frequenzen ergibt, sondern die *höchsten* Frequenzen bei seiner *geringsten* Ausbildung aufweist und die *niedrigsten* beim *stärksten Klaffen* der Zangenspitzen.

Diese besondere Art der „Zufälligkeit“ für das Merkmal A 3 findet ihre Deutung, wenn die breiten kurzen Zangen als leichte *Mißbildungen* als Produkte von *Störungen* bei der letzten *Häutung* der Nymphe zur Imago, aufgefaßt werden.

Diese Erklärung wurde bereits bei der Auswertung der Korrelationsstabellen der Gesamtpopulationen angebahnt, sie findet durch die Untersuchung innerhalb einzelner Klassen der Zangenlänge ihre Bestätigung.

Von Bedeutung ist ferner die Feststellung, daß die Anzahl der A 3-Typen für die einzelnen Fundorte umgekehrt proportional der Menge der übermittellangen und extrem langen Zangen ist.

Gemäß der Deutung der breiten kurzen Typen, als bei der letzten Häutung (infolge ungenügenden Druckes der Hämolymphe oder anderer physiologischer Faktoren) nicht völlig ausgepreßte Zangen, wird dies umgekehrte Verhältnis verständlich: bei dem Fundort mit sehr hohem Prozentsatz von an den Spitzen klaffenden breiten Cerci (Helgoland) hätte unter günstigeren Bedingungen während der letzten Häutung ein wesentlich größerer Teil der breiten Zangen maximal ausgepreßt werden können, wie es bei der Frankfurter Population in der Tat geschehen ist.

Im folgenden Kapitel sollen weitere Beweise für diese Auffassung beigebracht werden.

### VIII. Die abnormen männlichen und weiblichen imaginalen Cerci; Morphologie, Entstehungsursachen und prozentuale Verteilung auf die normal gebauten Zangen der Fundorte Helgoland 1925 und Frankfurt 1925.

Im Kapitel IV wurde bereits erwähnt, daß sämtliche, auch nur in ganz geringem Maße vom normalen Typus abweichende Cerci von der Messung ausgeschlossen wurden. Für die beiden zahlenmäßig stärksten Populationen, nämlich Helgoland 1925 und Frankfurt 1925, wurde die folgende Analyse des *abnormen* Zangenmaterials durchgeführt. Ein

Überblick über eine Reihe wahllos herausgegriffener unregelmäßig gebauter Zangen zeigt hinsichtlich des Grades der Ausbildung der Abnormitäten eine große Mannigfaltigkeit.

Literaturangaben: In der Bearbeitung der *Forficuliden* im „Tierreich“ (A. DE BORMANS und H. KRAUS) findet sich nur folgende allgemeine Bemerkung: „Nicht allzu selten zeigt sich Hermaphroditismus, der vor allem durch die unsymmetrische Form der Zangenarme (der eine Arm zeigt männliche, der andere weibliche Form) zum Ausdruck kommt.“ Von verschiedener Seite wurde festgestellt (BURR, BRINDLEY, DIAKONOV), daß es sich bei diesen einseitig gestörten Zangenformen nur um halbseitige „Scheinzwitter“ handelt.

Eine Untersuchung der Geschlechtsorgane ergibt immer völlig normale Hoden, ein Ergebnis, das auch mit meinen Beobachtungen übereinstimmt; die Ähnlichkeit des einen Zangenarmes mit der weiblichen imaginalen Zange ist also nur eine rein äußerliche.

DIAKONOV versucht eine Erklärung für die Entstehung der halbseitig abnormen Zangentypen zu geben, deren im Bau gestörtes eines Glied mit der weiblichen Zangenform Ähnlichkeit aufweist. Er hält diese Zangenform für Regenerate, deren künstliche Erzeugung ihm durch Operation an Larven gelang. Die Cerci sollen im Larvenstadium leicht abbrechen; die Größe und Entwicklungshöhe des Regenerates soll direkt proportional der Zeit sein von der Verletzung bis zum Schlüpfen der Imago. Entfernte man die Nymphenzangen kurz vor der letzten Häutung, so entstanden Imagines ohne Zangen; wurden die larvalen Cerci auf sehr frühem Larvenstadium entfernt, so zeigte die Imago ansehnliche Regenerate. Die natürlichen Regenerate haben Höckerform mit allen möglichen Übergängen zur wohlausgebildeten Zangenform. Nie sollen die Regenerate volle normale Größe aufweisen; die Ähnlichkeit mit der weiblichen imaginalen Zange kommt dadurch zustande, daß den Regeneraten die für die männliche Zange typischen Zähne an der Zangenbasis fehlen. DIAKONOV glaubt ferner feststellen zu können, daß ein gewisser „Einfluß“ der regenerierenden Zangenhälfte auf das normale andere Zangenglied sich geltend macht; er konnte beobachten, daß in der Freiheit gebildete einseitige Regenerate auf der normalen Seite stets den Typus „brachylabia“ aufwiesen. So wurden z. B. in der Population von 1921 80 „natürliche Regenerate“ gefunden (alle „brachylabia“); in der gesamten Population fanden sich rund 50% Zangen vom kurzen Typus der brachylabia — also wären auch ungefähr 40 Regenerate vom langen Typ der „macrolabia“ zu erwarten gewesen.

DIAKONOV schließt hieraus, daß der Regenerationsprozeß infolge seines Mehrverbrauchs an Energie nicht das Zustandekommen einer großen Zange auf der normalen Seite gestattet.

Ebenso wie bei der Ähnlichkeitsanalyse der männlichen Cerci (Ka-

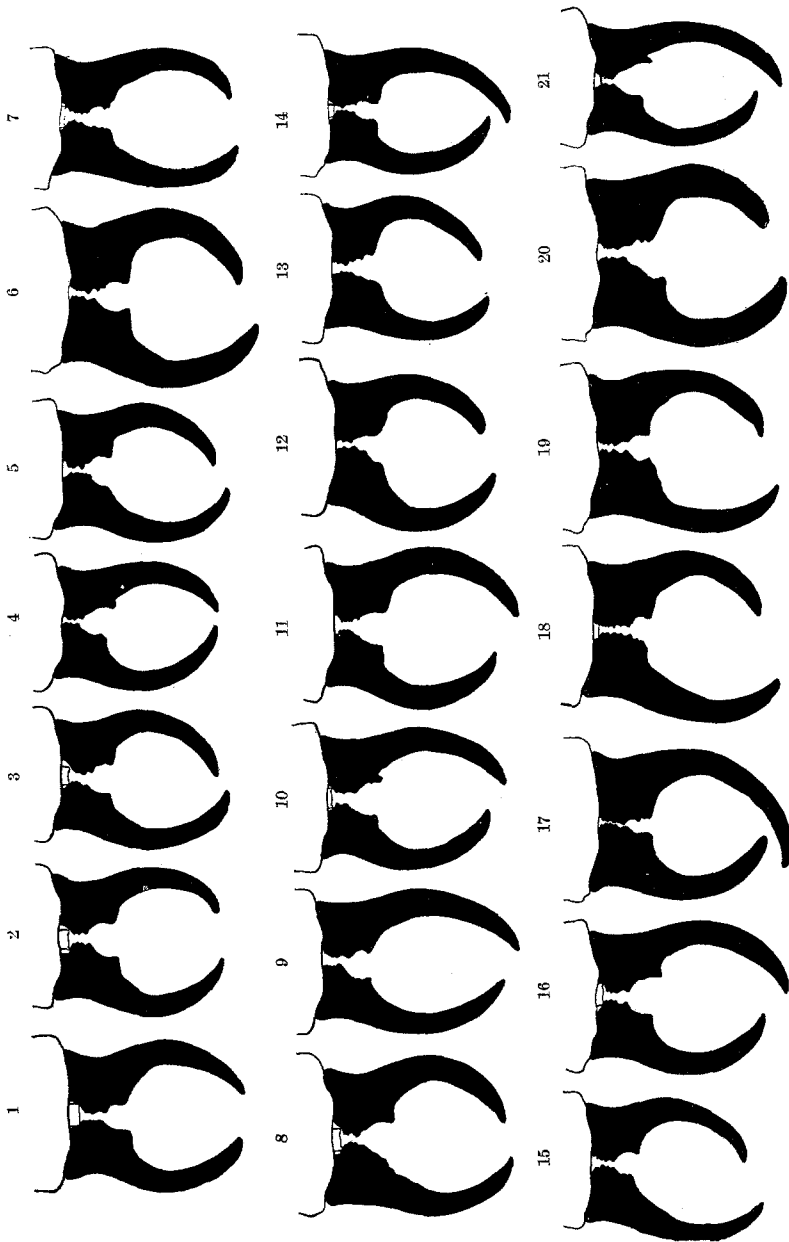


Abb. 47: Nr. 1-21.

pitel V und VI) die bildliche Darstellung einer Reihe von verschiedenen Zangen, die einen gleichzeitigen Vergleich ermöglichte, sich als vorteil-

haft erwies, sollen in den folgenden Abbildungen die Mißbildungen der männlichen und weiblichen Zange in Serienform dargeboten werden.

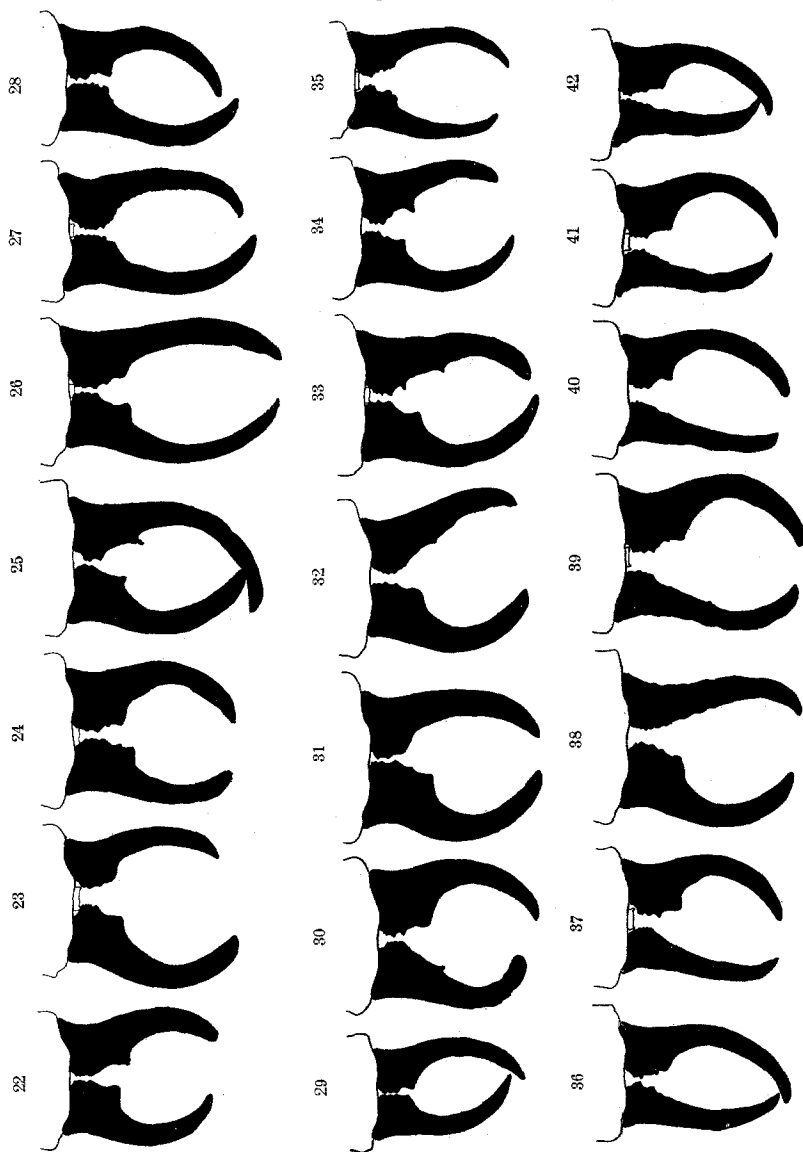


Abb. 47: Nr. 22—42.

Abb. 47 zeigt sämtliche abnormen männlichen imaginalen Zangen des Fundortes Helgoland 1925, Abb. 48 die weiblichen. Abb. 49 und 50 geben eine Übersicht über alle in der Frankfurter Population von 1925 gefundenen mißgestalteten männlichen und weiblichen Cerci.

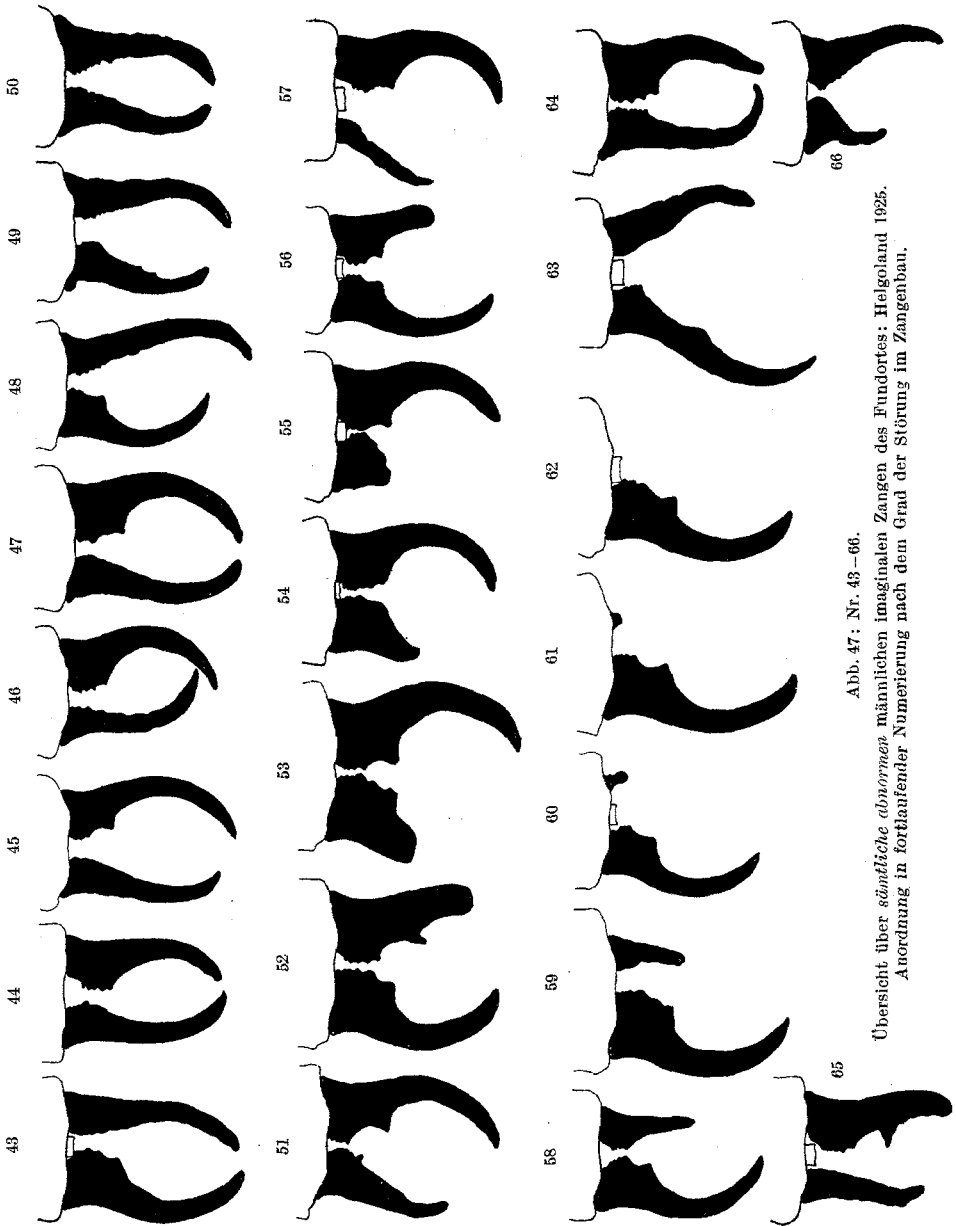


Abb. 47: Nr. 43 - 66.

Übersicht über sämtliche männlichen imaginalen Zangen des Fundortes; Helgoland 1925.  
Anordnung in fortlaufender Numerierung nach dem Grad der Störung im Zangenbau.

Die Zangen sind in der Weise in fortlaufender Numerierung angeordnet, daß der Grad der Störung im Zangenbau — soweit es bei dieser

subjektiven Einteilungsmethode überhaupt möglich ist — von den niedrigen Zahlen zu den höheren möglichst kontinuierlich zunimmt.

Die Zahl der im Bau abweichenden Zangen ist für die beiden Fundorte sehr verschieden. Unter 1772 ♂♂ von Helgoland (1925) fanden sich 66 abnorme Zangentypen (Abb. 47, 1—66) = 3,72%; bei der Frankfurter Population kamen auf 1298 ♂♂ nur 21 Mißbildungen = 1,62% (Abb. 49, 1—21).

Für die ♀♀ liegen folgende Zahlen vor; Helgoland (1925): Unter 1053 ♀♀ zeigten 53 gestörten Bau = 5,03% (Abb. 48, 1—53). Für Frankfurt (1925) wurden festgestellt: unter 1012 ♀♀ nur 12 abnorme Cerci (Abb. 50, 1—12) = 1,2%.



Abb. 47a. Die längste mißgebildete imaginale männliche Zange von Helgoland 1925: Keine Häutungsstörung, sondern mechanisch bewirkte Abknickung des noch weichen, frisch gehäuteten rechten Zangengliedes. (S. a. die Schlußfolgerungen zu Kapitel VIII: Seite 476.)

Aus diesen Prozentzahlen läßt sich zunächst ganz allgemein erkennen, daß in der Helgoländer Population sowohl bei ♂♂ als auch bei ♀♀ eine viel größere Zahl von Mißbildungen vorliegt, als bei der Frankfurter Population (3,72% und 5,03% gegenüber 1,62% und 1,20%). Bevor aus diesem Ergebnis weitere Schlußfolgerungen gezogen werden, soll die in den Abb. 47—50 klar hervortretende Mannigfaltigkeit in der Form der Abnormitäten einer genaueren Analyse unterzogen werden.

Abb. 47 zeigt etwa bis Zange 14 nur geringfügige Abweichungen vom normalen Bauplan; das rechte oder linke Zangenglied ist entweder etwas länger oder kürzer als das entsprechende andere, oder beide Glieder unterscheiden sich durch ihre verschiedene Krümmung, oder es liegen Differenzen vor in der Dicke der Zangenarme oder in der Stellung und Gestalt der kleinen und großen Zähnen.

Die weitere Anordnung ist nun so getroffen, daß der eine Zangenarm noch fast ganz normal ist, während der andere (rechts oder links) immer stärkere Deformierung zeigt, bis schließlich bei Zange 62 ein Arm — der rechte — völlig fehlt. Bei Zange 63—65 sind dann noch erheblichere Mißbildungen dargestellt, die sogar beide Zangenglieder in mehr oder weniger starker Ausbildung umfassen. Bei Zange 66 läßt sich nicht ohne weiteres entscheiden, ob ein stark deformiertes männliches oder weibliches Objekt vorliegt; nach der Form des Abdomens zu urteilen, handelt es sich um ein ♂.

Die weiteren Anordnungen sind nun so getroffen, daß der eine Zangenarm noch fast ganz normal ist, während der andere (rechts oder links) immer stärkere Deformierung zeigt, bis schließlich bei Zange 62 ein Arm — der rechte — völlig fehlt. Bei Zange 63—65 sind dann noch erheblichere Mißbildungen dargestellt, die sogar beide Zangenglieder in mehr oder weniger starker Ausbildung umfassen. Bei Zange 66 läßt sich nicht ohne weiteres entscheiden, ob ein stark deformiertes männliches oder weibliches Objekt vorliegt; nach der Form des Abdomens zu urteilen, handelt es sich um ein ♂.

Die abnormen ♂♂ der Frankfurter Population (Abb. 49) sind in analoger Weise serienmäßig angeordnet, soweit das bei der wesentlich geringeren Anzahl in möglichst wenig sprunghafter Form erreichbar ist.

Die Anordnung der weiblichen mißgebildeten Cerci (Abb. 48 und 50) läßt sich leichter vornehmen, da die an sich einfachere Form der Zange



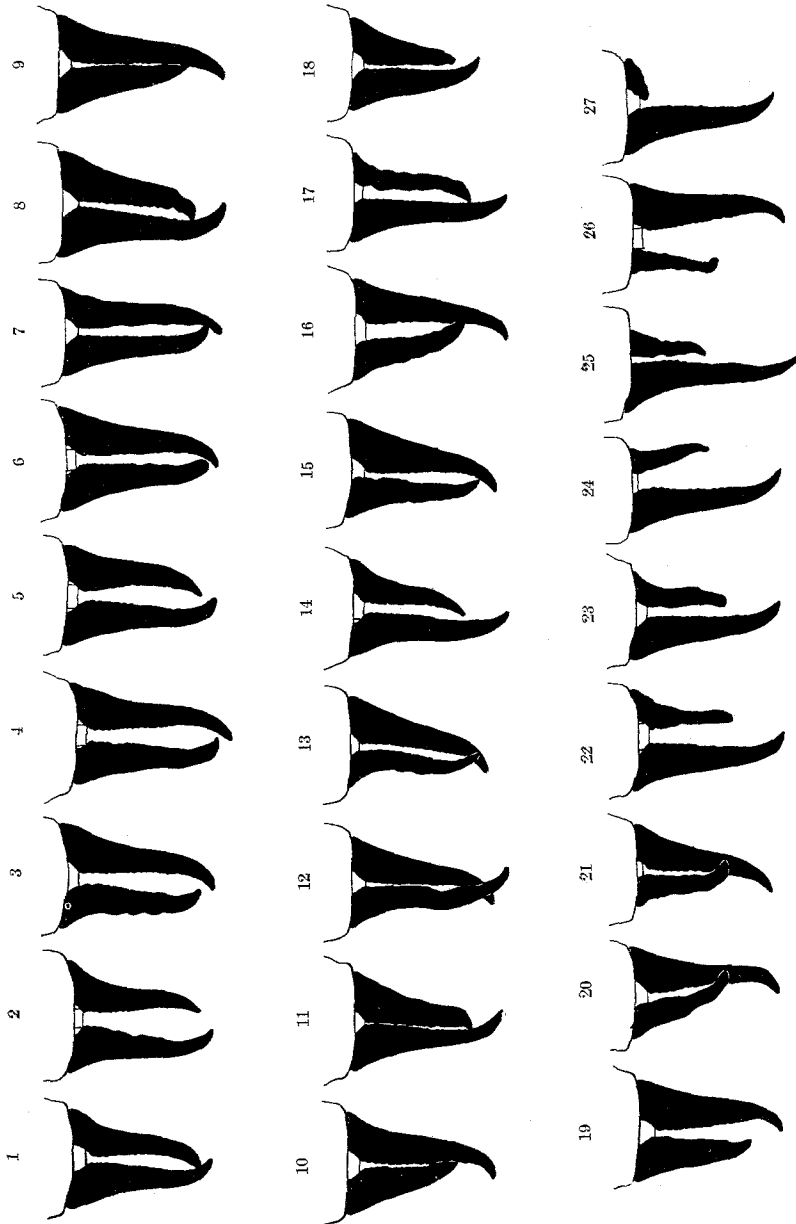


Abb. 48; Nr. 1-27.

keine so große Mannigfaltigkeit der Deformierung gestattet: auch hier finden sich Mißbildungen der Zangenform und -größe bis zum völligen Fehlen eines ganzen Zangengliedes.

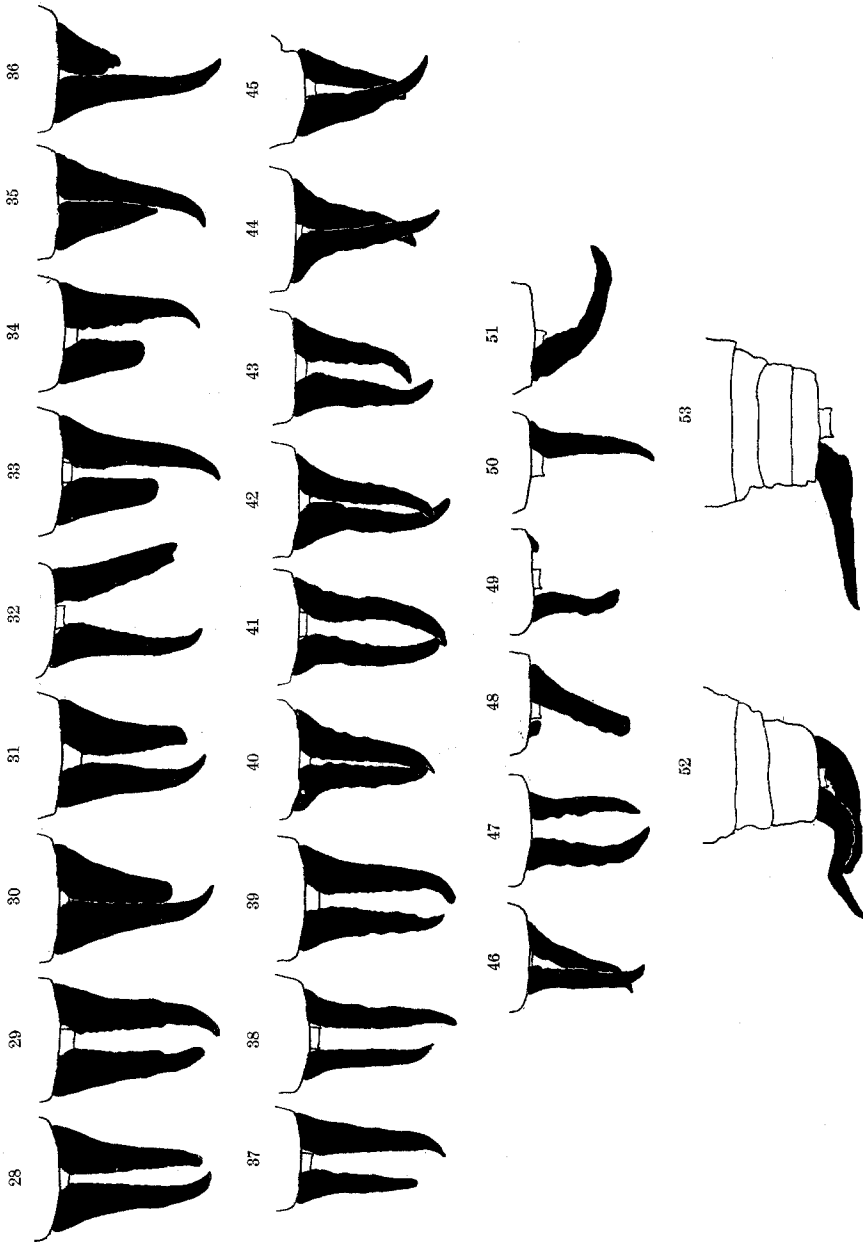


Abb. 48: Nr. 28 - 53.

Übersicht über sämtliche *abnormen*, weiblichen imaginalen Zangen des Fundortes: Helgoland 1925.  
Anordnung in fortlaufender Nummerierung nach dem Grad der Störung im Zangenbau.

Es ergibt sich nunmehr die Fragestellung, ob sich sämtliche hier vorliegende und abgebildete Zangendeformationen unter einem gemeinsamen ontogenetischen Gesichtspunkt betrachten lassen, oder ob die Multi-

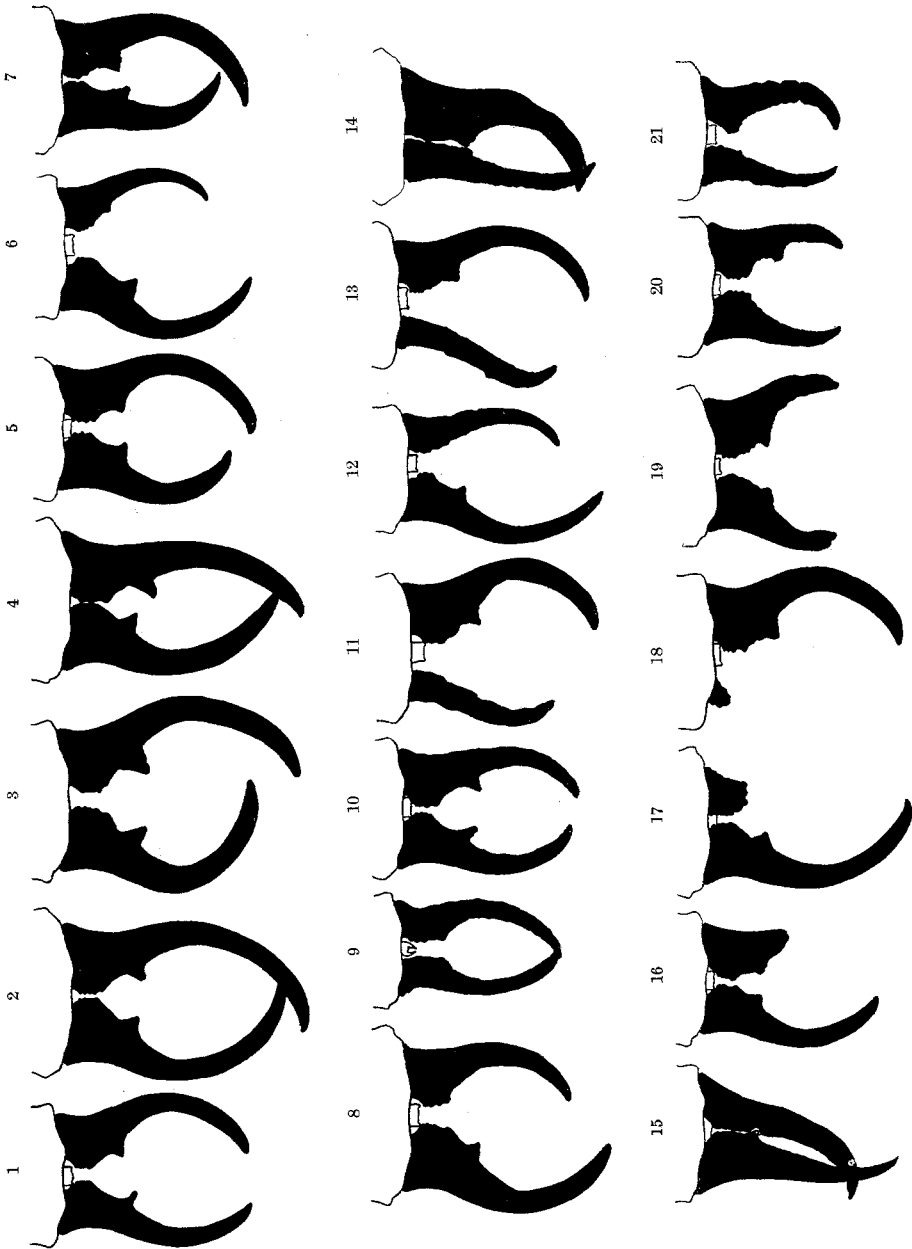


Abb. 49. Übersicht über sämtliche abnormen männlichen imaginären Zangen des Fundortes: Frankfurt 1925.  
Anordnung in fortlaufender Numerierung nach dem Grad der Störung im Zangenbau.

formität der Mißbildungen durch verschiedene Ursachen bedingt sein kann. Da man leider das Schicksal der einzelnen Zange in den formentscheidenden Augenblicken der ontogenetischen Entwicklung nicht mehr

rückläufig verfolgen kann, bleibt nur die Analyse der resultierenden Endform; die hier gezogenen Schlüsse werden nach Möglichkeit durch die

Ergebnisse des folgenden Kapitels über die Ontogenese der imaginalen Zange gesichert werden.

*Länge der abnormen Zangen:* Ein Überblick über die Reihen der männlichen und weiblichen Mißbildungen läßt sofort erkennen, daß die deformierten Cerci

keine erheblichen Längenunterschiede aufweisen; alle gehören zweifellos dem kurzen Zangentyp an, und zwar finden sich unter den männlichen

Objekten sowohl breite kurze, als auch schlanke kurze Zangen (breite kurze Cerci z. B. in Abb. 47: 6, 12, 13, 18, 19, 20, 52 u. 53).

Der oben angeführte Befund DIAKONOVs, daß nämlich sämtliche „Regenerate“, oder allgemeiner ausgedrückt abnormen Zangen, dem Typus der „brachylabia“ angehören, kann also hier bestätigt werden. Hinsichtlich der Zangenlänge herrscht demnach große Uniformität unter den Mißbildungen.

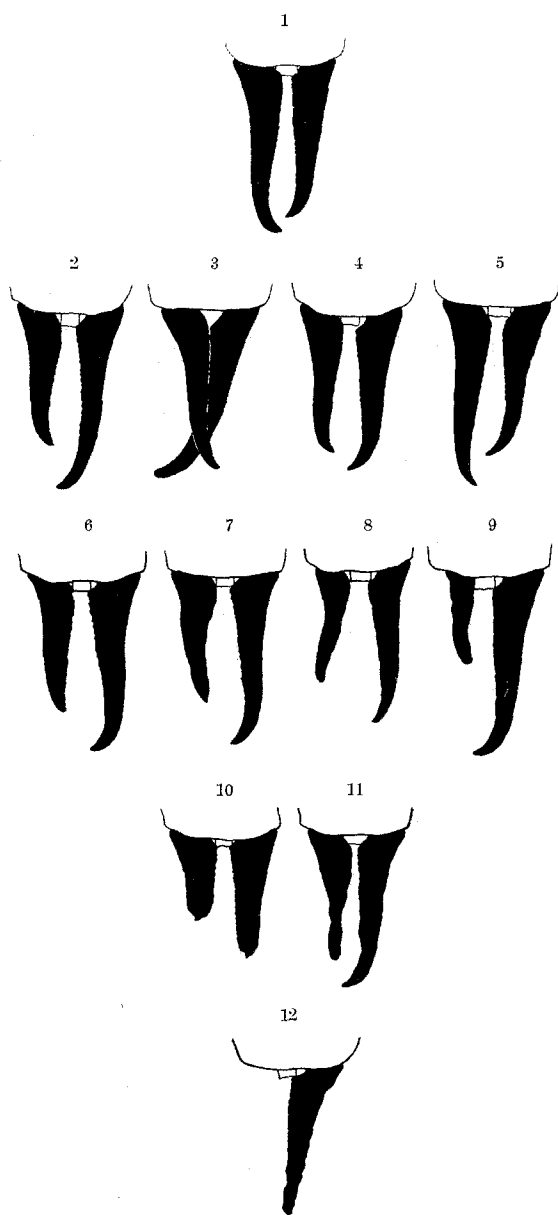


Abb. 50. Übersicht über sämtliche abnormen weiblichen imaginalen Zangen des Fundortes: Frankfurt 1925. Anordnung in fortlaufender Numerierung nach dem Grad der Störung im Zangenbau.

Anders verhält es sich mit der *Formgestaltung* der *abnormen* Cerci:

Es erscheint auf den ersten Blick nicht leicht, ein System in die Mannigfaltigkeit der Mißgestaltungen der Cerci zu bringen, denn der zur Erleichterung des Überblicks in den Abb. 47—50 gewählten Anordnungsweise nach steigender Zunahme der Deformierung entspricht nicht eine gleichartig sich ändernde Zangenform; dies zeigen sowohl die männlichen als auch die weiblichen Cerci. Man wird also geneigt sein müssen, die vorhandenen verschiedenen Mißbildungstypen auch auf verschiedene Ursachen zurückzuführen.

Da es sich hier um chitinige Hartgebilde handelt, kommen als Zeitpunkte für die Wirksamkeit innerer oder äußerer Deformierungsfaktoren an der Zange in besonderem Maße die Häutungsperioden in Frage. In den kurzen Häutungszeiten ist die Zange weich, biegsam und verhältnismäßig leicht abknickbar, da sie zunächst nur dem Blutdruck ihre Prallheit und zum Teil auch ihre Form verdankt.

Zwischen zwei Häutungsperioden können nur grobmechanische äußere Insulte eine Beschädigung in Form einer Verkürzung eines oder beider Zangenglieder herbeiführen. Treten solche mechanische Beschädigungen zwischen zwei larvalen Häutungen auf, so können regenerative Funktionen der Zangenhypodermis in Kraft treten (DIAKONOV) und den Schaden bei der nächsten Häutung teilweise wieder ausbessern.

Es ergeben sich demgemäß folgende Möglichkeiten des Zustandekommens von *Zangenmißbildungen* bei Larve, Nymphe und Imago (siehe Tabelle S. 472).

Die Tabelle zeigt, daß die „inneren“ Faktoren (I) nur während der Häutung, solange das Chitin noch weich und dehnbar ist, auf die resultierende Zangengestalt einen Einfluß haben können; die „äußeren“ Faktoren (II) hingegen können sowohl an der noch weichen, frischgehäuteten, als auch an der ausgehärteten, starren Zange eine mechanisch bedingte Deformierung hervorrufen.

Es ist ohne weiteres klar, daß für die endgültige Zangengestalt die Häutung der Nymphe (letztes Larvenstadium) entscheidend ist, obwohl Schädigungen (durch innere oder äußere Faktoren bedingt), die in früheren Larvenstadien erfolgten, noch ihre Spuren — etwa durch nur teilweise stattgefundene Regeneration — bis zu den imaginalen Cerci bewahren können. Äußere (mechanische) oder innere (physiologische) Faktoren können unter Umständen gleichzeitig der sich umformenden Zange ihren Stempel aufdrücken und eine Mißbildung hervorrufen: z. B. es resultiert eine verbogene, geschrumpfte Zange.

Bei *Forficula* kennt man vier Larvenstadien; das letzte wird auch als „Nymphe“ (siehe Abb. 51) bezeichnet. Die Gestalt der Cerci ist auf allen vier Larvenstadien die gleiche; die Zangen unterscheiden sich nur durch ihre Größe. Innerhalb jedes Larvenstadiums variieren sie in der Länge,

Zeit der Wirksamkeit	I. Innere Faktoren		II. Äußere Faktoren	
	a) Ihre Art	b) Ihre Wirkung	a) Ihre Art	b) Ihre Wirkung
1. Während einer larvalen Häutung	Geringe Vitalität d. Larve. Geringer Blutdruck der Larve. Allgemeine Häutungsstörung (festsitzende Exuvie usw.).	Keine erhebliche Veränderung der larvalen Zangenform, da diese für alle vier Larvenstadien sehr ähnlich ist.	1. Verbiegen der Zangenglieder. 2. Abknicken eines oder beider Zangenglieder. 3. Abreißen der ganzen Zangen oder von Teilen.	ad 1 u. 2: Erhärtung des Chitins und damit Erhaltung der verbogenen oder abgeknickten Form. Spätere Regeneration bei folgender Häutung. ad 3: Fehlen der entfernten Teile; teilweise Regeneration bei der nächsten Häutung möglich.
	2. Während der letzten Häutung der Nymphe zur Imago:	Geringe Vitalität der Nymphe. Geringer Blutdruck der Nymphe. Allgemeine Häutungsstörung (z. B. längere Zeit festsitzende Nymphenexuvie).	Nicht vollkommene Ausgestaltung der imaginalen Zangenform, besonders leicht erhebliche Deformierung der männlichen imaginalen Zange. Mehr oder weniger starke Beibehaltung der Nymphen-Zangenform. Schrumpfung. Zähne beim Männchen noch z. T. eingestülpt.	1. Verbiegen der Zangenglieder. 2. Abknicken eines oder beider Zangenglieder. 3. Abreißen der ganzen Zangen oder von Teilen.
1. Zwischen larvalen Häutungen:  2. Nach der letzten Häutung der Nymphe zur Imago:	Keine Wirkung auf die erhärtete Zangenform.		Zangenverlust ganz oder teilweise.	Defekt bleibt bis zur nächsten Häutung bestehen, dann teilweise Regeneration möglich.
	Keine Wirkung auf die erhärtete Zangenform.		Zangenverlust ganz oder teilweise.	Defekt bleibt bis zum Tode der Imago bestehen.

A. Während einer Häutungsperiode

B. Nach e. Häutungsperiode

wie auch der ganze Körper der Larven erhebliche Längenvariabilität aufweist (Abb. 51: zwei gleichalte Nymphen).

Die Zange der Larve ähnelt in ihrer Form stark den weiblichen imaginalen Cerci. Die Abdominalanhänge der weiblichen Nymphen haben also bei der letzten Häutung im wesentlichen nur eine Größen- und Dickenzunahme und kaum irgendwelche Formveränderungen durchzumachen; daher zeigen die Mißbildungen der weiblichen imaginalen Zangen nicht derart weitgehende Deformierungen der normalen Gestalt.

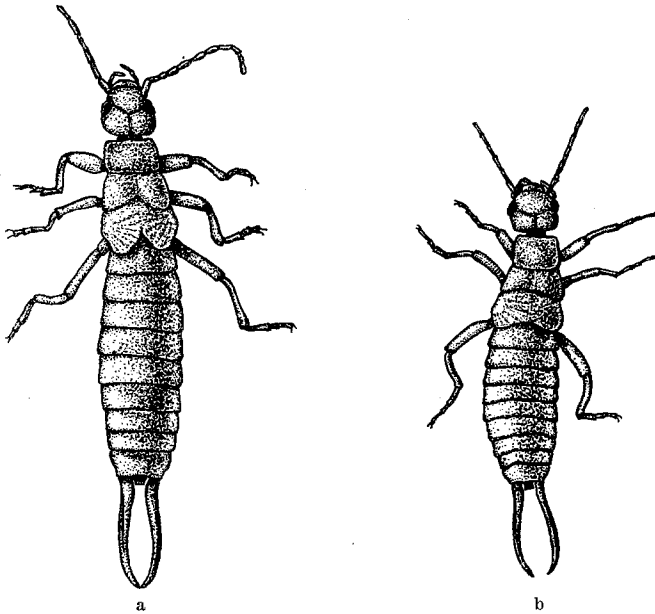


Abb. 51. Zwei in ihrer Größe stark variierende Nymphen (letztes Larvenstadium) von *Forficula auricularia* vom gleichen Fundort (Frankfurt).

Anders die imaginalen männlichen Cerci; hier muß während der wenigen Minuten der letzten Häutung eine völlige Formumgestaltung und nebenbei eine erhebliche Volumvergrößerung (auf das Mehrfache des Nymphenzangenvolumens) erreicht werden, ehe das Chitin gänzlich erhärtet. Die physiologischen Leistungen während der Häutung der männlichen Zange sind demnach wesentlich komplizierter; sie stellen an die Mechanik der gedehnten und umgeformten Gewebekomplexe höhere Anforderungen als bei der Häutung der weiblichen Nympe.

Der Uniformität der Größenverhältnisse der abnormen Cerci steht also eine starke Multiformität der Form- und Gestaltverhältnisse gegenüber, die, wie die Tabelle der Entstehungsmöglichkeiten von Zangenmißbildungen zeigt, nicht von einem gemeinsamen Gesichtspunkt aus ge-

deutet werden kann. Regenerative Prozesse infolge verlorengegangener Zangenteile sind demgemäß nur zum Teil zur Erklärung der Mißbildungen der Form heranzuziehen.

Die für die beiden Fundorte festgestellten deformierten männlichen und weiblichen Zangen sollen an Hand der vorstehenden Tabelle einer genaueren Analyse unterzogen werden. Die Vorgänge während bestimmter Stadien der Ontogenie von *Forficula*, die zu Zangenmißbildungen führen können, lassen folgende abnorm gestaltete imaginale Zangentypen in Erscheinung treten, die ihre Form bis zum Tode der Imago nicht mehr ändern:

1. Zangen mit *mechanisch* bedingten Defekten (Abknickungen, Verbiegungen). Diese Deformationen sind ohne Schwierigkeiten zu erkennen.

2. Zangen mit teilweise oder ganz *regenerierten* Gliedern; die Regenerate sind in verschiedenem Grade kürzer als das normal gestaltete Glied. Die Form der Regenerate schwankt und ähnelt der weiblichen Zange mehr oder weniger stark.

3. Zangen, deren Form durch *innere* Störungen während der letzten *Häutung*, meist infolge zu geringen Blutdrucks der Nymphe, Schrumpfungen in verschieden hohem Ausmaße aufweist. Bei den männlichen Zangen fehlen die Zähne häufig, oder sie sind nur zum Teil durch den Druck der Hämolymphe ausgestülpt (treppenförmige Gestalt der großen Zähne; oft hängen sie schlapp nach hinten). Der Kontur der Zange läßt häufig starke Einfaltungen erkennen.

Zeigen diese drei Mißbildungstypen infolge ihrer Formeigentümlichkeiten ihre Entstehungsursache deutlich an, so ist dies bei einer Reihe von Objekten leider nicht in derart klarer Weise zu beobachten; in allen den Fällen nämlich, wo mehrere die Formgestaltung beeinflussende Faktoren ihre Wirkung ausgeübt haben. So kann man weiterhin unterscheiden:

4. Zangen, die Regenerate und Häutungsstörungen zusammen aufweisen, entweder beiderlei Spuren an ein und demselben Zangenglied, oder z. B. auf der einen Seite ein Regenerat und auf der anderen ein geschrumpftes nicht ganz ausgepreßtes Glied. Oder aber auch das Regenerat kann die Nachwirkungen einer Häutungsstörung tragen: es ist faltig und zeigt eine unebene Oberfläche.

In analoger Weise kann man Kombinationen vorfinden von:

5. Zangen, die die Auswirkung einer Häutungsstörung mit einem von außen bedingten mechanischen Defekt verbinden.

6. Zangen mit Regeneraten und Spuren einer äußeren mechanisch (während der Häutung) bewirkten Deformierung.



I. Helgoland 1925.

Einteilung der Zangenmißbildungen der Männchen. (n = 66.) (Vgl. hierzu Abb. 47; die Zahlen bezeichnen die Nummern der Zangen.)

1. Durch äußere Faktoren bewirkte Defekte Zange Nr.	2. Regenerate verschiedenen Alters Zange Nr.	3. Häutungsstörungen Zange Nr.	4. Regenerat + Häutungsstörung am gleichen Objekt Zange Nr.	5. Mechanischer Defekt + Häutungsstörung Zange Nr.	6. Regenerat + mechanischer Defekt Zange Nr.
53, 54, 55, 56, 62.	23 (?), 37 (?), 40 (?), 43 (?), 45, 46, 47, 51 (?), 57, 59, 60, 61.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 41, 42, 44, 48, 49, 50, 64.	63, 65, 66.	52.	58,
5	12	44	3	1	1

Die Zangenmißbildungen der Weibchen (Abb. 48) (n = 53).

18, 30, 31, 32, 33, 34,	13 (?), 14 (?), 23, 24, 27, 35 (?), 49.	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 19, 28, 29, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47.	17, 20, 21, 22, 25, 26, 36, 37, 38, 45.	51, 52, 53.	48, 50.
6	7	25	10	3	2

2. Frankfurt 1925.

Einteilung der Zangenmißbildungen der Männchen. (n = 21.) (Vgl. hierzu Abb. 49; die Zahlen bezeichnen die Nummer der Zangen.)

1. Durch äußere Faktoren bewirkte Defekte Zange Nr.	2. Regenerate verschiedenen Alters Zange Nr.	3. Häutungsstörungen Zange Nr.	4. Regenerat + Häutungsstörung am gleichen Objekt Zange Nr.	5. Mechanischer Defekt + Häutungsstörung Zange Nr.
3, 16.	6, 8, 17, 18.	1, 2, 4, 5, 7, 9, 10, 14, 15, 20, 21.	11, 12, 13.	19.
2	4	11	3	1

Die Zangenmißbildungen der Weibchen (n = 12; vgl. Abb. 50).

10.	2, 9.	1, 3, 4, 5, 6.	7, 8, 11.	12.
1	2	5	3	1

Anmerkung: Weibliche Zangen mit Regeneraten und mechanischen Defekten (Spalte 6) wurden nicht gefunden.

Häufig ist es nicht einwandfrei möglich, eine Mißbildung einer der hier aufgestellten Kategorien 4—6 (kombinierte Formstörungen) einzuordnen. Es ließen sich noch weitere Kombinationen hinsichtlich der ontogenetischen Ursächlichkeit von Zangendeformierungen aufstellen; in der vorstehenden Zusammenstellung soll versucht werden, mit obigen sechs Einteilungsprinzipien auszukommen.

Bei der Beurteilung der Tabellen ist der Fundort Helgoland 1925 wegen der relativ größten Zahl der Mißbildungen zunächst heranzuziehen. Wie oben gezeigt wurde, sind die in den Rubriken 1—3 aufgeführten deformierten Cerci hinsichtlich der Ursache ihrer abnormen Gestaltung eindeutig definiert.

Sowohl bei den Männchen als auch bei den Weibchen sind die meisten Formmißbildungen infolge von inneren Faktoren als *Häutungsstörungen* entstanden: 44 bei den ♂♂, 25 bei den ♀♀; dann folgen die Regenerate verschiedenen Alters, 12 bei den ♂♂, 7 bei den ♀♀, und endlich die durch äußere Faktoren mechanischer Art bewirkten Defekte, 5 bei den ♂♂, 6 bei den ♀♀. Diese letzteren sind rein zufällig (etwa durch Berührung und Stauchung an festen Teilen der Umgebung oder durch andere eng neben den sich häutenden Tieren liegende Artgenossen) der nach der Häutung noch weichen Zange zugefügt worden und dann erhärtet.

Für den Fundort Frankfurt gilt für die ersten drei Rubriken der Zusammenstellung das gleiche, trotz der wesentlich geringeren Zahl der Objekte. Auch hier finden sich die wenigsten Mißbildungen in Rubrik 1 (2 ♂♂, 1 ♀), dann folgt 2 mit den Regeneraten (4 ♂♂, 2 ♀♀) und schließlich zeigt Spalte 3 die Häutungsstörungen mit den relativ höchsten Zahlen von 11 ♂♂ und 5 ♀♀.

Von den letzten drei Rubriken (4, 5 und 6) sind Spalte 4 und 5 von Interesse; da bei diesen beiden Defektkombinationen auch jeweils die durch innere Faktoren bedingte Häutungsstörung eine Rolle spielt, könnte man die diesen beiden Kategorien zugeordneten Cerci wenigstens zum Teil noch der Gruppe 3 mit zurechnen, da ihnen dieser innere Störungsfaktor gemeinsam zukommt.

#### *Schlußfolgerungen aus den im VIII. Kapitel mitgeteilten Tatsachen.*

Die wesentlichsten Ergebnisse aus dem vorstehend mitgeteilten Tatsachenmaterial über Morphologie, Entstehungsursachen und prozentuale Verteilung der Zangenmißbildungen der Imagines bei den beiden Fundorten Helgoland 1925 und Frankfurt 1925 lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Alle männlichen Zangenmißbildungen gehören dem *kurzen Zangentyp* an; die weitaus meisten scheinen der *breiten kurzen* Form zuzurechnen zu sein.

2. Sowohl bei ♂♂ als auch bei ♀♀ überwiegen zahlenmäßig die Form-

mißbildungen, deren Defekt auf innere Störungsfaktoren während der letzten Häutung zurückzuführen ist.

3. An dem Fundort mit geringer Variabilität der Gesamtpopulation, Helgoland, ist die Anzahl der vorgefundenen Zangenmißbildungen prozentual für die ♂♂ mehr als *doppelt*, für die ♀♀ mehr als *viermal* so groß als bei der in allen wesentlichen Zangenteilen stärker variierenden Frankfurter Population.

Aus diesen drei Hauptergebnissen der Analyse der Zangenmißbildungen lassen sich wichtige Schlüsse ziehen in bezug auf die Problemstellung: *Zangenvariabilität—Modifikabilität*.

Zunächst ist die Tatsache zu erklären, daß sämtliche deformierten Cerci nur eine sehr geringe Länge aufweisen (die einzige defekte mittellange Zange [Helgoland 1925] zeigt, wie aus Abb. 47a hervorgeht, eine mechanisch, also zufällig bewirkte Deformation des rechten Zangengliedes) und daß die mittleren und großen Zangen der untersuchten Populationen keine Mißbildungen zeigten.

Man findet unter diesen extremen Plusvarianten weder einseitige Regenerate, noch durch Schrumpfungen gestörte Zangenform, noch Verbiegungen oder Knickungen von Zangengliedern.

Geht man von der Annahme aus, daß die langen und längsten Cerci einer Population hinsichtlich des Merkmals „Länge“ erblich bedingt sind, so ist nicht zu verstehen, warum unter diesen Typen keine Mißbildungen auftreten; denn es ist nicht einzusehen, warum die „Zangenlänge“ durch eine erbliche Fixierung dieses Merkmals im Genotypus vor physiologischen Störungsfaktoren (z. B. zu geringer Druck der Hämolymphe der Nymphe bei der Häutung) oder vor mechanischen Deformierungen (z. B. Verbiegungen, so lange das Chitin noch weich ist) geschützt sein soll. Wenn auch die extremen Längen-Plusvarianten nur in relativ geringer Zahl vorkommen, so wären doch der Wahrscheinlichkeit nach bei irgendeinem der vier Fundorte wenigstens einige geschrumpfte große Zangenglieder zu erwarten. Die sehr langen männlichen Cerci zeigen jedoch immer eine glatte, ausgeglichene Oberfläche und eine harmonische Gestalt.

Verständlich wird die Tatsache des Fehlens von Mißbildungen sofort, wenn man von einer erblichen Bedingtheit der einzelnen Längengrade der Cerci absieht und ihre Variabilität als Ausdruck einer *Modifikabilität* auffaßt. DIAKONOV weist bereits darauf hin, daß bei Regeneraten die andere normal gebildete Zangenhälfte immer vom Typ der „brachylabia“ ist; er führt dies auf Erschöpfung des Zangenbildungsmaterials (infolge des erhöhten Stoff- und Kraftverbrauchs durch das sich neu bildende Regenerat) zurück und sieht hierin ebenfalls einen Beweis für eine vorliegende Modifikation.

Durch die oben gegebenen Tabellen konnte der Nachweis erbracht werden, daß den Regeneraten unter den gesamten Mißbildungen nur eine

untergeordnete Rolle zukommt und daß die Mehrzahl der Defekte auf das Konto von Häutungsstörungen zu setzen ist.

Findet man unter allen großen männlichen Cerci niemals eine geschrumpfte, nicht ganz ausgestülpte Zange (auch die Fundorte Helgoland 1924 und Holstein 1924 wurden hierauf untersucht), so ist dies als Beweis dafür anzusehen, daß bei der Häutung von Nymphen, die sehr große Zangen liefern, besonders günstige physiologische Bedingungen vorliegen müssen, im Sinne der Häutungsphysiologie: ein sehr hoher Druck der Hämolymphe und gute allgemeine Vitalität der sich häutenden Nympe (z. B. die Fähigkeit, durch reichliches Luftschlucken für die notwendige Druckerhöhung zu sorgen).

Die extremen Plusvarianten können demnach als Maßstab für die Art der individuellen Lebensbedingungen dieser Tiere angesehen werden: Modifikation. Unter diesem Gesichtspunkt wird es verständlich, daß geschrumpfte, nicht ganz ausgepreßte Cerci nur bei kleinen und allenfalls mittleren Zangengängen vorkommen können: hier lagen an sich schon kleinere, schwächere Nymphen vor, deren Zangen infolge zu geringen Druckes der Hämolymphe in den wenigen Minuten der Häutung nicht ganz ausgedehnt werden konnten; daher fehlt denn auch so häufig die typische Ausbildung der kleinen und großen Zähnechen an der Basis der Innenseite der Zange.

Eine gewisse Schwierigkeit bietet noch die Tatsache, daß manchmal ein Zangenglied zwar klein, aber doch wohlausgebildet, und nur das andere geschrumpfter und kleiner ist und die Merkmale der Häutungsstörung aufweist; der Blutdruck ist während der Häutung ja in allen Teilen des Körpers der gleiche, er kann also nicht einseitig auf ein Zangenglied in geringerem oder stärkerem Maße ausdehnend einwirken. Es wird sich in diesen Fällen oft um kombinierte Regenerate und Häutungsstörungen handeln, vielleicht sind auch bisher noch unbekannte innere mechanische Bedingungen, z. B. die Dehnbarkeit des neugebildeten Chitins, nicht in normaler Weise gegeben; oder vielleicht lassen innere Mißbildungen an der Einlenkungsstelle der Zangenglieder den Flüssigkeitsdruck nicht gleichmäßig auf beide Zangenglieder einwirken.

Daß also bei großen männlichen Cerci keine Regenerate vorkommen, wird bereits durch die Anschauungen DIAKONOVs erklärt und an dieser Stelle näher begründet; daß keine Häutungsstörungen bei diesen Plusvarianten vorkommen können, wurde oben dargelegt. Wie läßt sich nun noch das Fehlen mechanisch bewirkter Verbiegungen und Knickungen, die zufällig bedingt sind, bei den ganz langen männlichen Cerci erklären?

Unter der Voraussetzung der großen Vitalität der Nympe und des großen *Innendruckes* in den sich sehr stark ausdehnenden nymphalen Cerci während der Häutung ist es verständlich, daß diese zwar noch weichen, aber doch sehr prallen Zangen nicht so leicht Verbiegungen aus-

gesetzt sind als die an sich meist schon schlafferen mittleren und kleinen Cerci.

Das dritte wichtige Ergebnis der Analyse der Mißbildungen läßt sich ebenfalls mit den für die ersten beiden Hauptresultate gegebenen Deutungen bestens in Einklang bringen.

Es seien die Tatsachen noch einmal kurz gegenübergestellt:

- |                 |   |   |
|-----------------|---|---|
| Helgoland 1925: | { | <p><i>Geringe Gesamtvariabilität</i> der Population, relativ <i>sehr wenige große lange männliche und weibliche Cerci</i>;<br/> relativ <i>große Zahl von Mißbildungen</i> in beiden Geschlechtern;<br/> davon sind die meisten <i>Häutungsstörungen</i>, also durch <i>innere</i> Faktoren bedingt.</p>              |
| Frankfurt 1925: | { | <p>Wesentlich <i>größere Gesamtvariabilität</i> der Population, relativ <i>viele große, lange männliche und weibliche Cerci</i>;<br/> relativ <i>sehr geringe Zahl von Mißbildungen</i> bei beiden Geschlechtern. Auch unter den wenigen abnormen Cerci dieses Fundortes <i>überwiegen die Häutungsstörungen</i>.</p> |

Fassen wir auch hier die extremen *Plusvarianten* als ontogenetisches Endresultat der Einwirkung besonders *günstiger* Lebenslage der betreffenden Larven und Nymphen auf (Modifikation), so zeigen die prozentualen Zahlenverhältnisse der Mißbildungen für die beiden Fundorte eine sehr gute Übereinstimmung mit den äußeren Lebensbedingungen der beiden Gesamtpopulationen, soweit diese äußeren Faktoren einer Beurteilung zugänglich sind.

Es dürfte kaum ein Zweifel darüber bestehen, daß ein geschützt gelegener Zier- und Nutzgarten in Süddeutschland (Fundort Frankfurt) mit seinem Überreichtum an Nahrungspflanzen für *Forficula* (viele Dahlien usw.) den Larven und Nymphen erheblich bessere Lebensbedingungen darbietet, als die ungefähr 54 m über dem Meere gelegene, allen Witterungseinflüssen ausgesetzte Sapskuhle auf Helgoland. Hiermit stimmt auch gut die Tatsache überein (siehe auch Kapitel II), daß auf Helgoland die larvale Entwicklung von *Forficula* wesentlich langsamer vor sich geht, als in Frankfurt. So wurden in Helgoland noch im September 1925 3,43% vorimaginale Entwicklungsstadien (Larven und Nymphen) gefunden, in Frankfurt dagegen bereits in den Monaten Juli—August kaum noch eine vereinzelt Nympe und gar keine Larven mehr.

Die große zahlenmäßige Verschiedenheit im prozentualen Auftreten der Mißbildungen an den beiden analysierten Populationen findet somit ihre einfache Erklärung.

Die genaue Untersuchung der Mißbildungen zweier Populationen aus geographisch weit voneinander entfernt liegenden Sammelstellen hat unter geringer Anwendung statistischer Daten zu wichtigen Schlüssen hinsichtlich der Auffassung der Variabilität von *Forficula* geführt. Beide Geschlechter wurden in gleicher Weise für die Analyse herangezogen, die Männchen bei der Deutung in etwas erheblicherem Maße, weil bei ihnen

die geschlechtsspezifischen Gestaltverhältnisse sich als besonders geeignete Indikatoren für leichte und mittlere Störungen der normalen Form erwiesen.

Aus dem Vorhandensein oder Fehlen gewisser Mißbildungstypen, den Größen- und Formverhältnissen der aus inneren Ursachen entstandenen Deformationen und schließlich aus der Häufigkeit des Vorkommens bei den beiden Populationen und den allgemeinen Lebenslageverhältnissen der Fundorte selbst konnte mit Sicherheit auf Modifikabilität geschlossen werden. Diese Schlußfolgerung soll durch die Ergebnisse des folgenden Kapitels noch weiter gesichert werden; dort soll auf Grund einer näheren Untersuchung der Häutungerscheinungen versucht werden, für bereits in früheren Abschnitten morphologisch und statistisch erfaßte Zangentypen den Nachweis der Modifikation zu erbringen.

## IX. Beobachtungen über die Ontogenese der imaginalen Zange.

### 1. Die letzte Häutung von der Nymphe zur Imago.

Aus den Ergebnissen der Analyse der Form der männlichen Cerci (Kapitel V und VI), den Auswertungen der Korrelationstabellen (Kapitel VIII, 2 und 3) und den Untersuchungen über die Mißbildungen der imaginalen Zangen (Kapitel VIII) konnten bereits Schlußfolgerungen gezogen werden über die ausschlaggebende Bedeutung des glatten Ablaufs der letzten Häutung für die Gestaltung der imaginalen Zange. Zum Verständnis der verschiedenen Faktoren, die für die Ausbildung der endgültigen imaginalen Zangengestalt mitbestimmend sind, ist es erforderlich, daß auch die larvalen Stadien zum Teil mit in den Rahmen der Untersuchung einbegriffen werden.

Daß die Gesamtdauer der larvalen Entwicklung für die einzelnen Fundorte sehr verschieden ist und auch für den gleichen Fundort in verschiedenen Jahren großen Schwankungen unterliegt, wurde bereits erwähnt; desgleichen wurde schon auf die Tatsache hingewiesen, daß sich die Larven und Nymphen einer Population stark durch ihre Größe unterscheiden.

In Abb. 51 a und b sind zwei ungleich große Nymphen (nach Photographie) dargestellt, die nicht einmal die extremsten Größenunterschiede aufweisen; sie wurden ohne besondere Messung einer Population entnommen. Aus der Abbildung geht hervor, daß die Längendifferenz nicht etwa nur durch verschieden starke Füllung des Abdomens (Druck der Hämolymphe) bedingt ist, sondern daß homologe starre Teile des Chitinskeletts unterschiedliche Größe aufweisen (Zangen, Flügelanlagen, Pronotum, Femur usw.). Die Geschlechter der Larven unterscheiden sich nicht durch die Zahl der Abdominalsegmente, wie öfter angegeben wird (nach ДИАКОНОВ ist bei den weiblichen Nymphen das 9. Tergit kleiner als bei den männlichen).

Ist die Annahme richtig, daß die Größenunterschiede der Nymphen auf Milieueinwirkungen während der gesamten larvalen Zeit zurückzuführen sind, daß also die „kleinen“ Nymphen, wie wir ohne Maßangaben kurz sagen wollen, irgendwie im Laufe der Ontogenese durch Nahrungsmangel oder Häutungsverzögerung auf sehr frühen Larvenstadien usw. in ihrer Entwicklung beeinträchtigt worden sind, so muß sich dies auch in der Dauer des Nymphenstadiums bemerkbar machen.

Es wurden aus einer größeren Anzahl frisch gefangener Nymphen die möglichst extremen Längenplus- und -minusvarianten durch mehrfaches Aussortieren gewonnen und in je zwei Portionen „große“ und „kleine“ Nymphen eingeteilt. Das eine Sortiment großer und kleiner Tiere wurde täglich gut gefüttert, das andere erhielt in der ganzen 15tägigen Beobachtungsdauer nur zweimal Futter. Die folgende Zusammenstellung zeigt die Unterschiede in der Dauer des Nymphenstadiums für die großen und kleinen Nymphen.

Datum	Große Nymphen		Kleine Nymphen	
	Anzahl der gehäuteten Imagines		Anzahl der gehäuteten Imagines	
	Gut ernährt	Hungertiere	Gut ernährt	Hungertiere
2. VII. 27	—	—	—	—
8. VII. 27	19	30	4	—
13. VII. 27	5	13	4	3
17. VII. 27	17	—	8	—
Summe:	41	43	16	3
	(16 ♂♂)	(19 ♂♂)	(5 ♂♂)	(1 ♂)
	(25 ♀♀)	(24 ♀♀)	(11 ♀♀)	(2 ♂♂)

Es zeigt sich also, daß für den Beobachtungszeitraum von 15 Tagen 41 große gut genährte Nymphen gegenüber nur 16 in gleicher Weise gefütterten kleinen sich zur Imago häuteten. Bei den Hungernymphen ist der Unterschied noch größer, nämlich 43 große Nymphen zu nur 3 kleinen. Es hat den Anschein, daß das Hungern bei den großen Nymphen ohne Einfluß auf die Dauer des Nymphenstadiums ist; betrachtet man aber die Anzahl der gehäuteten „Hungernymphen“ für die einzelnen durch Daten gekennzeichneten Intervalle, so macht sich doch der Einfluß der fehlenden Nahrungszufuhr bemerkbar (siehe die zweite senkrechte Kolonne der Tabelle): Bis zum 8. VII. hatten sich 30 Nymphen gehäutet, bis zum 13. VII. weitere 13 und bis zum 17. VII. keine mehr; offenbar waren zur Zeit des Versuchsbeginns schon sehr viele Nymphen gerade häutungsreif.

Bei den kleinen Nymphen ist der Unterschied der Häutungsquoten infolge der Hungerperiode wesentlich deutlicher: Die kleinen Nymphen sind eben an sich schon weniger „vital“ und werden daher durch Nahrungsmangel stärker beeinflußt als die ungleich vitaleren großen Nymphen.

Wir können hieraus die Folgerung ziehen, daß unter den Nymphen nicht nur Größenunterschiede bestehen, sondern auch Unterschiede in der allgemeinen Vitalität: die kleinen Nymphen treten physiologisch geschwächt in die letzte Häutungsperiode ein. Wie weit der Grad dieser Schwächung geht, läßt sich nur durch weitere genau geregelte Versuchsbedingungen an sehr großem Material ermitteln.

Die häutungsreifen Nymphen sind vor Beginn der letzten Häutung ohne Schwierigkeit an den stark gedehnten Intersegmentalhäuten zwischen den Tergiten des Abdomens kenntlich.

Im folgenden sei ein Beispiel für den Ablauf einer normalen Häutung gegeben:

- 12 Uhr 00: 3. Abdominalsegment bis zum Sichtbarwerden der Intersegmentalhaut gedehnt. Die Kopfnähte der Nympe sind ebenfalls stark gedehnt (Mediannäht und hintere Stirnnähte).
- 12 Uhr 04: Alle Abdominalsegmente stark gedehnt.
- 12 Uhr 4,5: Platzen der Kopfnähte.
- 12 Uhr 05: Kopf und Thorax arbeiten sich aus der dorsal geplatzen Chitinhülle der Nympe heraus. Über das Abdomen laufen von hinten nach vorne pumpende Kontraktionswellen.
- 12 Uhr 06: Die Mundwerkzeuge (Mandibeln und Maxillen) bewegen sich lebhaft, um das Herausziehen aus der alten Hülle zu erleichtern. Der Kopf hat sich dorsal hinten fast ganz herausgearbeitet; die (lateralen) Hälften der alten Chitinbedeckung hängen beiderseits heruntergeklappt.
- 12 Uhr 07: Die Extremitäten haben sich fast gänzlich aus der Nymphenhülle befreit; der Kopf ist bereits ganz frei.
- 12 Uhr 7,5: Die Antennen sind herausgezogen; die drei Paar Extremitäten bewegen sich schnell (auf beiden Seiten synchron!) von vorn nach hinten und streichen über die alten Antennenhüllen um diese abzustreifen. Die Extremitäten machen „strampelnde“ Bewegungen.
- 12 Uhr 09: Das Hinterende des Nymphenabdomens ist bereits leer; die letzten Abdominalsegmente der Exuvie sind daher eng eingezogen. Das Tier beginnt mit der noch anhängenden Exuvie umher zu laufen und schleppt diese nach.
- 12 Uhr 10: Das Abdomen wird ganz herausgezogen. Die Häutung der Nympe zur Imago ist beendet.

Die Gesamtdauer des Häutungsprozesses belief sich also in diesem als typisch anzusehenden Falle auf genau 10 Minuten; die meisten beobachteten Häutungen schwankten zwischen 8 und 10 Minuten Zeitdauer bis zum völligen Freiwerden der Imago. Es wurde aber in einzelnen Fällen auch eine wesentlich geringere Häutungsdauer festgestellt, z. B. nur 4 Minuten.

Treten irgendwelche Störungen während des Häutungsprozesses ein, auf die weiter unten näher eingegangen werden soll, so kann sich der Vorgang bis zu einer halben Stunde und länger hinausziehen, allerdings resultieren dann stark deformierte Imagines.

Wenn zu Beginn der Häutung, nach dem Platzen des thoracalen Chi-



tins auf dem Rücken, der Thorax der jungen Imago sich unter dorsaler Krümmung aus der Nymphenexuvie vorquellend herausarbeitet, so legt sich das Tier sehr häufig auf die Seite; es fällt um, da der Schwerpunkt durch die Krümmung nach der Dorsalseite sehr weit nach oben verlagert wird. Das junge imaginale Chitin ist rein weiß; nur die Augen, die Spitzen der Mundwerkzeuge und die äußersten Enden der Zangen sind braun bis tiefschwarz. Das Ausfärben des imaginalen Chitins dauert im allgemeinen  $2\frac{1}{2}$ —3 Stunden.

Die Umformung der frisch gehäuteten imaginalen Zange.

Abb. 51 zeigt die große Ähnlichkeit der Nymphenzange mit der imaginalen weiblichen Zange; schlankere Form und Fehlen der zahlreichen sägeartigen Innenzähnen unterscheiden die Anhänge der Nymphe von den Imagocerci. Die Umformung der weiblichen Nymphenzange in die endgültige Imagogestalt ist demgemäß ein einfacher Vorgang gegenüber den Verhältnissen bei den Männchen. Hier muß eine völlig andere Form, oft auch noch unter recht erheblicher Größenzunahme in wenigen Minuten herausgebildet werden.

Wenn die junge Imago ihre Cerci aus der beengenden Nymphenexuvie herausgezogen hat, so zeigen diese noch einen völlig geradegestreckten, schlanken kurzen Habitus.

Unter günstigen physiologischen Häutungsbedingungen weist der später nach außen konvexe Kontur der männlichen Zange einen konkaven Verlauf auf. Abb. 52 demonstriert den Vorgang der Umformung einer jungen männlichen Zange kurz nach dem Freiwerden der Cerci.

Abb. 52a zeigt das Klaffen nach außen, das allerdings nur knapp eine Minute dauerte und keineswegs bei sämtlichen Häutungen beobachtet wurde. Wie stark die Gestalt der Zange bereits nach genau einer Minute verändert war, geht aus Abb. 52 b hervor; die typische Einwärtskrümmung ist ein-

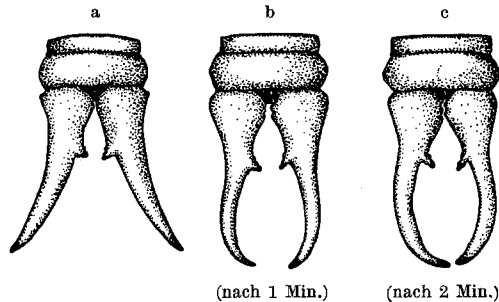


Abb. 52. Drei aufeinanderfolgende Stadien der Umformung einer männlichen Zange unmittelbar nach dem Freiwerden der Cerci aus der Nymphenexuvie.

getreten, die basalen Zähnen sind herausgepreßt worden. Der letzte große Zahn ist durch den Druck der Hämolymphe noch nicht gänzlich aufgerichtet, er „hängt“ noch schlaff nach unten und zeigt pyramidenförmige Gestalt. Nach Ablauf einer weiteren Minute ist die Krümmung der distalen Zangenglieder nach der Medianen zu weiter vorgeschritten

(Abb. 52 c), die Zangenspitzen berühren sich schon fast. In diesem in Abb. 52 a—c dargestellten Falle handelt es sich um eine Zange vom schlanken kurzen Typus mit geringem Wert für B; die Nymphe, die diese Zange lieferte, hatte nur geringe Körperlänge (Typ der Abb. 51 b).

Von besonderem Interesse sind nun die Umformungsprozesse bei der Entstehung einer mittellangen und extrem langen männlichen Zange; in diesen Fällen muß in wenigen Minuten eine Ausdehnung der weichen

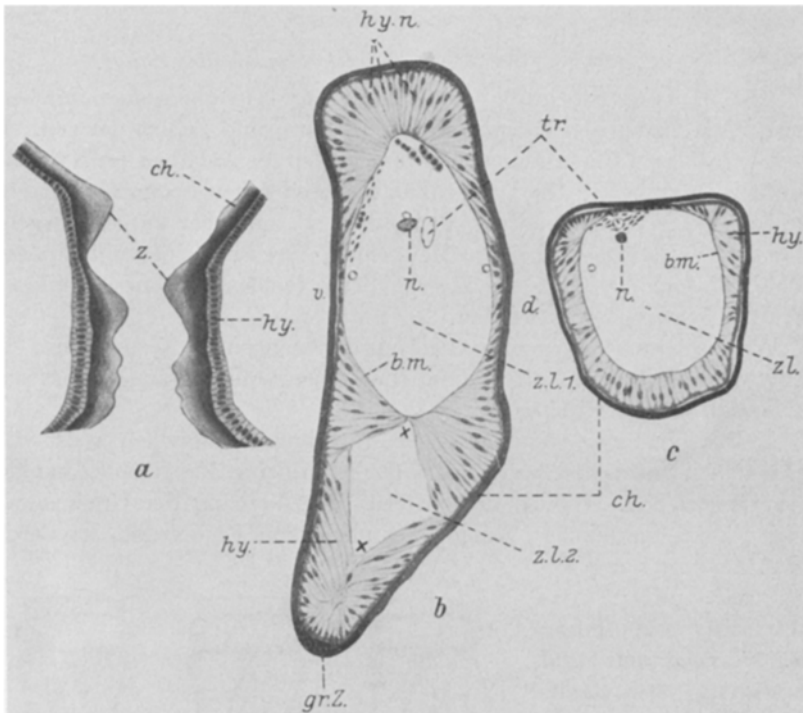


Abb. 53. Darstellung der Struktur der Zangenhypodermis einer fertig ausgefärbten (a) und gerade während der Häutung in Dehnung begriffenen männlichen Zange (b und c). Erklärung der Abkürzungen im Text. (a: frontale Ansicht der Region der basalen Innenzähne, b: Zangenquerschnitt in Höhe des letzten großen Zahnes, c: Zangenquerschnitt unterhalb des großen Zahnes.)

jungen Imagozange auf das Mehrfache ihrer Länge mit Hilfe des durch Luftschlucken während der Häutung stark vermehrten Druckes der Hämolymphe erreicht werden. Daß hierbei eine sehr starke Inanspruchnahme der Hypodermis in mechanischer Hinsicht eintritt, ist zweifellos. In Abb. 53 ist der Habitus der Hypodermis in der fertigen, ausgefärbten jungen imaginalen Zange dargestellt (Abb. 53 a), im Gegensatz zur Hypodermis der gerade in Dehnung befindlichen Zange während der Häutung (Abb. 53 b und c); Abb. 53 a nach Totalpräparat, b und c nach Schnitten. Die Hypodermis der völlig ausgebildeten und erhärteten männlichen

imaginalen Zange zeigt typisch einschichtigen epithelialen Aufbau aus hohen oder auch mehr kubischen Zellen. In Abb. 53 a ist in frontaler Ansicht die Region der basalen kleinen Innenzähnen (*z*) dargestellt. Die Hypodermis (*hy*) ist höher an den Bildungsstellen der Zähnen und flacher, wo das Chitin (*ch*) nur eine geringe Dicke aufweist.

Ein ganz anderes histologisches Bild bietet die Zangenhypodermis dar in der kurzen Zeit der Dehnungsperiode der Zange. Abb. 53 b zeigt einen Zangenquerschnitt in der Höhe des letzten großen Zahnes (*gr.Z.*), c einen Querschnitt etwa in der Mitte der Zangenglieder unterhalb des großen Innenzahnes. An der Hypodermis fällt die gänzlich veränderte Struktur der Zellen auf; es sei zunächst Abb. 53 c besprochen, weil sie einfachere Verhältnisse darbietet. Die Zellen der Hypodermis weisen mehr als doppelte Höhe auf als bei Abb. 53 a; sie haben ihren seitlichen Zusammenhang verloren bis auf die dem Chitin dicht anliegenden und die dem Zangenlumen (*z.l.*) zugekehrten Teile. Die Hypodermiskerne liegen bei den hier sanduhrförmigen Zellen meist in der Zellmitte und rufen eine kleine Anschwellung hervor. Die Hypodermiszellen stehen im Umfange des Zangenquerschnittbildes keineswegs überall senkrecht zur Zangenoberfläche, sondern an einigen Stellen tangential, besonders an der Zangeninnenseite (in c oben, wo der Nerv und die Trachee liegen). Die Zangeninnenseite, der nach innen konkave Teil, wird ja bei der Krümmung der Zange weniger stark gedehnt, als der äußere konvexe Abschnitt. Offenbar steht die Anordnung der Hypodermiszellen in enger Beziehung zu den jeweiligen Dehnungsbeanspruchungen. Im Lumen der Zange (*z.l.*) bemerkt man einen feinen Nerven (*n*), der die Sinnesborsten der Zange versorgt, zwei Tracheenäste und eine Anhäufung von Blutzellen.

Komplizierter liegen die Verhältnisse auf dem Querschnitt in der Höhe des letzten großen Zahnes, Abb. 53 b.

Zunächst fällt auf, daß die Zange in dieser breiten Region zwei Lumina aufweist, ein großes Lumen (*z.l.1*) mit elliptischer Gestalt der in sich geschlossenen Basalmembran (*b.m.*), das auch den Nervenquerschnitt *n*. und den Tracheenstamm *tr.* enthält, und ein kleineres (*z.l.2*) in der Gegend des großen Zahnes (*gr.z.*). Das große Lumen entspricht, wie schon durch die Einlagerung der Nerven bewiesen wird, dem Hauptlumen der Zange. Bei der näheren Betrachtung des zweiten kleineren Hohlraumes erhält man den Eindruck, als sei hier infolge der Dehnungsbeanspruchung (Auspressung des großen Zahnes) der lockere seitliche Kontakt der Hypodermiszellen gänzlich gelöst worden, so daß ursprünglich zusammenhängende Zellgruppen (durch + gekennzeichnet) auseinandergedrückt wurden. Die Stellung der Hypodermiszellen zur jeweiligen Zangenoberfläche im Umkreis des großen Lumens (*z.l.1*) ist wieder verschieden je nach dem Grade der Dehnungsbeanspruchung; auf der Dorsal- und Ventralseite der Zange (*d.*, *v.*) inserieren die Hypodermiszellen

schräg, an der Außenseite senkrecht. Hier, gegenüber dem großen Zahn (*gr.Z.*), erreicht die Höhe der Zellen sehr große Ausmaße.

Die Gestalt ist schlank, spindelförmig, der Kern verursacht eine erhebliche Verdickung; nur an der Basis und dicht unterhalb des Chitins zeigen die Zellen eine kleine Verbreiterung, die den Kontakt mit den Nachbarzellen vermittelt. Die Gestalt und Anordnung der Hypodermiszellen während der kurzen Dauer der Auspressung der imaginalen Cerci zu großer Länge gibt ein Bild von der Verteilung der Dehnungskräfte.

Näher kann an dieser Stelle nicht auf diese interessanten funktionell-morphologischen Anpassungen der stark beanspruchten Zangenhypodermis eingegangen werden, dies soll an anderem Orte in ausführlicherer Weise geschehen. Für die hier interessierenden Fragen ist die vorstehende Schilderung der normal verlaufenden Häutung und der komplizierten histologischen Verhältnisse in der Strukturveränderung der Zangenhypodermis ausreichend, um die Erkenntnis zu vermitteln, daß die *Auspressung* einer *sehr großen* Zange einen Vorgang in der *Ontogenie* des Männchens darstellt, der eine *sehr erhebliche physiologische Arbeitsleistung* des Organismus erfordert.

## 2. Störungen im normalen Verlauf der Häutung.

Im VIII. Kapitel, das die Mißbildungen der männlichen und weiblichen Cerci behandelte, wurden in einer tabellarischen Übersicht die Möglichkeiten der Entstehung von Zangendeformationen dargestellt, und zwar konnten I. innere und II. äußere Faktoren für das Zustandekommen abnormer Zangengestalt verantwortlich gemacht werden. Hier kommen nur die inneren Faktoren in Frage; als solche wurden in der oben genannten Tabelle angeführt: 1. Geringe allgemeine Vitalität der Nymphen, 2. geringer Druck der Hämolymphe, 3. allgemeine Häutungsstörungen mechanischer Art.

Bei den Häutungen der Larven kann als Auswirkung dieser Faktoren keine erhebliche Veränderung der larvalen Zangengestalt eintreten, da die einzelnen Larvenstadien der Form nach sehr ähnliche Cerci aufweisen. Die Faktoren 1. und 2. werden jedoch, falls sie während mehrerer Häutungsperioden der Larven infolge ungünstiger äußerer Bedingungen wirken konnten, in der Gestalt kleiner Nymphen ihre Spuren hinterlassen. Daß die „kleinen“ Nymphen als „Kümmerformen“ anzusehen sind, wurde ja zu Anfang dieses Kapitels dargelegt.

Hier interessieren vor allem die Nymphen und die verschiedenen Zustände zu Beginn der letzten Häutung.

Geringe Vitalität liegt ohne Zweifel bei den kleinen Nymphen vor. Es entsteht die Frage, wie man aus dem Bau einer Imago ersehen kann, ob sie von einer kleinen, mittleren oder sehr großen Nymphe her stammt. Körperlängenmessungen kommen wegen ihrer Ungenauigkeit nicht in

Frage, Zangenmessungen ebenfalls nicht wegen der großen Veränderlichkeit während der letzten Häutung. Der beste Index ist die Breite des letzten Abdominalsegmentes B 1; ohne umfangreiche korrelative Bearbeitung des Merkmalspaares B 1-Nymphe—B 1-Imago, die Messung an der Nymphe, Häutungsbeobachtung und erneute Messung an der Imago (unter Isolierung der einzelnen Individuen) an großem Material erforderte, läßt sich auf Grund unserer gewonnenen Kenntnisse über die einzelnen Zangenmerkmale mit Sicherheit sagen, daß die größte Breite des Abdomens der Imago (B 1) als Maßstab für die jeweilig vorausgegangene Nymphenbreite angesehen werden kann. Die schlanken Imagines mit kurzen Zangen sind also aus kleinen, schmalen Nymphen hervorgegangen. In Kapitel VIII wurde festgestellt, daß die meisten Zangenmißbildungen der *breiten kurzen* Form zuzurechnen sind und daß die *Formmißbildungen* auf Grund *innerer* Störungsfaktoren während der letzten Häutung bei weitem überwiegen.

Wenn nun die großen Nymphen mit breitem Abdomen, wie wir oben aus der geringeren Dauer des Nymphenstadiums geschlossen haben, als die „vitaleren“ Stadien angesehen werden müssen, aus denen also auch die breiten Imagines hervorgehen, so steht dies in gewissem Gegensatz zu der hohen Zahl der bei breiten Imagines vorgefundenen Mißbildungen. Dieser Gegensatz ist aber nur ein scheinbarer, was aus den folgenden Ausführungen ersichtlich wird.

Wir konnten die gesamte Multiformität der männlichen Zangen einteilen in die Typen: schlanke kurze Zangen, breite kurze Zangen und breite lange Zangen nebst den allmählichen Übergängen.

1. *Schlanke kurze Cerci*: Sie klaffen nie an den Spitzen, sind relativ schmal und weisen nur wenig Mißbildungen auf.

2. *Breite kurze Cerci*: Sie klaffen häufig an den Spitzen (A 3), sind relativ breit und neigen sehr zu Mißbildungen. Diese „A 3-Typen“ konnten als leichte Formstörungen aufgefaßt werden. Ihre Zahl ist pro Fundort umgekehrt proportional der Zahl der sehr langen Cerci. Weist eine Population einen hohen Prozentsatz von breiten kurzen Zangen auf, so ist auch die Zahl der Mißbildungen sehr hoch.

3. *Breite lange Cerci*: Sie klaffen nie an den Spitzen, haben hohe Werte für die Zangenbreite und weisen keine Mißbildungen auf.

ad 1. Bei den schlanken kurzen Zangen, die aus geschwächten kleinen schmalen Nymphen hervorgegangen sind, reicht der Druck der Hämolymphe gerade aus (von mechanischen Häutungsstörungen abgesehen), um eine wohlausgeformte kleine schlanke Zange zu liefern, die meist nicht wesentlich länger ist als die Nymphenzange, denn die hier zu leistende physiologische Arbeit ist nicht sehr groß.

ad 2. Wie ist die Form der breiten kurzen Cerci entstanden? Diese A 3-Typen nehmen, wie wir aus den korrelativen Untersuchungen wissen,

eine Sonderstellung im Rahmen der Gesamtpopulation ein. Ihre große Zangenbreite (und Körperbreite der Tiere selbst) weist darauf hin, daß sie aus großen breiten Nymphen hervorgegangen sind.

Aus den Ergebnissen der Korrelationsanalyse und der genauen Untersuchung der Formverhältnisse der Mißbildungen wurde geschlossen, daß diese Zangentypen auf Grund innerer physiologischer Faktoren auf einem nicht maximalen Stadium der Auspressung der distalen Zangenteile stehen geblieben sind. Die Milieueinflüsse haben sich für diese zwar großen und breiten Nymphen nur während der Dauer der Nymphenzeit ungünstig geltend gemacht, so daß im Augenblick der letzten Häutung der Druck der Hämolymphe nicht für eine maximale Ausdehnung des weichen Chitins der Imago ausreichte. (Die Menge der vorhandenen Hämolymphe ist in der Tat bei einer Reihe von Tieren der gleichen Population zur gleichen Zeit sehr großen Schwankungen unterworfen, wie anlässlich der Hodenextirpation von mehreren Hundert *Forficula*-Männchen und der Prüfung auf Parasiten (*Mermis*) an einigen Tausend ♂♂ und ♀♀ festgestellt wurde)<sup>1</sup>.

Hier ist auch die Beobachtung anzuführen, daß aus den zu Anfang des Kapitels erwähnten großen „Hunger“-Nymphen nur mit breiten kurzen Cerci versehene Männchen hervorgingen.

An das Merkmal des „Klaffens“ der Zangenspitzen (A 3) mag an dieser Stelle noch einmal erinnert werden; es wurde ja als Indikator des Grades dieser leichten Häutungsstörung aufgefaßt, und die Art seiner Variabilität fügte sich, wie erinnerlich, in anschaulicher Weise den causalen Gedankengängen ein.

ad 3. Die Deutung der breiten langen bis extrem langen Cerci verursacht nach dem Vorausgegangenen keine Schwierigkeiten mehr. Diese Zangentypen stammen von großen breiten Nymphen ab, die sich durch derart hohe Vitalität zu Beginn der letzten Häutung auszeichneten, daß der Druck der Hämolymphe das vorhandene dehnbare Zangenchitin maximal auszupressen vermochte. Hier ist erneut auf die interessante, unsere Deutung unterstützende Gegenüberstellung hinzuweisen:

*Ungünstige* Milieuverhältnisse — hoher Prozentsatz von *Mißbildungen*: relativ sehr *wenige* maximal *lange* Zangen (z. B. Helgoland 1924, 1925).

*Günstige* Milieuverhältnisse — sehr *niedriger* Prozentsatz von *Zangen-Abnormitäten*: relativ sehr *viele* *extrem lange* Zangen (z. B. Frankfurt 1925).

<sup>1</sup> Was das Vorkommen von *Nematoden* der Gattung *Mermis* in der Leibeshöhle von *Forficula* betrifft, so mag an dieser Stelle die Bemerkung eingeschaltet werden, daß diese parasitischen Würmer sowohl bei Männchen mit sehr großen Zangen, als auch bei solchen mit mittleren und sehr kleinen Cerci nachgewiesen werden konnten. Das Wachstum der Parasiten scheint demnach keinen erschöpfenden Einfluß auf den Wirtsorganismus auszuüben.

Oder:

*Ungünstige Lebenslage*: 29,42% breite kurze A3-Typen, die unter anderen Umständen zu längeren Zangen hätten ausgepreßt werden können (Helgoland 1925).

*Günstige Lebenslage*: nur 4,46% breite kurze A3-Typen (Frankfurt 1925).

Häutungsstörungen mechanischer Art können dadurch zustande kommen, daß einzelne Körperteile verspätet von der Nymphenexuvie befreit wurden, so daß das imaginale Chitin bereits erhärtet ist und nach der Entfernung der Exuvie noch die Gestalt des betreffenden Teils der Nymphe aufweist.

Abb. 54 zeigt eine derartig deformierte weibliche Zange. Die rechte Zange fehlt völlig, die linke hat noch die geringere Dicke der larvalen Zange, sie ist offenbar noch nach Beendigung der Häutung längere Zeit von dem Chitin der Nymphenzange umschlossen gewesen. Die Segmente des Abdomens sind stark deformiert, und zwar sind die letzten drei wesentlich schmaler als die übrigen: das hintere Ende des Abdomens ist ebenfalls mindestens so lange von der Nymphenexuvie fest eingeschlossen gewesen, bis das imaginale Chitin ganz erhärtet war. Eine weitere Häutungsstörung zeigen die Flügeldecken und die Flügel selbst (Auseinanderklaffen).



Abb. 54. Weibliche Imago mit starker Häutungsstörung an den Cerci, am Abdomen und an den Flügeln. Abdomen und Cerci wurden verspätet von der Nymphenexuvie befreit: das imaginale Chitin erhärtete in der Gestalt der entsprechenden Teile der Nymphe. Die rechte Zange fehlt völlig.

Dieses Weibchen machte im übrigen hinsichtlich seiner Lebensäußerungen einen normalen Eindruck.

In seltenen Fällen kann es der Imago überhaupt nicht mehr möglich sein, die Zangenexuvien des Nymphenstadiums abzustreifen. Unter den 11 630 gesammelten Individuen kommt dieser Fall hochgradiger Mißbildung nur zweimal vor. Diese beiden Tiere mit Nymphenzangen am imaginalen Abdomen sind in Abb. 55 und 56 photographisch dargestellt, Abb. 55 ein ♀, Abb. 56 ein ♂. Außer der Nymphenzange konnte auch das Chitin des letzten Segmentes der Nymphe von beiden Tieren nicht abgestreift werden. In ihren Lebensäußerungen war nichts Auffälliges zu bemerken. Das ♀ (Abb. 55) zeigt wieder die bei der Mißbildung der

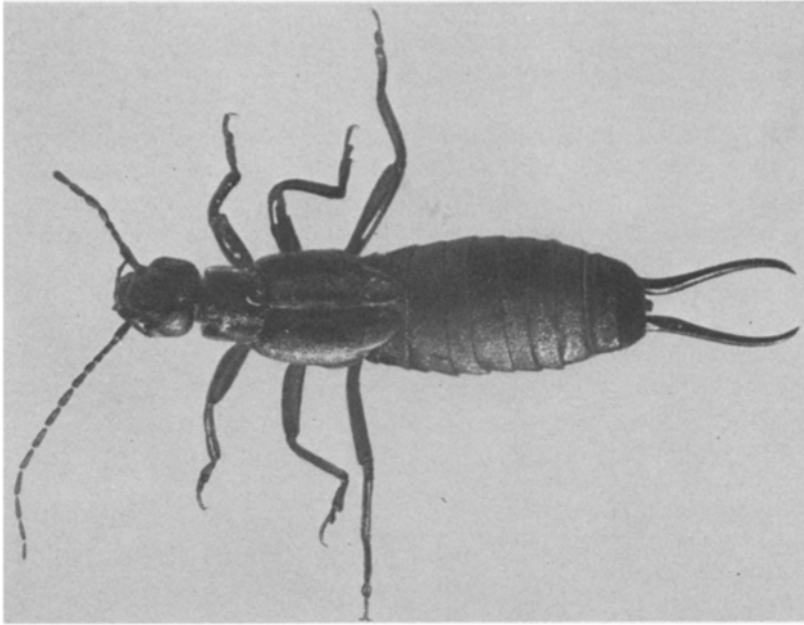


Abb. 56. Männliche Imago von *Forficula auricularia* mit ähnlicher Häutungsstörung wie bei dem in Abb. 55 dargestellten Weibchen: Die Nymphenexuvien sind nicht abgestreift, das letzte Abdominalsegment ist stark eingengt.

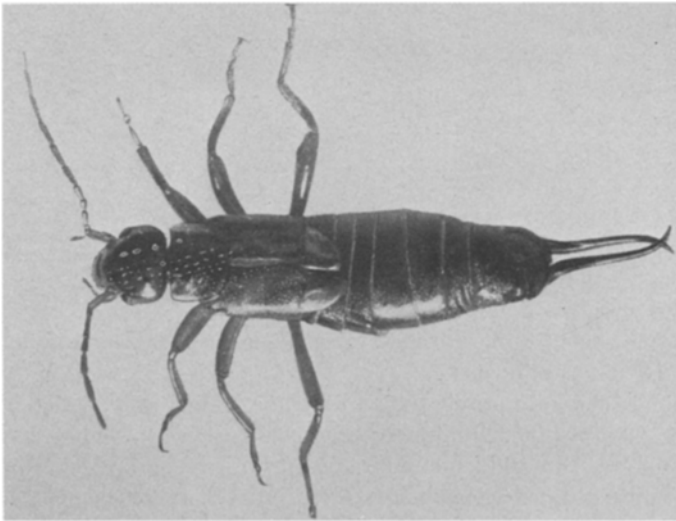


Abb. 55. Weibliche Imago von *Forficula auricularia* mit hochgradiger Häutungsstörung: Die Zangenexuvien des Nymphenstadiums nebst einem Teil des Chitinskelettes des letzten Abdominalsegmentes konnten bei der letzten Häutung nicht abgestreift werden. Die letzten Abdominalsegmente zeigen ebenfalls noch die geringere Dicke des Nymphenabdomens.

Abb. 54 festgestellte Einschnürung des Abdomens am distalen Ende; wir schließen daraus, daß auch der Hinterleib zum Teil längere Zeit von der Nymphenexuvie eingengt war und daß das Chitin in dieser Nymphenform erhärtete.



Die Cerci dieses ♀ wurden im Totalpräparat genauer mikroskopisch untersucht, um die Lage und Gestalt der eingeeengten imaginalen Zange zu erkennen. Abb. 57 stellt den Aufbau dieser „Doppelzange“ dar. Die imaginale Zange (*i.z.*) liegt der Wandung der Nymphenzange (*n.z.*) meist dicht an, bis auf die Spitzen (*i.z.sp.*) und die Innenseite des oberen Drittels. Die Glieder der imaginalen Zange zeigen eine spiralförmige Längsstreifung, die einer oberflächlich angeordneten Fältelung des weichen

Chitins entspricht; diese Falten werden bei der normal verlaufenden Häutung unter Dehnung geglättet.

In Abb. 58 ist endlich eine weitere starke Häutungsstörung mit sehr weitem Abstand der Zangenspitzen, abgerundeten Ecken und nicht ganz ausgepreßten großen und kleinen Zähnen

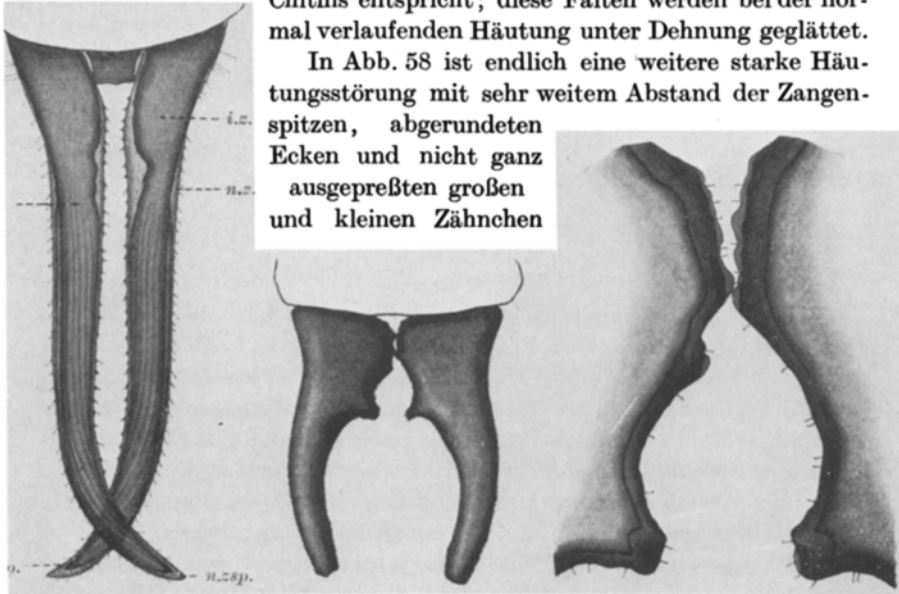


Abb. 57.

Abb. 58.

Abb. 59.

Abb. 57. Stärkere Vergrößerung der in Abb. 55 dargestellten „Doppelzange“: außen die Chitinhülle der Nymphenzange (*n. z.*), innen die eingeeengte imaginale Zange (*i. z.*) mit spiralförmig angeordneter Fältelung des Chitins. — Abb. 58. Starke Häutungsstörung einer männlichen imaginalen Zange mit weitem Abstand der Zangenspitzen, abgerundeten Ecken, nicht ganz ausgepreßten großen und kleinen Zähnen und leicht gefältetem Außenkontur (als Anzeichen nicht völlig erfolgter Ausdehnung des Chitins bei der letzten Häutung). — Abb. 59. Die Region der basalen Innenzähnen der in Abb. 58 dargestellten abnormen männlichen Zange bei stärkerer Vergrößerung: Die Zähnen sind noch zum Teil eingestülpt.

dargestellt. Es handelt sich um den breiten kurzen Zangentyp. Der Kontur ist wellig, die Oberfläche an den Zangenenden ebenfalls leicht gefältet, alles Anzeichen nicht völlig erfolgter Dehnung des Chitins. Abb. 59 stellt Einzelheiten dieser infolge Häutungsstörung mißgebildeten Zange bei stärkerer Vergrößerung dar, und zwar die Region der basalen Innenzähnen (Zeichnung nach aufgehelltem Totalpräparat). Man erkennt deutlich die noch nicht ganz ausgepreßten Zähne.

Man vergleiche zu diesem Abschnitt die Abb. 47, 48, 49 und 50, ferner die zur Erklärung dieser Abbildungen im Text gegebene tabellarische Übersicht im Kapitel VIII.

### 3. Experimentelle Eingriffe vor und während der letzten Häutung.

#### 1. Regenerationsversuche an der Nymphe.

Zur Nachprüfung der Angaben DIAKONOVs (siehe Einleitung zum Kapitel VIII) über die Regenerationsfähigkeit der *Forficula*-Cerci wurden einer großen Zahl von Nymphen einzelne oder beide Zangenglieder teils verkürzt, teils ganz entfernt, teils anderweitig beschädigt.

Ähnlich wie bei der bildlichen Darstellung der Mißbildungen sind auch in den folgenden Abbildungen die Regenerate derart reihenweise angeordnet, daß die fortlaufende Numerierung der zunehmenden Größe des Regenerates parallel läuft (siehe hierzu die Abb. 47—50). Es ist selbstverständlich, daß die äußeren Bedingungen für alle Tiere die gleichen waren; es sind in den Abbildungen nur die typischen Formen der Regenerate dargestellt.

#### 1. Rechte Zange auf dem Nymphenstadium halb entfernt.

##### a) Regenerate an Männchen.

Abb. 60 zeigt 17 männliche Zangenregenerate; der Eingriff an der Nymphe erfolgte am 24.VI.1927. Zange Nr.1—12 einschließlich häutete sich bis zur Imago bis zum 8.VII.1927, Nr. 13—17 bis zum 17.VII. 1927.

Zur exakten Durchführung dieser Versuche hätte das genaue Schicksal jeder Nymphe und das Datum der dritten Häutung zur Nymphe registriert werden müssen, desgleichen für jede einzelne Imago das genaue Datum der letzten Häutung. Im Rahmen dieser Untersuchung kommt es jedoch hauptsächlich darauf an, Eingriff an vorimaginalem Stadium und Wirkung auf die endgültige Zangengestalt und -form kennen zu lernen, um die in der Natur vorgefundenen Mißbildungen richtig auffassen zu können; die Formanalyse der Regenerate ist hier wichtiger, und es konnte daher von der zeitraubenden Einzelregistrierung Abstand genommen werden.

Für die Regeneration eines halben Zangengliedes (unterhalb des letzten großen Zahnes) kommt also hier der Zeitraum von 14 bzw. 19 Tagen in Betracht. Abb. 60 zeigt eine Reihe verschiedener Übergänge von einem nur abgerundeten Amputationsstumpf (1) zu einer fast normalen Zange.

Ist ein regeneriertes distales Zangenende vorhanden, so weist der letzte große Zahn in fast allen Fällen eine Verlagerung distalwärts auf. Oft ist er nicht ganz ausgepreßt, er hängt schlapp herunter und hat treppenförmige Gestalt, das Kennzeichen für nicht völlige Auspressung bei der Häutung.

Länger als 5 mm ist keine Zange geworden (Nr. 5). Das regenerierte Glied kann auch kräftiger sein als das unverletzte (Nr. 9, 11). Bei Nr. 10 hat das Regenerat wesentlich größere Länge als das andere Zangenglied. Kein Regenerat weist völlig normale Gestalt auf.

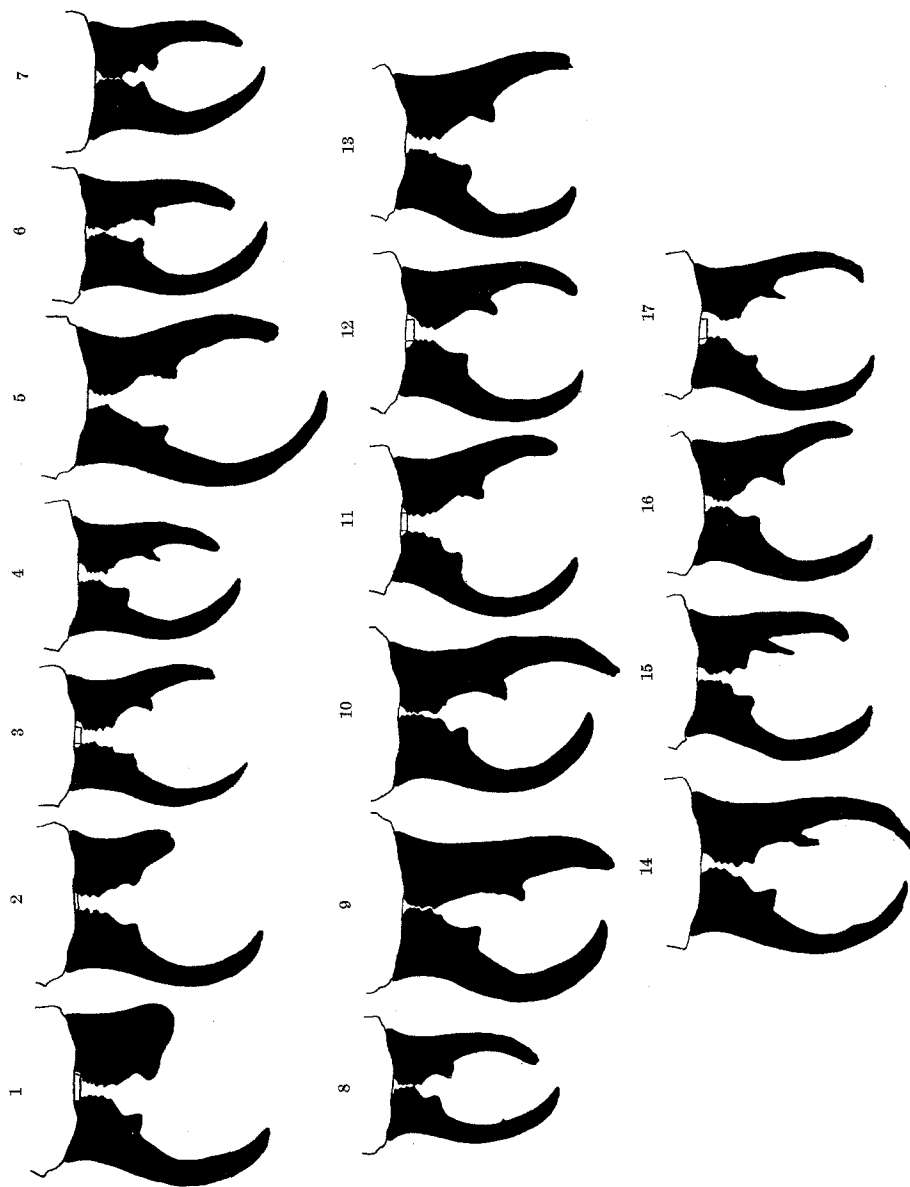


Abb. 60. 17 männliche Zangenregenerate: Die rechte Zange wurde auf dem Nymphenstadium halb entfernt.  
(Anordnung nach zunehmender Größe des Regenerates.)

b) Regenerate an Weibchen.

Entsprechend der einfacheren Gestalt der weiblichen imaginalen Zange können wir bei den Regeneraten der ♀♀ nicht eine derartige Formmannigfaltigkeit erwarten wie bei den ♂♂.

Abb. 61 zeigt vier weibliche Cerci, die zur Demonstration der Regeneration einer halben Nymphenzange ausreichend sind. Nr. 3 weist das wohl gelungenste Regenerat auf, das aber nicht die normale Länge erreicht. Zu einem abgerundeten Chitinverschluß kommt es wohl immer.

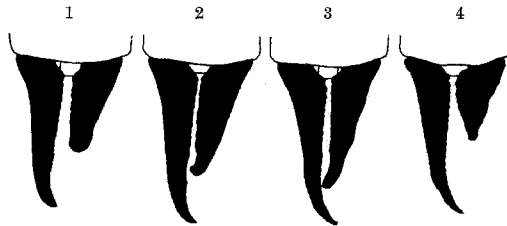


Abb. 61. Vier weibliche Zangenregenerate: Die rechte Zange wurde auf dem Nymphenstadium halb entfernt.

2. Beide Zangen auf dem Nymphenstadium halb und mehr als halb entfernt.

a) Regenerate an Männchen.

Das Bild der Regenerate ist hier wesentlich mannigfaltiger (Abb. 62). Zeit des Eingriffs an der Nymphe: 25. VI. 1927. Für die regenerativen Prozesse zur Verfügung stehende Zeit: 13 Tage (Nr. 1—12) bzw. 18 Tage (Nr. 13—18). Der beiderseitige Verlust eines halben Zangengliedes auf dem Nymphenstadium kann in der Zeit bis zur imaginalen Häutung in sehr verschieden vollkommener Weise ausgeglichen werden. Teils resultieren noch relativ wohlgeformte Cerci, wie z. B. Nr. 10, 12, 13, teils starke Mißbildungen, wie Nr. 14, 15, 16 und 17.

Bei der Regenerationsfähigkeit spielt die gesamte Vitalität der Nymphe eine Rolle; so kommt es häufig vor, daß das Regenerat durch Häutungsstörungen in seiner Gestalt völlig deformiert wird (z. B. Abb. 60: 14—17). Eine erhebliche Häutungsstörung stellt Zange 18 dar, hier steckt die an den Enden abgestutzte Nymphenhülle noch fast ganz über der imaginalen regenerierenden Zange. Auch in diesem Falle finden wir Cerci, die noch schlaff herabhängende große Zähne aufweisen. Bei Zangen mit geringer Länge des Regenerates ist zum mindesten ein gut abgerundeter Chitinverschluß ausgebildet (Nr. 1, 2, 3, 4 und 8). Ein der weiblichen imaginalen Zange ähnelndes Regenerat läßt sich unter diesen Objekten nicht feststellen, da ja die spätere Zähnchenregion beim Eingriff an der Nymphe ungestört blieb.

Kein Objekt überschreitet die Länge von 4 mm!

b) Regenerate an Weibchen.

Die Regeneratserie der Abb. 63 zeigt sehr schöne Übergänge von durch Häutungsstörungen deformierten Regeneraten (1 und 2) bis zu

einer völlig normal wiederhergestellten Zange (8). Die einfachere weibliche Zangengestalt läßt sich leichter wieder neu ausbilden.

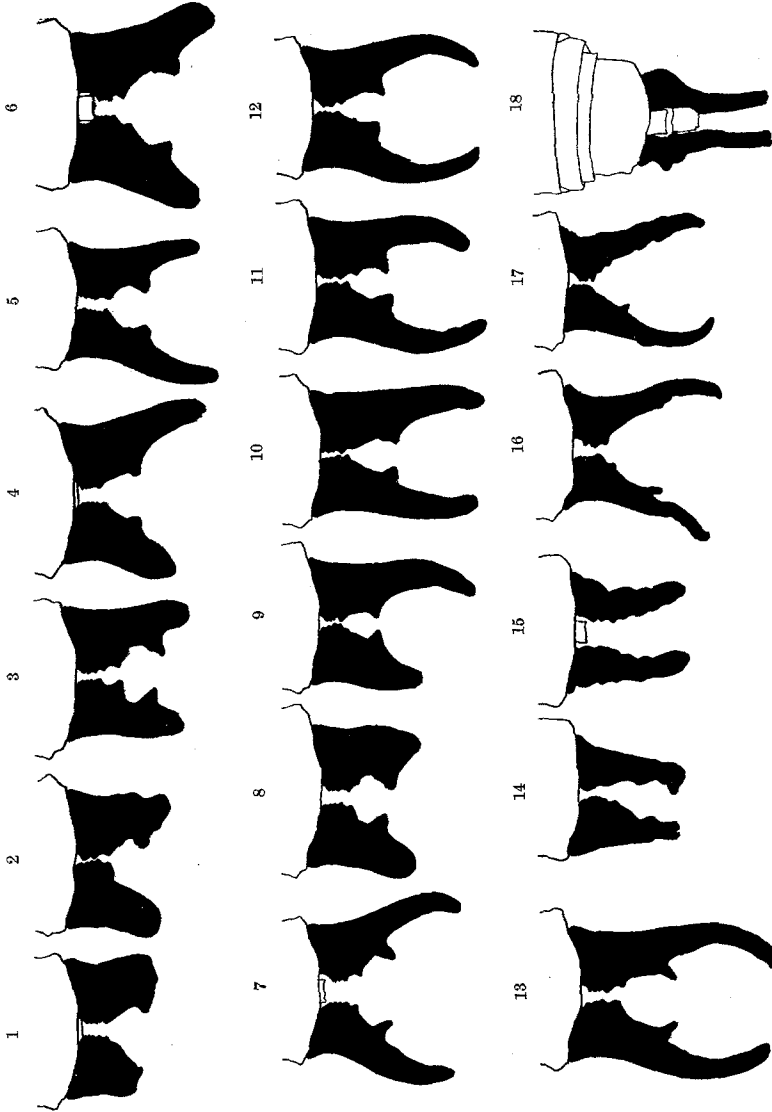


Abb. 92. 18 männliche Zangenregenerate: Beide Zangen wurden auf dem Nymphenstadium halb und mehr als halb entfernt. (Anordnung nach zunehmender Größe der Regenerate.) Kein Objekt überschreitet die Länge von 4 mm!

3. Eine Zange auf dem Nymphenstadium ganz entfernt.

a) Regenerate an Männchen.

Zeit des Eingriffs an der Nympe: 25. VI. 1927. Zur Regeneration zur Verfügung stehende Zeit: 18 Tage.

Abb. 64, obere Zangenreihe Nr. 1—8. An einem Objekt trat überhaupt keine Spur eines Regenerates auf (Nr. 1), die Imago hatte nur ein linkes Zangenglied mit einer Länge von 5,4 mm! Es ist dies das einzige auf dem Nymphenstadium verletzte Tier, das eine größere Zangenlänge als 5 mm aufweist, und das Interessante hieran ist die Tatsache, daß in diesem Falle kein Regenerationsprozeß eingeleitet wurde. Dies stimmt gut mit den Anschauungen DIAKONOVs überein, daß die regenerativen Vorgänge einen Mehrverbrauch an Energie erfordern und dadurch das Zustandekommen einer großen Zange nicht gestatten (Modifikation!)

Bei Zange 2 (Abb. 64) ist nur ein winziges Regenerat an die Stelle der entfernten rechten Zange getreten, dafür ist die linke Zange sehr klein geblieben (allerdings ist diese Imago etwas schmaler!). Zange 3

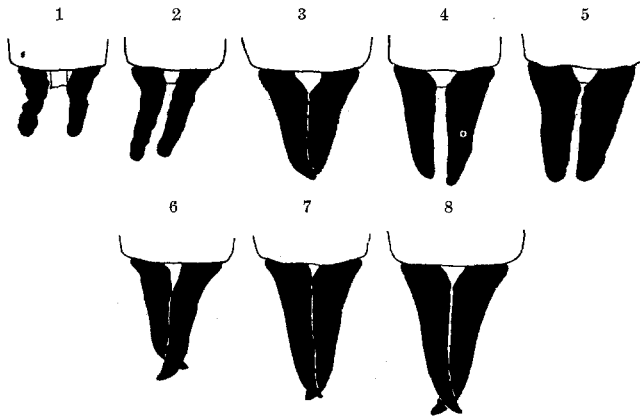


Abb. 63. 8 weibliche Zangenregenerate: Beide Zangen auf dem Nymphenstadium halb und mehr als halb entfernt. (Anordnung nach zunehmender Größe der Regenerate.)

zeigt einen etwas größeren, nicht ganz ausgepreßten Regeneratstummel, Nr. 4 ein kräftiges Regenerat, aber ohne die typische männliche Zangenform. Die Objekte Nr. 5—8 haben zum Teil eine gewisse Ähnlichkeit mit der weiblichen Form, da die Zähne nur ganz unvollkommen ausgebildet sind; dazu kommen noch Formstörungen durch nicht völlige Ausdehnung des Regenerates. Annäherung an die weibliche imaginale Zangenform scheint also nur bei Regeneraten einzutreten, wenn auf dem Nymphen- oder einem früheren Larvenstadium eine Zange ganz entfernt wird; die Ähnlichkeit beruht ja nur auf dem Fehlen der Zähnchen.

#### b) Regenerate an Weibchen.

Kein Regenerat erreicht die Größe der unverletzten Zange (Abb. 64, untere Zangenreihe Nr. 1—8); immerhin ist es erstaunlich, daß in der kurzen Zeit von 18 Tagen bei nur einem Häutungsschritt derart große Regenerate entstehen können wie Zange 6—8. Weitere Einzelheiten können aus der Abbildung ersehen werden.

4. Beide Zangen auf dem Nymphenstadium ganz entfernt.  
 Amputation am 25. VI. 1927. Regenerationszeit: maximal 18 Tage.  
 Bemerkenswert ist, daß die Größe der Regenerate auf beiden Seiten

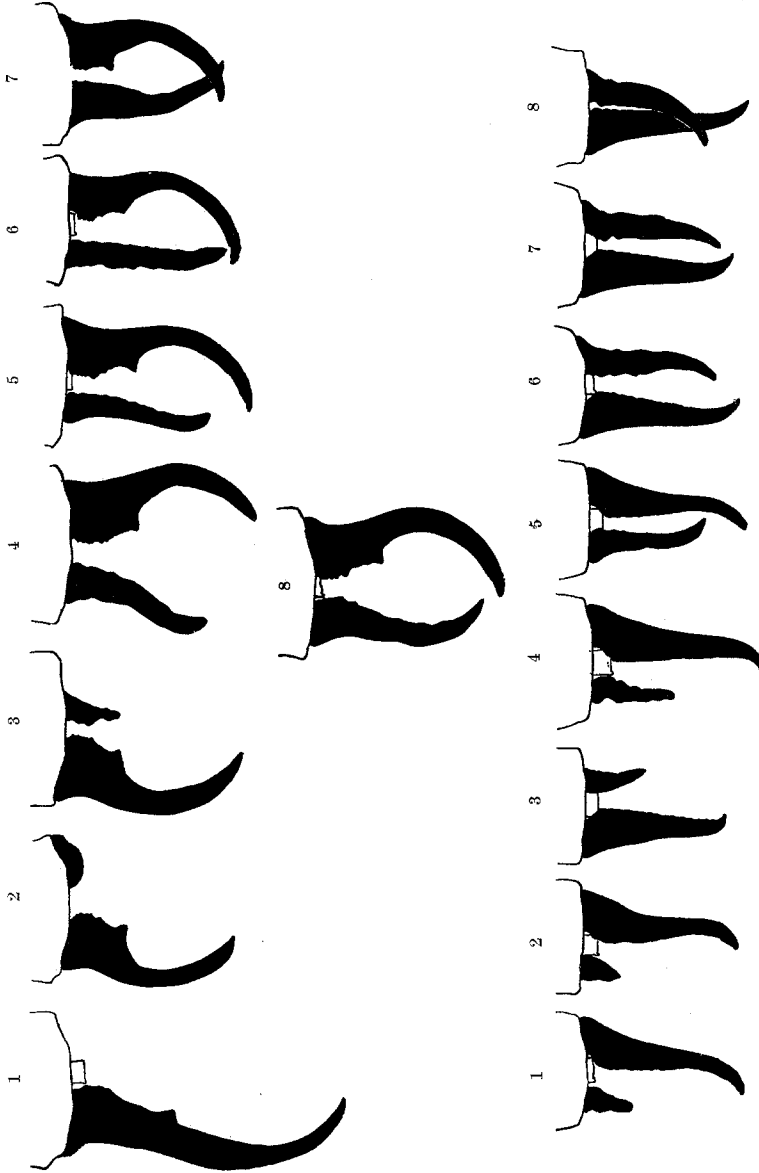


Abb. 64. 8 männliche (oben) und 8 weibliche (unten) Zangenregenerate; Eine Zange wurde auf dem Nymphenstadium ganz entfernt. (S. die Ähnlichkeit des Regenerates mit der weiblichen Zangenform!). Anordnung nach zunehmender Größe der Regenerate.

verschieden ausfallen kann (Abb. 65, Nr. 3 und 4). Im übrigen ist die Zeit zu gering, bei nur einem Häutungsschritt, um beiderseitig große

Regenerate hervorzubringen. Es ist aber nach dem Vorausgegangenen sehr wahrscheinlich, daß trotz völliger Entfernung der Cerci auf frühen Larvenstadien bis zur letzten Häutung sehr wohl fast ganz normale Zangen regeneriert werden. Sehr wichtig ist dabei, daß die Regenerate nicht auch noch durch Störungen im Ablauf der Häutungen, besonders der entscheidenden letzten, deformiert werden (gemischte Formstörungen: Regenerat + Häutungsmißbildung, siehe Kapitel VIII).

### 5. Beide Nymphenzangen dorso-ventral gequetscht.

Als weiterer mechanischer Insult wurden die Nymphencerci mit einer Pinzette etwa 2—3 Sekunden lang in der Mitte gequetscht. Die Resultate dieses Eingriffs sind an einigen Zangen in Abb. 66 wiedergegeben.

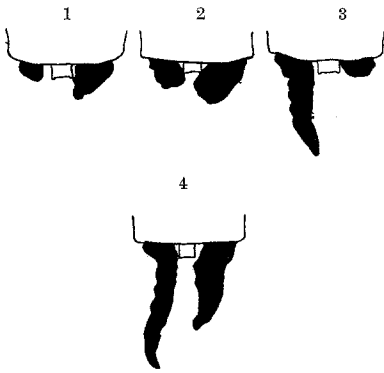


Abb. 65. Vier Zangenregenerate: Beide Zangen auf dem Nymphenstadium ganz entfernt. (Die Regenerate können auf beiden Seiten verschiedene Größe aufweisen.)

An den männlichen Zangen entstehen Störungen in der glatten Chitinbegrenzung, der Kontur ist innen und außen wellig (1—4); auch kommen kleine chitinige knöpfchenartige Auswüchse vor oder buckelförmige Erhebungen. Für die weibliche imaginale Zange ist die Wirkung eine ähnliche. Derartige Störungen können in der Natur in irgendeiner Form der Quetschung bei den sehr weichen Nymphencerci leicht eintreten. Das Chitin der Nymphenzange zerbricht durch den Druck, und die Hypodermis schmiegt sich als weiches Gewebe der deformierten Bruchstelle an; sie kann das neue imaginale Chitin nicht mehr in der glatten Art bilden.

### 2. Regeneration der Larven.

In Abb. 67 sind zwei Nymphen dargestellt, denen auf dem vorhergehenden Larvenstadium eine Zange halb amputiert wurde (am 25. VI. 1927). Für die Regeneration standen maximal 14 Tage zur Verfügung. Während die eine Nymphenzange ein kümmerliches, nicht ganz ausgedehntes Regenerat aufweist, ist das der anderen der Form nach wohl ausgebildet, bloß noch kürzer als das unverletzte Zangenglied.

### 3. Experimentelle Eingriffe während der letzten Häutung.

Im folgenden werden nur einige Ergebnisse einer in größerem Umfange angelegten Versuchsreihe über die experimentelle Beeinflussung der Häutungsvorgänge bei *Forficula* im Hinblick auf die Variabilität der abdominalen Körperanhänge mitgeteilt.



Der naheliegendste Eingriff in den Häutungsmechanismus ist die künstliche Herabsetzung des Druckes der Hämolymphe; dies kann geschehen durch

Blutentnahme mittelsfeiner Glas-kapillaren durch vorsichtiges Einstechen in die Intersegmentalhäute der häutungreifen Nymphen oder am einfachsten durch Amputation von Körperanhängen auf bestimmten Stadien der Häutung.

Wird z. B. sofort nach Beginn der Häutung, wenn die jungen noch geraden imaginalen Cerci eben aus der nymphalen Hülle herausgezogen sind, in der Region des letzten großen Zahnes ein Zangenglied am-

putiert (die abdominale Nymphenexuvie ist vorher vorsichtig entfernt worden), so bleibt das stehenbleibende unverletzte Zangenglied gerade.

Wird ein Zangenglied amputiert, wenn der Thorax der Imago sich schon aus der Nymphenhülle herausgearbeitet hat, also auf späterem Stadium der Häutung, so tritt bei großer Vitalität der Nympe zwar oft stark Blut aus (2 Tropfen und mehr), die stehengebliebene Zange kann sich aber trotzdem in normaler Weise krümmen, wenn auch unter Verzögerung dieses Formungsprozesses.

Wird ein sehr starker künstlicher Blutverlust vorgenommen, etwa durch Entfernung sämtlicher Extremitäten, wenn die frisch gehäutete Imago bereits ganz von der Nymphenhülle befreit ist, aber die Zangen noch ziemlich gerade sind, so

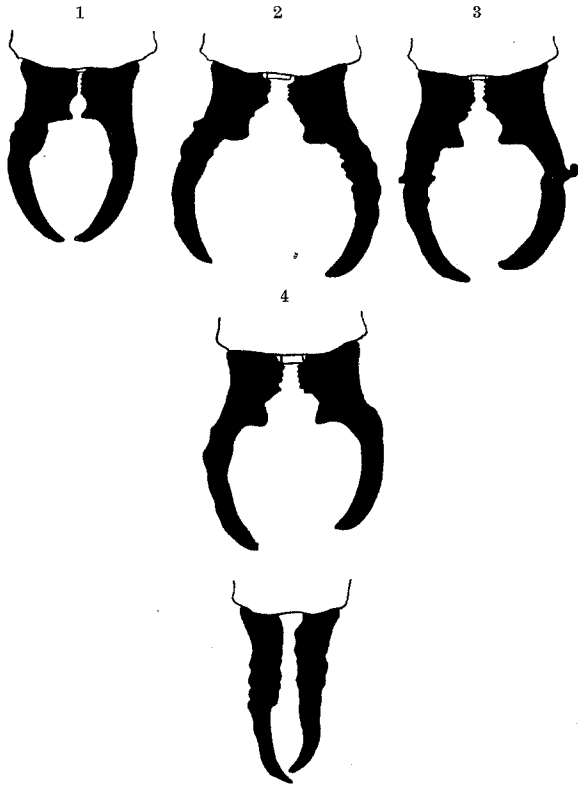


Abb. 66. Vier männliche (1—4) und eine weibliche imaginale Zange (unten): Auf dem Nymphenstadium wurden beide Zangen dorso-ventral gequetscht.

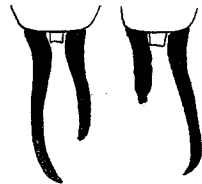


Abb. 67. Zwei Nymphenregenerate: Auf dem vorhergehenden Larvenstadium wurde eine Zange *half* entfernt.

können diese Männchen eine weitere Krümmung der Zangenglieder durchführen.

Während über die Länge der entstehenden männlichen Zange auf sehr frühem Häutungsstadium entschieden wird, scheint die Krümmung in manchen Fällen verzögert durchgeführt zu werden. Überhaupt sind die Ergebnisse der Beobachtung oft scheinbar widersprechend, Sicherheit läßt sich nur durch Bearbeitung eines sehr großen Materials erzielen.

Der Zeitpunkt des Herausziehens der distalen Region des Abdomens der Imago mit den Cerci aus der abdominalen Nymphenexuvie scheint bei den Männchen für den Grad der erreichten Auspressung der Zangenglieder in der Längsrichtung von großer Bedeutung zu sein. Die mehr oder weniger kräftige Ausdehnung der weichen imaginalen Cerci zu Beginn der Häutung entzieht sich der Beobachtung, weil sie sich innerhalb der leeren abdominalen Nymphenexuvie abspielt. Es wurde daher die Nymphenexuvie ohne Verletzung der Imago zu verschiedenen Zeitpunkten der Häutung entfernt. Geschah dies auf sehr frühem Häutungsstadium, wenn der Thorax sich noch nicht frei gemacht hat, so resultieren kurze nicht durchgekrümmte Zangen; auf späterem Stadium ist die Entfernung der Abdominalsegmente der Nymphenexuvie ohne Einfluß auf die Zangengröße und -gestalt. Dies läßt sich folgendermaßen erklären:

Sobald der Thorax in der Medianen durch Platzen von Pro-, Meso- und Metanotum frei geworden ist und sich stark dorsalwärts krümmt, ist das Abdomen der Imago mit der Zange bereits aus der Exuvie herausgezogen, seine Segmente sind aber noch allseitig von den abdominalen Chitinringen der Nymphenhaut umschlossen und nur die Zange ragt frei in den Hohlraum der Exuvie. Für die frei gewordene thoracale Imagoregion nebst ihren Anhängen und für die Zange können also zuerst Dehnungen durch Druckwirkung der Hämolymphe einsetzen, das imaginale Abdomen wird erst später für Dehnungsprozesse frei.

Diese Beobachtungen sollen an großem Material unter Zugrundelegung der vorstehend mitgeteilten Kenntnisse über die Variabilität der Nymphen fortgesetzt und erweitert werden, um die den Häutungsrythmus bedingenden Faktoren näher zu erfassen und weitere Aufschlüsse über die Bedeutung der einzelnen Phasen der Häutung für die Gesamtvariabilität der *Forficula*-Cerci im Sinne einer Modifikation zu erlangen.

Soviel steht jedenfalls jetzt schon fest, daß kleine Störungen physiologischer Art in der Reihenfolge oder im glatten Ablauf der Häutungsphasen von großer Bedeutung für die Zangenvariabilität sein können. Die hier in größerem Umfange anzustellenden Versuche müssen, um ein klares Bild der komplizierten physiologischen Vorgänge zu erzielen, während der einzelnen zum Teil sehr kurzen Phasen der letzten Häutung einsetzen.

Daß die ersten Minuten des Häutungsvorganges für Zangengröße und Einleitung der Krümmung entscheidend sind, zeigen auch Versuche zur Störung des „Luftschluck“-Mechanismus. Wird Nymphen gerade zu Beginn der Häutung der Kopf mit einem Seidenfaden vom Thorax abgeschnürt, so bleiben die Zangen kurz und geradegestreckt. Auf späterem Stadium (Exuvie bereits teilweise abgestreift) tritt trotz der Abschnürung Krümmung der Cerci ein, es resultiert aber eine gefältete Zangenoberfläche und eine nicht völlige Ausdehnung der Zähnchen.

#### X. Anwendung der Ergebnisse der Häutungsstudien auf die Form- und Gestalttypen der *Forficulacerci* in natürlichen Populationen und Schlußfolgerungen.

Die im vorigen Kapitel gewonnene Kenntnis der Ontogenese der imaginalen Cerci hat zu einer weiteren Klärung in der Deutung der Formmannigfaltigkeit der abdominalen Körperanhänge von *Forficula* geführt und eine Bestätigung der Resultate der messenden Betrachtungsweise der vorausgehenden Abschnitte beigebracht.

Es kann nunmehr der Frage nähergetreten werden, soweit das im Rahmen der vorliegenden Untersuchungsmethodik überhaupt möglich ist, wie aus der großen *phänotypischen* Multiformität der Cerci Schlüsse auf den *Genotypus* gezogen werden können.

Die gesamte Untersuchung hatte es bisher ja nur mit dem Zangenphänotypus zu tun und es hatte sich ergeben, daß die phänotypische Form und Größe der für die Dauer des imaginalen Lebens unveränderlichen Cerci entscheidend während der Häutung der Nympe zur Imago bestimmt wird, wobei die männlichen Zangen größeren Gestaltumbildungen unterliegen als die weiblichen.

Im Augenblick der beginnenden letzten Häutung liegen vor: Verschieden große Nymphen als phänotypisch bedingte Auswirkungen der Lebenslage während der vorausgegangenen Larvenstadien.

Während der letzten Häutung machen sich innere, physiologische Faktoren derart geltend, daß aus den kleinen Nymphen die geschwächte Individuen darstellen, Imagines resultieren die zwar kurze, aber wohl ausgeformte Cerci aufweisen.

Die großen Nymphen gehen die Häutungsprozesse im allgemeinen unter günstigen physiologischen Bedingungen ein (hoher Druck der Hämolymphe usw.): Es können Imagines mit extrem großen Cerci entstehen.

Treten während der letzten Häutung Störungen auf (z. B. Störungen in der Reihenfolge des Freiwerdens der Extremitäten, Mundwerkzeuge oder Antennen) oder waren die Lebensbedingungen infolge abnormer Wetterlage — große Feuchtigkeit, Kälte usw. — die Ursache geringerer Vitalität während der Nymphenperiode, so resultieren „Häutungsstörungen“ in mannigfaltiger Ausbildung.

Häutungsstörungen geringfügigster Art werden durch die „A3-Typen“ der männlichen Cerci repräsentiert: breite, an den spitzen klaffende, kurze Zangen, die nicht maximal ausgedehnt sind.

Der hemimetabole Entwicklungstypus der Dermapteren führt also bei *Forficula* infolge des empfindlichen Ansprechens der Larvenstadien auf Schwankungen der Lebensbedingungen zu einer großen Multiformität von Gestalt und Form die, wie die vorausgegangenen Abschnitte zeigten, sich als *Modifikabilität* auffassen läßt.

Die folgende Tabelle stellt noch einmal in übersichtlicher Form die Bildungsweisen der imaginalen und larvalen Zangenphänotypen zusammen, und zwar sind immer nur die extremen Größenverhältnisse

## Phänotypen.

	Larvenstadien	Nymphenstadium	Imago	
Günstige Entwicklungsbedingungen	<i>Große, sehr vitale Larven</i>	<i>Große, sehr vitale Nymphen</i>	<i>Günstige</i> Lebensbedingungen während der Nymphenzeit. (Glatter Ablauf der letzten Häutung.)	{ Sehr <i>breite</i> und große, im männlichen Geschlecht oft extrem weit ausgepreßte Cerci mit häufig sich überschneidenden Spitzen. Nie Mißbildungen an der Zange.
			<i>Ungünstige</i> Lebensbedingungen während der Nymphenzeit. (Geringer Druck der Hämolymphe.)	{ Zwar <i>breite</i> , aber kurz gebliebene, oft an den Spitzen klaffende Zangen im männlichen Geschlecht. Das vorhandene Chitinmaterial ist nicht maximal ausgedehnt worden. <i>Viele Mißbildungen</i> an der Zange.
<i>Ungünstige</i> Entwicklungsbedingungen	<i>Kleine, weniger vitale Larven</i>	<i>Kleine, weniger vitale Nymphen</i>	<i>Günstige</i> Lebensbedingungen während der Nymphenzeit. (Glatter Ablauf der letzten Häutung.)	{ <i>Extrem schlanke</i> , kurze Zangen (nur wenig größer als die Nymphenzange), die sich oft mit den Spitzen überschneiden. Diese Zangen sind maximal ausgepreßt.
			<i>Ungünstige</i> Lebensbedingungen während der Nymphenzeit. (Geringer Druck der Hämolymphe.)	{ <i>Kurze</i> Zangen von fast gleicher Größe als die Nymphenzange. Der Druck der Hämolymphe reicht zum Vollzug der Krümmung dieser kleinen Zangen gerade noch aus.

von Larven, Nymphen und Imagines aufgeführt; es bedarf keiner weiteren Erklärung, daß die Größen- und Formphänotypen der Cerci durch fließende Übergänge miteinander verbunden sind — soweit nicht die breiten kurzen Zangen (imaginale, an den Spitzen klaffende A 3-Typen) in Frage kommen, die, wie es in der Natur ihrer Entstehungsweise begründet liegt, nur bei geringen Längengraden vorkommen können.

Eine, wenn auch noch so vorsichtige Formulierung der *genotypischen* Beschaffenheit der Cerci ist deshalb mit großen Schwierigkeiten verbunden, weil es infolge der für jeden Fundort verschiedenen Variabilität der Zangen schwer ist, den „Normaltyp“ der männlichen und weiblichen abdominalen Anhänge zu definieren. Es geht nicht ohne weiteres an, was zunächst sehr naheliegend erscheint, die Zangenformen der Längensklasse mit der höchsten Frequenz (in der Variationsreihe der Zangenlänge) als „Normaltypen“ für den betreffenden Fundort anzusehen, da ja auf verschiedenen Wegen festgestellt wurde, daß es die Zangenlänge ist, die am stärksten modifikatorischen Einflüssen während der Ontogenie unterliegt. Die Längensklasse mit der höchsten Individuenfrequenz enthält heterogene Formelemente, nämlich in bestimmtem, für jeden Fundort je nach der allgemeinen Lebenslage wechselnden Verhältnis schlanke kurze an den Spitzen sich berührende oder überschneidende (maximal ausgedehnte) männliche Cerci und breite kurze, mehr oder weniger an den Spitzen klaffende Zangen (A 3-Typen).

Da Zangengröße und -form sehr *labile* und während der Ontogenese (ganz besonders während der letzten Häutung) modifikatorisch stark beeinflussbare Merkmale darstellen, so kann das Material der Längensklasse mit der größten Frequenz höchstens nach Eliminierung der A 3-Typen als Ausdruck „normalen“ Geschehens für den betreffenden Fundort angesehen werden.

Die Ausbildung der *Zangenlänge* ist, wie wir gesehen haben, am variabelsten und am meisten während der letzten Häutung dem Zufall anheimgegeben. Für die Definition des „Normaltypus“ erscheint die *Zangenbreite* (und damit die Breite des Abdomens und die Gesamtkörpergröße) geeigneter, weil die bei der letzten Häutung obwaltenden Zufälligkeiten, die die Zangenlänge so stark beeinflussen können, diese Breitenausdehnung kaum modifizieren (nur bei sehr starken, seltenen Mißbildungen wurde B und B 1 durch das zu lange Festsitzen der Nymphenexuvie in der nymphalen Größe erhalten). Läßt sich demgemäß nun an Hand der Variationspolygone für die Zangenbreite B der „Normaltypus“ der Cerci definieren? Das Merkmal Zangenbreite ergab für alle vier Fundorte, wie erinnerlich, unimodale ziemlich symmetrische Variationspolygone. Das Zangenmaterial der Breitenklasse mit der größten Frequenz enthält aber auch bei diesem Merkmal einen je nach dem Fundort verschiedenen Prozentsatz von leichten Häutungsstörungen

(breiten kurzen A 3-Typen), z. B. zeigt Helgoland 1925 bei  $B = 2,3$  mm 31,3%, Frankfurt 1925 bei  $B = 2,5$  mm nur 5,7% A 3-Typen.

So ist also auch das Merkmal Zangenbreite nicht eindeutig für die Eliminierung eines „Normaltypus“ der männlichen Zangen zu verwenden. Diese Schwierigkeiten bestehen für die weiblichen Cerci in wesentlich geringerem Grade, hier lassen sich schon eher die Individuen der Längen- und Breitenklassen mit der größten Frequenz als besonders typisch für die betreffende Population ansehen.

Ist es infolge der großen Variabilität schwierig, den „Normaltypus“ der männlichen Zangen zu definieren, so erhöhen sich die Schwierigkeiten noch erheblich, wenn man versucht, über die *erbliche* Grundlage der Formgestaltung der *Forficula*-Cerci theoretische Formulierungen aufzustellen.

*Erblich* bedingt ist zunächst der Zangen-*Dimorphismus* der beiden *Geschlechter*; bereits am Ende der Nymphenperiode ist die Imagozange in dünnem, weichem Chitin unter der Nymphenzange so vorgebildet, daß bei der letzten Häutung unter der Wirkung des Druckes der Hämolymphe im männlichen Geschlecht die gänzlich anders geformte, gebogene Zange entsteht. Wie groß die männliche Zange wird und ob sie normal ausgeformt wird, ist nicht genotypisch bedingt, sondern hängt von den oben dargelegten *modifikatorischen* Einflüssen während der larvalen und nymphalen Periode ab und vom glatten Ablauf der letzten Häutung.

*Genotypisch* festgelegt ist nur die offenbar labile *Reaktionsnorm*, unter bestimmten äußeren Bedingungen während der larvalen Entwicklung, bei der Häutung der Nymphe im männlichen Geschlecht im allgemeinen *größere* und anders geformte imaginale Cerci entstehen zu lassen, als im weiblichen Geschlecht; ferner darf wohl die Tendenz zu größerer Variabilität der männlichen Zangen zum Teil als *erblich* bedingt aufgefaßt werden, sofern nicht die Grundlage für die größere Variabilität schon durch die andersartige Formgestaltung der männlichen Cerci beim letzten Häutungsakt rein mechanisch-physiologisch bedingt sein kann.

Die Analyse der *Mißbildungen* der Zangen hatte ergeben, daß bei sämtlichen untersuchten Populationen *niemals* eine *große, extrem lange* Zange gefunden wurde, die Deformierungen ihrer Glieder aufwies; alle *abnormen* Cerci gehörten dem *kurzen*, und zwar zumeist dem breiten kurzen Zangentyp an. Wäre die *extreme Zangenlänge* ein *erblich* fixiertes Merkmal — so konnte geschlossen werden —, so dürfte auch dieser Zangentypus nicht von *Mißbildungen* verschont sein.

Nur die Auffassung, daß die sehr langen Cerci unter besonders günstigen Verhältnissen aus sehr vitalen großen Nymphen entstehen (sehr hoher Druck der Hämolymphe und sehr glatter Ablauf der letzten Häutung) läßt sich mit den Beobachtungstatsachen in Einklang bringen. Daß die intensiv ausgedehnten männlichen Zangen demnach nur be-

sonders charakteristische *Phänotypen* darstellen (Modifikation) ging ja auch noch aus dem interessanten Zahlenverhältnis von *Mißbildungen*, A 3-Typen und sehr *langen* Cerci hervor: Populationen mit einem sehr *hohen* Prozentsatz an Zangenmißbildungen wiesen auch eine relativ sehr hohe Anzahl von A 3-Typen auf und gleichzeitig eine relativ *geringe* Zahl von sehr *großen* Zangen (geringe Gesamtvariabilität). Umgekehrt ist das Vorkommen von verhältnismäßig vielen extrem langen männlichen Zangen (große Gesamtvariabilität) verbunden mit einer sehr geringen Anzahl von Mißbildungen und wenig breiten, nicht maximal ausgepreßten kurzen A 3-Typen.

Der Prozentsatz an *modifikatorisch* bedingten extrem langen Zangen kann demnach als Gradmesser der *Lebensbedingungen* des betreffenden Fundortes angesehen werden. Ist ein Fundort durch besonders günstige Lebensbedingungen gekennzeichnet, so läuft die larvale Entwicklung relativ rasch ab und es entsteht eine hohe Anzahl von großen sehr vitalen Nymphen, womit die Bildungsmöglichkeit für einen sehr hohen Prozentsatz extrem langer männlicher Cerci gegeben ist.

Dieser kann sich in der graphischen Darstellung des Längenpolygons unter Umständen durch ein zweites Ansteigen der Frequenzen manifestieren. In den hier bearbeiteten Populationen (soweit das Material einwandfrei gesammelt worden war) trat dieser Fall allerdings nicht auf, die Anzahl der extrem langen Cerci bewirkte nur eine Asymmetrie des Polygons und eine allmählichere Abnahme der Frequenzen auf der Plusvariantenseite.

Die Auffassung der Zangenvariabilität als nicht erbliche Modifikabilität läßt also die Möglichkeit der Entstehung bimodaler Polygone durchaus zu und gibt auch genügend Handhaben für die biologische Deutung der Areale um die zweite Gipfelordinate. Daß zweigipfelige Variationspolygone nur dann Anspruch auf Berücksichtigung erheben können, wenn die Materialbeschaffung einwandfrei nach dem Zufall vor sich ging, wurde eingehend ausgeführt.

DIAKONOVs und BATESONS *Forficula*-Material erfüllt leider nicht ganz die an die Exaktheit der Sammelmethode zu stellenden Anforderungen. DIAKONOVs Schlußfolgerungen in der Deutung der komplizierten Variabilitätsverhältnisse von *Forficula* können wir zustimmen: „There are no reasons to assume that the variation of a character must be necessarily in direct proportion to the conditions of development, in other words, the reaction-norm may represent not only a linear but a more complex kind of function of the conditions of development.“ „Therefore the form of frequencycurves may be the result of the interaction between the normal variability of the external conditions and the specific behaviour of the reaction-norm.“

Dieses „spezifische Verhalten“ der Reaktionsnorm — im Sinne einer

Modifikation — kann auf Grund unserer Untersuchungen nunmehr näher definiert werden: es handelt sich um nichts anderes als um die sehr starke Dehnungsfähigkeit der eben frisch gehäuteten jungen imaginalen männlichen Zange, sofern die äußeren Entwicklungsbedingungen während der larvalen und nymphalen Periode die Entstehung von sehr lebenskräftigen großen Nymphen bewirkt haben (siehe oben).

*Entwicklungsphysiologische Gesichtspunkte* waren es, die zur richtigen Deutung der oft recht komplizierten *Formverhältnisse* und *korrelativen* Beziehungen der Merkmale führten, eine Betrachtungsweise der vorliegenden Probleme, die auch HUXLEY in seiner nach Abschluß dieser Untersuchung erschienenen Arbeit empfiehlt, die die biometrischen Daten DIAKONOVs noch eingehender auswertet: „In general it appears that the cause underlying the bimodality of the forceps in the male earwig is to be sought in the field of developmental physiology.“ Daß es häutungsphysiologische Vorgänge sind, die der imaginalen Zange ihre endgültige Formprägung geben, nachdem die äußeren Lebensbedingungen auf die Ontogenie der Larvenstadien ihren Einfluß geltend machen konnten (Variabilität der Larven), wurde ausführlich dargelegt.

Die „Bimodalität“ der Variationspolygone für die Länge der imaginalen männlichen Cerci von *Forficula* bzw. ihre theoretische Möglichkeit für deren Vorkommen erst noch an einwandfrei gesammelten Populationsmaterial beigebracht werden muß ist nunmehr biologisch dem Verständnis näher gebracht und ihre Deutung wesentlich vereinfacht worden.

Es ist sehr zu bedauern, daß *Forficula* hinsichtlich der Züchtung ein sehr ungünstiges Objekt darstellt. Zwar lassen sich leicht Copulationen unter Laboratoriumsbedingungen erzielen, jedoch ist schon die Erreichung der Bedingungen für die Eiablage und Brutpflege der ersten Larvenstadien schwierig, während die Haltung der Nymphen und Imagines ohne weiteres gelingt. DIAKONOV bekam nach vielen Bemühungen 28 ♂♂, alle vom kurzen Zangentypus, obwohl die Väter von 20 dieser F 1-Männchen Zangen von 7,5—9 mm aufwiesen. Viel läßt sich aus diesem Ergebnis nicht schließen und selbst wenn größere Individuenzahlen vorlägen, genügt die Zucht von F 1 keineswegs für irgendwelche Erblichkeitsanalyse. Da die genotypische Beschaffenheit der P-Generation ebenfalls unbekannt ist, und überhaupt die bei der Paarung in Beziehung zu setzenden Merkmale schwer zu fassen sind — es handelt sich ja vorwiegend um Längengrößen —, ist ohne einen Riesenaufwand von Zeit und Material von Züchtungs- und Kreuzungsexperimenten nicht viel zu erhoffen; zudem wäre nicht nur die Variabilität der Männchen zu berücksichtigen, sondern ebenfalls die der Weibchen. Überdies müßten die Versuche unter natürlichen, nicht Laboratoriumsbedingungen angestellt werden, um künstliche modifikatorische Faktoren möglichst auszuschalten.



**XI. Anhang: Studien über das Verhalten der *Forficula*-Männchen während der Copula; weitere Mitteilungen über die biologische Bedeutung der männlichen Zangen bei der Begattung.**

Über die Biologie von *Forficula auricularia* findet sich eine ganze Reihe von Arbeiten in der *Dermapteren*-Literatur; besonders die Brutpflege der Weibchen und die Funktion der Zangen beim Nahrungserwerb, beim „Kampf“, bei der „Flügelentfaltung“ (?) und bei der Copula sind häufig genug beschrieben worden und haben manche lebhaftere Diskussion hervorgerufen. Hier kann auf die allgemeine Biologie nicht eingegangen werden, dafür soll aber ein bisher vernachlässigtes Kapitel der Geschlechtsbiologie angefügt werden, das sich dem Rahmen dieser Arbeit, obwohl es das Verhalten betrifft, unschwer eingliedern läßt.

Es handelt sich hier um die Frage, ob sich durch Beobachtungen und Versuche nachweisen läßt, daß den starken Größenunterschieden der männlichen Zangen auch Verschiedenheiten im Verhalten beim Begattungsakt entsprechen, mit anderen Worten, ob irgendwelche Zangentypen bei der Erreichung der Copula begünstigt sind. Dies führt zunächst zu der schon oft erörterten Frage nach der Funktion der männlichen Zange bei den Vorspielen zur Begattung und bei dieser selbst.

*1. Zeit der Brunstperiode.*

Für die Copulationszeit von *Forficula* finden sich stark widersprechende Angaben in der Literatur: Frühjahr und Spätherbst, bzw. Frühjahr oder Herbst werden als Zeiten der Brunst angegeben, je nachdem eine oder zwei jährliche Geschlechtsperioden angenommen werden. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die einzelnen Anschauungen der Autoren.

In umstehender Tabelle sind nur die Angaben über *Forficula auricularia* L. aufgenommen worden; es finden sich ferner in der Literatur verstreute Hinweise über Entwicklungsdauer usw. von *Forficula bipunctata* (RÜHL), *Chelidura pyrenaica* und *Ch. dilatato* (XAMBEU), *Anisolabis mauritanica* (GADEAU DE KERVILLE) und *Chelidurella acanthopygia* (VERHOEFF).

(Es sind in der Tabelle auch diejenigen Autoren angeführt, die Untersuchungen über die Copula angestellt haben, ohne Zeitangaben zu machen.)

Sämtliche Beobachtungen über das Verhalten von *Forficula auricularia* vor und während der Copula fielen in den Herbst, und zwar vorwiegend in den Monat Oktober. Bereits im November zeigt der Begattungstrieb eine starke Abnahme, um, selbst bei guter Ernährung, Ende November (wenigstens unter Laboratoriumsbedingungen) gänzlich zu erlöschen. Im Freien konnte ebenfalls nach dem 28. Oktober keine Copula mehr festgestellt werden; über eine Brunstperiode im Frühjahr

Autor	Zeit der Copula	Zeit der Eiablage	Schlüpfen der Larven. Dauer der Embryonal- entwicklung
CH. DE GEER 1773	Keine Zeitangabe.	—	—
BRUNNER VON WATENWYLL 1882.	Keine Zeitangabe.	—	—
LEUNIS (Synop- sis) 1886.	Keine Zeitangabe.	Im Frühling. 15—20 Eier.	Jungen bis Ende August und Septem- ber erwachsen.
F. RÜHL 1887.	Im Mai. ?	Im Frühling. 12—22 Eier.	Am 26. Tag nach dem ersten Eier- fund schlüpfen die ersten Larven.
HEYMONS 1894/95.	Keine Zeitangabe.	In Gefangenschaft Anfang November bis Anfang März.	Bei 10—12° C. 5—6 Wochen.
BORMANS 1900.	—	—	Schlüpfen nach 5—6 Wochen.
TÜMPEL 1901.	Im Herbst.	November bis Frühling.	Schlüpfen nach 5—6 Wochen.
F. PAEHLER 1902.	Anfang September. Am häufigsten im November.	—	—
GADEAU DE KERVILLE 1903.	Keine Zeitangabe.	—	—
VERHOEFF 1909.	Im Herbst (Oktober).	—	—
F. BRAUNS 1911.	Im Frühjahr, nach der ersten Nah- rungsaufnahme.	Frühjahr bis Ende Juni. 40—50 Eier.	Schlüpfen nach 18 bis 19 Tagen. (Zim- mertemperatur.)
VERHOEFF 1912/13.	Siehe oben.	Juni: Sommerbrut, November: Winter- brut. (Dezember 66 Eier.)	Sommerbrut: 3 Wochen, Winter- brut: 6½ bis 7 Wo- chen.
ZACHER 1917.	—	—	—

konnte weder im Freien, noch an Tieren in der Gefangenschaft eine Beobachtung gemacht werden.

Ohne auf die zahlreichen Unstimmigkeiten in den Angaben der früheren Autoren einzugehen, sollen nunmehr das allgemeine Verhalten der

Geschlechter während der Brunstperiode und interessante Einzelbeobachtungen auf Grund eines großen Beobachtungsmaterials dargestellt werden.

Das Verhalten der ♂♂ und ♀♀ wurde unter möglichst gleichen äußeren räumlichen und sonstigen Bedingungen studiert, und zwar befanden sich die Tiere in mit Erde gefüllten runden Glasgefäßen, die mit einer Glasscheibe zugedeckt wurden (Durchmesser 10 cm, Bodenfläche rund 50 qcm). Zuerst wurde nur bei rotem Licht beobachtet, jedoch erwies sich diese Vorsichtsmaßregel als überflüssig, da die Tiere auch bei Tage oder bei diffusem künstlichen Licht copulieren.

## 2. Das normale Verhalten der Geschlechter.

Der Kontrektationstrieb des ♂ äußert sich zunächst in lebhaftem Antennenspiel; das Abdomen wird häufig nach Skorpionenart dorsalwärts gekrümmt, wobei die Zangenglieder geschlossen gehalten werden. Diese Krümmungen erfolgen oft ohne daß ein Weibchen in der Nähe ist; meist ist die Dorsalkrümmung des Abdomens von schwingenden seitlichen Bewegungen begleitet, die oft minutenlang anhalten können.

Des öfteren wurde beobachtet, daß ein Weibchen die männliche Analgegend mit den Antennen und den Palpen der Maxillen lebhaft betastete; das ♂ reagiert hierauf, indem es den Kopf des ♀ durch seine sich langsam öffnenden und schließenden Zangenglieder hindurchgleiten läßt. Dies kann sich mehrfach wiederholen.

Während der Kontrektationstrieb des ♂ in den meisten Fällen eine wenig aggressive Form annimmt, zeigen die ♀♀ häufig ein anderes Verhalten. Im allgemeinen pflegen sie ja den Copulationsbewegungen der ♂♂ ruhig standzuhalten oder höchstens langsam vorwärts auszuweichen; oft aber gehen sie aggressiv vor: sie folgen den langsam umherlaufenden ♂♂, die durch das oben geschilderte Heben und Senken und die Drehbewegung des Abdomens beginnende geschlechtliche Erregung zeigen, den Kopf möglichst dicht an der Zangenbasis des ♂ haltend. Hierbei bekommen sie dauernd von den geschlossen gehaltenen Zangen des ♂ leichte Schläge auf den Kopf, die sie aber nicht im geringsten zu stören scheinen. Derartige Bewegungen konnten oft  $\frac{1}{4}$  Stunde lang verfolgt werden. Diese schlagenden Bewegungen des männlichen Abdomens haben nichts mit den häufig bei der Nahrungsaufnahme wahrzunehmenden Abwehrbewegungen beider Geschlechter durch kräftige Hiebe von oben nach unten mit den ebenfalls geschlossenen Zangengliedern zu tun, wodurch die Tiere ihre Konkurrenten von der Nahrungsquelle zu vertreiben suchen. Bei den Abwehrschlägen konnte nie festgestellt werden, daß das eine Geschlecht dem anderen in irgendeiner Weise sich als überlegen zeigte; es kommt vor, daß ein Weibchen mehrere ♂♂ vom Nahrungssubstrat wegdrängt und ebensooft das Umgekehrte. Desgleichen

vertreiben kurzzeitige ♂♂ langzeitige ebenso leicht wie man das Gegenteil beobachten kann.

Trifft das sexuell erregte ♂ bei seinem typischen, oben geschilderten Verhalten auf ein ♀, so versucht es sofort mit kombinierten Rückwärts- und Drehbewegungen sein schließlich um 180° gedrehtes Abdomen bei geschlossenen Zangen unter das weibliche Abdomen zu schieben. Bleibt das ♀ ruhig sitzen, so gelingt es dem ♂ nach mehr oder weniger heftigen Anstrengungen den Penis einzuführen; entfernt sich das ♀ infolge der Copulationsversuche des ♂, so folgt dieses unter anhaltenden Bemühungen, den erforderlichen Kontakt mit dem weiblichen Abdomen zu erzielen. In keinem Falle bemühte sich das ♂, das sich entfernende ♀ mit Hilfe seiner Zange festzuhalten.

Verhält sich das ♀ bei den Begattungsversuchen des ♂ passiv, so gerät das ♂ häufig mit seinem verdrehten Ende des Abdomens bei seinen Rückwärtsbewegungen weit über die Gegend der Geschlechtsöffnung des ♀ hinaus und sucht vergeblich in der weiblichen Thoraxregion eine immissio penis.

Copulationsversuche werden nicht nur an einzeln sitzenden ♀♀ unternommen, sondern recht häufig auch an ♀♀, die sich inmitten einer größeren Anhäufung von Tieren befinden.

Meist erfolgt die Copula in horizontaler Stellung der Partner, also auf dem Boden; es wurden aber auch mehrere Fälle einer Begattung an der senkrechten Wand der Versuchsgläser registriert: Die ♂♂ näherten sich den mit dem Kopfe nach oben sitzenden ♀♀ von unten in der üblichen Weise.

Copulierende Paare bleiben durchaus nicht immer unbeweglich an der Stelle sitzen, an der die Copula eingegangen wurde; so wanderten z. B. ♂ und ♀, die die Vereinigung an der senkrechten Wand vollzogen hatten, während der Begattung, die ja oft viele Stunden dauern kann, nach unten zum Boden des Gefäßes und blieben dort noch fast 2 Stunden vereinigt.

Nicht immer verläuft die Copula bis zu ihrem physiologischen Ende ohne Störung. Die Störungen können entweder durch einen der beiden Partner selbst oder durch andere Individuen der Population hervorgerufen werden. Im ersten Falle lassen sich die Ursachen, die schließlich zur frühzeitigen Aufhebung der Begattung führen, nicht ohne weiteres erkennen.

So kann man z. B. nicht allzu selten beobachten, daß das ♀ das copulierende ♂ am eingeführten Penis minutenlang hinter sich herzieht, bis zuletzt die Trennung der beiden Partner herbeigeführt wird. Das ♂ versucht dann oft sofort bei einem anderen ♀ die Begattung.

Die zweite Möglichkeit der Störung der Copula, nämlich durch andere Männchen der Population, ist bei dem geselligen dichten Zusammenleben

von *Forficula* häufiger zu erwarten und auch wirklich zu beobachten. In geschlechtlicher Erregung befindliche ♂♂ versuchen sehr oft mit einem bereits copulierenden ♀ zur Begattung zu gelangen; dabei kommt es oft zu sonderbaren Bewegungen und Stellungen der ♂♂. So versuchte z. B. ein langzangiges ♂ bei einem schon in Copula mit einem kurzlangigen ♂ befindlichen ♀ ebenfalls die Begattung; es näherte sich mit geschlossener Zange dem Kopf des copulierenden kleinen ♂ und begann mit den typischen Drehbewegungen des Abdomens. Das sich paarende ♂ weicht mit seinem ♀ langsam aus, die Copula bleibt aber bestehen; nach 5 Minuten unternimmt das große ♂ einen zweiten Copulationsversuch und schlägt dabei bei seinen Rückwärtsbewegungen mit der geschlossenen Zange auf die Dorsalseite des ♀. Schließlich dreht das ♂ sein Abdomen um 90°, öffnet langsam seine Zange und umklammert bei einer Rückwärtsbewegung mit beiden Zangengliedern das copulierende ♀ am drittletzten Abdominalsegment und verharrt in dieser Stellung (senkrecht zur Körperachse des ♀) 10 Minuten bewegungslos. Die Paarung bleibt erhalten. Diese nur einmal unter vielen Hundert Feststellungen beobachtete Art der Umklammerung des weiblichen Abdomens scheint bei dem ♂ eine gewisse Abschwächung des Kontraktionstriebes bewirkt zu haben, wodurch eine Beruhigung eintrat.

Oft wird aber durch Copulationsversuche anderer ♂♂ eine bestehende Paarung wirklich zur Trennung gebracht, worüber Näheres weiter unten an einem graphischen Beobachtungsprotokoll berichtet werden soll.

Im Laufe der Untersuchung über das Verhalten der *Forficula*-♂♂ wurden eine Reihe weiterer Merkwürdigkeiten beobachtet, die auf eine weitgehende Herabsetzung der normalen Sinnesfunktionen im Stadium der sexuellen Erregung schließen lassen; hierfür einige Beispiele.

Die schon als Merkmal des Begattungstriebes gekennzeichneten Rückwärtsbewegungen eines ♂ mit geschlossenen Zangen hatten im Laufe der Copulationsbewegungen das weibliche Körperende mitsamt den Zangen in den Raum zwischen den männlichen Zangengliedern eingeklemmt; das Männchen führte weiter Rückwärtsbewegungen aus und drängte das ♀ nach vorwärts, obwohl diese Bewegung infolge der Verhakung im Sinne des Zustandekommens der Copula völlig zwecklos war, da die erforderliche Drehung des männlichen Abdomens nicht ausgeführt werden konnte.

Durch einfaches Öffnen der Zange hätte das ♂ sich aus der Verklammerung lösen können!

Auch bei sexuell erregten ♂♂ untereinander kommt nicht selten im Laufe der Suchbewegungen nach einem ♀ eine derartige „Verklammerung“ mit den Zangen zustande; dies kann eintreten, wenn zwei ♂♂ sich rückwärts beim Heben und Senken ihrer Abdomina mit den ge-

geschlossen oder nur wenig geöffneten Zangen verhaken. Besonders leicht geschieht dies, wenn es sich zufällig um ♂♂ handelt, deren Zangen gerade um einen geringen Betrag in der Größe differieren: Die kleinere Zange schiebt sich dann völlig geschlossen zwischen die etwas größeren Zangenglieder des anderen ♂.

Solche Verhakungen dauerten manchmal 10 Minuten lang und beide „Opfer“ ziehen kräftig nach der entgegengesetzten Richtung, bis es dem zufällig stärkeren ♂ gelingt, das schwächere, das durchaus nicht die kürzeren Zangen zu haben braucht, rückwärts mit sich fortzuschleppen. Die Lösung der Verklammerung erfolgt, wenn eins der ♂♂ beim Umherlaufen das Abdomen zufällig etwas zur Seite dreht. Auch in diesem Falle würde das Öffnen der außen liegenden, also der umklammernden Zange, sofort zur Befreiung der Tiere führen.

Diese leichteren Fälle von gestörtem Verhalten als Folge des heftigen Kontrektationstriebes leiten über zur Darstellung von Beobachtungen stärkerer Störungen des normalen geschlechtlichen Geschehens.

### 3. *Homosexuelle Copulationsversuche der Forficulamännchen.*

Die Angaben in der Literatur über abnormen Geschlechtsverkehr sind nicht sehr zahlreich; sie müssen mit Vorsicht gedeutet werden. In der Reihe der Wirbellosen finden sich die meisten bekannt gewordenen Fälle unter den Insekten, und zwar bei Coleopteren, Hymenopteren, Lepidopteren und Dipteren. Von Orthopteren ist mir kein Fall bekannt geworden. Bei allen beschriebenen abnormen Handlungsweisen handelt es sich immer nur um die Männchen; eine ausführliche Zusammenstellung aller in Frage kommenden Mitteilungen gibt A. MOLL (1898) und F. KARSCH (1900).

Es liegt in der Natur der Sache, daß gerade auf diesem Gebiete sehr leicht grobe Anthropomorphismen an die Stelle genauer Beobachtung und sachlicher Beurteilung getreten sind. CH. FÉRÉ (1897) und A. MOLL haben zuerst zu zeigen versucht, daß die „Homosexualität“ bei Tieren nicht auf ererbter Instinktänderung beruhen kann und daß sie mit den Verhältnissen beim Menschen nicht in Parallele gesetzt werden darf.

Von vornherein sind hier alle die Fälle auszuschließen, bei denen das anormale Verhalten der ♂♂ auf unnatürlichen Bedingungen beruht (z. B. lange Gefangenschaft, Isolierung usw.); das „homosexuelle“ Verhalten geht bei der Wiederherstellung der Möglichkeit natürlicher geschlechtlicher Beziehungen ohne weiteres wieder in den normalen, heterosexuellen Geschlechtsverkehr über. Bei der Beurteilung „homosexueller Akte“ bei Tieren, die, wie MOLL mit Recht hervorhebt, scharf von der echten Homosexualität zu trennen sind, muß also immer zunächst durch Herstellung normaler Bedingungen und durch Erhöhung der Zahl der

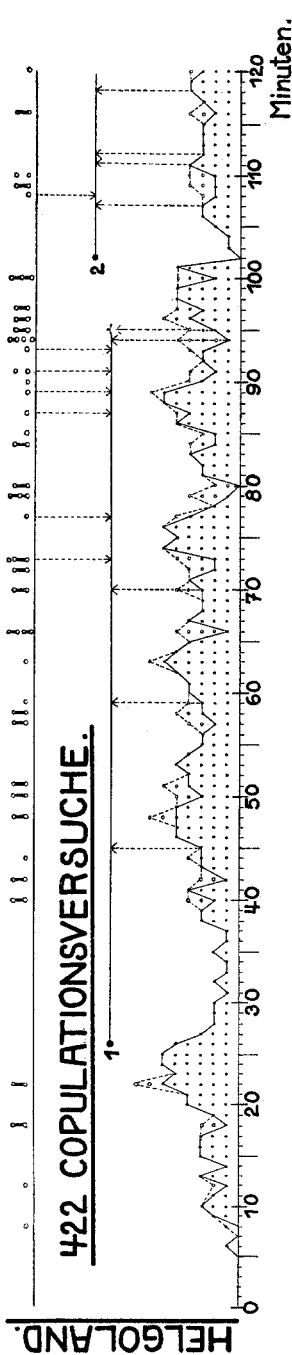
♀♀ festgestellt werden, ob es sich nicht bloß um zufällige Anomalien handelt. Bleibt bei ausreichender oder sogar überschüssiger Zahl von ♀♀ das homosexuelle Verhalten bestehen, so gibt es noch eine andere Erklärungsmöglichkeit, die die Annahme eines ererbten, pervertierten Instinktes überflüssig macht. Hierauf soll nach der Schilderung des abnormen Verhaltens der *Forficula*-Männchen näher eingegangen werden.

Homosexuelle Copulationsversuche wurden bei den ♂♂ von *Forficula auricularia* im Laufe der Versuche sehr häufig beobachtet. Es sei gleich an dieser Stelle bemerkt, daß es immer nur bei Copulationsversuchen am gleichen Geschlecht, wenn auch häufig sehr intensiven, blieb; zu einer Einführung des Penis kam es in keinem Falle. Bevor einzelne abnorme Akte mitgeteilt werden, soll das Gesamtverhalten zweier kleiner, gleichgroßer Populationen erläutert werden.

Abb. 68 gibt in graphischer Darstellung einen Überblick über das Verhalten von zwei *Forficula*-Populationen zur Zeit der stärksten Brunst, und zwar während eines Zeitraumes von 2 Stunden. Die mit 1. bezeichnete (obere) Population stammt von Helgoland, die durch 2. gekennzeichnete (untere) von Frankfurt a. M. (Die Helgoländer Tiere wurden einer großen, lebend nach Frankfurt gebrachten Population [aus der Sapskuhle stammend] entnommen.) Jede der beiden kleinen Untersuchungspopulationen bestand aus 10 ♂♂ und 30 ♀♀. Da bei diesen Beobachtungen die Variabilität der männlichen Zangen nicht in den Bereich der Untersuchung einbezogen werden sollte, wurden je 10 ♂♂ mit gleichlangen Zangen ( $L = 3,0$  mm) ausgewählt. Es ist selbstverständlich, daß die Tiere der beiden Fundorte sich bis zum Beobachtungstage unter gleichartigen Lebensbedingungen befanden und gleichmäßig gefüttert wurden; die Beobachtung selbst geschah in je einem der eingangs geschilderten Gläser, in denen die Tiere die ihnen zusagenden thigmotaktisch günstigen Lagebeziehungen realisieren konnten und trotzdem genügend Raum zum Umherlaufen vorfanden. Die ♂♂ wurden einige Tage vor der Beobachtung von den ♀♀ getrennt gehalten, um einer vorzeitigen sexuellen Erschöpfung der ♂♂ vorzubeugen. Die Beobachtungsserie 1 (Helgoland) wurde am 25. Oktober, Serie 2 (Frankfurt) am 26. Oktober 1923 aufgezeichnet.

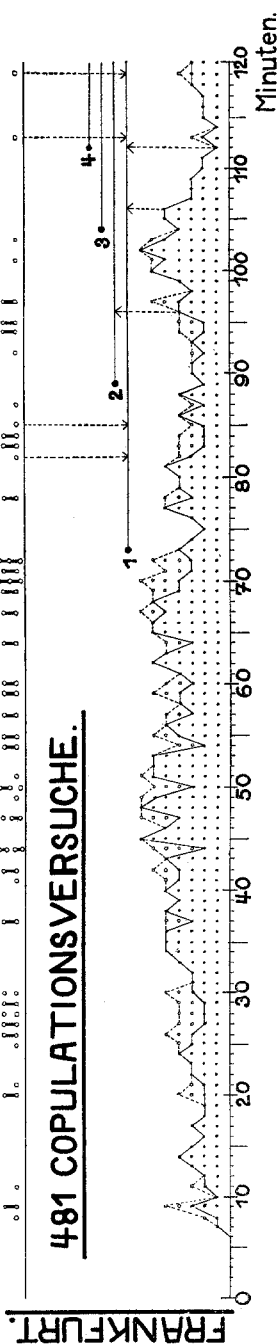
Die graphische Methode erlaubt für jede der 120 Beobachtungsminuten das Verhalten der ♂♂ abzulesen; die Zeit von der 0.—120. Minute ist auf der Abszissenachse aufgetragen (C).

Für jede Minute wurde die Anzahl der ♂♂ registriert, die gerade Copulationsversuche unternahmen; diese ♂♂ sind durch äquidistant auf den (nicht ausgezogenen) Ordinaten eingetragene Punkte gekennzeichnet. In Serie 1 machten z. B. bei der 25. Minute 6, bei der 100. Minute 2 ♂♂



1. Graphische Darstellung des Verhaltens von 10 ♂♂ (Zangenlänge: 3,0 mm) und 30 ♀♀ während der Zeitdauer von 2 Stunden. (Tiere stammen aus der Sapskühle auf Helgoland). Nähere Erklärung im Text.

Reihe A: 70 Copulationsversuche bei ♂♂ = 16,58%.  
 " B: 2 erzielte Copulationen = 0,6% der Versuche bei ♀♀.  
 " C: 350 Copulationsversuche bei ♀♀ = 83,42%.



2. Die gleiche Art der graphischen Darstellung (für 10 ♂♂ und 30 ♀♀) des geschlechtsbiologischen Verhaltens einer Frankfurter Population.

Reihe A: 79 Copulationsversuche bei ♂♂ = 16,42%.  
 " B: 4 erzielte Copulationen = 1,0% der Versuche bei ♀♀.  
 " C: 398 Copulationsversuche bei ♀♀ = 83,58%.

Zeichenerklärung: ○ = Copulationsversuch bei ♂; ● = bei ♀.  
 " ○ = gegenseitiger Copulationsversuch von 2 ♂♂.  
 " ○ = " " " 3 ♂♂.

Vollzogene Copula und ihre Dauer: ●  $\frac{1}{2}$  - ♂ versucht Copula bei copulierendem ♂.  
 " ○  $\frac{1}{2}$  - ♂ versucht Copula bei copulierendem ♀.

+ Copula durch Störung anderer ♂♂ aufgehoben



den Versuch zu copulieren. Der Begriff „Copulationsversuch“ ist hier nochmals genauer zu definieren: Es wird darunter die typische Rückwärtsbewegung des ♂ verstanden, verbunden mit seitlichen Hin- und Herbewegungen und Drehungen des Abdomens bei geschlossener Zange, die als einleitende Copulationsbewegungen aufzufassen sind und im allgemeinen auch zur Begattung führen. Die oberen Punkte der Ordinaten sind durch eine Linie miteinander verbunden, die für die beiden Beobachtungsreihen je ein Flächenareal (in bezug auf die Abszissenachse) abgrenzt, das als Ausdruck für die normale heterosexuelle Copulationswilligkeit der ♂♂ angesehen werden kann. In 1. und 2. B sind die im Zeitraum von 2 Stunden wirklich zustande gekommenen Copulationen dargestellt, und zwar ist der Augenblick des Eintritts der völligen Paarung von ♂ und ♀ durch einen dickeren Punkt und die Dauer der betreffenden Copula durch eine horizontale Linie kenntlich gemacht.

Die ♂♂ der Helgoländer Population erzielten innerhalb 2 Stunden, bei der dreifachen Anzahl ♀♀ nur zwei Copulae, und zwar nach 26 bzw. 102 Minuten (Abb. 68 1. B); die ♂♂ des Frankfurter Fundortes erreichten in der gleichen Zeit und unter den gleichen Bedingungen vier Paarungen: Nach 73, 89, 104 und 112 Minuten (Abb. 68 2. B).

Bei der Serie 1 wurde die erste Copula (1) nach 69 Minuten aufgehoben, die zweite dauerte bei Abbruch der Beobachtung noch an; bei Serie 2 dauerten alle vier Copulae (1—4) nach der 120. Minute noch an. Abb. 68 1. und 2. C gibt also alle nicht zum Endziel gelangten Copulationsversuche an ♀♀ an; die Helgoländer Tiere unternahmen deren in 2 Stunden 350, die Frankfurter Forficulae 398. Bei 1. führten also nur 0,6% aller Copulationsversuche bei ♀♀ zum Ziele, bei 2. nur 1% sämtlicher normal geschlechtlichen Versuche; das ist ein sehr geringer Prozentsatz. Die geschlechtliche Erregung der ♂♂ begann in beiden Beobachtungsreihen bereits 5 bzw. 6 Minuten nach dem Zusammensetzen der Geschlechter.

In der obersten Reihe A der graphischen Darstellungen 1. und 2. (Abb. 68) sind sämtliche homosexuellen Copulationsversuche der ♂♂ eingetragen, die innerhalb der zweistündigen Beobachtungsdauer festgestellt wurden.

Die Helgoländer ♂♂ unternahmen insgesamt 70 Copulationsversuche am gleichen Geschlecht, die Frankfurter ♂♂ sogar 79. Rechnet man alle überhaupt angestellten Begattungsversuche zusammen, ohne Rücksicht, ob sie homo- oder heterosexuell waren, so ergibt sich für die beiden Versuchspopulationen (die mit Absicht aus weit voneinander entfernten Gegenden ausgewählt wurden) ein sehr genau übereinstimmendes Verhalten hinsichtlich normaler und abnormer Geschlechtsbetätigung, nämlich:

	Helgoland 10 ♂♂ + 30 ♀♀		Frankfurt 10 ♂♂ + 30 ♀♀	
	Zahl	Prozent sämtlicher Copulationsversuche	Zahl	Prozent sämtlicher Copulationsversuche
Copulationsversuche bei ♀♀ . . . . Heterosexuelle Vers.	350	83,42	398	83,58
Copulationsversuche bei ♂♂ . . . . Homosexuelle Vers.	70	16,58	79	16,42
		Prozent der Copulationsversuche bei ♀♀		Prozent der Copulationsversuche bei ♀♀
Vollzogene Copulae .	2	0,6	4	1,0
Summe:	422	—	481	—

An Hand der graphischen Darstellung (Abb. 68 1. und 2. A) läßt sich das abnorme Verhalten der ♂♂ anderen Geschlechtsgenossen gegenüber genauer verfolgen. Ein homosexueller Copulationsversuch an einem anderen ♂, das sich passiv verhält, ist durch einen kleinen Kreis gekennzeichnet; sämtliche abnormen Versuche sind außerdem auch noch jeweils in der Darstellung C (oberhalb der die Ordinatenpunkte für die Copulationsversuche bei ♀♀ verbindenden Linie) eingetragen und durch eine gebrochene Linie verbunden, die demgemäß das Areal für alle Paarungsversuche begrenzt. In A finden sich also sämtliche homosexuellen Versuche für sich dargestellt; diese verlaufen nämlich durchaus nicht alle gleichartig. Außer einzelnen kleinen Kreisen bemerkt man sowohl bei 1. (Helgoland), als auch bei 2. (Frankfurt) häufig zwei oder gar drei dieser Kreise, die durch eine senkrechte Linie miteinander verbunden sind. Dies bedeutet, daß zu der betreffenden Zeit zwei, bzw. drei ♂♂ gleichzeitig untereinander versucht haben zu copulieren, sich also gegenseitig für „♀♀ hielten“!

Unter den 70 homosexuellen Begattungsversuchen der Helgoländer Forficulae fand 22mal diese doppelte und 2mal eine dreifache Irrung statt; bei den Frankfurter Tieren ergab sich 26mal eine doppelte und ebenfalls 2mal eine dreifache Täuschung.

Dieses Resultat ist um so mehr überraschend, als ja auf je ein ♂ drei ♀♀ kamen, also ein Mangel des anderen Geschlechtes keineswegs vorlag.

Von den ungestümen Copulationsversuchen blieben auch nicht die ♂♂ und ♀♀ verschont, die bereits eine Paarung eingegangen waren; in der graphischen Darstellung ist auch dieses Verhalten zum Ausdruck gebracht, und zwar durch gestrichelte senkrechte Linien, die mit einer Pfeilspitze die horizontalen Linien (zwischen A und C) berühren, die die Dauer einer eingegangenen Copula bezeichnen (Abb. 68 1. und 2. B).

Laufen diese Pfeillinien von C nach B (also von oben nach unten), so bedeutet dies, daß ein ♂ an dem bereits copulierenden ♀ die Begattung zu erzwingen sucht; bei der Copula 1 der Helgoländer Tiere (Abb. 68 I. B 1) fand ein solcher Versuch fünfmal statt; der letzte, in der 95. Minute seit Beobachtungsbeginn, verlief so stürmisch, daß die Begattung aufgehoben wurde. Bei Copula 2 versuchten viermal andere ♂♂ beim sich paarenden ♀ eine immisio penis.

Bei der Frankfurter Population wurden in Paarung befindliche ♀♀ nur dreimal durch andere ♂♂ gestört: zweimal Copula 1 und einmal Copula 2.

Verlaufen die Pfeillinien von oben nach unten (also von A nach B), so werden dadurch die homosexuellen Copulationsversuche von ♂♂ an bereits sich paarenden ♂♂ gekennzeichnet. In Serie 1 (Helgoland) wurde das ♂ der ersten Copula (Abb. 68 I. B 1) sechsmal (!) von anderen ♂♂ bedrängt (also sogar noch einmal mehr als das copulierende ♀!), in Copula 2 trat dies nur einmal ein. Von den Copulae der 2. Serie (Frankfurt) wurde nur das ♂ der zuerst eingegangenen Paarung von anderen ♂♂ behelligt, und zwar im ganzen viermal.

Es erhebt sich an dieser Stelle die Frage, wie sich für jede der beiden Versuchspopulationen die homosexuellen Copulationsversuche auf den ganzen Zeitraum von 2 Stunden verteilen.

Man könnte erwarten, daß das abnorme Verhalten vieler ♂♂ besonders stark oder ausschließlich zu Beginn der Beobachtung einsetzte, da die Geschlechter ja vorher für einige Tage getrennt gehalten wurden.

Wie die Darstellung A der Serie 1 und 2 lehrt, ist dies aber keineswegs der Fall; die gleichgeschlechtlichen Begattungsversuche verteilen sich über den ganzen Beobachtungszeitraum; irgendeine deutlich ausgeprägte Gesetzmäßigkeit läßt sich nicht feststellen, auch nicht, wenn man das jeweilige Verhältnis von heterosexuellen zu homosexuellen Copulationsversuchen für jede Beobachtungsminute berücksichtigt. Daß in Serie 2 A gegen Ende der Beobachtungszeit die Begattungsversuche an ♂♂ so stark abnehmen, hängt damit zusammen, daß vier ♂♂ infolge ihrer Paarung von weiteren Copulationsversuchen ausgeschlossen sind und nicht mehr mit den übrigen konkurrieren.

Nachdem wir nunmehr normales und abnormes Verhalten einer größeren Anzahl ♂♂ in Anwesenheit der dreifachen Zahl ♀♀ kennen gelernt haben, interessiert die Frage, ob auch bei nur zwei männlichen Konkurrenten und einem Überschuß von ♀♀ sich ebenfalls homosexuelles Verhalten feststellen läßt.

Für die am Schlusse dieses Kapitels zu besprechenden Beobachtungen über die eventuelle Bedeutung der verschiedenen Zangenlänge bei der Copula wurden häufig 2 ♂♂ mit extrem verschieden langen Zangen zu mehreren ♀♀ gesetzt; bei dieser Anordnung wurden sehr oft Copulations-

versuche von dem einen ♂ bei dem einzigen anderen ♂ unternommen. Hierfür einige Beispiele:

Ein ♂ mit sehr kleiner Zange versucht bei einem großzangigen ♂ die Copula, obwohl mehrere ♀♀ sich in unmittelbarer Nähe befinden. Oder: Das großzangige ♂ versucht die Paarung bei einem ♀; das kleine ♂ kommt hinzu und sofort werden an ihm die intensiven Begattungsversuche fortgesetzt!

Ein anderes Mal unternahm das eine von zwei ♂♂ in der Kopfgegend des anderen ♂ einen Copulationsversuch, obwohl der Kopf des in sexueller Erregung befindlichen ♂ dicht in der Analgegend eines sich passiv verhaltenden ♀ befand.

Mehrfach konnte beobachtet werden, daß eine zustande gekommene Copula des einen ♂ durch das andere bis zur Aufhebung gestört wurde, obwohl mehrere ♀♀ in unmittelbarer Nähe waren; das aus der Paarung aufgestörte ♂ versuchte dann, wie des öfteren festgestellt wurde, sofort nach der Trennung von seinem ♀ mit dem ♂ eine Paarung einzugehen, das kurz zuvor seine Copula getrennt hatte!

Auch heftige gegenseitige Copulationsversuche der beiden alleinigen Konkurrenten wurden oft registriert; folgender Fall verdient mitgeteilt zu werden:

Die kleine Versuchspopulation bestand aus zwei ♂♂ (Zangenlänge 3,0 mm und 6,5 mm) und dreißig ♀♀; das großzangige ♂ hatte dauernd inmitten einer Anhäufung von ♀♀ gelegen, plötzlich unternahmen beide ♂♂ einen sehr intensiven gegenseitigen Copulationsversuch!

Starke Äußerung des Kontrektationstriebes wird mitunter unmittelbar aus dem Ruhezustand durch einfache Berührungsreize, die von einem anderen Tiere ausgehen, ausgelöst. In einer Beobachtungspopulation (deren beide ♂♂ eine Zangenlänge von 3,0 bzw. 6,0 mm hatten), die sich in Ruhe befand, berührt das kleine ♂ mit seinem Kopf die Gegend der Zangenbasis des ruhig dasitzenden großzangigen ♂. Dieses gerät sofort in sexuelle Erregung, hebt den Hinterleib auf und ab, bewegt den Körper in der typischen Weise langsam rückwärts und macht in der Kopfgegend des langsam zurückweichenden kleinen ♂ Begattungsversuche. Wenige Minuten später geht das kleine ♂ zur Nahrungsaufnahme über und frißt, während das große ♂ es dauernd mit der geschlossenen Zange bearbeitet.

Mitte November findet man bei den ♂♂ die Hoden fast ganz zurückgebildet, während die Vesiculae seminalis noch prall mit Sperma angefüllt sind. 1923 waren um diese Zeit nur noch ♂♂ der Helgoländer und Frankfurter Versuchspopulation übrig, die ♀♀ wurden für andere Zwecke verwandt. Diese ♂♂ zeigten gerade zum Abschluß der Brunstperiode noch sehr heftigen Begattungstrieb. Es kam dauernd zu homosexuellen Copulationsversuchen der ♂♂ untereinander, ohne daß also nur ein einziges ♀ anwesend war. Die Äußerung des Detumeszenztriebes nahm

bei diesen isolierten ♂♂ sehr eigenartige Formen an. Des öfteren wurden mehrere ♂♂ beobachtet, die ihren emittierten Penis an einem als Nahrung in den Behälter gelegten Stückchen Birne rieben. Der Penis wurde sehr weit, bis zum Ende des breiten gezähnten Teiles der Zange, herausgestreckt und auf der feuchten Oberfläche der Frucht unter typischen Copulationsbewegungen hin- und herbewegt.

In der Einleitung zu diesem Kapitel (3) wurde die Forderung erhoben, bei der Analyse des „homosexuellen“ Verhaltens der ♂♂ während der Brunstzeit durch Erhöhung der jeweiligen Anzahl der ♀♀ zu prüfen, ob das abnorme Verhalten der ♂♂ bloß auf zufälligen Irrtümern im Erkennen der ♀♀ beruht und nicht auf erbter Instinktänderung im Sinne einer echten Homosexualität.

Die Beantwortung dieser Frage kann selbstverständlich nur an einer größeren Beobachtungsreihe und an planmäßiger Abänderung des jeweiligen Zahlenverhältnisses der Geschlechter zueinander versucht werden; die wenigen bisher mitgeteilten Einzelfälle, auch die in Abb. 68 dargestellten, lassen sich hier nicht zu einem Gesamturteil auswerten.

Abb. 69 gibt in übersichtlicher graphischer Darstellung das Ergebnis einer größeren Serie von Einzelbeobachtungen im Sinne obiger Fragestellung, die alle unter den gleichen Bedingungen angestellt wurden.

Es wurden Männchen mit den verschiedensten Zangenlängen in möglichst vielen Kombinationen zusammengesetzt, und zwar in allen drei Beobachtungsreihen A, B und C in der gleichen Kombination und Anzahl; diese schwankte von 1—6 ♂♂.

Die Zahl der ♀♀, auf die es ja hier besonders ankam, wurde wie folgt variiert: In Reihe A wurde immer nur 1 ♀ zu je 1—6 ♂♂ gesetzt, in Reihe B kamen in jedes Beobachtungsglas jeweils ebensoviel ♂♂ wie ♀♀; in der Versuchsserie C endlich wurde den ♂♂ immer die doppelte Anzahl ♀♀ beigegeben. Für jede der drei Versuchsreihen (A, B und C) wurde auf Grund vieler je einstündiger Beobachtungen 1. die Zahl der

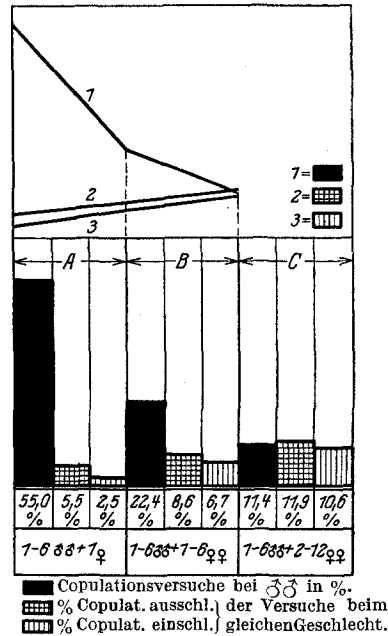


Abb. 69. Graphische Darstellung der Abnahme der „homosexuellen“ Copulationsversuche der ♂♂ bei anderen ♂♂ (durch Erhöhung der jeweiligen Anzahl der ♀♀) und der Zunahme der erzielten Copulae.

Copulationsversuche bei ♂♂ und 2. die Zahl der wirklich erreichten Copulationen registriert, in Prozenten ausgedrückt und in Form von Rechtecken graphisch dargestellt. Die homosexuellen Copulationsversuche (schwarzes Rechteck) sind in Prozenten sämtlicher Paarungsversuche der ♂♂ aufgezeichnet (erste Spalte bei A, B und C), wobei jede Copula auch als Begattungsversuch mitzählt; die erfolgten Paarungen sind zweimal eingetragen, und zwar jeweils in Spalte 2 (bei A, B, C) in Prozenten aller Copulationsversuche bei ♀♀ (also ausschließlich der homosexuellen Versuche. Rechteck kariert) und Spalte 3 einschließlich der Paarungsversuche von ♂♂ bei ♂♂ (Rechteck senkrecht schraffiert).

Aus der graphischen Darstellung geht folgendes hervor:

Serie A: Nur ein ♀. 55% aller Begattungsversuche sind homosexuelle Akte, nur 5,5% normaler Copulationsversuche bei ♀♀ führen zur Begattung, oder nur 2,5% Copulationen kommen zustande bei Einrechnung der homosexuellen Paarungsversuche.

Serie B: Bei gleicher Anzahl von ♂♂ und ♀♀ sinkt die Zahl der homosexuellen Begattungsversuche auf 22,4%, die erzielten Copulae steigen auf 8,6% bzw. bei Bewertung sämtlicher Copulationsversuche auf 6,7% an. In

Serie C endlich (bei je doppelt soviel ♀♀ als ♂♂) fällt der Prozentsatz der homosexuellen Akte auf 11,4%, während 11,9% aller Copulationsversuche bei ♀♀ zum Ziele führten (bzw. 10,6% aller Paarungsversuche).

Im oberen Teile der graphischen Darstellung (Abb. 69) ist die starke Verminderung der gleichgeschlechtlichen Begattungsversuche und die erhebliche Vermehrung der erreichten Copulae nach Verstärkung der Anzahl der ♀♀ in gleichmäßigem Zuwachs noch einmal in anderer Form dargestellt; das geradlinige Ansteigen der Linien für die erfolgreichen Paarungsversuche (2 und 3) ist hier besonders anschaulich.

Die zusammenfassende Darstellung Abb. 69 zeigt aufs deutlichste, daß die im Geschlechtsleben der *Forficula*-Männchen zu beobachtenden Störungen des normalen Verhaltens, im ganzen betrachtet, vom zahlenmäßigen Verhältnis der Geschlechter zueinander abhängig sind und daß die ♂♂ sich bei einer ausreichenden Anzahl von ♀♀ entsprechend weniger oft im Finden ihrer Partner irren. Dies ließ sich mit Sicherheit natürlich nur an einem großen Beobachtungsmaterial, wie es der Abb. 69 zugrunde liegt, feststellen.

Die mitgeteilten wenigen Einzelbeobachtungen stehen nur scheinbar in gewissem Gegensatz zu der Analyse, die Abb. 69 ermöglichte; ich meine die Fälle homosexueller Akte bei Kombinationen von nur 2 ♂♂ mit wechselnder Anzahl ♀♀ (siehe oben).

Wie oben gezeigt wurde, wird im Brunststadium oft heftigster Kontraktionstrieb durch Berührung mit irgendeinem anderen Tier, sei es ♂ oder ♀, ausgelöst. Die Copulationsbewegungen beginnen daraufhin

ganz mechanisch und das zur sexuellen Erregung gereizte ♂ hebelt blind mit seinen geschlossenen Zangen darauf los und sucht sein verdrehtes Abdomen unter anhaltenden Hebelbewegungen der Zange (als Ganzes) unter das gerade nächstliegende Abdomen eines anderen Tieres zu schieben. So läßt sich auch das „homosexuelle“ Verhalten jenes ♂ verstehen, das ruhig inmitten vieler ♀♀ dalag, zufällig von dem einzigen anderen anwesenden ♂ berührt wurde und nun bei diesem ♂ intensiv zu copulieren versuchte. Ohne Vorliegen einer großen Beobachtungsreihe könnte aus solchen Einzelbeobachtungen fälschlich auf einen Fall echter Homosexualität geschlossen werden, wie dies ja in der älteren Literatur häufig geschehen ist.

Wenn unsere Annahme richtig ist, daß die gleichzeitige Anwesenheit mehrerer ♂♂ bei starkem Kontraktionstrieb zu mannigfaltigen Irrtümern im Auffinden der ♀♀ und damit zu intensiven „homosexuellen Akten“ führt bei einer relativ sehr geringen Zahl erfolgreicher Begattungsversuche bei ♀♀, so müssen allein anwesende ♂♂, ohne andere Konkurrenten, viel öfter zur Copula kommen.

Die folgende Tabelle bestätigt dies. Es sind hier sieben je einstündige Beobachtungen registriert über das Verhalten von je 1 ♂ und 4 ♀♀.

	2,0 mm	2,5 mm	3,0 mm	3,5 mm	4,0 mm	4,5 mm	5,0 mm	5,5 mm	6,0 mm	6,5 mm	7,0 mm	Summe pro Std.
Copulat.-Versuch .						2	1		1	1	6	11
Copula . . . . .		1				1	1	1				4
Copulat.-Versuch .		2	2		1		1		1	1	1	9
Copula . . . . .							1				1	2
Copulat.-Versuch .	1	1	1	1	1			1		1	1	8
Copula . . . . .			1	1								2
Copulat.-Versuch .						1	1		3		3	8
Copula . . . . .					2		1		2	1	2	8
Copulat.-Versuch .		1		1	1	2		1		3	2	11
Copula . . . . .				1			1			1	2	5
Copulat.-Versuch .	1			2	6	2	1				1	13
Copula . . . . .	1				1		1		1	1	1	6
Copulat.-Versuch .	1	5	5	1	2	1	4	2		1		22
Copula . . . . .	2				1	1				1		5
Summe Cop.-Vers. pro 7 Std.	3	9	8	5	11	8	8	4	5	7	14	82
Summe Copulation pro 7 Std.	3	1	1	2	4	2	5	1	3	4	6	32

Die ♂♂ zeigten eine Zangenvariabilität von 2,0—7,0 mm. (Wo mehr als eine Copula pro Stunde eingetragen ist, hat ein und dasselbe ♂ innerhalb einer Stunde mehrfach copuliert.)

In der Versuchsserie war also siebenmal 1 Stunde lang je 1 ♂ (11 verschiedene Zangenlängen) Gelegenheit geboten, ohne Störungen durch andere copulationswillige Geschlechtsgenossen unter vier anwesenden ♀♀ bei einem ♀ zur Copula zu gelangen. Insgesamt waren demnach an dieser Serie beteiligt: 77 ♂♂ und 308 ♀♀. Die ♂♂ unternahmen zusammen 114 Copulationsversuche, von denen 32 zur Begattung führten; also 28,1% aller Versuche waren erfolgreich.

Vergleicht man diesen sehr hohen Prozentsatz mit dem Ergebnis der Copulationsanstrengungen der ♂♂ in der in Abb. 68 analysierten Serie (je 10 ♂♂ auf 30 ♀♀), wo nur höchstens 1% normaler Copulationsbewegungen (sogar bei zweistündiger Beobachtungsdauer) zum Ziele führte, so werden uns die Irrungen der ♂♂ in diesem zuletzt genannten Falle nunmehr verständlich: Unter den 10 ♂♂ äußerten immer mehrere gleichzeitig heftigen Kontrektationstrieb; infolge des lebhaften Umherlaufens kamen sie mit anderen erregten ♂♂ in Berührung: Die Kontaktreize mit ebenfalls copulationswilligen ♂♂ waren stärker als die von ruhenden ♀♀ ausgehenden. So kamen die vielen gegenseitigen und sogar dreifachen Irrungen und homosexuellen Akte zustande, die eine starke Herabsetzung der Zahl der erfolgreichen Copulationen bewirkten.

In der Literatur findet sich nur einmal eine ähnliche Deutung homosexuellen Verhaltens von Insekten, und zwar bei DOEBNER (1850); dieser Autor analysiert die von KÄLCH (1834) beschriebene Copula eines ♂ von *Melolontha melolontha* mit einem ♂ von *Melolontha hippocastani* und stützt sich auch auf eigene Beobachtungen. Auch für diesen Fall wird die Schlußfolgerung gezogen, daß es nur der heftige Copulationstrieb sei, der die ♂♂ nicht erkennen läßt, daß sie ihren Kontrektationstrieb auf gleichgeschlechtliche Individuen richten.

Die vorstehend mitgeteilten Beobachtungen über das Verhalten der *Forficula*-Männchen vor der Begattung liefern für die Orthopteren einen neuen Beitrag in der Deutung homosexueller Akte bei Insekten, gewonnen an großem Beobachtungsmaterial und unter Wahrung möglichst gleichmäßiger, Vergleiche gestattender Beobachtungsbedingungen. Die Anschauungen von A. MOLL und CH. FÉRÉ (siehe Einleitung zu Abschnitt 3 dieses Kapitels) haben durch den Nachweis der Abhängigkeit der Störungen im Verhalten der ♂♂ von *Forficula* von der Zusammensetzung der jeweiligen Population während des Höhepunktes der Brunstperiode, d. h. vom zahlenmäßigen Verhältnis von ♂♂ und ♀♀ zueinander, eine neue Stütze erhalten gegenüber den Ansichten von GADEAU DE KERVILLE, KARSCH und anderen Autoren.



#### 4. Die funktionelle Bedeutung der männlichen Zange bei der Erreichung der Copula.

Im Rahmen dieser Untersuchung konnten sinnesphysiologische Versuche über die Beteiligung einzelner Organe beim Zusammenkommen der Geschlechter zum Begattungsakt nur in wenig ausgedehntem Maße angestellt werden. Bei der Besprechung der Störungen im normalen Verhalten der ♂♂ wurde bereits eine Herabsetzung der Sinnesfunktionen infolge des ungestümen Detumeszenz- und Kontraktionstriebes zur Zeit der Brunstperiode festgestellt.

Im folgenden sollen kurz einige Beobachtungen über das Verhalten antennenloser und der Zangen mehr oder weniger beraubter ♂♂ bei der Paarung mitgeteilt werden.

Männchen, denen die Antennen völlig entfernt waren, zeigten durchaus einen typisch sich äußernden Kontraktionstrieb und vollzogen bereits 10 Minuten nach der Operation die Copula; es hat den Anschein, als ob die Tiere sich bei den Copulationsbewegungen lebhafter verhielten als nicht operierte ♂♂. Homosexuelle Copulationsversuche bei anderen ♂♂ wurden ebenfalls unternommen, weder in größerer, noch in geringerer Anzahl als von intakten ♂♂.

Die Antennen sind demnach ohne wesentliche Bedeutung für das Auffinden des anderen Geschlechtes. Ohne auf die Rolle der Augen für das Finden der ♀♀ einzugehen (die Tiere copulieren im Freien wohl zum meist bei Nacht), die Palpi maxillares und labiales wurden ebenfalls außer Acht gelassen, wenden wir uns nunmehr dem Anteil der männlichen Zange am Zustandekommen der Begattung zu.

In der allgemeinen Schilderung der Copula und bei mehreren mitgeteilten Einzelbeobachtungen wurde bereits die Verdrehung des männlichen Abdomens um 180° bei den Copulationsbewegungen erwähnt; diese Drehung macht die männliche Zange naturgemäß zwangsläufig mit und sie gerät also mit ihrer Ventralseite in Kontakt mit der ventralen Seite des weiblichen Abdomens, eine Lage, die zur Einführung des Penis unbedingt erforderlich ist. Liegen die ♀♀, wie es häufig vorkommt, in dichten Haufen neben- und übereinander, so benutzt das ♂ seine Zange als Hebel, um durch geschickte halb drehende, halb rückwärts schiebende Bewegungen das ♀ in eine geeignete Lage zu bringen. So dient die Zange bei in Ruhelage sich passiv verhaltenden ♀♀ als mechanisches Hilfswerkzeug des ♂. In allen Fällen wird die Zange bei diesen im Dienste der Paarung stehenden Bewegungen völlig geschlossen gehalten, auch dann, wenn das ♀ infolge der Anstrengungen des ♂ seinen Platz verläßt und umher zu laufen beginnt.

In einem früheren Abschnitt über den feineren Bau der Zange wurden schon die vielen sehr kleinen chitinen Sinnesborsten und der im Inneren der Zange neben einer Trachee laufende Nerv erwähnt und abgebildet

(siehe Abb. 53). Daß diese Chitinborsten taktile Reize aufzunehmen haben, darf als sicher angenommen werden; Berührungsreize spielen ja bei der Einnahme der Copulastellung in der Abdominalgegend von ♂ und ♀ eine große Rolle.

Es ist nun von Interesse, das Verhalten brünstiger ♂♂ bei gänzlicher und nur teilweise erfolgter Amputation der Zangenglieder kennen zu lernen.

Einer großen Serie von ♂♂ wurde zu diesem Zwecke zunächst die ganze Zange dicht am Abdomen durch einen schlagartigen Scherenschnitt entfernt; die Amputation erfolgte 24 Stunden vor Beobachtungsbeginn, nachdem vorher die Copulationswilligkeit der betreffenden ♂♂ festgestellt worden war. (Es wurden für diese Versuche immer 4 ♂♂ zu 30 ♀♀ gesetzt.) Diese amputierten ♂♂ wurden mehrere Tage beobachtet; sie zeigten noch Kontrektationstrieb und machten Copulationsbewegungen und Paarungsversuche, aber alle sexuellen Äußerungen wiesen geringere Intensität als bei nicht amputierten ♂♂ auf.

Niemals gelang einem zangenlosen ♂ die Copula, weil das nunmehr stumpfe Ende des Abdomens sich nicht in die geeignete Lage zur Einführung des Penis bringen ließ. Im übrigen verlaufen die Copulationsbewegungen fast in der gleichen Weise wie bei nicht operierten Tieren, nur unterbleibt häufig die Drehung des Abdomens um 180° und es bleibt bei dem typischen Auf- und Abbewegen des Abdomens bei gleichzeitiger Rückwärtsbewegung des Körpers. Auf den Rücken gefallene zangenlose ♂♂ können sich viel schwerer umdrehen als nicht geschädigte Tiere.

Im weiteren Verlauf dieser Versuche wurde ein Zangenglied oder beide stufenweise weniger stark verkürzt (bei jedem Individuum nur eine Operation!), um zu ermitteln, bis zu welchem Grade der Schädigung die Erreichung der Copula noch möglich ist. Wiederum wurden jeweils 24 Stunden Ruhe zwischen Operation und Versuchsbeginn eingeschoben zur Ausschaltung der Chocwirkung.

Hierbei ergab sich folgendes: Männchen, denen beide Zangenspitzen fehlten, zeigten in geringstem Umfange Copulationsbewegungen, und zwar um so weniger, je mehr die beiderseitige Amputation bis zum letzten großen Innenzahn vorgenommen wurde.

Wurde nur ein Zangenglied bis zur Hälfte entfernt, so gelang die Copula ohne Schwierigkeiten; diese ♂♂ wiesen auch völlig typisches Verhalten bei ihren Copulationsbewegungen auf.

Nach gänzlicher Abtrennung eines Zangengliedes wurde keine Paarung mehr beobachtet, wohl aber noch intensive Copulationsversuche; augenscheinlich gelingt bei einem Zangenglied das Emporheben des weiblichen Abdomens nur mehr unvollkommen.

Aus diesen wenigen mitgeteilten Versuchen erhellt die wichtige Bedeutung der männlichen Cerci von *Forficula* für die Erzielung der Paarung; es bleibt jetzt noch die Untersuchung der Frage, ob die starke

Variabilität der männlichen Zangen irgendeine erkennbare Rolle bei der Copula spielt durch Bevorzugung irgendeines Zangentypus. Die Beantwortung dieser Frage ist mit größeren Schwierigkeiten verknüpft als es zunächst den Anschein hat; dies hängt damit zusammen, daß hier exakte Daten verlangt werden für die Ergebnisse des Verhaltens der ♂♂ in bestimmten Lebenslagen. Beobachtungsbedingungen und Beobachtungszeiten müssen für diesen Zweck besonders genau gleich gewählt werden, um untereinander vergleichbare Resultate zu erhalten. Aber trotz großer Genauigkeit in der Beachtung der äußeren Versuchsfaktoren bleiben in der Unberechenbarkeit des Verhaltens genügend Fehlerquellen bestehen, die eine einwandfreie Vergleichbarkeit nicht gestatten. Um diese nicht zu vermeidenden Fehlerquellen bei der Beurteilung der Resultate einigermaßen unwirksam zu machen, müßte ein noch viel größeres Beobachtungsmaterial vorliegen, als es hier zur Analyse kommt.

Für die vorliegende Fragestellung wurden in vielen Beobachtungsreihen jeweils zwei ♂♂ verschiedener Zangenlänge zu 1 oder mehreren ♀♀ gesetzt und immer eine Stunde lang das Verhalten beobachtet (nachdem die betreffenden ♂♂ vor Versuchsbeginn auf Copulationswilligkeit hin geprüft worden waren) und registriert.

Die Zangenlängen wurden möglichst extrem bis nur wenig verschieden voneinander gewählt und gerade die Fälle von extrem langen und sehr kleinen ♂♂ als Konkurrenten sind an dieser Stelle von besonderem Interesse.

Eingeschaltet sei hier Folgendes: Niemals wurden „Kämpfe“ der ♂♂ untereinander um den Besitz eines ♀ beobachtet unter Verwendung der Zange als Waffe durch wirkliches Kneifen und Ergreifen des „Gegners“. Unter all den zahlreichen Beobachtungen konnte nur ein einziges Mal eine Benutzung der Zange im Sinne ihrer Konstruktion durch Zupacken registriert werden und dieses eine Mal war es ein Weibchen, das, ohne einen für uns erkennbaren Grund, ein ♂ verfolgte und dieses im Laufe der Verfolgung von der Seite derart am Abdomen mit der Zange packte, daß dem ♂ fast der Hinterleib abgequetscht wurde. Das angegriffene ♂ vermochte es nicht, sich des ♀ zu erwehren, minutenlang wurde es von dem ♀, zwischen dessen Zangengliedern eingeklemmt, herumgeschleppt. Die weibliche Zange ist infolge ihrer geraden, fast glatten Innenseite zu einem derartigen seitlichen Ergreifen eines anderen Individuums besser geeignet als die gebogene männliche.

Daß die männliche Zange zur Erbeutung anderer Insekten usw. geschickte Verwendung findet und eine gefährliche Waffe darstellt, ist von anderer Seite geschildert worden; um so merkwürdiger ist die Seltenheit ihres Gebrauches gegenüber den eigenen Artgenossen (abgesehen von den oben geschilderten Auf- und Abbewegungen der geschlossenen Zangenglieder bei der Nahrungsaufnahme).

Nach dieser Abschweifung gebe ich nunmehr die Ergebnisse der Beobachtungen über eine eventuelle Bedeutung der verschiedenen Zangenlängen bei der Copula.

Unter Berücksichtigung der oben dargelegten Fehlerquellen läßt sich aus allen Einzelbeobachtungen dennoch der Schluß ziehen, daß irgendeine durch die Variabilität der männlichen Zange gegebene Länge zur Erreichung der Paarung — etwa durch besonders günstige Gestalt des Hebelapparates — in keiner Weise bevorzugt zu sein scheint. Ein ♂ mit sehr kleinen Zangen gelangt in Gegenwart eines sehr großzangigen Partners, der gleichfalls Copulationstrieb zeigt, zur Paarung; in gleicher Weise läßt sich das Umgekehrte beobachten, wie auch mittlere Zangenlängen weder bevorzugt noch benachteiligt sind.

Vom Vererbungsstandpunkte hierzu einen Kommentar zu geben ist überflüssig, da einmal keinerlei Bevorzugung eines bestimmten Zangentypus festgestellt werden konnte, im übrigen ja auch hinsichtlich der Variabilität der Zangenlänge Modifikabilität vorliegt.

Auf alle Fälle mußte diese Frage geprüft werden, da die vorliegende große Variabilität der *Forficula*-Männchen mehrfach zu Spekulationen vom „Nützlichkeitsstandpunkt“ für die Population als phylogenetisch beginnende Arbeitsteilung unter den Männchen (Vergleich mit Termiten usw.) geführt hat.

Beobachtungen ganzer Populationen im Freien und in großen Terrarien ergeben die völlige Gleichwertigkeit der einzelnen Zangenlängen bei den gewöhnlichen Verrichtungen (Nahrungsaufnahme usw.); die eben dargelegten Ergebnisse zeigen, daß auch bei wichtigen Lebensfunktionen, z. B. beim Fortpflanzungsgeschäft, kein Zangentyp dem anderen überlegen ist.

Zum Schlusse mag an dieser Stelle noch die Feststellung Erwähnung finden, daß, wenigstens in der Gefangenschaft, für die Träger der einzelnen Zangentypen (von 2,0—7,5 mm Länge) keine Unterschiede in der Lebensdauer beobachtet werden konnten.

## XII. Zusammenfassung der Ergebnisse.

1. Den Untersuchungen liegen vier Populationen zugrunde, und zwar von folgenden Fundorten und Jahren: Helgoland 1924 und 1925, Frankfurt am Main 1925 und Holstein (Gut Satjewitz) 1924. An der männlichen Zange wurden hinsichtlich ihrer Variabilität 10, an der weiblichen vier Merkmale untersucht, einzeln und in korrelativer Verknüpfung.

2. Die genaue Analyse der *Form* an einer kleinen, möglichst alle Längenextreme umfassenden Anzahl von 60 Objekten (♂♂) ergab, daß die bisherige Bezeichnung „forma brachylabia“ und „macrolabia“ nicht die Mannigfaltigkeit der Form der Cerci umfaßt. Unter den kurzen Zangen ließen sich zwei *Formtypen* feststellen, *schlanke kurze* und *breite*

*kurze* Cerci. Letztere zeigen oft ähnlich hohe Werte für die Zangenbreite wie die längsten Zangen; ihre Zangenspitzen überschneiden sich nie, sondern klaffen oft bis zu 1,2 mm auseinander (bei völliger Berührung der basalen Innenzähnechen). Ein Klaffen der Zangenspitzen kommt nie bei langen und extrem großen Zangen vor. Hinsichtlich der Formähnlichkeit gehören die schlanken kurzen und sehr langen Objekte zusammen, während sich die breiten kurzen Cerci bei geeigneter graphischer Darstellung scharf isolieren lassen. Bereits an diesem zahlenmäßig geringen Material lassen sich auf graphischem Wege korrelative Beziehungen zwischen einigen Merkmalen ableiten.

3. Unter den vier untersuchten Populationen zeigten drei in bezug auf die Länge der männlichen Zangen *unimodale* Variationspolygone (im Gegensatz zu sämtlichen bisher veröffentlichten Variationsreihen von *Forficula*), nur ein Fundort wies für die Zangenlänge eine schwache Bimodalität auf. Unimodale Zangenlängepolygone wurden gefunden bei Helgoland 1924 und 1925 und Frankfurt 1925; schwach bimodal ist das Längenspolygon von Holstein. Die unimodal (also normal) variierenden Populationen der drei erstgenannten Fundorte wurden mit Hilfe des Massenfanges, die „bimodale“ Population dagegen durch Einzelauf sammeln der Objekte erbeutet. Die Holsteinsche Population ist daher wegen der nicht ganz ausgeschlossenen Bevorzugung der großen Objekte durch die Sammelnden nicht als biometrisch einwandfrei anzusehen. Derselbe Einwand ist gegen sämtliche bisher veröffentlichte (BATESON, DIAKONOV) stark bimodalen Längenvariationspolygone zu erheben. Wo bei einem biometrisch zu behandelndem Objekt der Verdacht auf Bimodalität vorliegt, ist der Materialbeschaffung ganz besondere Sorgfalt zuzuwenden; die exakteste mathematisch-statistische Bearbeitung ist für die biologische Deutung der Verhältnisse wertlos, wenn die Basis der Materialbeschaffung fehlerhaft ist. Die außer der Länge an der männlichen Zange und am Abdomen gemessenen Merkmale zeigen zwar oft unsymmetrische aber meist völlig unimodale Polygone. Zweite Gipfel treten nur in wenigen Fällen und nur in ganz geringem Umfange auf. Die an der weiblichen Zange und am Abdomen gemessenen Größen variieren sämtlich unimodal.

4. Die vier analysierten Populationen weisen eine sehr verschiedene Variabilität der Gesamtheit aller an der männlichen und weiblichen Zange und am Abdomen gemessenen Merkmale auf: am geringsten variieren die beiden Helgoländer Populationen (1924/1925), dann folgen Frankfurt und Holstein.

5. Die *Gesamtvariabilität* sämtlicher untersuchten Merkmale bleibt für einen Fundort in zwei aufeinander folgenden Jahren in hohem Maße *konstant* (Helgoland 1924/1925); allerdings liegen für diesen Inselfundort auch sehr gleichbleibende klimatische Bedingungen vor, die auch für die Entwicklungsstadien eine sehr gleichmäßige Lebenslage schaffen.

6. Die nach ansteigendem Gesamtumfang der Variabilität der Zangenlänge sich ergebende Reihenfolge der vier untersuchten Populationen — Helgoland 1924, 1925; Frankfurt 1925 und Holstein 1924 — bleibt auch bestehen, wenn nach steigender Variationsbreite irgendeines anderen Zangenmerkmals angeordnet wird (z. B. Krümmung, Zangenbreite usw., auch Körperbreite; ausgenommen die kleinen Innenzähnechen an der Zangenbasis). Dies gilt in gleicher Weise auch für die wesentlich geringer variierenden weiblichen Zangen.

7. Populationen, die eine große Variabilität der männlichen Cerci aufweisen, zeigen auch eine verhältnismäßig gleichgroße Variabilität der weiblichen Zangen. Die Faktoren, die die Zangenvariabilität bedingen, sind also nicht geschlechtsbegrenzt, sondern sie wirken sich für beide Geschlechter gleichsinnig aus. Die Lebenslage der Population während der larvalen und nymphalen Entwicklungsperiode kommt in der Gesamtvariabilität der imaginalen Körperanhänge — besonders stark im männlichen Geschlecht — zum Ausdruck: Helgoland mit den relativ ungünstigsten Umweltfaktoren zeigt in beiden Jahren die geringste, Holstein die größte Gesamtvariabilität der männlichen und weiblichen Cerci; Frankfurt nimmt eine mittlere Stellung ein.

8. Die Untersuchung über gesetzmäßige Beziehungen zwischen einzelnen Zangenmerkmalen ergab nur für wenige Größen eindeutig klare positive Korrelationen, z. B. zwischen der Zangenlänge und dem Krümmungsradius oder der Zangenbreite und der größten Breite des Abdomens. Für die Mehrzahl der Merkmalspaare resultierten kompliziertere Anordnungen der Objekte im Korrelationsfeld: Es ließen sich für die männlichen Objekte meist zwei mehr oder weniger scharf voneinander getrennte Areale im Korrelationsfeld feststellen, die den kurzen und mittel- bis extremlangen Cerci entsprachen. Innerhalb dieser Gruppen herrschte positive, nicht geradlinige oder gar keine Korrelation. Die extrem langen Zangen fielen bei bestimmten Merkmalspaaren besonders störend aus der Gesamtanordnung der Population im Korrelationsfeld heraus.

9. Durch besondere Kennzeichnung der *breiten* kurzen männlichen Cerci mit klaffenden Zangenspitzen (Abstand A 3) innerhalb der Korrelationsanalyse der Gesamtpopulationen konnte nachgewiesen werden, daß für diesen breiten kurzen Zangentyp häufig spezielle korrelative Beziehungen gelten, die die Anordnung der Gruppe der kurzen Cerci (schlanke kurze und breite kurze) im Korrelationsfeld wesentlich beeinflussen können.

10. Wurden die kurzen Cerci innerhalb eines Längenspielraumes von 1 mm (Längensklasse 3,0 und 3,5), wiederum unter Trennung nach breiten und schlanken Typen, gesondert analysiert, so ergaben sich für die breiten kurzen Zangen — wenn die Variabilität des Klaffens der Zangen-

spitzen (Abstand A 3) auch als Korrelationsmerkmal verwandt wurde — nicht geradlinige, bzw. völlig fehlende korrelative Beziehungen. Der Abstand der Zangenspitzen bei den breiten kurzen Cerci variiert nicht mit typischer, annähernd binomialer Variationsreihe, sondern er zeigt die *höchsten* Frequenzen beim *geringsten*, und die *niedrigsten* beim *stärksten Grad* seiner Ausbildung. Dies ist ein Variabilitätsmodus wie er für *Mißbildungen* irgendwelcher Art charakteristisch ist; die breiten kurzen, an den Spitzen klaffenden Cerci (A 3-Typen) sind als leichte Mißbildungen, als Häutungsstörungen aufzufassen.

11. Die *Anzahl* der A 3-Typen ist bei den untersuchten Populationen *umgekehrt proportional* der Menge der über mittellangen und extrem-langen männlichen Zangen. Dies Zahlenverhältnis wird verständlich, wenn die extremlangen Cerci als besonders stark ausgepreßte Zangentypen und die A 3-Typen als nicht völlig ausgedehnte Formen aufgefaßt werden. Bei der Population mit relativ vielen an den Spitzen klaffenden breiten kurzen Cerci (z. B. Helgoland 1925) hätte unter günstigerer Lebenslage der Nymphen während der letzten Häutung ein wesentlich größerer Prozentsatz der breiten Zangen mit viel dehnungsfähigem Chitinmaterial maximal ausgepreßt werden können, wie es bei der Frankfurter Population mit nachweisbar besseren äußeren Lebensbedingungen in der Tat geschehen ist (daher bei Frankfurt nur sehr wenige breite kurze männliche Cerci mit klaffenden Spitzen).

12. Aus der eingehenden Untersuchung der bei den Populationen von Helgoland 1925 und Frankfurt 1925 vorgefundenen imaginalen *Zangenmißbildungen* ergaben sich folgende Resultate: 1. Alle abnorm gestalteten männlichen Cerci gehören dem kurzen, und zwar zum größten Teil dem *breiten* kurzen Formtypus an. 2. Sowohl bei den männlichen als auch bei den weiblichen Zangenmißbildungen überwiegen Deformierungen der *Form*, und zwar solche Defekte, die auf innere Störungsfaktoren während der letzten Häutung zurückzuführen sind. 3. Für die Population mit geringer Gesamtvariabilität, Helgoland 1925, ist die Anzahl der vorgefundenen Zangenmißbildungen prozentual für die Männchen mehr als doppelt, für die Weibchen mehr als viermal so groß als bei der in sämtlichen Zangenmerkmalen wesentlich stärker variierenden Frankfurter Population. Diese drei Ergebnisse führen dazu (unter Verwendung der unter 10 und 11 aufgeführten Tatsachen), die große Variabilität der *Forficula*-Cerci als *Modifikabilität* aufzufassen. Die mittleren und extremen Plusvarianten der Zangenlänge ( $\sigma$ ) zeigen weder Regenerate, noch Schrumpfung, Verbiegungen oder Knickungen: Wäre die extreme Zangenlänge *erblich* bedingt, so müßten auch unter den sehr langen männlichen Zangen ebenso Mißbildungen auftreten wie unter den kurzen. Ist dagegen die große Länge der Zange nur als Resultat besonders günstiger physiologischer Bedingungen entstanden (hoher Druck der Häm-

lymphe bei der letzten Häutung), also als *Modifikation*, so läßt sich sowohl das eigenartige zahlenmäßige Verhältnis der A 3-Typen zu den extremen Längenplusvarianten verstehen (11) als auch das Fehlen der *Mißbildungen* und deren Vorkommen *nur* bei *kurzen* Cerci. Das prozentuale Zahlenverhältnis der Mißbildungen zeigt für beide Fundorte (Helgoland 1925: 3,72%, Frankfurt 1925: 1,62% abnorme männliche Zangen und entsprechend 5,03% bzw. 1,2% weibliche Anomalien) eine gute Übereinstimmung mit den jeweiligen Lebensbedingungen der Populationen.

13. Die Gesamtdauer der larvalen Entwicklung ist für die einzelnen Fundorte sehr verschieden, sogar für den gleichen Fundort in verschiedenen Jahren. Auch bei den Larven und Nymphen wirken sich die äußeren Lebensbedingungen bei den Häutungen aus: Es resultiert eine große Variabilität in der Größe der vorimaginalen Stadien, besonders der Nymphen. Versuche mit wechselnden Ernährungsbedingungen der Nymphen ergaben, daß der Variabilität der Größe Unterschiede in der Vitalität entsprechen: Die kleinen Nymphen sind weniger vital als die großen, sie treten physiologisch geschwächt in die letzte Häutung ein.

14. Während die Ausbildung der weiblichen und der kurzen männlichen imaginalen Zange bei der letzten Häutung einen relativ einfachen Vorgang darstellt, bedeutet die Auspressung und Umformung einer sehr großen männlichen Zange in mechanisch physiologischer Hinsicht eine sehr komplizierte Leistung für den Organismus. Die Hypodermis der jungen imaginalen Zange ist bei der Häutung starken Dehnungsbeanspruchungen ausgesetzt, die in ihrer Wirkung auf das Gewebe durch interessante histologische Prozesse abgeschwächt werden: Die Hypodermiszellen nehmen während der nur wenige Minuten dauernden intensiven Dehnungsprozesse des Chitins eine außergewöhnlich hohe und spindelförmige Gestalt an unter partiellem Verlust des seitlichen Zusammenhanges. Zum Teil stellen sich die Zellen tangential zur Zangenoberfläche ein; die Anordnung der Hypodermiszellen gibt eine Vorstellung von den herrschenden Dehnungskräften im Chitin. Nach Erhärtung der imaginalen Cerci zeigt die Hypodermis wieder den typischen Aufbau aus kubischen Zellen.

15. Die schlanken männlichen Imagines mit kurzen Zangen sind aus kleinen, schmalen, wenig vitalen Nymphen hervorgegangen, die breiten großen Männchen mit langen Zangen aus breiten großen, meist sehr vitalen Nymphen. Die Männchen mit breiten, aber kurzen Cerci hatten bei der letzten Häutung nicht ausreichenden Druck der Hämolymphe, um die Zangen wesentlich länger auszudehnen als die Zange des Nymphenstadiums, obwohl sie sich von großen Nymphen herleiten. Im Experiment entstanden aus großen „Hungernymphen“ nur Männchen mit breiten kurzen Zangen. Wie die Anzahl der extrem langen Cerci als Maßstab für die günstige Lebenslage der Population angesehen werden kann,



so ist die Anzahl der breiten kurzen Zangen — ebenso wie die der Mißbildungen — ein Charakteristikum für ungünstige Lebensbedingungen während der Nymphenzeit: z. B. Helgoland 1925: 29,42% breite kurze A 3-Typen, die theoretisch zu längeren Cerci hätten ausgepreßt werden können, Frankfurt 1925: nur 4,46% dieses Formtypus.

16. Regenerationsversuche an larvalen und nymphalen Zangen bestätigten die bereits von DIAKONOV geäußerte Ansicht, daß einseitige Regenerationsprozesse an der Zange (teilweise oder gänzliche Amputation auf dem Larven- oder Nymphenstadium), infolge des Mehrverbrauchs an Energie, auf der normalen Seite keine große Zange zustande kommen lassen: Modifikation. Einseitige Regenerate zeigen am ungestörten Zangenglied stets den Typus der „forma brachylabia“. In den Versuchen erreichte das normale Zangenglied nie eine größere Länge als 4 mm. (Nur, falls überhaupt kein Regenerat gebildet wurde, trat eine größere Ausdehnung des normalen Gliedes bis 5,4 mm ein.) Die gewisse Ähnlichkeit der Regenerate mit der weiblichen imaginalen Zange beruht nur auf dem Fehlen der großen und kleinen Zähne; die Form der Regenerate hängt von der für die Regenerationsprozesse bis zur nächsten Häutung zur Verfügung stehenden Zeit ab. Ist diese nur kurz, so gleicht das Regenerat mehr dem larvalen Zangentyp. Sehr häufig weisen die Regenerate Spuren von Häutungsstörungen auf; gemischte Formstörungen: Regenerat + Häutungsmißbildung.

17. Bei der Häutung der Nymphe sind bereits die ersten Minuten nach Beginn der Häutung für die Größe und die Krümmung der männlichen Zange entscheidend. Die genaue Innehaltung der Reihenfolge der Häutungsphasen im Freiwerden der einzelnen Körperteile aus der Nymphenexuvie ist für die Zangenausbildung — wenigstens im männlichen Geschlecht — von Bedeutung. Durch Entzug von Hämolymphe oder durch Behinderung des Luftschluckmechanismus zu bestimmten Zeitpunkten der Häutung bleibt die Zange kurz und gerade.

18. Die Definition des „Normaltypus“ der männlichen Zange für einen bestimmten Fundort zu geben ist wegen der großen phänotypischen Multiformität der Cerci nicht eindeutig möglich. Genotypisch bedingt ist der Geschlechtsdimorphismus der männlichen und weiblichen Zange, ferner die Reaktionsnorm im männlichen Geschlecht stärker zu variieren und auf modifikatorische Einflüsse leichter anzusprechen als im weiblichen.

19. Untersuchungen über die Geschlechtsbiologie von *Forficula* erwiesen die wichtige Rolle der männlichen Zange bei der Einleitung der Copula als Hebelapparat. Niemals werden die Weibchen mit der Zange ergriffen oder festgehalten; die Zange dient nur dazu, nach erfolgter Drehung des männlichen Abdomens um fast 180°, das weibliche Abdomen leicht anzuheben, um mit der weiblichen Genitalgegend in Kontakt zu

kommen. Der starke Kontrektationstrieb der Männchen führt bei der Anwesenheit mehrerer Männchen sehr häufig zu scheinbaren „homosexuellen“ Copulationsversuchen. An großem Versuchsmaterial konnte nachgewiesen werden, daß es sich bei diesen gleichgeschlechtlichen Begattungsversuchen keineswegs um ererbte Instinktänderung handelt, sondern nur um zufällige Irrtümer im „Erkennen“ der Weibchen. Antennenlose Männchen finden die Weibchen und gelangen zur Copula; hingegen bringen Männchen mit völlig amputierten Zangen trotz lebhaften Kontrektaktionstriebes keine Begattung zustande. Das Gleiche ist der Fall, wenn ein Zangenglied ganz entfernt ist. Die Amputation eines Zangengliedes bis zur Hälfte bewirkt keine Störung. „Kämpfe“ der Männchen untereinander unter Verwendung der Zange im Sinne ihrer Konstruktion wurden nie beobachtet; die Zange wird dagegen oft in geschlossenem Zustande zur Erteilung von Hieben (von oben nach unten) benutzt. Die Variabilität der männlichen Cerci spielt bei der Erreichung der Copula keine Rolle; keine bestimmte Zangengröße kommt besonders leicht zur Begattung.

### XIII. Literaturverzeichnis.

- Bateson, W. und Brindley, H. H.** (1892): On some cases of Variation in Secondary Sexual Characters, statistically examined. Proc. of the Zool. Soc. of London 585—594. — **Bormans, A. de und Krauss, H.:** Forficulidae und Hemimerydidae. In: Das Tierreich. 1900. 11. Liefg. — **Brindley, H. H.** (1912): The proportions of the sexes in *Forficula auricularia*. Proc. of the Cambridge philos. Soc. 16, Part. VII, 674—679. — **Diakonov, D. M.:** Sur l'effet de la castration, la régénération de la pince et les parasites de la *Forficula auricularia* L. Bull. de l'inst. des recherches biol. et de la stat. biol. à l'univ. de Perm. 1, Lief. 9, 10. Perm 1923. — Experimental and biometrical investigations on dimorphic variability of *Forficula*. Journ. of Genetics 15, 201—232. 1925. — **Doebner:** Stettiner Entomog. Zeitg. 11. Jg., Nr. 9, S. 327. 1850. — **Féré, Ch.:** Les perversions sexuelles chez les animaux. Rev. philos. 43. 1897. — **Huxley, J. S.:** Discontinuous Variation and Heterogony in *Forficula*. Journ. of Genetics 17, Nr. 3, 309—327. 1927. — Studies on heterogonic growth (IV). The bimodal cephalic horn of *Xylotrupes gideon*. Ibid. 18 Nr. 1, 45—53. 1927. — **Johannsen, W.:** Elemente der exakten Erblichkeitslehre. 3. Aufl. 1926. — **Karsch, F.:** Päderastie und Tribadie bei Tieren auf Grund der Literatur. Jahrbuch der sexuellen Zwischenstufen. 2. Jahrb. 1900. — **Kelch:** Isis. Leipzig 1843. — **Kuhl, W.:** Die Variabilität der abdominalen Körperanhänge bei *Forficula auricularia* L. Verhandl. d. dtsh. zool. Ges. Jena 1925. — Die Anwendung des Zeichenapparates zur Messung von Krümmungen unter dem Mikroskop durch Projektion eines Systems konzentrischer Kreise (oder anderer Kurven) in das mikroskopische Bild. Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie u. f. mikroskop. Technik 42, 265—269. 1925. — **Lang, A.:** Die experimentelle Vererbungslehre in der Zoologie seit 1900. Jena 1914. — **Moll, A.:** Untersuchungen über die Libido sexualis. Berlin 1898. — **Semenov-Tian-Shansky, A.:** Limites taxonomiques de l'espèce et de ses subdivisions. Essai d'une catégorisation précise des unités systématiques inférieures. Mém. de l'acad. imp. d. sciences de St.-Petersbourg. VIII. sér., 25. 1911.