

5. COLLOQUIUM DER  
GESELLSCHAFT FÜR PHYSIOLOGISCHE CHEMIE  
AM 30. APRIL/1. MAI 1954 IN MOSBACH/BADEN

---

# HORMONE UND IHRE WIRKUNGSWEISE

MIT 52 TEXTABBILDUNGEN



SPRINGER-VERLAG  
BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG  
1955

5. COLLOQUIUM DER  
GESELLSCHAFT FÜR PHYSIOLOGISCHE CHEMIE  
AM 30. APRIL/1. MAI 1954 IN MOSBACH/BADEN

---

# HORMONE UND IHRE WIRKUNGSWEISE

MIT 52 TEXTABBILDUNGEN



SPRINGER-VERLAG  
BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG  
1955

Alle Rechte,  
insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen,  
vorbehalten

Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es auch nicht  
gestattet, dieses Buch oder Teile daraus auf photomechanischem  
Wege (Photokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen

Copyright 1955 by Springer-Verlag OHG.  
Berlin-Göttingen-Heidelberg  
Printed in Germany

## Begrüßung und Eröffnung.

Meine Damen und Herren!

Zu dem fünften Colloquium unserer Gesellschaft heiße ich Sie in dem alten Mosbach wieder herzlich willkommen. Diesmal wollen wir über die Hormone diskutieren. Von den meisten ist nunmehr die Struktur bekannt und von zwei Proteohormonen haben wir kürzlich erfahren, welche Aminosäuren in ihnen vorkommen und wie sie angeordnet sind. Im vergangenen Herbst haben VINCENT DU VIGNEAUD und seine Mitarbeiter das Oxytocin aus seinen acht Aminosäuren sogar synthetisiert. So scheint es nicht mehr zu früh, wenn wir uns danach umsehen, was über den Wirkungsmechanismus von Hormonen bekannt ist.

Im letzten Colloquium haben wir die Fermente behandelt, etwas über ihre Biologie und ihre Wirkungsweise erfahren. Die Hormone sind Wirkstoffe von ganz anderer Art. Während ein Ferment qualitativ in der Regel immer gleich wirkt, kann ein Hormon verschiedene Wirkungen ausüben. Auch ist es nicht immer möglich, diese in vitro zu reproduzieren. Vielleicht werden sie erst am Wirkungsort durch den lokalen Stoffwechsel in die dort wirksamen Produkte umgewandelt. Solche Umwandlungsprodukte sind z. B. bei den Steroidhormonen bekannt, und wir hoffen, darüber Näheres zu erfahren. Bei den Proteohormonen kann man sich etwas Ähnliches nicht vorstellen. Hier hat man vielmehr den Eindruck, daß ihre Wirksamkeit an die besondere Kombination der Aminosäuren gebunden ist. Gewisse Aminosäuren scheinen nötig zu sein, damit ein Protein oder Peptid überhaupt wirksam ist. So enthalten alle bis jetzt bekannten wirksamen Proteine und Peptide Tyrosin. Die Mannigfaltigkeit ihrer Wirkungen scheint auch nicht so groß zu sein wie bei anderen Hormonen, z. B. dem Adrenalin. Deswegen sind wir sehr neugierig darauf, was herauskommt, wenn man die Wirkungen der Hormone in den verschiedenen Lebewesen, die Reihe auf und ab, miteinander vergleicht. Darüber hinaus interessiert uns aber,

wo im chemischen Getriebe der Zelle das Hormon angreift. A priori lassen sich verschiedene Möglichkeiten denken, die alle — direkt oder indirekt — etwas mit der Ferment-Substrat-Beziehung zu tun haben. Es könnte ein Ferment gehemmt, oder ein Hemmungskörper beseitigt werden. Weiter könnte das Hormon die Bildung eines Fermentes hemmen oder fördern. Schließlich könnte es auch am Substrat angreifen, seine Anhäufung oder kontinuierliche Beseitigung beeinflussen, rein dadurch, daß es die Permeabilität der Zelle ändert. Vielleicht konkurriert auch das eine oder das andere Hormon mit dem Substrat um den Platz am Ferment.

Zunächst werden wir etwas über die vergleichende Physiologie der Hormone aus dem Vortrag von Herrn Prof. KOLLER erfahren, dem ich hiermit das Wort erteile.

K. FELIX.

## Inhalt.

Vergleichende Physiologie der Hormonwirkungen. Mit 10 Textabbildungen (G. KOLLER, Saarbrücken) . . . . .	1
Diskussion . . . . .	43
Die Physiologie der Hypophysenvorderlappenhormone (mit Anschluß des adrenocorticotropen Hormons). Mit 10 Textabbildungen (E. VOSS, Mannheim-Waldhof) . . . . .	47
Diskussion . . . . .	75
Propriétés physiologiques et mécanisme de régulation de la sécrétion corticotrope (ACTH). Mit 7 Textabbildungen (H. TUCHMAN-S-DUPLESSIS, Paris) . . . . .	78
Diskussion . . . . .	107
Le mode d'action de l'insuline. Mit 5 Textabbildungen (CH. DE DUVE, Louvain) . . . . .	108
Diskussion . . . . .	136
Die Wirkungsweise des Schilddrüsenhormones. Mit 2 Textabbildungen (C. MARTIUS, Würzburg) . . . . .	143
Diskussion . . . . .	156
Über die Wirkungsweise der Steroidhormone. Mit 7 Textabbildungen (W. DIRSCHERL, Bonn) . . . . .	162
Diskussion . . . . .	185
Biosynthese der Steroidhormone. Mit 4 Textabbildungen (H. J. STAUDINGER, Mannheim) . . . . .	192
Diskussion . . . . .	209
Der Stoffwechsel von Nebennierenrinden-Hormonen und verwandten Steroiden. Mit 7 Textabbildungen (H. J. HÜBENER, Frankfurt/M.) . . . . .	212
Diskussion . . . . .	237

# Vergleichende Physiologie der Hormonwirkungen.

Von

G. KOLLER.

*Aus dem Zoologischen Institut der Universität Saarbrücken.*

Mit 10 Textabbildungen

## Vergleichende Hormonforschung und Hormonbegriff.

Bei einigermaßen erschöpfender Behandlung des Themas „Vergleichende Physiologie der Hormonwirkungen“ müßte der ungeheure Wissensstoff der Hormonphysiologie, der ja im allgemeinen „vertikal angeordnet“ wird — Kapitel 1: Die Schilddrüse; Kapitel 2: Die Nebenschilddrüse usw. — in eine „horizontale Lagerung“ umgebaut werden. Man müßte also, um bei dem zufällig gewählten Beispiel zu bleiben, nebeneinanderstellen: die Wirkung des Schilddrüsenhormons bei wirbellosen Tieren, dann die Bedeutung des Thyreoideahormons bei Fischen, Amphibien, Reptilien, Vögeln, Säugetieren, genau so, wie wir in der vergleichenden Anatomie die Formwandlungen eines Organs, z. B. des Herzens oder der Vorderextremität durch die Wirbeltierreihe verfolgen.

Mit einer solchen Art der Darstellung würde ich Ihnen einen schlechten Dienst erweisen, zumal ja in diesen drei Tagen berufene Kenner die wichtigsten Hormone der Wirbeltiere und des Menschen monographisch behandeln werden. Kein Zweifel, daß hierbei das vergleichende Moment, soweit es die Vertebraten-Hormone betrifft, berücksichtigt werden wird.

Es scheint daher ein anderes Vorgehen geboten. Wir wollen zunächst einen Blick auf das *ganze* Tierreich werfen, aus dem ja Wirbeltiere und Mensch nicht herauszulösen sind. Sodann soll — allerdings stets *sub specie comparationis* — über Hormone der wirbellosen Tiere berichtet werden. Abschließend muß dann gefragt werden, wie weit heute auf hormonphysiologischem Gebiet sinnvolle Vergleiche über das ganze Tierreich hin gezogen werden können.

Auf eine Behandlung der *Phytohormone* muß in diesem Zusammenhang verzichtet werden, vor allem deshalb, weil Phyto- und Zoohormone nicht ohne weiteres miteinander in Vergleich gesetzt werden können. (Neuere Zusammenfassung über Pflanzenhormone: K. V. THIMANN, 1952.)

Die Art unseres Vorgehens, wie sie eben kurz skizziert wurde, scheint aus folgendem Grunde berechtigt: Die Hormonforschung wird im wesentlichen von humanmedizinischer und biochemischer Seite getragen. Es scheint gerade jetzt der Zeitpunkt gekommen zu sein, da der *Homo medicus et chemicus* die wirbellosen Tiere „entdeckt“. Eine Übersicht über die *Hormonphysiologie der Invertebraten* scheint also gegeben. Dies ist gleichzeitig ein kleines Jubiläum: in diesem Sommer sind gerade 25 Jahre vergangen, seit das erste Sammelreferat über „Die innere Sekretion bei wirbellosen Tieren“ erschienen ist (KOLLER, 1929).

Es ist erstaunlich, wie ungleichmäßig die Forschung ihre Ackerfelder bearbeitet. Ist durch eine Entdeckung, durch Entwicklung einer handlichen Methode irgendwo ein neues Gebiet erschlossen worden, dann stürzen sich die Forscher in Scharen auf dieses Gebiet, während kaum einer auch nur einen Blick auf ebenso ergiebige, aber noch unerschlossene Nachbargebiete wirft. Dies gilt, wie alle neueren Zusammenfassungen zeigen (v. BUDDENBROCK, 1950; BROWN jr., F. A., 1952; HANSTRÖM, 1947; KOLLER, 1949, 1950; PFLUGFELDER, 1952; SCHARRER, B., 1952; UMEYA, 1953), ganz ausgesprochen auch von der Erforschung der vergleichenden Hormonphysiologie.

BROWNS zusammenfassende Arbeit über die Hormone der Krebse nennt gegen 200, PFLUGFELDERS Darstellung der Metamorphosehormone der Insekten etwa 375 einschlägige Veröffentlichungen. Den sehr gründlichen Angaben über die Hormonphysiologie dieser beiden Arthropodengruppen stehen nur ganz wenige Untersuchungen über Hormonvorkommen und Hormonwirkungen bei allen übrigen Stämmen der Invertebraten gegenüber. Trotzdem soll heute, wie früher (KOLLER, 1929, 1938), versucht werden, das *ganze* in Frage stehende Gebiet mit möglichst gleichmäßiger Gewichtsverteilung darzustellen, nicht nur um zu unterrichten, sondern vor allem um anzuregen.

Die *biochemische Erforschung* einiger Invertebraten-Hormone läßt soeben die ersten großen Erfolge erkennen (neueste Zusammenfassung s. P. KARLSON, 1954). Die Sehnsucht nach einer chemischen

Definition des Hormonbegriffs oder einzelner Hormongruppen wird aber noch geraume Zeit ohne Erfüllung bleiben. Wir sind also auf dem Gebiet der vergleichenden Hormonphysiologie auf rein biologische Begriffsbestimmungen angewiesen und müssen bis auf weiteres bei der folgenden Feststellung bleiben:

*Hormone sind humoral übertragbare, organische Stoffe, die der Organismus vornehmlich zu dem Zweck bildet, daß sie in seinem Innern das Zustandekommen von Regulationen und Korrelationen ermöglichen.* (Näheres über den Hormonbegriff s. u. a. bei AMMON und DIRSCHERL, 1948; GIERSBERG, 1953; KOLLER, 1949, 1950; VERZÁR, 1948.)

### Einteilung der Hormone.

Bei der Vielzahl der Hormone und der Vielfältigkeit der Hormonwirkungen lassen sich bis heute nur ganz wenige Einteilungsprinzipien mit einigem Erfolg anwenden.

Eines dieser Einteilungsprinzipien gründet sich im wesentlichen auf die Lagebeziehungen von Bildungsort und Wirkort der Hormone. Danach sind Zellhormone, aglanduläre Gewebshormone und Drüsenhormone zu unterscheiden. Die Entfernung zwischen Bildungs- und Wirkort bedingt die Art und Weise der humoralen Übertragung (s. Tab. 1).

Tabelle 1. Übersicht über die drei Hormongruppen.

Merkmal	Zellhormone	Aglanduläre Gewebshormone	Drüsenhormone
Bildungsort	meist in einer Zelle	Zellen von meist nichtdrüsiger Natur	Drüsen mit inneren Sekretionen
Wirkort		meist nahe am Bildungsort	vom Bildungsort oft weit entfernt
Art und Weg des Hormontransportes	hauptsächlich Diffusion	meist Diffusion	durch strömende Körperflüssigkeiten
Beispiele	Regulatoren der Einzeller; Realisatoren der Gene (?)	Neurohormone Cholin Histamin	die „klassischen“ Hormone (Thyroxin, Insulin, Gonadenhormone usw.)

Die zahlreichen neuen Beobachtungen über neurokrine Vorgänge bei Wirbellosen, Wirbeltieren und beim Menschen zwingen

uns, auf die strenge Unterscheidung der Begriffe Neurokrinie und Neurohumoralismus zu achten.

Unter *Neurokrinie* oder *Neurosekretion* sei die drüsenartige, sekretorische Tätigkeit von Zellen verstanden, die unmittelbar im Bereich des Nervensystems, vielfach im Gehirn, liegen.

*Neurohumoralismus* aber ist etwas ganz anderes. Mit Neurohumoralismus seien die Erscheinungen bezeichnet, die mit der „humoralen Übertragbarkeit von Nervenwirkungen“ (LOEWI, 1921), also der Erregungsleitung des Nerven zusammenhängen.

Bei der folgenden Übersicht wird die Verbreitung neurohumoraler Vorgänge meist unberücksichtigt bleiben. Da der Feinbau der nervösen Elemente bei den verschiedenen Tiergruppen verhältnismäßig ähnlich ist, ist anzunehmen, daß auch die Formen der Erregungsleitung überall im Tierreich grundsätzlich die gleichen sind. (Über *Acetylcholin* und *Adrenalin* bei wirbellosen Tieren s. vor allem BACQ, 1947; ferner VON DER WENSE, 1938.) Das Vorkommen neurosekretorischer Erscheinungen jedoch muß erwähnt werden.

### Die Verbreitung der Hormone im Tierreich.

Zur ersten Orientierung über das Vorkommen von Hormonen im Tierreich diene die Tab. 2. Auf ihr sind — nach einem verhältnismäßig einfachen System — alle Tierstämme verzeichnet, es sind aber nur wenige Untergruppen (Unterstämmen, bzw. Klassen) angegeben.

Folgende Formen hormonaler Erscheinung finden in Tab. 2 Erwähnung:

1. Acetylcholin, als Beispiel eines ubiquitären Hormons;
2. Herzerregungsstoffe und Darmhormone, als Beispiele aglandulärer Gewebshormone;
3. Neurosekretorische Erscheinungen;
4. Drüsenhormone;
5. Hormonsysteme mit übergeordnetem hormonalem Zentrum.

Die Tab. 2 zeigt auf den ersten Blick, daß die Welt der wirbellosen Tiere und der niederen Chordatiere bisher in hormonphysiologischer Hinsicht kaum erschlossen ist. Von ganzen Tierstämmen, wie den Schwämmen (etwa 4500 Arten), den Hohltieren (etwa

Tabelle 2. *Sehr vereinfachtes System des Tierreichs mit Angabe der bisher nachgewiesenen Hormonvorkommen.*

Erklärungen:

I. Acetylcholin; II. Herz- oder Darmhormone; III. Neurosekretion;  
 IV. Drüsenhormone; V. Hormonsysteme; + = Vorkommen nachgewiesen;  
 ○ = Vorkommen unwahrscheinlich; ? = Vorkommen fraglich; leere  
 Felder: nicht untersucht.

	I. Ac.	II. Gew. H.	III. Neur.	IV. Dr.	V. H-S.
<i>Protozoa</i>	+	unmöglich			
<i>Spongia</i>					
<i>Coelenterata</i>	○	○			
<i>Vermes</i>					
1. <i>Amera</i> (Platt-, Rundwürmer usw.)	+				
2. <i>Polymera</i> a) <i>Polychaeta</i> (Borstenwürmer)	+		+		
b) <i>Oligochaeta</i> (z. B. Regenwürmer)	+	+	+		
3. <i>Oligomera</i>					
4. <i>Sipunculida</i>	+		+	+	
<i>Arthropoda</i>					
1. <i>Crustacea</i> (Krebse)	+		+	+	
2. <i>Xiphosura</i> (z. B. <i>Limulus</i> )			+		
3. <i>Arachnida</i> (Spinnentiere)					
4. <i>Myriapoda</i> (Tausendfüßler)			+		
5. <i>Hexapoda</i> (Insekten)	?	+	+	+	+
<i>Mollusca</i>					
1. <i>Gastropoda</i> (Schnecken)	+	+	+		
2. <i>Lamellibranchiata</i> (Muscheln)	+				
3. <i>Cephalopoda</i> (Kopffüßler, z. B. <i>Octopus</i> )	+			+	
<i>Echinodermata</i> (Stachelhäuter)	+				
<i>Chordata</i>					
1. <i>Tunicata</i> (Manteltiere, z. B. <i>Ciona</i> )	○		?	?	
2. <i>Acrania</i> (z. B. <i>Amphioxus</i> )					
3. <i>Vertebrata</i> (Fische bis Säugetiere)	+	+	+	+	+

9000 Arten), den Stachelhäutern (etwa 4200 Arten), kann heute noch niemand sagen, ob hormonale Regulationen vorkommen oder nicht. Von anderen Stämmen, wie dem großen Kreis der Würmer (etwa 20000 Arten), liegen nur vereinzelte einschlägige Untersuchungen vor.

Wenn wir auch über die Häufigkeit von Gewebs- und Drüsenhormonen bei Wirbellosen noch wenig sagen können, so läßt sich doch feststellen, daß *neurosekretorische Vorgänge*, die sich ja mit verhältnismäßig handlichen und sicheren histologischen Methoden nachweisen lassen, bei Angehörigen der verschiedensten Tierstämme zu finden sind.

Vom vergleichenden Standpunkt ist folgende Frage von Wichtigkeit: Kennen wir bei Invertebraten heute ein geschlossenes Hormonsystem mit übergeordnetem hormonalem Zentrum, wie wir dies bei Wirbeltieren und Menschen finden?

Wohl sind bei manchen Arthropoden-Arten glandotrope Hormone gefunden worden, glandotrope Hormone sensu strictu, d. h. Hormone, die Drüsen zur Sekretion anregen. Wir sind nun gewohnt, bei Wirbeltieren und beim Menschen unter Glandotropie die Beeinflussung von *Hormondrüsen* durch Hormone zu verstehen, eine Erscheinung also, die man genau genommen mit dem nicht sehr schönen Wort *Endocrino-Glandotropie* bezeichnen müßte. Die Erforschung derartiger Regulationseinrichtungen, die ja das Wesen eines geschlossenen Hormonsystems ausmachen, steht bei den Invertebraten noch in den ersten Anfängen.

#### Vorkommen von Hormonen bei Protozoen.

Die Frage, ob bei einzelligen Tieren Hormone oder hormonartige Stoffe vorkommen, ist für eine phylogenetische Betrachtung der Hormonphysiologie von besonderer Bedeutung. Es muß darum auf die Untersuchungen von BAYER und VON DER WENSE (1936) hingewiesen werden. Sie verarbeiteten weitgehend bakterienfreie Zentrifugate von *Paramecium caudatum*, bei denen auf 0,5 cm<sup>3</sup> ungefähr 1 Million Tiere kamen. Die durch Kontrollversuche gesicherten Ergebnisse besagen, daß beim Pantoffeltierchen Stoffe vorkommen, die mit Acetylcholin (negativ-inotrope Wirkung am Froschherz usw.) und Adrenalin wirkungsgleich sind. Auf 1 g Kälteparameccien (+5° C Zuchttemperatur) kommen 0,27  $\gamma$  Acetylcholin. Dies entspricht ungefähr dem Durchschnittsgehalt von 0,8  $\gamma$  Acetylcholin pro 1 g Tier, wie ihn BACQ (1935) für verschiedene wirbellose Tiere (Würmer, Mollusken, Echinodermen) berechnet hat.

So gering die im Körper eines Pantoffeltierchens gefundene Acetylcholinmenge auch ist, so ist sie doch etwa „500 mal größer als die Acetylcholinmenge, die nach DALE in einer Nervenzelle eines Wirbeltierganglions bei einer Erregung und an einer Synapse frei wird“ (VON DER WENSE, 1938, S. 12).

An diesen Befunden ist eines für den vergleichenden Betrachter besonders wichtig: Die Stoffe, die bei vielzelligen Tieren und beim Menschen für die Übertragung von Nervenwirkungen von

grundlegender Bedeutung sind, treten in der Tierreihe bereits auf, bevor es überhaupt zur morphologischen Ausgestaltung eines typischen Nervensystems kommt.

Möglicherweise ist dies eine noch wenig beachtete biologische Grundregel: die biochemischen Gegebenheiten gehen den morphologisch bedingten Lokalisationen stammesgeschichtlich voraus.

### Hormonphysiologische Beobachtungen an Würmern.

So formenreich der Stamm der Würmer ist, so wenig wissen wir bis heute über das Vorkommen hormonaler Regulationen bei diesen Tieren. Vielfach erschwert die Kleinheit der Arten (*Turbellaria*, *Rotatoria*) oder die Schwierigkeit der Laboratoriumshaltung (Bandwürmer, viele Nematoden und *Oligomera*) das experimentelle Arbeiten.

Mit vermutlich aglandulären *Gewebshormonen* ist bei Lumbriciden (Regenwürmern) zu rechnen: Körpereigene Darmextrakte wirken bei verschiedenen *Lumbricus*-Arten deutlich beschleunigend auf die Darmbewegungen, während Extrakte aus dem Unterschlundganglion und der Bauchganglienkeette die Frequenz der Darmbewegungen hemmen (ENDERS, 1952).

*Neurosekretorische Elemente* wurden im Gehirn verschiedener Arten der Polychäten-Gattungen *Nereis* und *Lycastis* gefunden (HARMS, 1948; SCHAEFER, 1939; SCHARRE, B. u. E., 1937).

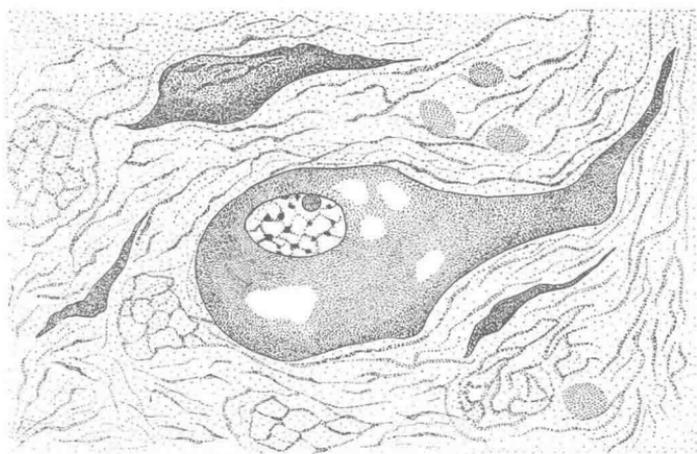
Ein dem Gehirn anliegendes Drüsenorgan beschrieb HARMS (1944, 1948) bei Lumbriciden. Auto- und homoplastische Implantation dieses Cerebralorgans ermöglicht die Regeneration amputierter Vordersegmente, während Kontrolltiere ohne derartige Implantate zu keiner Regeneration der vorderen Körpersegmente fähig sind (vgl. auch HUBL, 1953).

Von besonderer Bedeutung wurden die *Sipunculida*, die man früher zusammen mit anderen Formen zur Gruppe der Gephyreen („Brückenwürmer“) rechnete. Die Sipunculiden sind in ihrer Mehrzahl verhältnismäßig große, im Meeresboden grabende Tiere. Sie besitzen — im Gegensatz zu den Ringelwürmern (*Annelida*) — nur ein einziges Paar Nephridien, lange, kontraktile Schläuche, die im vorderen Körperdrittel nach außen münden.

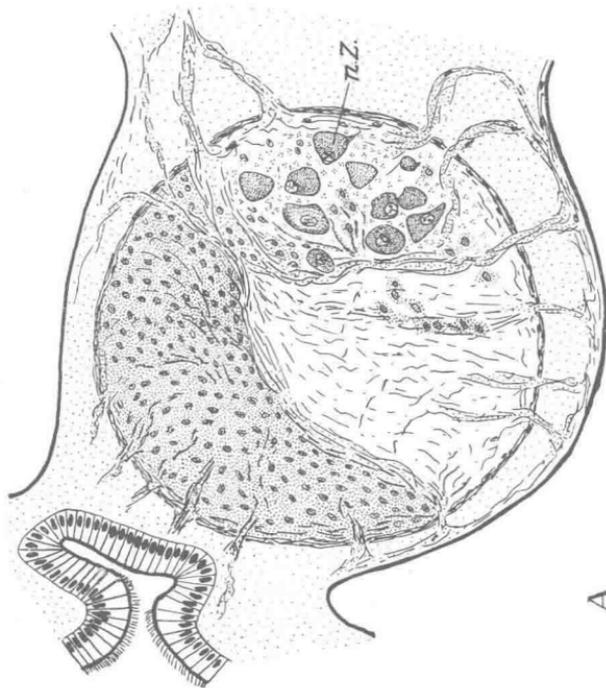
HARMS (1921) beschrieb bei *Physcosoma lanzarotae*, einer ostafrikanischen Sipunculiden-Art, eine Anhäufung von Drüsenzellen, die an der Wand der Nephridien sitzen und ihre Sekrete in die mit

Blutflüssigkeit erfüllte Leibeshöhle abgeben. HARMS bezeichnete das Gebilde als Internephridialorgan. Doppelseitige Exstirpation der Internephridialorgane bewirkte nach dunkelbrauner Verfärbung der Würmer, die HARMS mit der Bronzefärbung bei ADDISONscher Krankheit verglich, einen baldigen Tod der operierten Tiere. Die histologischen Beobachtungen von HARMS konnten neuerdings an einer nahe verwandten Art, *Phascolosoma vulgare*, die u. a. bei Roscoff (Bretagne) vorkommt, bestätigt werden. (STEHLE, 1953.) — Bezüglich der Überlebensdauer verhielt sich *Phascolosoma vulgare* und die an der Südküste Japans vorkommende Art *Physcosoma japonicum* anders als *Physcosoma lanzarotae*. Bei sorgfältiger Haltung in Glasgefäßen mit durchströmendem Seewasser lebten die Versuchstiere nach doppelseitiger Exstirpation der Nephridien mehrere Wochen lang, ohne Verfärbungen des Integuments zu zeigen (KOLLER, 1936, 1938, 1939).

Die Nephridien von *Physcosoma* und *Phascolosoma* sind noch in anderer Beziehung bemerkenswert: Diese 1—2 cm langen Schläuche lassen sich verhältnismäßig leicht exstirpieren. Bringt man sie in ein Schälchen mit Seewasser, dann kontrahieren sie sich rhythmisch viele Stunden lang mit einer Frequenz von 1 bis 4 Zuckungen pro Minute. Diese Kontraktionen sind, wie Reizungsversuche an Nephridien in situ ergaben, weitgehend unabhängig vom Nervensystem. Dies ist verständlich; denn nach den bisherigen histologischen Untersuchungen (STEHLE, 1953) ist nicht der ganze Nephridialschlauch, sondern nur der Mündungsbereich des Nephridiums innerviert. Hingegen ließ sich nachweisen, daß die rhythmischen Nephridialbewegungen humoral beeinflussbar sind. Aus den Nephridien selbst lassen sich Extrakte gewinnen, die die Minutenfrequenz um das Zehnfache steigern können. (KOLLER, 1936, bestätigt durch KOBAYASHI und YOSHIDA, 1951.) Die Nephridien sind aber nicht der einzige Bildungsort dieses Kontraktionsstoffes. Er ist auch im Bauchmark und im Hautmuskelschlauch zu finden. In neueren Versuchen an *Phascolosoma vulgare* (Station biologique de Roscoff) konnte gezeigt werden, daß gekochte und ungekochte wäßrige Extrakte des Bauchmarks in starker Verdünnung noch deutlich beschleunigend auf die Nephridien-Kontraktionen wirken. Der Kontraktionsstoff von *Phascolosoma vulgare* ist wahrscheinlich nicht mit Acetylcholin identisch. Acetylcholin wirkt erschlaffend auf die Ringmuskulatur



B



A

Abb. 1 A u. B. Sipunculide *Sipunculus elongatus*. A Medianer Schnitt durch das Gehirnbläschen (Ø etwa 1 mm). Links oben und Mitte neurischer Anteil. Rechts neurosekretorischer Anteil. n.Z. Einzelne neurosekretorische Zelle. B Einzelne neurosekretorische Zelle nach Gomori-Färbung, stark vergrößert (nach STEHLE).

(glatte Muskulatur) der Nephridien, bewirkt aber keine Frequenzsteigerung der rhythmischen Kontraktionen.

Für den Hormonforscher sind die *Sipunculidea*, wie z. B. *Phascolosoma vulgare*, noch aus einem weiteren Grund liebenswert: Im Gehirn von *Phascolosoma vulgare*, einem Bläschen von etwa 1 mm Durchmesser, liegen in seltener Klarheit Nervenzellen, Nerven-Fasermasse und neurosekretorischer Anteil nebeneinander (Abb. 1). Dieser histologische Befund ist seit langem bekannt (CUËNOT, 1900; HËRUBEL, 1907). Die von uns vorgenommene Färbung des *Phascolosoma*-Gehirns nach der Methode von GOMORI (Chromalaun-Hämatoxylin-Phloxin) erweist die „Riesenzellen“ HËRUBELS als neurosekretorische Zellen, die ohne weiteres mit ähnlichen Gebilden bei Insekten oder Wirbeltieren vergleichbar sind.

Darüber hinaus konnte gezeigt werden, daß Extrakte der verschiedenen Gehirnabschnitte in ihrer chemisch-organotropen Wirkung verschieden sind. Als Testobjekt wurde auch hierfür die Kontraktionsfähigkeit der *Phascolosoma*-Nephridien (s. oben) benutzt. Es ist nicht ganz leicht, das Gehirnbläschen zu spalten. Immerhin ergab sich mit hinreichender Genauigkeit folgendes: Extrakte aus dem Bereich der Fasermasse wirken leicht beschleunigend, während Extrakte, die aus dem neurosekretorischen Bereich hergestellt wurden, deutlich verlangsamen auf die Kontraktionen isolierter *Phascolosoma*-Nephridien wirkten (KOLLER und STEHLE, im Druck).

### Hormone der Krebse (Crustacea).

#### *Gewebshormone.*

Wie weit *Gewebshormone* bei Krebsen vorkommen, läßt sich heute noch nicht sagen. Nach den Angaben von BACQ (1947) wurde Acetylcholin zwar im Nervensystem, nicht aber in der Muskulatur gefunden. Cholinesterase scheint im Blut der Krebse nicht vorhanden zu sein. WELSH (1937, ff.) kommt auf Grund eingehender Versuche zu dem Schluß, daß Acetylcholin der natürliche Accelerator des Krebsherzens ist (vgl. HARA, 1952).

So wenig wir bis jetzt bei dieser Tiergruppe über eine etwaige Steuerung der Magen- oder Darmbewegungen durch Gewebshormone wissen, so gründlich hat man sich bei den Krebsen mit Hormonen beschäftigt, die den Drüsenhormonen der Wirbeltiere

in vieler Beziehung verglichen werden können. Um in dieses Gebiet einzudringen, ist es unerlässlich, den Farbwechselmechanismus der Crustaceen zu kennen.

*Farbzellen und Farbwechsel bei Krebsen.*

Die Chromatophoren der Krebse (Abb. 2) lassen sich ohne weiteres mit denen der Amphibien vergleichen: Von dem syn-

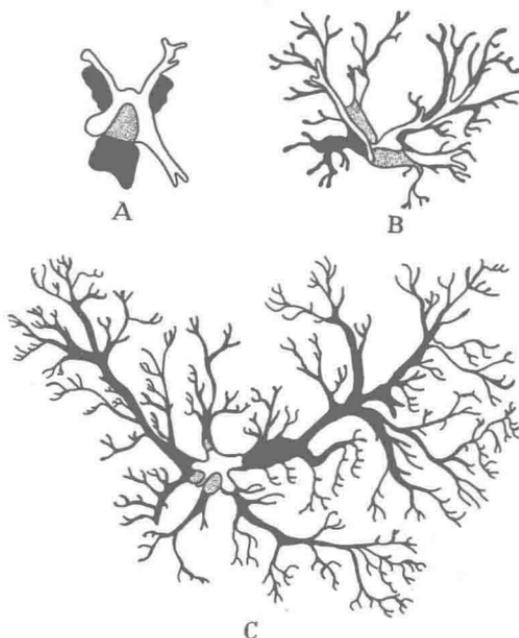


Abb. 2 A—C. Chromatophore der Garnele *Crangon*. Dieselbe Farbzeile nach Aufenthalt des Krebses auf A weißem, B mittelgrauem, C schwarzem Untergrund. Schwarz: Melanin; punktiert: rotes Pigment; weiß: gelbes Pigment (nach KOLLER).

cytialen Zentrum einer Farbzeile gehen verzweigte Ausläufer ab, die Chromorhizen, in denen sich die Pigmente zentrifugal und zentripetal bewegen können. Den Pigmentbewegungen liegen keine pseudopodienartigen, „amöboiden“ Bewegungen der Zellausläufer zugrunde; es handelt sich vielmehr um Plasmaströmungen, die in den formkonstanten Chromorhizen vonstatten gehen.

Man unterscheidet monochromatische Farbzeilen, die nur eine einzige Pigmentsorte enthalten und polychromatische Farbzeilen, die über mehrere Pigmente verfügen, z. B. über weiße, gelbe, rote und melaninartige Farbstoffe.