

BIOLOGISCHE NOTIZEN BETREFFS DER ZUIDERSEE-  
KRABBE *PILUMNOPEUS TRIDENTATUS* (MAITLAND)  
syn. *HETEROPANOPE TRIDENTATA* (MAITLAND)

VON

ADRIANA G. VORSTMAN  
Zool. Institut der Universität Amsterdam

Mit einer mathematischen Bearbeitung des Materiales  
von A. W. H. VAN HERK

Bekanntlich wurde bis vor kurzem diese spezifisch holländische Krabbenart, die nach De Man 1892 ihre nächsten Verwandten in einem tropisch pazifischen Genus hat, nirgends anders in der Welt als in Holland gefunden. Erst im Jahre 1936 berichtete K. Schubert, dass *Pilumnopeus* unlängst auch im Kaiser Wilhelm-Kanal im Flemhuder-See gefunden wurde. *Pilumnopeus* lebt in den Gewässern von Nordholland, dem IJsselmeer (der abgedammten Zuidersee) und der Provinz Seeland und wurde in der Waddensee (Rottum), (siehe Hoek 1885/87 S. 96), in der Provinz Friesland in der Nähe von Dokkum, (siehe Kamps und Otto 1934), und in der Provinz Groningen (Niezijl) (siehe Otto 1934) gefunden.

Der Gedanke, dass diese merkwürdige Krabbenart durch die Versüßung des IJsselmeeres daselbst und im Gebiete von Nordholland verschwinden würde, hat sich nicht verwirklicht. Das Gegenteil ist vielleicht wahr, dass diese Art sich in diesem Gebiete vermehrt, und ihr Wohngebiet bedeutend ausgedehnt hat. So behaupten die Fischer dort, dass nordöstlich von Enkhuizen vor dem Abschliessen der Zuidersee hauptsächlich *Carcinus moenas* (L.) in den Buttnetzen angetroffen wurde, während sie jetzt dort hauptsächlich *Pilumnopeus* finden und nur ausnahmsweise einen einzigen *Carcinus* oder *Eriocheir sinensis* M.E. Es ist aber schwer zu entscheiden, ob eine Art sich tatsächlich vermehrt hat, wenn nicht speziell das Wohngebiet in früheren Jahren beobachtet ist. Es ist möglich, dass es sich nur um eine Verschiebung des Wohngebietes handelt. Einige Angaben aus Proben, welche während des Abschliessens der Zuidersee gemacht wurden, stehen zur Verfügung. Diese Proben sind sowohl einige Jahre vor wie auch nach dem Abschliessen genommen worden, um den Einfluss der Versüßung auf die Fauna zu kontrollieren. Diese Untersuchungen standen vorher unter

Leitung von Dr. H. C. Redeke und wurden nachher von Prof. Dr. L. F. de Beaufort fortgesetzt.

Die nachfolgende Tabelle 1 gibt die Fundorte von *Pilumnopus* von verschiedenen Stellen der Zuidersee an, sowohl vor wie auch nach dem Abschliessen. Man bekommt hieraus den Eindruck, dass die Zahl der Exemplare wie auch die Fundorte zahlreicher geworden sind als vorher. Ebenfalls folgt hier eine Tabelle 2 mit Angaben von Fundorten und Data an welchen Zoeae dieser Krabbenart im Plankton angetroffen wurden. Diese Angaben stammen teils von den obengenannten Untersuchungen in bezug auf die Fauna der Zuidersee, teils auch von Angaben, welche zeigen, wo in verschiedenen Jahren Zoeae von *Pilumnopus* in den Gewässern von Nordholland angetroffen wurden. Diese letzten Angaben stammen aus Notizen des Reichsinstitutes für Fischerei-Untersuchungen, die ich durch Vermittlung von Dr. H. C. Redeke erhielt. Die Angaben sind nach den Monaten des Jahres geordnet.

In den Jahren 1934, 1935 und 1936 habe ich durch Sammeln grosser Mengen dieser Krabben in verschiedenen Jahreszeiten versucht einiges über die Biologie dieser Krabbenart zu ermitteln. In dankenswerter Weise wurde ich hierbei von Herrn Poorta, Hafenmeister van Enkhuizen, unterstützt, der mir sehr zahlreiche Kollektionen in obengenannten Jahren überliess, die von Fischern nordöstlich von Enkhuizen gesammelt wurden. Merkwürdig war, dass in verschiedenen Kollektionen, die einige hunderte oftmals einige tausende Krabben umfassten, die Männchen in Anzahl in grossem Masse überwogen.

Hierauf wird auch schon von Maitland 1876 S. 232 hingewiesen anlässlich einer Bemerkung von Bell 1844 S. 70 „It is worthy of remark that amongst twenty or thirty specimens I found only one female“ betrifft *Pilumnus hirtellus* Leach, welcher im Monat September an der Englischen Küste gesammelt wurde. Dieser Bemerkung Maitlands wird von Hoek widersprochen 1876 S. 247. Er hat im Monat August in der Amstel gesammelt, wobei er 10 Weibchen und 6 Männchen fand, er lässt aber die Möglichkeit offen, dass die Jahreszeit eine Rolle spielt. Tesch 1913 S. 18 schreibt, dass er unter 100 Männchen aus der „Nieuwe Vaart“ in Amsterdam kein einziges Weibchen gefunden hat, während er in Proben aus der Zuidersee kein anormales Verhältnis zwischen Männchen und Weibchen fand. Er gibt leider keine Data der Sammlungen an. Otto 1934 S. 131 erhielt am 10. April 1934 aus dem IJsselmeer auf 441 Männchen 59 Weibchen.

In den Kollektionen, die mir nach drei-jährigem Sammeln zur Verfügung stehen, traf ich Kollektionen an, bei welchen die Männchen in grossem Masse sowohl in Zahl als auch in Grösse des Panzers überwogen; und daneben Kollektionen in welchen Männchen und Weibchen in ungefähr gleicher Zahl vorhanden waren. In diesen letzteren Kollektionen waren die Weibchen und Männchen ungefähr von gleicher Grösse, und diese Samm-

TABELLE 1. Fundorte von *Pilumnopus* in der Zuidersee. In den verschiedene Jahren von 1928 ab sind während der Fahrten immer von denselben Punkten Muster genommen worden. Aus obenstehender Tabelle ist abzulesen, dass die Fundorte und die Anzahl der Individuen in den Jahren nach dem Abschlüssen vom Meere 1932 zugenommen haben.

[illegible]

TABELLE 2

Angaben wenn und wo Zoeae im Plankton angetroffen sind, geordnet nach den Monaten des Jahres.

				t	C	gr.	Cl.	p.	L.
Juni:	14	VI	'27	Zuidersee (Breehorn)	13.8	14.8			
	"	"	"	" (Hoorn)	14.3	9.5			
	"	"	"	" (Kolhorn)	19	6.6			
	21	"	'19	Nordholland (Markerkanal)	....	(1.0071 S. G.)			
	"	"	"	" (Koog a/d Zaan)	....	(1.008 S. G.)			
	27—30	"	"	" (Schoorldam)	....	.....			
Juli:	erste Woche	VII	'20	täglich Nordholland (Schoorldam)	....	.....			
	3	VII	'20	Nordholland Nordholländischer Kanal	....	(1.008 S. G.)			
	9	"	'28	Zuidersee (Kreupel)	15	7.-			
	"	"	"	" (Kolhorn)	15	10.7			
	"	"	"	" (Oude Zeug)	17.2	12.2			
	20	"	'20	Nordholland (Krommenie)	....	4.7			
	21	"	'14	" (Seitenkanal C. des Nordseekanals)	....	4.7			
Aug.:	13	VIII	'16	Amsterdam (Keizersgracht/Amstel)	....	.....			
	26	"	'29	Zuidersee (Enkhuizen)	18	8.3			
	"	"	"	" (Hoornsche Hop)	19	8.5			
	27	"	"	" (Middelgronden)	18.5	14.6			
	"	"	"	" (Kreupel)	18	7.8			
	"	"	"	" (Gammels)	19	13.6			
	28	"	"	" (Vrouwenzand)	18	8.1			
	29	"	"	" (Knar)	19	8.5			
	"	"	"	" (Muiden)	19	6.6			
	"	"	"	" (Huizen)	19	6.6			
	30	"	"	" (Edam)	18	6.9			
Sept.:	3	IX	'28	" (Edam)	20	4.8			
	"	"	"	" (Pampus)	17	4.6			
	"	"	"	" (Oosterleek)	17	4.7			
	4	"	"	" (Muiden)	16	4.1			
	"	"	'31	" (Hoorn)	17	5.-			
	5	"	'28	" (Val v. Urk)	18.5	7.6			
	"	"	"	" (Staart v. Urk)	18	5.4			
	6	"	"	" (Gammels)	17	13.4			
	"	"	"	" (Lemsterhop)	16	3.5			
	"	"	'32	IJsselmeer (zwischen Amsterdam und Volendam)	....	.....			

lungen enthielten immer sehr viel kleine Individuen. Die Tabellen 3a und 4a geben eine Übersicht der Kollektionen aus den verschiedenen Jahren und Jahreszeiten mit Angaben der Zahlen von Männchen und Weibchen; und in den Tabellen 3 und 4 ist eine Übersicht über die Verteilung in Grösse dieser

TABELLE 3. Kollektionen wobei die ♂♂ in Grösse und Anzahl überwiegen und wobei kleine Krabben selten oder gar nicht vorhanden sind.

DATUM	28 III 1934	4 IV 1934	14 VII 1934	15 XII 1934	21 V 1935	3 VI 1935	28 VI 1935	15 X 1935	31 X 1935	Amsterdam Loozings- Kanal	15 XI 1935	Nordholland Buitenliede Haarlem	20 XI 1935	20 XI 1935	21 II 1935													
FUND- ORT	Ijselmeer N.O. Enkhuizen	Ijselmeer N.O. Enkhuizen	Ijselmeer Hafen v. Hoorn	Ijselmeer N.O. Enkhuizen	Ijselmeer N.O. Enkhuizen	Ijselmeer N.O. Enkhuizen	Ijselmeer N.O. Enkhuizen	Ijselmeer N.O. Enkhuizen	Ijselmeer N.O. Enkhuizen	Amsterdam Loozings- Kanal	Amsterdam Loozings- Kanal	Nordholland Buitenliede Haarlem	Nordholland Spaarnadam	Ijselmeer N.O. Enkhuizen														
Breite des Panzer in m.m.	♂ ♀	♂ ♀	♂ ♀	♂ ♀	♂ ♀	♂ ♀	♂ ♀	♂ ♀	♂ ♀	♂ ♀	♂ ♀	♂ ♀	♂ ♀	♂ ♀														
4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.														
5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.														
6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.														
7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.														
8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.														
9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.														
10	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.														
11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.														
12	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.														
13	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.														
14	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.														
15	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.														
16	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.														
17	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.														
18	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.														
19	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.														
20	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.														
21	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.														
22	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.														
23	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.														
Summe..	33	4	844	273	18	9	1775	42	21	0	22	0	4243	1710	79	27	488	21	41	1	83	7	82	13	137	4	45	4

Krabben, gemessen nach der Breite des Panzers, gegeben. Sie wurden bis auf ein Zehntel Millimeter genau gemessen, aber für die Verteilung in obengenannten Tabellen in Gruppen von z.B. 14 bis 15 mm, 15 bis 16 usw. usw. zusammengefasst. Kollektionen, wobei die Männchen in Grösse und Anzahl überwiegen, sind zu finden in Tabelle 3a. Für die Verteilung nach Grösse vergleiche Tabelle 3. Tabelle 4a gibt dagegen die Kollektionen,

TABELLE 3a: Kollektionen, wobei die Männchen in Grösse und Anzahl überwiegen.  
Verteilung nach Grösse vergleiche Tabelle 3

			♂♂	♀♀
28 März	1934	IJsselmeer (Wagenpad) . . . . .	33	4
4 April	1934	„ (Enkhuizen) . . . . .	844	273
14 Juli	1934	„ (Hafen v. Hoorn) . . . . .	18	9
15 Dec.	1934	„ (Enkhuizen) . . . . .	1775	42
21 Mai	1935	„ „ . . . . .	21	—
3 Juni	1935	„ „ . . . . .	22	—
28 Juni	1935	„ „ . . . . .	4243	1710
15 Okt.	1934	„ „ . . . . .	79	27
31 Okt.	1935	„ „ . . . . .	488	21
1 Nov.	1935	„Loozingskanaal“ Amsterdam . . . . .	41	1
15 Nov.	1935	„ „ . . . . .	83	7
20 Nov.	1935	„Buitenliede“ Haarlem . . . . .	82	13
1/20 Nov.	1935	Seitenkanal des Nordseekanales (Spaarndam) . . . . .	137	4
21 Febr.	1936	IJsselmeer (Enkhuizen) . . . . .	45	4

TABELLE 4a: Kollektionen, wobei Männchen und Weibchen in Anzahl und Grösse einander nicht nennenswert übertreffen und wobei sehr viel kleine Krabben anwesend sind; für die Verteilung nach Grösse siehe Tabelle 4.

			♂♂	♀♀
14 Sept.	1934	Hafen v. Amsterdam . . . . .	31	45
13 Nov.	1934	„ „ . . . . .	10	18
30 Mai	1935	IJsselmeer (Enkhuizen) . . . . .	66	62
24 Oktober	1935	„ „ . . . . .	952	1009
17 Oktober	1935	Hafen v. Amsterdam . . . . .	117	90
20 Januar	1936	IJsselmeer (Enkhuizen) . . . . .	129	72

wobei Männchen und Weibchen in Anzahl und Grösse einander nicht nennenswert übertreffen und wobei sehr viel kleine Krabben anwesend sind; für die Verteilung nach Grösse siehe Tabelle 4.

Betrachtet man nach der alten Methode Petersens 1895 S. 226 die grösseren Kollektionen, die mehrere hunderte Krabben enthalten, dann tritt bei dieser einfachen Methode des Analysierens des vorhandenen Materials ein überraschendes Resultat hervor, siehe die graphische Darstellung Fig. 1. Die Krabben werden auf ein Zehntel Millimeter genau über die Breite des Panzers gemessen und das Material eines Fanges auf diese

Weise nach der Grösse geordnet. Um auf diese Weise ein Resultat zu erhalten, kommen nur die Kollektionen in Betracht, die mehrere hunderte Exemplare umfassen. Auf der horizontalen Linie ist die Anzahl der Individuen angegeben und auf der vertikalen Linie die Breite des Panzers.

Betrachten wir erstens den Fang vom 15. Dez. 1934, der mit Ausnahme von 42 Weibchen fast ausschliesslich aus Männchen besteht, nämlich 1775.

TABELLE 4. Kollektionen wobei die ♂ ♂ in Grösze und Anzahl *nicht* überwiegen und wobei sehr viel kleine Krabben zu finden sind.

DATUM	14 IX 1934	13 XI 1934	30 V 1935	24 X 1935	17 X 1935	29 I 1936
FUNDORT	Hafen v. Amsterdam	Hafen v. Amsterdam	IJsselmeer N. O. Enkhuizen	IJsselmeer N. O. Enkhuizen	Hafen v. Amsterdam	IJsselmeer N. O. Enkhuizen
Breite des Panzer in mm.	♂ ♀	♂ ♀	♂ ♀	♂ ♀	♂ ♀	♂ ♀
2	.	.	.	.	.	.
3	9	2	.	.	.	.
4	3 25	— 8	2 —	12 4	7 4	1
5	11 6	1 3	2 1	106 68	24 16	3 2
6	8 4	6 1	18 12	145 132	16 21	5 5
7	5 —	2 2	11 16	132 160	20 18	8 10
8	1 —	1 —	11 6	87 165	28 10	9 10
9	— —	— 1	4 6	60 113	7 5	5 13
10	1 —	—	7 9	49 118	6 9	13 9
11	— —	1	4 5	53 113	4 4	15 8
12	1 —	—	— 4	55 79	1 2	9 4
13	1 1	.	1 1	54 35	2 —	16 4
14	.	.	2 1	50 14	1 1	14 3
15	.	.	1 1	49 6	— —	12 3
16	.	.	2 —	34 2	1	10 1
17	.	.	—	34 —	.	5
18	.	.	—	29	.	2
19	.	.	1	1	.	1
20	.	.	—	2	.	1
21	.	.	.	—	.	.
Summe . . .	31 45	10 18	66 62	952 1009	117 90	129 72

Die Breite der meisten dieser 1775 Männchen liegt zwischen 14,5 und 17,5 mm, d.h. ungefähr in der Mitte zwischen 10,7 und 20,2 mm, worin die Breite dieser Gruppe variierte, siehe Fig. 1 unter 15. Dez. 1934.

Nehmen wir jetzt die Kollektionen von Männchen vom 28. Juni 1935, welche aus 4243 Männchen besteht, dann finden wir die grösste Menge aus der Mitte nach der Seite der grössten Breite hin verschoben, und zwar liegt sie zwischen 14,5 und 17,5 mm; jetzt aber umfasst die Kollektion Breiten

von 5.7 bis 20.5 mm. Wir bekommen den Eindruck, dass die Sammlung aus einer Gruppe von Individuen zusammengesetzt ist gleich denjenigen vom 15. Dez., welcher Gruppe sich eine jüngere Generation hinzugefügt hat, siehe Fig. 1. 28. Juni 1935 ♂♂. Betrachten wir die Zahlen der Männchen und Weibchen dieser Kollektion nämlich 4243 ♂♂ und 1710 ♀♀, dann können wir sagen, dass es praktisch doppelt soviel ♂♂ als ♀♀ gibt, während die Sammlung von Dezember 1934 nahezu keine (42) ♀♀ auf 1775 ♂♂ enthielt.

Betrachten wir aber die Kollektion der ♀♀ vom 28. Juni 1935, so sehen wir, dass die Breite der Weibchen von 6 bis 18.8 mm beträgt, wobei die grösste Menge der Individuen zwischen 11 und 14 mm zu finden ist. Die grösste Zahl liegt in der Mitte der Variationsbreiten, siehe Fig. 1. 28. Juni 1935 ♀♀.

Betrachten wir noch einmal die Sammlung der Männchen vom 28. Juni 1935 (siehe Fig. 1) und eliminieren wir hieraus eine Kollektion, wie die Männchen vom 15. Dez. 1934, dann erhalten wir aus derjenigen der ♂♂ vom 28. Juni 1935 eine Kollektion, die der oben beschriebenen Kollektion von Weibchen vom 28. Juni 1935 ähnelt. Man bekommt also den Eindruck, dass die Männchen vom 28. Juni 1935 aus zwei Generationen zusammengesetzt sind, einer jüngeren und einer älteren, während die Kollektion der Weibchen der jüngeren ähnelt.

Die Sammlungen vom 4. April 1934 von ♂♂ und ♀♀ geben dasselbe Bild, obwohl die Zahlen viel kleiner sind, siehe die Tabelle 3. Auch hier eine Kollektion von ♀♀, wovon die grösste Anzahl in der Mitte der Variationsbreite liegt, ungefähr zwischen 11 und 14 mm und eine Kollektion von ♂♂, deren grösste Anzahl Individuen in einer Breite zwischen 13 und 16 mm zu finden ist, d.h. aus der Mitte der Variationsbreite nach der Seite der grössten Breite hin verschoben. Auch hier viel mehr Männchen als Weibchen, nämlich 844 Männchen auf 273 Weibchen, siehe Tabelle 3. Kollektion vom 4. April 1934.

Betrachten wir jetzt eine der Kollektionen, wo die Mengen der ♂♂ und der ♀♀ sich einander nähern, so kommt dafür nur die Sammlung vom 24. Oktober 1935 in Betracht, weil die anderen wegen zu geringer Anzahl unberücksichtigt bleiben können. Die Männchen dieser Kollektion haben eine Breite zwischen 3.4 und 19.5 mm, die grösste Anzahl finden wir hier zwischen 4 und 7 mm, aber auch bedeutende Mengen zwischen 7 und 8, 8 und 9, 9 und 10 usw. bis 14 und 15 mm. Mit andern Worten die Anzahl ist gleichmässig über verschiedene Breiten verteilt, siehe Fig. 1. Die Anzahl Weibchen in der Kollektion vom 24. Oktober 1934 weicht nicht nennenswert von der Zahl ♂♂ der Kollektion desselben Datums ab. Auch hier zeigt sich über eine grosse Variationsbreite eine gleichmässige Verteilung der Individuen. Betrachten wir die Data, an welchen Zoea-larven von *Pilumnopus* in den verschiedenen Jahren gefunden sind, dann sehen wir, dass Pilum-



nopeus von der zweiten Hälfte von Juni bis zur ersten Hälfte von September geboren werden kann. Man kann also erwarten, dass die Sommergeneration eine grosse Variationsbreite zeigen wird. Beim Fangen von jungen Krabben im Hafen von Amsterdam am 14. September 1934 und am 13. November 1934 erbeutete ich bezw. 31 ♂♂ auf 45 ♀♀ und 10 ♂♂ auf 18 ♀♀; eine Sammlung von Enkhuizen, datiert vom 30. Mei 1935, besteht aus 66 ♂♂ und 62 ♀♀. Diese drei Kollektionen umfassen eine grosse Menge kleiner Krabben, siehe Tabelle 4.

Aus obenstehenden Tatsachen glaube ich, nachstehende Folgerung ziehen zu dürfen, welche durch die Kollektionen mit kleiner Anzahl wie oben

TABELLE 5. Eiertragende ♀♀

DATUM	11 VI 1934	14 VI 1934	13 VI 1934	13 VI 1934	7 VII 1934	7 VII 1921	18 VII 1932	20 VII 1934	30 VII 1936
FUNDORT	IJsselmeer Kreupel	IJsselmeer Muiden	IJsselmeer Lemmer	IJsselmeer N. P. Schokland	IJsselmeer Hoorn	Amsterdam Amstel	IJsselmeer N. P. Schokland	IJsselmeer Edam	Wasserruime Elektr. Werke A'dam
Breite des Panzers in mm.									
9	.	.	.	.	.	.	.	.	.
10	.	.	.	.	.	.	1	1	.
11	.	.	1	.	.	.	.	.	.
12	.	1	.	1	.	1	.	1	.
13	3	2	.	.	1	.	.	1	1
14	.	1	.	.	.	.	.	2	.
Summe . . .	3	4	1	1	1	1	1	5	1

in Tabelle 3 und 4 angegeben, unterstützt wird, obwohl man aus einem Fang mit kleiner Anzahl allein niemals einen Schluss ziehen darf:

- 1) M. E. werden die jungen Krabben, welche im Sommer geboren sind, am Ende des Sommers betreffs der Breite des Panzers von einander abweichen. Stellen wir die Breite des Panzers in mm gemessen, auf der Abszisse dar, die Zahlen der Individuen auf der Ordinate, so wird die Sommergeneration von Männchen oder von Weibchen eine Kurve mit einer breiten Basis und einem niedrigen Gipfel zeigen. Die junge Generation wird ebensoviel ♂♂ wie ♀♀ aufweisen, vielleicht überwiegen die ♀♀ noch etwas in Anzahl; die stark variierenden Breiten findet man in gleichem Masse, sowohl bei den ♂♂ als bei ♀♀, sodass die ♂♂ gar nicht in Grösse überwiegen.

- 2) Die Weibchen werden wahrscheinlich im zweiten Sommer laichen und am Ende des Sommers absterben. Ich fand Weibchen mit Eiern an dem Abdomen von einer Breite von 9 mm variierend bis zu einer solchen von 14 mm, siehe Tabelle 5. (Sie werden wahrscheinlich teils im Herbst und teils im Frühjahr befruchtet, denn ich fand im Winter ♀♀ sowohl mit leeren als mit mit Sperma gefüllten Spermathecae. Ich sah das Sperma frei in den Spermathecae und fand darüber bei Williamson 1899 S. 83 für *Cancer* das Nachfolgende: „Shortly after fertilization spermatophores are to be made out in the spermatheca along with independent sperms and fat-globules, which are evidently derived from the colourless fluid of the vas deferens, the capsule of the spermatophore seems to rupture soon after it reaches the spermatheca, for even before the crab has become hard the sperms are all found to be free. When the sperma shrinks, it contains the ambercoloured solid in its distal part and just inside the mouth at the opening of the oviduct are massed the sperms“. Letzteres bezieht sich auch auf die Lage des Spermas, sowie ich es in den Spermathecae der ♀♀ von *Pilumnopus* fand. Ich fand auch bei *Pilumnopus* sowie es für the „blue Crab“ *Callinectes hastatus*, Churchill 1917/18 S. 116, beschrieben ist, dass nämlich das Vorhandensein der Spermatozoa in den Spermathecae makroskopisch an einem weissen Band auf den Spermathecae, und dem Hartsein der Thecae zu erkennen ist, siehe Textfigur 1).
- 3) Die Männchen, die im Sommer geboren sind, gehen im nächsten Sommer nicht ein, verlieren aber die zu ihrer Generation gehörenden Weibchen und streifen im Herbst einige Zeit in Kolonien von nur Männchen umher, vergleiche die Sammlungen van 15. Dez. 1934 Enkhuizen, 1. und 15. Nov. 1935 Amsterdam, 20. Nov. 1935 Spaarndam usw., bis die Männchen wieder auf eine neue Sommergeneration stossen und sich dieser hinzugesellen, wodurch dann in einer solchen kombinierten Kollektion, wie sie uns vom 28. Juni 1935 vorliegt, die Männchen sowohl in Grösse wie in Anzahl überwiegen. Die im Sommer geborenen Männchen werden erst am Ende des dritten Sommers eingehen und also reichlich 2 Jahre alt werden, 2 Winter und 3 Sommer verlebend.
- 4) Die junge Generation ist nicht gleich zwischen den alten Krabben zu finden, wenn sie im Metazoea-Stadium in das benthonische Leben übergeht; sie bleibt gesondert, bis die alten Männchen sich nachher ihr zugesellen.

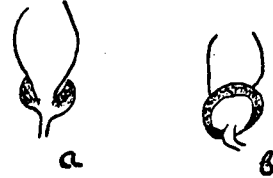


Fig. 1

Ein Spermatheca von  
*Pilumnopus tridentata* mit  
einem Teil des Oviduct.  
a. Gesehen von mesiodorsal.  
b. Gesehen von lateroventral.  
Das Band gibt die Lage an,  
wo das Sperma sich befindet.

Die biologische Bedeutung dieses Überlebens der Männchen wird vielleicht hierin gesucht werden können, dass die jungen Männchen ebenso wie die Weibchen sich im Frühjahr häuten. In der Kollektion vom 28. Juni 1935 fand ich sowohl weiche ♂♂ wie ♀♀, aber alle in der jungen Generation, wenigstens unter 15 mm Breite, siehe Tabelle 6. Die weichen gehäuteten ♀♀ dieser Tabelle hatten alle mit Ausnahme von den ♀♀ von 7.7 und 7.5 das breite Abdomen von erwachsenen Exemplaren. Ende Juni werden die ♀♀ schon

TABELLE 6

Weiche eben gehäutete  
♂♂ und ♀♀ aus der  
Kollektion vom 28 Juni  
'35, geordnet nach der  
Breite des Panzers

Breite des Panzers in m.m.	♂	♀
5	.	.
6	.	.
7	.	2
8	.	4
9	5	13
10	8	18
11	6	14
12	8	3
13	2	.
14	.	.
15	.	.
16	.	.
17	.	.
18	.	.
19	.	.
20	.	.
Summe. . . .	29	54

mit ausgeschlüpften Eiern gefunden, und da die ♂♂ nicht imstande sind zu befruchten während sie weich sind, so wird ein Teil der ♂♂ der eigenen Generation zum Befruchten ausfallen. Vielleicht wird dies durch die Männchen der alten Generation übernommen. Über 15 mm wurde am 28. Juni 1935 kein einziges häutendes Exemplar gefunden. Eine kleine am 14. Juli 1934 im Hafen von Hoorn gesammelte Kollektion wies 18 ♂♂ und 9 ♀♀ auf, siehe Tabelle 3; 3 ♀♀ von 8.6, 11.3 und 12.2 mm waren weich und 2 ♂♂ von 10.5 und 12.5 ebenfalls. Die Männchen wechseln in Breite von 5.2 bis 17.3 mm. Ein Weibchen von 12.8 mm hatte ausgeschlüpfte Eier.

Dass die alten Männchen im Sommer noch häuten, ehe sie eingehen, lässt sich aus den extra grossen Exemplaren folgern, die nur im Herbst gefunden werden. Vergleiche Fig. I Herbst 1935 und Juni 1935. Am 3. Oktober 1935 fand ich im Hafen von Amsterdam ein Männchen von 18.6 mm, das sich gehäutet hatte und noch ganz weich war.

Nach Churchill 1921 „Life History of the Blue Crab.“ S. 115, Binford 1913 „The Germcelles and the Process of Fertilization of the Crab *Menippe mercenaria*“, S. 161, Pearson 1907/8 „Cancer“, S. 458 wird die weibliche Krabbe gleich nach der Häutung, be-

fruchtet während sie noch weich ist. Nach Churchill wird das Weibchen hierfür schon vor der letzten Häutung von dem Männchen mitgetragen. Dasselbe hat Havinga 1929 S. 49 bei *Carcinus moenas* gesehen. Nach den Untersuchungen von Peters und Panning 1933 S. 133 kopuliert *Eriocheir*, während der Panzer des Weibchens hart ist. Dasselbe finden wir von Pearse 1914 S. 800 für *Uca pugillator* (Bosc) erwähnt. Wie dies bei *Pilumnopus* geschieht weiss ich nicht, denn ich habe das kopulierende Stadium niemals angetroffen. *Pilumnopus* ist aber *Menippe* verwandt. Die Menippinae und die Pilumninae sind zwei Unterfamilien, die zu den Xanthidae gerechnet werden. Binford 1913 schreibt S. 161: „*Menippe mercenaria* lives in crevices under or between the rocks, or in burrows which it digs in the mud along

the shore a little below low water line. Usually one crab is found in each burrow, but occasionally, and even frequently in the month of August, a male crab will be found guarding a hole in which there is a female. Sometimes the female thus found has a soft shell. If its shell be hard it moults within a few days after being brought into captivity. On August 17, a female with a soft shell and male crab which had been taken from the same hole about noon, were placed together in a compartment of a floating cage. At 5.45 P.M. they were observed to be copulating. On being disturbed they separated. Their behavior was then observed while copulation was resumed. The most significant point with regard to this behavior was the apparent care with which the male acted in order to inflict no injury upon the soft, delicate shell of the female."

Im Sommer 1936 konnte ich in meinem Aquarium folgende Beobachtungen machen. Anfang Juni bekam ich ein Weibchen von 13 mm. Am 23. Juni fand ich Eier an dem Abdomen. Das Tier suchte in diesem Zustand immer Schutz unter einem in das Wasser gelegten Objektglas. Jeden Tag beobachtete ich das Tier. Am 4. Juli waren die Eier verschwunden, leider ohne dass ich Larven in dem Aquarium finden konnte. Ob diese Zeit eine natürliche Tragezeit der Eier ist, lässt sich nicht entscheiden. Ein Männchen von 16 mm Panzerbreite häutete am 23. Mai im Aquarium, und der weiche Panzer war am 25. Mai schon ganz hart geworden und mass 17 mm. Das weiche Stadium dauerte in diesem Monate also nur 2 Tage.

Alles zusammenfassend schliesse ich, dass die im Sommer geborenen Weibchen überwintern, teils im Herbst und teils im Winter oder im folgenden Frühjahr befruchtet werden, das kommende Jahr im Sommer laichen und dann, nachdem sie einen Winter und 2 Sommer gelebt haben, absterben; dass die im Sommer geborenen Männchen, 2 Winter und 3 Sommer leben und dann eingehen; dass die Befruchtung der Weibchen mit grosser Wahrscheinlichkeit zum Teil seitens der Männchen welche ein Jahr älter sind, stattfindet; dass weiter die junge Generation gleichviel Männchen wie Weibchen enthält, und dass die Männchen der jungen Generation gar nicht im Grösse des Panzers überwiegen.

Nachdem ich nach Bearbeitung obenstehender Kollektionen meine Schlüsse betreffs der Lebensdauer gezogen hatte, bekam ich im Sommer 1936 eine wertvolle Kollektion, wertvoll wegen *der Stelle*, wo gesammelt wurde. Am 30. Aug. 1936 wurde das Zool. Institut von dem Direktor der Elektrizitätswerke der Gemeinde Amsterdam benachrichtigt, dass der dunkle Wasserraum der Werke gereinigt wurde, was einmal in 6 Jahren stattfindet. Der Zoolog Dr. Engel sammelte dort während der Reinigung und übergab mir eine Kollektion von dieser Krabbenart. Sowohl die Eintritts- wie die Austrittsstelle des ein- und ausströmenden Wassers dieses Kellers war durch ein Gitterrost von 5 : 5 mm Maschenweite verschlossen.

Für grössere Krabben war es also unmöglich, hinein- oder herauszukommen. Die sich dort befindenden Krabben werden also als Larve oder kleine Tiere hineingekommen sein und dort ihr ganzes Leben weiter eingeschlossen verlebt haben. Das einströmende Wasser ist oligo- bis mesohalin.

Eine Übersicht über die dort gewonnene Kollektion vom 30. Aug. 1936, ist in Tabelle 7 gegeben. Die Sammlung enthielt 395 ♂♂ auf 79 ♀♀. Diese

TABELLE 7

Kollektion vom 30. Aug. 1936 Dunkelraum Elektriz. Zentrale Amsterdam geordnet nach der Breite des Panzers.

Eben gehäutete ♂♂ und ♀♀ aus der Kollektion vom 30. Aug. 1936 geordnet nach der Breite des Panzers.

Breite des Panzers in m.m.	♂	♀	♂	♀
4				
5	3	1	3	
6	6	3	2	
7	2	2	2	2
8	8	3	4	
9	4	2		
10	11	2		
11	19	6	2	
12	27	11	3	1
13	31	16	1	1
14	36	7	2	1 <sup>1)</sup>
15	37	18		
16	24	7	1	
17	56		2	
18	57		2	
19	33	1 <sup>2)</sup>	1	
20	30		1	
21	11			
22				
Summe. . . .	395	79	26	5

Kollektion ordnet sich unter die obengenannten Kollektionen, wobei die Männchen in Grösse und Anzahl überwiegen und nähert sich den Herbst-Kollektionen, die verhältnismässig arm an ♀♀ sind.

Der Wert dieser Kollektion besteht darin, dass sie uns ein zuverlässiges Bild von dem zu dieser Jahreszeit bestehenden Verhältnis zwischen ♂ und ♀ Krabben gibt. Während man bei den draussen gefangenen Kollektionen niemals Sicherheit hatte, ob die ♀ Krabben sich vielleicht tiefer im Boden aufhalten und dadurch in den Herbst-Kollektionen seltener werden, ist diese Möglichkeit bei dieser Kollektion ausgeschlossen. Die Wände des Kellers wurden ganz abgeschabt, und was in kurzer Zeit an Krabben gesammelt werden konnte, wurde mitgenommen. Das Resultat war wie oben schon mitgeteilt 395 ♂♂ und 79

♀♀. Die Verteilung nach Grösse nach der Breite des Panzers wird in der obenstehenden Tabelle 7 angegeben. Auch wurden aus dieser Kollektion die weichen (eben gehäuteten Exemplare) herausgenommen und nach der Breite des Panzers geordnet, wie dies für die weichen eben gehäuteten Exemplaren der Kollektion vom 28. Juni 1935 geschehen ist.

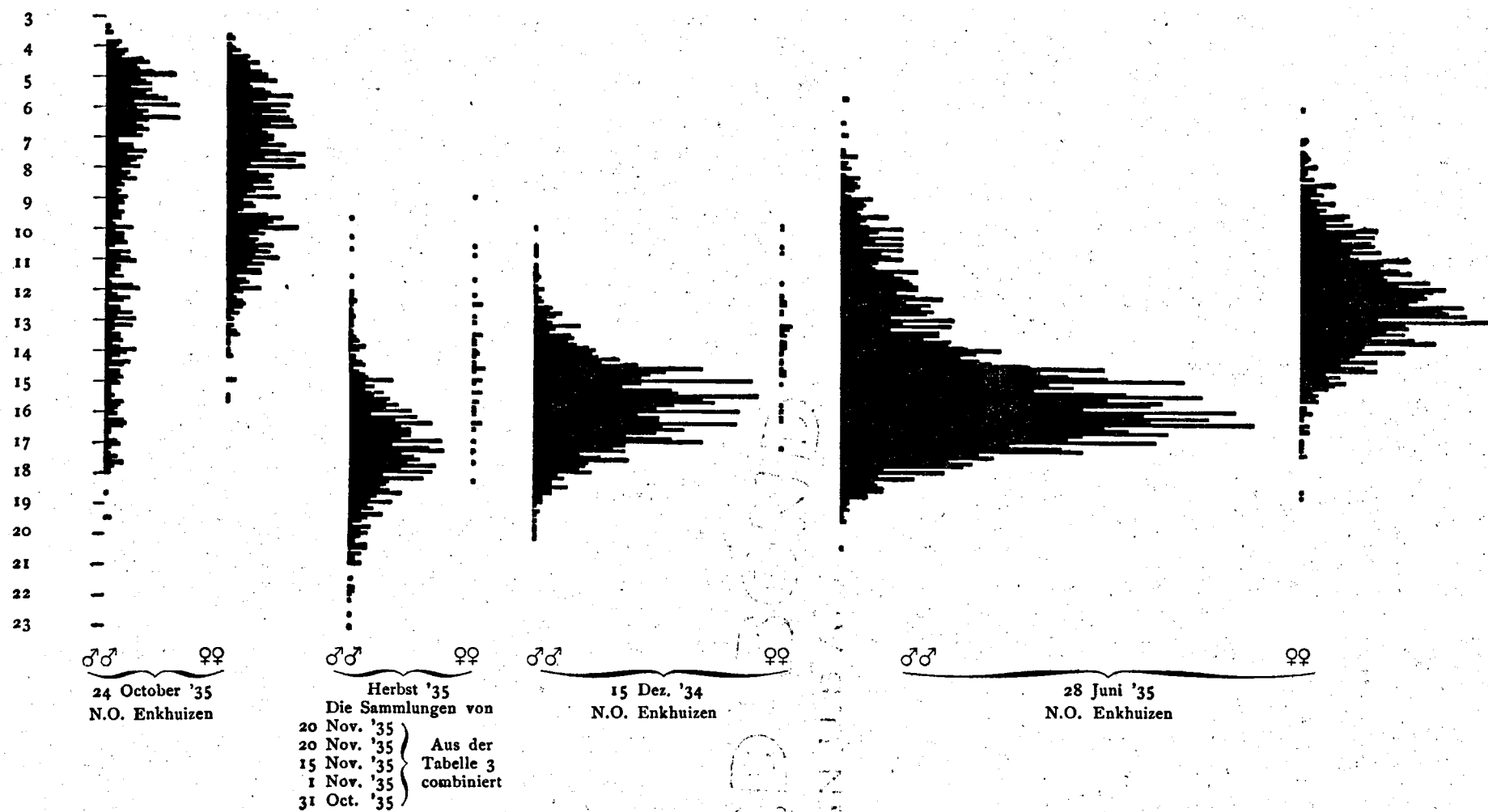
Die weichen ♂ Exemplare der Kollektion vom 28. Juni 1935 überschreiten

1) Dieses Exemplar von 13.3 mm. war ein eiertragendes Weibchen.

2) Dieses Exemplar von 18.1 mm besass das Abdomen eines Weibchens, hatte aber an der rechten Seite das ♂ Kennzeichen: einen zum Kopulationsapparat umgeänderten Abdominalfuss. Die übrigen Abdominalanhänge waren wie normale Spaltfüsse vorhanden. Photo 1.

Breite des  
Panzer  
in mm.

Fig. I. In dieser graphischen Darstellung ist auf der horizontalen Linie die Anzahl der Individuen angegeben und auf der vertikalen Linie die Breite des Panzers.



die Panzerbreite von 14 mm nicht. Ich habe damals das Vermuten geäußert, dass die älteren Krabben später im Sommer sich häuten und dadurch imstande sind, die ♀♀ der jüngeren Generation im Frühjahr zu befruchten, weil die im Frühjahr häutenden ♂♂ der eigenen Generation nicht fähig sein werden, dies zu tun. Dass die weichen ♂♂ der Kollektion vom 30. Aug. 1936 Exemplare von 15 bis 20 mm umfassten, stimmt mit der oben geäußerten Auffassung des Spätsommer-Häutens der grösseren Krabben überein. Bei den Weibchen wurde noch ein eiertragendes mit einer Panzer-

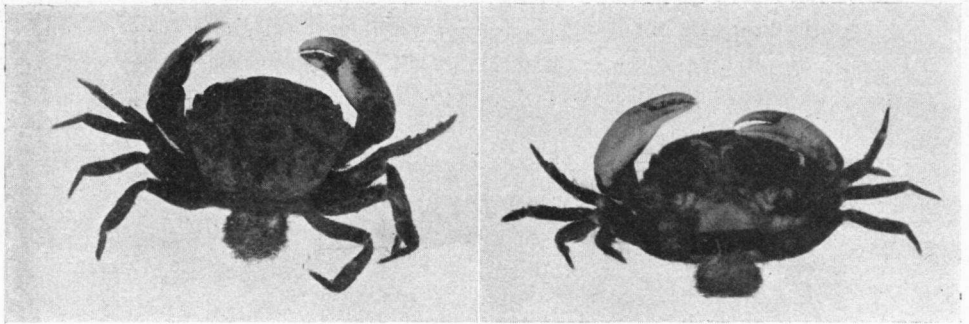


Photo 1. Weibchen (Zwitter) von 18.1 mm. Panzerbreite aus der Kollektion vom 30. Aug. 1936 mit zum ♂ Kopulationsorgan umgebildetem rechtem Abdominalfuss, von Ober- und Unterseite.

breite von 13.3 mm gefunden. Die Panzerbreite der gefundenen ♀♀ überschritt 16 mm nicht. Nur ein Exemplar, augenscheinlich ein Weibchen, siehe Photo 1, mass 18.1 mm. Bei näherer Beobachtung zeigte dieses Exemplar, obwohl die Form des Abdomens vollkommen diejenige eines Weibchens war, als Abdominalfuss an der rechten Seite ein ♂ Kopulationsorgan anstatt eines gewöhnlichen Spaltfusses, wie an der linken Seite und wie die weiteren Abdominalfüsse, siehe Photographie.

Obwohl diese Kollektion an sich zu klein ist, um aus ihr weitgehend Schlüsse zu ziehen, lässt das Zahlenverhältnis sich völlig mit der vorher ausgesprochenen Auffassung erklären und ist diese Kollektion darum wertvoll, weil durch die Stelle, wo gesammelt wurde, ausgeschlossen ist, dass eventuell grössere ♀ Krabben sich tief im Bodem versteckt haben und dadurch nicht mitgefangen sind. Der „Zwitter“ von 18.1 mm Panzerbreite kann mit grosser Wahrscheinlichkeit als ein Beispiel dafür angeführt werden, dass normalerweise die ♀♀ absterben, nachdem sie Eier gehabt haben und im allgemeinen nicht weiter wachsen. Eiertragende ♀♀ sind in meinen vorhergehenden Kollektionen mit einer Panzerbreite zwischen 9 und 14 mm gefangen worden.

Herr Dr. A. W. H. van Herk hat sich bereit erklärt zu versuchen, die graphische Darstellung Fig. I in mathematische Kurven zu zerlegen, für welche mühsame Arbeit ich ihm zu vielem Danke verpflichtet bin.

A. ♀♀ *Krabben*.

1. Die Weibchen vom 28. Juni '35 zeigen eine einheitliche Kurve (Fig. 1. van Herk's). Dies stimmt mit der oben auseinandergesetzten Hypothese überein, dass die Weibchen alle von gleichem Alter sind und im Frühjahr also eine Generation, die des vorigen Jahres, die neue Generation gibt.

2. Die Sammlung der jungen Weibchen datiert vom 24. Oktober '35; sie zeigt 2 Kurven (Fig. 2. van Herk's) mit nahe zusammen stehenden Gipfeln. Obwohl Van Herk an der Richtigkeit dieser 2 Kurven zweifelt, bleibt doch die Möglichkeit bestehen, dass 2 Kurven durch 2 Laichzeiten in einem Sommer, im Frühsommer und im September, hervorgerufen werden, was für verschiedene Brackwasser-Tiere nachgewiesen ist. Biologisch ist dies aber für *Pilumnopus* nicht festgestellt worden. Angaben sind nur vorhanden, dass Larven von Mitte Juni bis Anfang September gefunden sind.

Möglich bleibt auch, dass die zweite Kurve gebildet wird von alten Weibchen, die die junge Generation hervorgebracht haben und noch nicht abgestorben sind.

B. ♂♂ *Krabben*.

1 und 3. Die Sammlungen männlicher Krabben vom 15. Dez. 1934 und von November 1935; sie zeigen beide entweder eine einheitliche asymmetrische Pearsonsche Kurve vom Typus IV (Fig. 3 A van Herk's) für Dez. '34 oder 2 symmetrische Kurven von Gauss, wobei im letzten Falle eine Kurve aus viel weniger Material aufgebaut ist, als die andere, und ganz im Gebiet der zweiten grösseren liegt. (Fig. 3 B. van Herk's für Dez. '34 und Fig. 5. van Herk's für Nov. '35). Mathematisch spricht van Herk sich für 2 symmetrische Kurven aus, was biologisch vielleicht bedeutet, dass die im Herbst und Winter herumstreifenden Krabben nicht nur 1½ jährige Männchen sind, sondern dass auch noch, obwohl nur wenige, 2½ jährige darunter zu finden sind, welche die kleine Kurve bilden. Im ersten Falle von asymmetrischer Kurve Pearsons Typus IV, würde das Material im biologischen Sinne nur Krabben einer Generation (1½ jährige Männchen) enthalten.

2. Die Sammlung männlicher Krabben datiert vom 28. Juni '35; sie weist 3 symmetrische Kurven auf (Fig. 4. van Herk's). In übereinstimmung mit meiner oben auseinandergesetzten Hypothese hatte ich 2 Kurven erwartet. Hierdurch ergeben sich einige Schwierigkeiten und Anlässe zu Spekulationen.

Wird biologisch entschieden, dass *Pilumnopus* 2 Laichzeiten im Sommer hat, wie oben bei den Weibchen erwähnt ist, dann sind diese Laichzeiten vielleicht in den ersten und zweiten Kurve zu ersehen und ist in der dritten Kurve, die Generation des vor-vorigen Sommers zu ersehen. (van Herk legt aber auf die 2 Gipfel der jungen Generation der Weibchen wenig wert).



Eine zweite Ansicht ist, in der mittleren Kurve die kleine Kurve zu sehen, die wir auch in den Dezember- und November-Sammlungen erwähnt haben; für Juli '35 kommt nur Dez. '34 in Betracht. Das Verhältnis zwischen  $2\frac{1}{2}$  und  $1\frac{1}{2}$  jährigen würde sich dann zugunsten der  $2\frac{1}{2}$  jährigen geändert haben. Man hat dann anzunehmen, dass viele von den  $1\frac{1}{2}$  jährigen eingegangen sind.

Es war leider nicht möglich, die Sammlung junger Männchen vom Oktober '35 in mathematische Kurven zu zerlegen, was sich vielleicht dadurch erklären lässt, dass Männchen von älterer Generationen sich den jüngeren hinzugesetzt haben aber nicht in genügende Mengen, um eine Darstellung in Kurven zu geben.

Obwohl das Alter der Männchen noch zu Spekulationen Anlass gibt, glaube ich doch, dass die Resultaten der mathematischen Bearbeitung des Materiales im grossen und ganzen der oben auseinandergesetzten Hypothese betreffs des Alters von *Pilumnopus* nicht widersprechen.

## LITERATUR

- BALSZ, H. 1933. Capita Zoologica. Teil IV Liefg. 3. p. 5. Beiträge zur Kenntnis der Gattung *Pilumnus* und verwandter Gattungen.
- BELL, TH. (1844) 1853. A History of British Crustacea.
- BINFORD, R. 1913. Journ. of Morph. Vol. 24 No. 2 p. 147—205. The Germcells and the Process of Fertilization of the Crab *Menippe mercenaria*.
- BROOK, G. 1884. Ann. and Mag. Vol. XIV p. 202—207. On the Rate of Development of the Common Shore-crab (*Carcinus moenas*).
- BROEKHUYSEN, G. J. 1936. On Development, Growth and Distribution of *Carcinides moenas* (L.). Dissert.
- CHEESMAN, L. E. 1923. Proc. Zool. Soc. London, p. 173—175. Notes on the Pairing of the Land-crab, *Cardisoma armatum*.
- CHIDESTER, R. P. 1911. Biol. Bull. 21. p. 235—248. The Mating Habits of 4 Species of *Brachyura*.
- CHURCHILL, E. P. 1917/18. Bulletin of the Bureau of Fisheries. p. 95—128. Life History of the Blue Crab.
- DUNCKER, G. 1934. Zool. Jb. Abst. Syst. Bd. 66 p. 285—290. Gefangenschaftsbeobachtungen an *Sesarma cinerea* M.E.
- HAVINGA, B. 1929. Handbuch der Seefischerei Nordeuropas. Bd. III. H. 2. S. 45—53. Krebse und Weichtiere.
- HAY, W. P. 1904. Report of the U. S. Bureau of Fisheries. p. 400. Washington 1905. The Life History of the Blue Crab (*Callinectes sapidus*).
- HOEK, P. P. C. 1876. Tijdschrift Ned. Dierk. Vereeniging. Deel II p. 243—347. Iets over *Pilumnus tridentatus* Maitland.
- , 1885—'87. Tijdschrift Ned. Dierk. Vereeniging. 2e Serie. Deel I p. 93—105. Crustacea Neerlandica. I.
- HUXLEY, J. S., and RICHARDS, O.W. 1932. J. Mar Biol. Assoc. Plymouth, XVII. p. 1001—1015. Relative Growth of the Abdomen and Carapace of the Shore-Crab *Carcinus maenas*.
- KAMPS, L. F. en OTTO, J. P. 1934. De Levende Natuur. Jrg. 38. p. 168. *Heteropanope tridentata* (Maitland).
- KAMPS, L. F. 1937. De chinesche Wolhandkrab in Nederland. Dissert.
- MAITLAND, R. T. 1875. Tijdschrift Ned. Dierk. Vereeniging. Deel I. p. 2. Naamlijst van Ned. Schaaldieren.

- MAN, J. G. DE. 1892. Notes Leyden Museum. XIV p. 228—234. Carcinological Studies. *Heteropanope tridentata* (Maitland).
- MEEK, 1902. Northumberland Seafisheries Committee. Report on the Scientific Investigations for the year 1902. p. 58. Rate of Growth of the Crab.
- OLMSTED, J. M. D. and BAUMBERGER, J. P. 1923. J. Morph. Philadelphia. XXXVIII p. 279—294. From the Growth of Grapsoid Crabs.
- OTTO, J. P. 1934. Zool. Anz. Bd. 108. p. 130—134. Über den osmotischen Druck der Blutflüssigkeit von *Heteropanope tridentata* (Maitland).
- PANNING, A. 1937. Mitt. a. d. Hamb. Zool. Mus. Bd. 47 S. 65—82. Die Verteilung der Wollhandkrabbe über das Flussgebiet der Elbe nach Jahrgängen.
- PEARSE, A. S. 1914. Transact. Wisconsin Acad. Sci. Arts and Let. Vol. 17. p. 791—802. On the Habits of *Uca pugnax* (Smith) and *Uca pugilator* (Bosc).
- PEARSON, J. 1908. L. M. B. C. Memoirs XVI. Cancer.
- PETERS, N. PANNING, A. und SCHNACKENBECK, W. 1933: Zool. Anz. Ergänzungs Band zu Band 104. S. 1—180. Die chinesische Wollhandkrabbe in Deutschland (*Eriocheir sinensis* H. Milne Edwards).
- PETERS, N. 1938. Mitt. a. d. Hamb. Zool. Mus. Bd. 47 S. 112—128. Zur Fortpflanzungsbiologie der Wollhandkrabbe (*Eriocheir sinensis* Milne Edwards).
- PETERSEN, C. G. J. 1895. Mitth. Deutsch-Seefischerei Ver. S. 226—235: Eine Methode zur Bestimmung des Alters und Wuchses der Fische.
- REDEKE, H. C. 1937. Internat. Revue der gesamten Hydrob. und Hydrogr. Bd. 35. S. 217—228. Über die Verbreitung einiger Malakostraken in der niederländischen Gewässern.
- SCHUBERT, K. 1936. Zool. Anz. Bd. 116. S. 320—323. *Pilumnopus tridentatus* Maitland eine neue Rundkrabbe in Deutschland.
- , 1938. Mitt. a. d. Hamb. Zool. Mus. Bd. 47. S. 83—104. Häutung, Wachstum und Alter der Wollhandkrabbe.
- SHEN, C. J. 1935. Proc. Zool. Soc. of London. p. 1—33. An Investigation of the Post-Larval Development of the Shore-Crab *Carcinus maenas*.
- TESCH, J. J. 1922. Flora en Fauna der Zuiderzee. p. 337—362. Schizopoden en Decapoden.
- , 1913. De Levende Natur. Jrg. 17. p. 75—79. Over twee merkwaardige Zuiderzeebewoners.
- VERWEY, J. 1930. Treubia Vol. XII. p. 167—261. Einiges über die Biologie Ost-Indischer Mangrove-krabben.
- WILLIAMSON, H. CH. 1899. The 18th Ann. Fishery Board for Scotland. p. 77—143. Contributions to the Life-History of the edible Crab (*Cancer pagurus*).
- , 1902. The 21st Ann. Report Fishery Board for Scotland. p. 136—179. On the larval and early young Stages and Rate of Growth of the Shore-Crab (*Carcinus moenas* Leach).
- , 1904. The 22nd Ann. Report Fishery Board for Scotland. p. 154—155. Contributions to the Life-Histories of the edible Crab (*Cancer pagurus*) and of other Decapod Crustacea: impregnation, spawning, distributin, rate of growth.

#### MATHEMATISCHE BEARBEITUNG:

Frl. Dr. A. G. VORSTMAN hat mich ersucht, die in der vorigen Mitteilung vermeldeten Daten näher bearbeiten zu wollen. Diese Daten sind in Fig. 1 der genannten Publikation zusammengefasst.

Eine der Fragen, die in dieser Untersuchung gestellt wurden, war das Bestimmen der mittleren Lebensdauer der Zuiderseekrabbe *Pilumnopus tridentatus*. Einige Male jährlich wurden die Krabben in der Zuidersee ge-

fangen und die Breite des Panzers gemessen. Dies geschah sowohl bei den männlichen als den weiblichen Individuen. Kommt im Verbreitungsgebiet mehr als eine Generation vor, dann ist die erhaltene Verteilungskurve für die Breite der Krabben die Summe der Verteilungen jeder der anwesenden Generationen. Die Aufgabe war nun zu untersuchen, ob die Häufigkeitskurve eine zusammengesetzte Funktion ist, und diese, — wenn möglich —, in die gesonderten Komponenten zu zerlegen.

Das in dieser allgemeinen Form gefasste Problem kann nur gelöst werden, wenn eine beschränkte Anzahl Altersklassen vorhanden ist und die Generationen deutlich voneinander an Breite abweichen.

Weiter muss für jede Generation der Typus der Verteilung bekannt sein. Es ist nämlich keineswegs sicher, dass die Häufigkeitskurve eine normale, symmetrische GAUSS-sche Verteilung sein wird; wahrscheinlicher ist es, dass wir auch schiefe Kurven antreffen werden. PEARSON unterscheidet verschiedene Typen von asymmetrischen Verteilungen. Diese sind von ihm eingehend untersucht worden.

Man kann eine allgemeine Methode für die Zerlegung einer zusammengesetzten Verteilung geben, wenn diese aus zwei Komponenten besteht und der Typus dieser beiden Verteilungsfunktionen bekannt ist. Sind mehr als zwei Komponenten vorhanden, dann kann man allein in besonderen Fällen mit Hilfe einiger Annäherungsmethoden noch praktische Resultate erhalten.

Bei dieser Untersuchung war der Typus der Häufigkeitskurven der verschiedenen *Pilumnopus*-Generationen nicht bekannt. Die Analyse des Materials wurde hierdurch schwierig und das Resultat unsicher. Da dieses wichtige Moment fehlt, wandte ich die folgende empirische Methode an, eine Zerlegung der gefundenen Verteilungskurve in ihre Komponenten herbeizuführen.

Zuerst untersuchte ich, ob die gegebene Verteilung durch eine normale symmetrische GAUSS-sche Kurve, oder durch eine der von PEARSON gegebenen asymmetrischen Kurven dargestellt werden kann. Als Kriterium, ob die beiden Kurven übereinstimmen, wurde der „goodness of fit“ (= P) PEARSONS gewählt. Weicht dieser Wert wenig von 1 ab, so besteht eine grosse Ähnlichkeit zwischen beiden Verteilungen und erübrigt es sich eine weitere Zerlegung in zwei oder mehr Komponenten zu untersuchen. War dagegen P klein, dann versuchte ich eine Zerlegung in zwei Komponenten auszuführen. Stimmt die gegebenen und die theoretischen Verteilungen jetzt wieder nicht hinreichend überein, dann wurde mit einer Annäherungsmethode eine Zerlegung in drei Komponenten untersucht. Für eine Verteilung von kleinem Umfange hat das nur einen geringen Wert.

Es leuchtet ein, dass dieser Untersuchungsmethode keine sehr grosse Genauigkeit beizumessen wäre, denn es ist immer denkbar, dass sich andere Annahmen als diejenigen, welche dieser Untersuchung zugrunde gelegt

wurden, als richtig erweisen. Die Verteilungskurve einer einzigen Generation braucht nicht einer der untersuchten Funktionen zu entsprechen. Ich möchte jedoch darauf hinweisen, dass viele Verteilungen zu einem der von PEARSON gegebenen Typen gehören. Die PEARSONSchen Formel geben jedoch kein Bild des Gesetzes, nach welchem das betreffende Merkmal verteilt ist.

Es ist zu bedauern, dass die Messungen nur während eines Jahres vorgenommen sind; nun fehlt eine wesentliche Kontrolle auf die ausgeführte Analyse.

Das gefangene Material muss ein ausreichend genaues Bild von der Breitenverteilung der Krabben in dem dafür in Betracht kommenden Verbreitungsgebiet ergeben. Man bestimmt somit von einer grossen Anzahl Tiere die Breite des Panzers. Wichtig ist es jedoch, dass auch die Weise, auf welche man das Material sammelte, keine Abweichungen verursacht. Leider konnten die Krabben nicht in derselben Weise gesammelt werden.

Man muss die Möglichkeit berücksichtigen, dass die kleinsten und jüngsten Tiere nicht oder unvollkommen gesammelt sind. Auffallend gering war die Anzahl kleiner Krabben. Tiere, die kleiner als 3, 4 mm waren, kommen im Material, das mir zur Verfügung gestellt wurde, nicht vor. Es besteht also die Möglichkeit, dass die Häufigkeitskurven an der Seite der kleinsten Individuen deformiert sind.

Das wird störend wirken bei der Analyse des Materials, welches im Beginn des Herbstes gefangen wurde, weil man dann die grösste Anzahl kleiner Tiere erwarten darf. Deutlich sieht man in den Kurven der Oktober-Fänge eine anormale starke Abnahme bei den kleinsten gemessenen Panzerbreiten. Aus diesem Grunde habe ich diese Kurven nicht näher untersucht.

Diesen Fehler findet man nicht bei demjenigen Material, welches im Spätherbst oder im Frühjahr gesammelt ist. Die jungen Tiere haben dann bereits eine genügende Grösse erreicht; dies erhellt auch hieraus, dass die kleinste Krabbe, welche in diesem Material gefunden wurde, schon eine Breite von 5,7 mm hatte.

Nachstehend gebe ich einen kurzen Überblick über die erhaltenen Resultate, für soweit diese für die biologische Untersuchung von Bedeutung sind. Für die angewandten Berechnungsmethoden usw. verweise ich nach der zitierten Literatur.

#### A. ♀♀ KRABBen.

##### 1. *Das am 28. Juni 1935 gesammelte Material.*

Die Häufigkeitskurve für die Panzerbreite dieser ♀♀ Krabben erweist sich als asymmetrisch. Eine Zerlegung in zwei symmetrischen Kurven, nach zwei GAUSS-schen Verteilungen, war nicht möglich.

Diese Kurve gehört jedoch zu den schiefen Verteilungen des PEARSON'schen Typus IV. Die Gleichung dieser Kurve lautet.

$$x = 9.03 \operatorname{tg} \theta$$

$$y = 78.35 \cos^{32.520 \theta} e^{-7.00 \theta}$$

Die Ähnlichkeit zwischen dieser theoretischen und der gefundenen Verteilung genügt; der „goodness of fit“ (P) war 0,5. Die Häufigkeitskurve ist in Fig. 1 graphisch dargestellt.

Die Schiefe ist 0,074. Dieser Wert ist gering, aber doch deutlich nachweisbar.

Ich möchte darauf hinweisen, dass PEARSON in der Philosophical Trans-

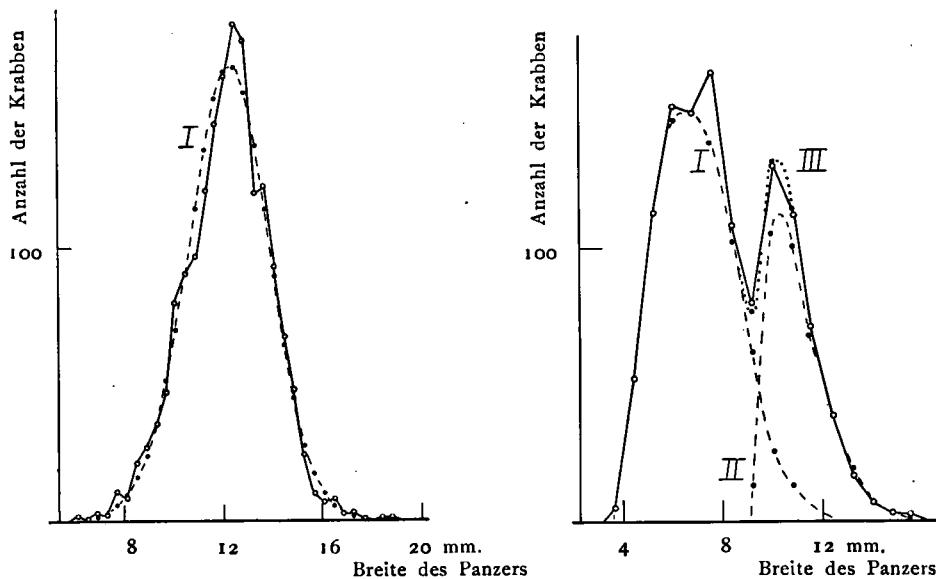


Fig. 1. ♀♀ *Pilumnopus tridentatus*  
28—VI—1935

I:  $x = 9.03 \operatorname{tg} \theta$   
 $y = 78.35 \cos^{32.520 \theta} e^{-7.00 \theta}$

Fig. 2. ♀♀ *Pilumnopus tridentatus*  
24—X—1935

I:  $y = 129 \left(1 + \frac{x}{2.866}\right)^{1.280} \left(1 - \frac{x}{4.464}\right)^{1.994}$   
II:  $y = 92.5 \left(1 + \frac{x}{1.16}\right)^{1.15} \left(1 - \frac{x}{14.84}\right)^{14.75}$   
III: III = I + II

actions of the Royal Soc. London, A 185 und 186, die Analyse einiger Häufigkeitskurven für die Grösse der Krabben gibt, welche von WELDON in Neapel gesammelt und gemessen waren. Diese Kurven waren alle asymmetrisch. Sie waren in einigen Fällen die Summe zweier GAUSS'schen Kurven. Dies war nicht der Fall bei einer schiefen Kurve (WELDON, Crab measurements 4). Diese musste einer einzigen Generation zugeschrieben werden, welche aber eine asymmetrische Kurve (Schiefe 0,077) hatte, die

zum PEARSON-schen Typus IV gehörte. Es ist mir nicht bekannt, ob es hier Messungen an ♂- oder an ♀-Krabben betrifft.

Obwohl man keine allgemeinen Schlüsse aus Messungen ziehen kann, die an zwei ganz verschiedenen Krabbenarten ausgeführt wurden, deuten diese Resultate doch darauf, dass man bei bestimmten Gruppen oder Generationen keine normale GAUSS-sche Verteilungen, sondern schiefe Kurven der PEARSON-schen Typus IV erwarten darf. Wenn diese Regel auch für alle Generationen von ♀-*Pilumnopus*-Krabben gelten würde, dann dürften wir eine zusammengesetzte Häufigkeitskurve nur in Kurven dieses Typus zerlegen.

## 2. Das am 24. Oktober 1935 gesammelte Material.

Wie oben bereits auseinandergesetzt wurde, ist die Vermutung berechtigt, dass in diesem Falle durch die Weise, in welcher die Krabben gefangen wurden, die Anzahl kleiner Tiere verhältnismässig zu gering gefunden wurde. Eine nähere Analyse dieses Materials kann somit keine biologische Bedeutung haben.

Aus dem Umstande, dass die Kurve zwei Gipfel hat, folgt bereits, dass dieses Material nicht aus einer, sondern aus wenigstens zwei Generationen bestehen muss. Ein Versuch, diese Kurve in zwei Gruppen des Typus IV zu zerlegen, ergab jedoch kein befriedigendes Resultat.

Die beste Übereinstimmung ergab eine Zerlegung in zwei Gruppen, die zum PEARSON-schen Typus I gehören (Siehe Fig. 2). Die beiden Gleichungen sind:

$$y = 129 \left( 1 + \frac{x}{2.866} \right)^{1.280} \left( 1 - \frac{x}{4.464} \right)^{1.994}$$

und

$$y = 92.5 \left( 1 + \frac{x}{1.16} \right)^{1.15} \left( 1 - \frac{x}{14.84} \right)^{14.75}$$

Doch kann ich aus folgenden Gründen dieser Zerlegung keine Bedeutung zuerkennen. 1. Wahrscheinlich wurde eine zu geringe Anzahl kleiner Tiere gefangen. 2. Man kann nicht erklären, warum die Juni-Kurve mit einer Kurve vom Typus IV übereinstimmen sollte, während die Verteilung im Oktober vom Typus I sein müsste. 3. Kurven vom Typus I sind an beiden Seiten begrenzt. Man kann sich zwar denken, dass praktisch der Breite einer Krabbe eine obere Grenze gesetzt ist, aber es ist nicht wahrscheinlich dass bei den Krabben eine untere Grenze existiert, die so hoch liegen würde, wie man in diesem Falle annehmen müsste. Diese untere Grenze wäre für die Kurve II etwa 9 mm. Dies ist a priori sehr unwahrscheinlich, da einige Monate früher noch Individuen mit einer Breite von etwa 6 mm in der Zuidersee vorhanden waren.

## B. ♂♂ KRABBen.

## 1. Das am 15. Dezember 1934 gesammelte Material.

Die Verteilung dieses Materials stimmt nicht mit einer Normalkurve überein. Berechnet man für diese theoretische Kurve den „goodnes of fit“, so erhält man einen sehr kleinen Wert:  $P = 0,006$ .

Untersucht man, ob die Verteilung einer der schiefen PEARSONSchen Kurven entspricht, dann ergibt sich, dass die grösste Übereinstimmung mit einer Kurve vom Typus IV besteht. Diese hat die folgende Gleichung:

$$x = 6.18 \lg \theta$$

$$y = 111.72 \cos 24.296 \theta e^{-5.621 \theta}$$

Diese Kurve ist in Fig. 3 A graphisch dargestellt.  $P = 0,5$ .

Eine grössere Übereinstimmung erhält man aber, wenn man die gegebene

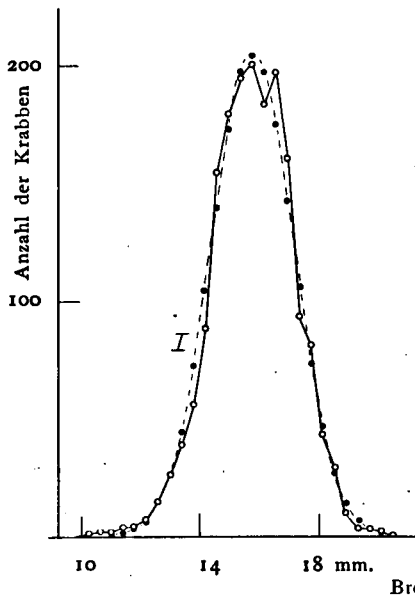


Fig. 3a. ♂♂ *Pilumnopus tridentatus*  
15-XII-1934

$$I: x = 6.184 \lg \theta$$

$$y = 111.72 \cos 24.296 \theta e^{-5.621 \theta}$$

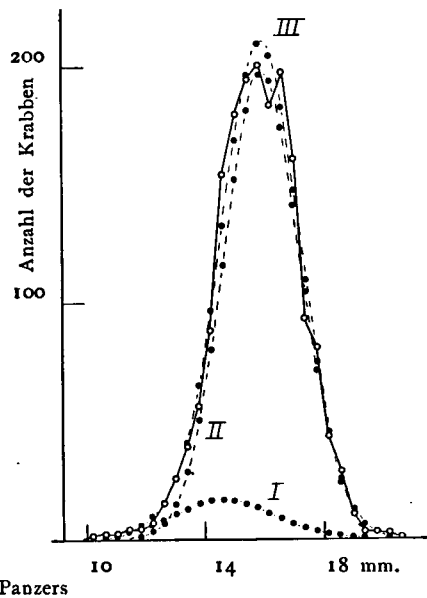


Fig. 3b. ♂♂ *Pilumnopus tridentatus*  
15-XII-1934

$$I: y = \frac{174}{1.689 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-14.60)^2}{2 \cdot 1.689^2}}$$

$$II: y = \frac{1601}{1.291 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-15.89)^2}{2 \cdot 1.291^2}}$$

$$III: III = I + II$$

Verteilung in zwei GAUSS-sche Kurven zerlegt (Fig. 3 B). In diesem Falle ist  $P = 0,7$ . Die Parameter der beiden Kurven sind:

$$\begin{array}{ll}
 a_1^1) = 14.60 & a_2 = 15.89 \\
 \sigma_1 = 1.689 & \sigma_2 = 1.291 \\
 c_1 = 173.9 & c_2 = 1601
 \end{array}$$

Das Resultat kann man folgendermassen zusammenfassen: *die grösste Wahrscheinlichkeit hat die Hypothese, dass das Material aus zwei Komponenten zusammengesetzt ist, deren jede eine normale Verteilung hat.*

## 2. Das im Juni 1935 gesammelte Material.

Die Häufigkeitskurve dieses Materials kann weder durch eine normale symmetrische, noch durch eine der von PEARSON gegebenen asymmetrischen Kurven dargestellt werden. Es ist ebensowenig möglich, diese Kurve in zwei Komponenten zu zerlegen.

Vergleicht man die Grösse dieser Krabben mit derjenigen des im

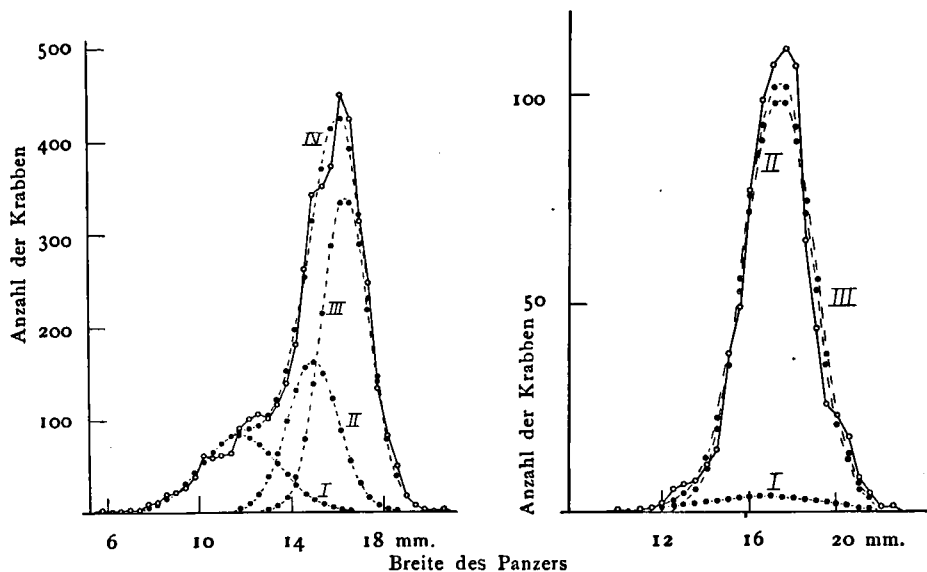


Fig. 4. ♂♂ *Pilumnopus tridentatus*  
Juni 1935

$$\begin{aligned}
 \text{I: } y &= \frac{349.7}{1.688 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-11.72)^2}{2 \cdot 1.688^2}} \\
 \text{II: } y &= \frac{458.4}{1.137 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-14.89)^2}{2 \cdot 1.137^2}} \\
 \text{III: } y &= \frac{888.9}{1.049 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-16.36)^2}{2 \cdot 1.049^2}} \\
 \text{IV: IV} &= \text{I} + \text{II} + \text{III}
 \end{aligned}$$

Fig. 5. ♂♂ *Pilumnopus tridentatus*  
November 1935

$$\begin{aligned}
 \text{I: } y &= \frac{54}{3.005 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-16.32)^2}{2 \cdot 3.005^2}} \\
 \text{II: } y &= \frac{777}{1.552 \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-17.26)^2}{2 \cdot 1.552^2}} \\
 \text{III: III} &= \text{I} + \text{II}
 \end{aligned}$$

1)  $a_1$  ist der Mittelwert der Panzerbreite.



Dezember 1934 gesammelten Materials, dann fällt es auf, dass eine grosse Anzahl kleiner Krabben gefangen wurde. Es ist zu vermuten, dass sich eine junge Generation der alten zugestellt hat. Daher versuchte ich, die Kurve in drei symmetrische Komponenten zu zerlegen. Dieser Versuch ergab ein ziemlich befriedigendes Resultat (Fig. 4). Der Wert für P war 0,3. Die Konstanten der drei Kurven sind:

$$\begin{array}{lll} a_1 = 11.72 & a_2 = 14.89 & a_3 = 16.36 \\ \sigma_1 = 1.688 & \sigma_2 = 1.137 & \sigma_3 = 1.049 \\ c_1 = 349.7 & c_2 = 458.4 & c_3 = 888.9 \end{array}$$

*Es ist somit möglich, dass dieses Material von drei Komponenten gebildet wird, deren jede eine normale Verteilung hat.*

### 3. Das im November 1935 gesammelte Material.

Diese Verteilung kann nicht durch eine GAUSS-sche Verteilungskurve dargestellt werden. Auch entspricht sie nicht einer PEARSONschen asymmetrischen Kurve. Das Material ist also nicht einheitlich.

Ein völlig befriedigendes Resultat ergab eine Zerlegung in zwei symmetrische Kurven (Fig. 5);  $P = 0,65$ . Die Konstanten der beiden Kurven sind:

$$\begin{array}{ll} a_1 = 16.32 & a_2 = 17.26 \\ \sigma_1 = 3.005 & \sigma_2 = 1.552 \\ c_1 = 54 & c_2 = 777 \end{array}$$

Wir dürfen also annehmen, dass *dieses Material von zwei Komponenten gebildet wird*, deren jede eine normale Verteilung besitzt.

Vergleichen wir nunmehr noch die Häufigkeitskurve von November 1935 mit derjenigen von Dezember 1934. Es zeigt sich dann, dass eine grosse Ähnlichkeit zwischen beiden Verteilungen besteht. Beide sind ausgesprochen schief und man darf als sicher annehmen, dass beide aus zwei Komponenten zusammengesetzt sind.

## LITERATUR

- C. V. L. CHARLIER; S. D. WICKSELL. Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik. 18 n o. 6, 1930.  
 E. F. DRION. Recueil des trav. bot. néerlandais. 33, 77, 1936.  
 W. P. ELDERTON. Biometrika. 1, 155, 1902.  
 F. DE HELGUERO. Atti della R. accademia dei Lincei. Mem. d. classe di Scienze fisiche, matematiche e naturali. VI, 164, 1906.  
 F. J. LINDERS. Nordic Statistical Journal. 2, 63, 1930. — Uppsala Universiteits Årsskrift. no. 3, 1936.  
 K. PEARSON. Phil. transactions Royal Soc. London, A. 185, 96, 1895; — A. 186, 343, 1895. — A. 197, 443, 1901. — A. 216, 429, 1916. — Philosophical Magazine. S. 5. 50, 157, 1900. — S. 6. 1, 110, 1901. — Nature. 136, 296, 550, 1935.