Flora der Küstenzone des Meeres aussichtsreich, indem vielleicht die Hydroökologie berufen ist, eine (biologisch-ökologische) Analyse des Meerwassers zu ermöglichen.“

Über die Beziehung der Keimdrüsen zu den körperlichen Geschlechtsmerkmalen im Tierreich.

Von Privatdozent Dr. O. Steche, Leipzig.

(Vortrag, gehalten in der Biologischen Gesellschaft zu Leipzig.)

Es ist eine bekannte Tatsache, daß bei den höheren Tieren mit der Ausbildung der Keimzellen eines bestimmten Geschlechtes in den meisten Fällen das Auftreten gewisser körperlicher Merkmale Hand in Hand geht, die es gestatten, schon im Körperbau die beiden Geschlechter zu unterscheiden. Dem landläufigen Sprachgebrauch zufolge bezeichnet man die Geschlechtsdrüsen selbst als die primären Geschlechtscharaktere und stellt ihnen die im übrigen Körper auftretenden Unterschiede als sekundäre Geschlechtsmerkmale gegenüber. Die Autoren, welche diese Namen eingeführt haben, verbanden damit die Idee, daß tatsächlich diese körperlichen Geschlechtsmerkmale den Keimdrüsen gegenüber etwas Sekundäres darstellten, d. h. daß ihre Ausbildung von dem Vorhandensein der Geschlechtszellen in irgend einer Weise abhängig sei. Die Vorstellungen, die man sich von den Beziehungen der primären zu den sekundären Merkmalen gemacht hat, haben im Laufe der Zeit gewechselt, und in neuester Zeit wird vielfach die Anschauung vertreten, daß überhaupt keine Abhängigkeit zwischen beiden bestehe.

Die Tatsachen, auf die sich die Annahme der älteren Autoren gründet, sind im wesentlichen die, daß mit dem Fortfall der Geschlechtsdrüsen auch Änderungen im Körperbau des betroffenen Individuums einherzugehen pflegen. Es liegen darüber ja bekanntlich außerordentlich zahlreiche Erfahrungen am Menschen vor, bei dem die Entfernung der Geschlechtsdrüsen (Kastration) aus den mannigfachsten Motiven vorgenommen wurde. Besonders beim männlichen Geschlecht tritt dann eine Anzahl Abweichungen von der normalen Ausbildung der Organe auf, vor allem, wenn die Operation im jugendlichen Alter vorgenommen wird. Bekannt ist ja die hohe Stimme der Kastraten, die auf einem Ausbleiben der typisch männlichen Ausbildung des Kehlkopfes beruht. Gleichzeitig treten Veränderungen im Knochenwachstum auf, der Körper zeigt eine größere Neigung zum Fettansatz, auch die psychischen Eigenschaften werden in den meisten Fällen in Mitleidenschaft gezogen.

Gleiche Erfahrungen sind zu ungezählten Malen auch an unseren Haustieren gemacht worden. Durch die Kastration pflegen wir die wilden und unlenkbaren Stiere und Hengste in gefügige Zug- und Arbeitstiere umzuwandeln, und derselben Operation verdankt das Fleisch der Kapaunen seinen besonderen Wohlgeschmack. Allgemein bekannt ist ferner

die Tatsache, daß bei den geweihtragenden Tieren, unseren Hirschen und Rehen beispielsweise, die Ausbildung der Kampforgane des männlichen Tieres von der normalen Funktion der Keimdrüsen in hohem Maße abhängig ist. Die Bahn für die Fortleitung dieses Einflusses glaubte man zunächst im Nervensystem zu finden. Man nahm an, daß durch die sensiblen Nerven der Geschlechtsorgane bestimmte Reize nach dem Zentralnervensystem geleitet und von dort aus durch Nerven einfluß die Blutzufuhr und die gesamten Wachstumsprozesse der sekundären Geschlechtsmerkmale in entscheidender Weise beeinflußt würden.

In neuerer Zeit ist diese Vorstellung aufgegeben worden zugunsten einer mehr chemischen. Man nimmt an, daß von den Geschlechtsdrüsen, wie übrigens von zahlreichen anderen, vielleicht allen Organen des Körpers, bestimmte Stoffe an das Blut abgegeben werden, die einen wachstumsändernden Einfluß auf andere Körperteile ausüben können. Solche Stoffe bezeichnet man allgemein als Hormone. Das Vorhandensein derartiger Stoffe ist für die Wirbeltiere wohl einwandfrei nachgewiesen worden, und man hat die merkwürdige Tatsache festgestellt, daß sie innerhalb der Geschlechtsdrüsen nicht von den funktionierenden Geschlechtszellen selbst, sondern von einem eigenartig ausgebildeten Zwischengewebe geliefert werden, das der Anlage nach jedoch auch Keimzellen darstellt. Diese Tatsache läßt sich mit größter Klarheit besonders aus solchen Versuchen entnehmen, in denen durch irgendwelche Eingriffe die Geschlechtszellen zerstört wurden, während das Zwischengewebe erhalten blieb. Man kann das entweder durch Einwirkung bestimmter Strahlenarten, z. B. Röntgenstrahlen, erreichen, oder dadurch, daß man die Keimdrüsen von ihrem normalen Standort entfernt und nach einem anderen Punkte des Tierkörpers verpflanzt. In diesen Fällen läßt sich dann kein Einfluß auf die sekundären Geschlechtsdrüsen beobachten, falls das Zwischengewebe erhalten bleibt, so daß man diese Zellen nach ihrer Funktion neuerdings sogar mit einem neuen Namen, dem der Pubertätsdrüsen belegt hat.

In den letzten Jahren ist besonders durch Versuche von *Steinach* wieder eine Vereinigung mit den älteren Vorstellungen über den Nerven einfluß auf die sekundären Geschlechtsmerkmale herbeigeführt worden. Dieser Autor hat nämlich gezeigt, daß die aus den Geschlechtsdrüsen stammenden Hormone wahrscheinlich zuerst das Zentralnervensystem beeinflussen, und daß erst von dort aus der Reiz zu den sekundären Geschlechtsorganen weiter geleitet wird. Wenigstens ließ sich zeigen, daß man experimentell durch Einspritzungen der Gehirnschubstanz eines normalen brünstigen Individuums denselben Erfolg auf das Wachstum sekundärer Geschlechtsmerkmale erzielen konnte, wie durch Verwendung von Extrakt der Geschlechtsdrüsen selbst, während Auszüge aus anderen Teilen des Körpers wirkungslos blieben. Wie man sich im einzelnen die Beziehungen auch vorstellen mag, so bleibt jedenfalls die Tatsache über allen Zweifel erhaben, daß bei den Wirbeltieren die Ausbildung der körper-

lichen Geschlechtsmerkmale von dem Vorhandensein der Keimdrüsen in hohem Maße abhängig ist.

In auffallendstem Gegensatz dazu stehen nun aber die Erfahrungen, welche von zahlreichen Autoren bei Kastrationsversuchen an Insekten gewonnen worden sind. Man kann bei diesen schon in verhältnismäßig jungem Alter, bald nach dem Ausschlüpfen der Larven aus den Eiern, die Anlage der Geschlechtsdrüsen vollständig aus dem Organismus entfernen. Die Ausbildung der sekundären Geschlechtsmerkmale findet jedoch erst bei der Verwandlung zum letzten Lebensstadium, in der Puppe der höheren Insekten statt. Gerade bei diesen höheren Insekten finden wir nun häufig weitgehende Formunterschiede beider Geschlechter, in Größe, Flügelform und -zeichnung, Bau der Fühler und Mundteile und zahlreichen anderen Merkmalen. Es wäre zu erwarten gewesen, daß sich unter diesen Verhältnissen durch die Entfernung der Geschlechtsdrüsen besonders deutliche Ausfallerscheinungen hätten erzielen lassen. Statt dessen beobachtete bereits der erste Autor, welcher derartige Versuche anstellte, *Oudemans*, daß die aus der Puppe schlüpfenden, in frühen Larvenstadien kastrierten Schmetterlinge sich in nichts von normalen Tieren unterschieden. Diese Befunde sind inzwischen mehrfach bestätigt worden, in besonders eingehenden Serien in neuester Zeit von *Meisenheimer* und *Kopeč*. Diese Autoren haben an Schmetterlingen, und zwar hauptsächlich an dem wegen seiner starken Geschlechtsunterschiede dazu sehr geeigneten Schwammspinner (*Lymantria dispar*) gearbeitet. Doch sind die gleichen Resultate auch an Grillen von *Regen* erhalten worden. *Meisenheimer* und andere Autoren haben diese Versuche noch in anderer Richtung vervollständigt. Sie entfernten nämlich bei kastrierten Larven die Anlagen für die Flügel, so daß das Material für diese Organe neu gebildet werden mußte. Wenn die Keimdrüse irgendwelchen Einfluß auf die normale Ausbildung der Organe hätte, so wäre zu erwarten, daß er sich bei diesen Regenerationsprozessen besonders deutlich gezeigt hätte. Doch auch in diesem Falle unterschieden sich kastrierte Tiere von den normalen, welche die gleiche Regeneration zu leisten hatten, in keiner Weise. Nach diesen Versuchen ist man berechtigt zu sagen, daß bei den Insekten die Ausbildung der sekundären körperlichen Geschlechtsmerkmale in keiner Weise von dem Vorhandensein der Keimdrüsen abhängig ist.

Auf Grund dieser veränderten Sachlage hat man nun versucht, auch für die Befunde bei den Wirbeltieren eine andere Deutung zu finden. Überblickt man die Kastrationsversuche bei dieser Tierklasse, so zeigt es sich, daß in den meisten Fällen die Folgeerscheinungen in einem Zurückbleiben der Organe auf einem niedrigen Entwicklungsstadium bestehen. Diese Tatsache hat Veranlassung gegeben zu der Annahme, daß die Wirkung der Keimdrüsen nur in einer Förderung der Wachstumsvorgänge bestehe, daß der Reiz, den sie ausüben, nur ein sog. trophischer sei. Es liegt nach dieser Auffassung nicht in der Macht der Hormone, das Auftreten der sekundären Geschlechtsmerkmale hervorzurufen oder

sie völlig zu unterdrücken, sondern sie wirken nur fördernd auf bereits gegebene Anlagen ein. Der wichtigste Unterschied bei diesen Annahmen ist jedoch der, daß den Keimdrüsen der verschiedenen Geschlechter keine spezifische Wirkung mehr zugeschrieben wird. Man stellt sich vielmehr vor, daß männliche und weibliche Keimdrüsen qualitativ gleich, höchstens quantitativ verschieden wirken. Dem entsprechend hat man auch Versuche gemacht, an kastrierten männlichen Tieren durch Injektion von Extrakt der weiblichen Keimdrüsen der gleichen Art die Ausbildung sekundärer männlicher Merkmale zu erhalten. Dieser Versuch ist tatsächlich an Fröschen ziemlich weitgehend geglückt. Es gelang nämlich, die sog. Daumenschwielen der Froschmännchen, eine drüsige Anschwellung an der Innenseite der Handfläche, welche nur zur Laichzeit auftritt und zur Umklammerung des Weibchens dient, bei kastrierten Tieren durch wiederholte Injektion von Ovarialextrakt hervorzurufen. Wo Unterschiede männlicher und weiblicher Tiere bestehen, würden sie nach der Vorstellung der Autoren, welche diese Anschauung vertreten, im wesentlichen darauf beruhen, daß der Stoffwechsel des Männchens im ganzen ein lebhafterer ist, und daher bei ihm eine Anzahl Merkmale zur Ausbildung kommen, die dem Weibchen fehlen. Von dieser Vorstellung ausgehend, hat *Kammerer* versucht, bei Eidechsen durch Erhöhung des Stoffwechsels an weiblichen Tieren männliche Charaktere hervorzurufen, und es ist ihm dies auch mit einigen Merkmalen bis zu einem gewissen Grade geglückt.

Versuche an Insekten, die in der Weise angestellt wurden, daß man kastrierten männlichen Raupen Ovarien einsetzte, und umgekehrt, ließen keinerlei Einfluß der entgegengesetzten Geschlechtsdrüsen erkennen, obwohl sie sich vollständig entwickelten und im ausgebildeten Tiere fast normale Größe und Funktion zeigten. Dies stimmt mit dem Ergebnis der Kastrationsversuche sehr gut überein.

Die hier entwickelten Anschauungen haben in neuerer Zeit zu der Vorstellung geführt, daß die körperlichen Geschlechtsmerkmale nicht, wie man bisher wollte, als sekundäre aufzufassen sind, sondern unabhängig von einer spezifischen Einwirkung der Keimdrüsen auftreten. Ihre Entstehung stellen sich die neueren Autoren so vor, daß sie, wie irgendwelche andere Artcharaktere, im Laufe der Entwicklung der Art erworben worden sind, nur mit dem Unterschied, daß sie bei der Vererbung sich einseitig an ein bestimmtes Geschlecht angeschlossen haben. Eine Ursache für ihr Auftreten und für diese seltsame Art der Vererbung ist damit natürlich nicht angegeben, sondern es wird dieses Sonderproblem einbezogen in den ganzen Komplex der Vererbungserscheinungen, über deren Mechanismus wir trotz der zahlreichen und glänzenden Untersuchungen der letzten Jahrzehnte nur höchst unvollkommen unterrichtet sind. Eine besondere Stütze dieser Auffassung erblickt man darin, daß bei Kreuzungsversuchen sich Geschlechtsmerkmale in ihrer Vererbung gerade so verhalten, wie andere Artmerkmale. Man hat zahlreiche, sehr interessante Versuche über diesen Punkt angestellt, es ist sogar

gelingen, spezifisch weibliche Merkmale auf das männliche Geschlecht zu übertragen, ferner anscheinend geschlechtlich indifferente Charaktere auf ein bestimmtes Geschlecht zu fixieren.

In neuester Zeit sind nun Beobachtungen gemacht worden, welche die Unabhängigkeit der körperlichen Geschlechtsmerkmale bei den Insekten wesentlich leichter verständlich erscheinen lassen. Bei Untersuchungen, welche zu ganz anderen Zwecken angestellt wurden, beobachtete der Verfasser zufällig, daß sich die männlichen und weiblichen Puppen des Wolfsmilchschwärmers (*Deilephila euphorbiae*) dadurch unterscheiden, daß die Blutflüssigkeit bei den männlichen Tieren farblos, bei den Weibchen dagegen hellgrün gefärbt war. Weitergehende Untersuchungen über diesen Punkt von Geyer haben gezeigt, daß dieser Farbunterschied nicht nur bei sämtlichen Schmetterlingen in mehr oder weniger ausgesprochener Weise vorhanden ist, sondern sich auch bei einer großen Anzahl von pflanzenfressenden Insektenlarven aus anderen Ordnungen (Käfer, Blattwespen) nachweisen läßt. Wie genauere Studien ergaben, beruht dieser Farbunterschied darauf, daß das Blut der weiblichen Tiere Chlorophyll in fast unverändertem Zustande enthält, während es bei den männlichen Tieren fehlt. Dieses Chlorophyll stammt natürlich aus der pflanzlichen Nahrung der betreffenden Tiere und geht bei den Weibchen in sehr wenig verändertem Zustande durch die Darmzellen in das Blut über. Dies beweist das Auftreten des charakteristischen Absorptionsstreifens in Rot bei der spektroskopischen Untersuchung. Beim Männchen jedoch wird es zerstört und es finden sich im Blut höchstens die gelben Farbstoffe, die sog. Xanthophylle, welche das Chlorophyll in den Pflanzen immer begleiten.

Die Frage, woher dieser Unterschied stamme, ließ sich ziemlich sicher dahin beantworten, daß in den Darmzellen selbst bei den männlichen Tieren das Chlorophyll zerstört wird, denn im Blut findet sich kein Stoff, welcher auf Chlorophyll einwirkt, so daß, wenn man männliches und weibliches Blut zusammenbringt, die grüne Farbe des letzteren unverändert bleibt. Der Zweck dieser auffallenden Erscheinung liegt wohl darin, daß bei den Weibchen der grüne Farbstoff später zur Färbung der Eier verwendet wird, die dadurch ausgezeichnet geschützt sind, wenn sie auf grüne Blätter oder Stengel gelegt werden. Man findet dementsprechend, daß dann, wenn die Eihülle gebildet wird, meistens in den letzten Tagen des Puppenstadiums, der grüne Farbstoff aus dem Blut verschwindet und einer leuchtend gelben Färbung Platz macht. In den Fällen, wo dunkel gefärbte, rötliche oder bräunliche Eier abgelegt werden, nimmt auch das Blut der Weibchen während der Puppenruhe diesen Farbton an, während es vorher leuchtend grün war. Aus diesen Befunden folgt die Tatsache, daß schon bei den Larven dieser Schmetterlinge der Stoffwechsel bei männlichen und weiblichen Tieren verschieden ausgebildet ist; d. h. daß Zellen, die man früher für geschlechtlich vollkommen indifferent hielt, auch eine Differenzierung aufweisen.

Es war von vornherein sehr unwahrscheinlich,

daß diese Differenzierung sich auf das Verhalten gegen das Chlorophyll beschränken werde. Es wurden daher Versuche unternommen, nachzuweisen, ob auch in dem Eiweißstoffwechsel der betreffenden Tiere geschlechtliche Unterschiede beständen. Bekanntlich verfügen wir heutzutage über eine sehr empfindliche Methode, um Unterschiede in den Eiweißkörpern verschiedener Tiere nachzuweisen. Entnimmt man nämlich einem Tiere Blut und injiziert dieses einem Kaninchen oder einem anderen Säugetier, so entstehen in dem Blut dieses letzteren bestimmte Gegenstoffe, die sog. Antikörper. Wenn man nun das Blutserum dieses Versuchstieres mit dem Blute des Tieres zusammenbringt, das das Injektionsmaterial geliefert hat, so erfolgt, selbst bei großen Verdünnungen, ein Niederschlag. Das Blut anderer Tierarten löst keine derartige Reaktion aus oder, falls es sich um sehr nahe Verwandte handelt, doch nur in geringerem Grade. Die Versuche, mit dieser sog. Präzipitinmethode Unterschiede in den Eiweißkörpern der beiden Geschlechter nachzuweisen, sind bisher fehlgeschlagen. Es trat stets eine Reaktion ein, gleichgültig, ob man männliches oder weibliches Blut mit dem Blutserum der zu den Versuchen verwendeten Kaninchen zusammenbrachte.

Daß aber tatsächlich Unterschiede bestehen, ließ sich auf eine viel einfachere Weise zeigen. Bringt man nämlich direkt männliches und weibliches Blut von Raupen zusammen, so erfolgt an der Berührungsstelle fast momentan eine Reaktion. Es treten schlierenartige Gerinnungsprodukte auf, in denen sich die Leukocyten zusammenballen. Bringt man das Blut von Tieren des gleichen Geschlechtes zusammen, so läßt sich nichts derart bemerken. Dagegen tritt dieselbe Erscheinung auf, nur noch stärker und schneller, wenn man das Blut zweier verschiedener Raupenarten, gleichgültig welchen Geschlechtes, zusammenbringt. Es verhalten sich mit anderen Worten in diesem Punkte die Geschlechter derselben Schmetterlingsart ebenso, wie getrennte Arten, resp. Rassen. In dieser Reaktion ist ein Mittel gegeben, die Geschlechter auch bei solchen Formen nachzuweisen, bei denen kein Farbunterschied des Blutes besteht, wie bisher bei Fliegen, Heuschrecken und Käfern festgestellt wurde.

Das prinzipiell Interessante an diesen Beobachtungen liegt darin, daß sie zeigen, wie der gesamte Körper der Insekten geschlechtlich differenziert ist. Denn aus dem Nachweis einer geschlechtlichen Differenzierung der Darmzellen und der Eiweißkörper des Blutes folgt mit größter Wahrscheinlichkeit, daß überhaupt im Aufbau sämtlicher Körpergewebe charakteristische Unterschiede bestehen. Wie wir jetzt aus den Untersuchungen der physiologischen Chemiker wissen, ist wenigstens bei Wirbeltieren die Zusammensetzung des Blutes abhängig von der Tätigkeit der Darmzellen. Sie bauen aus den chemisch verschiedenartigsten Nahrungskörpern ganz bestimmte für die Art charakteristische Stoffe auf und lassen sie in das Blut gelangen. Und das Blut seinerseits bietet wieder die Stoffquelle für den Aufbau der einzelnen Gewebezellen. Es beschränkt sich demnach die geschlechtliche Verschie-

denheit des Insektenkörpers nicht auf einige, zum Geschlechtsleben in mehr oder weniger direkter Beziehung stehende Merkmale, sondern der ganze Organismus ist bei beiden Geschlechtern fundamental verschieden, so verschieden wie zwei getrennte Arten oder Rassen.

Dieser Unterschied entwickelt sich aller Wahrscheinlichkeit nach nicht erst allmählich während des Wachstums, sondern ist bereits im Anfang, spätestens nach der Befruchtung der Eizelle gegeben. Dafür spricht einmal die Tatsache, daß die Entfernung oder der Austausch der Geschlechtsdrüsen an dem typischen Stoffwechsel des Geschlechtes nichts ändert. Auch in den Versuchen von Geyer ergaben weder Kastration, noch Transplantation, noch Transfusion von Blut des anderen Geschlechtes irgendwelchen merkbaren Einfluß. Dieses Ergebnis erscheint nun ziemlich gut verständlich. Denn wenn von vornherein alle Zellen sowie der gesamte Stoffwechsel bei beiden Geschlechtern typisch verschieden ist, so fehlt den transplantierten Geschlechtsorganen, selbst wenn sie Hormone produzieren, der Angriffspunkt, um eine Umgestaltung hervorbringen. Es folgt aber die Tatsache frühzeitiger Festlegung der Geschlechtscharaktere außerdem aus dem Auftreten merkwürdiger Abnormitäten, wie sie gerade bei Insekten nicht selten sind. Es handelt sich um sog. Zwitter, d. h. um Individuen, in denen Charaktere beider Geschlechter gemischt vorkommen. Die Art dieser Mischung kann eine sehr verschiedene sein. Einerseits finden wir sog. halbseitige Zwitter, bei denen die Keimdrüsen wie die körperlichen Merkmale auf beiden Körperseiten typisch männlich, resp. weiblich ausgebildet sind, und diese Geschlechtscharaktere sich in der Mittellinie durch eine scharfe Grenze scheiden. In anderen Fällen ist die Anordnung eine viel unregelmäßigere und man findet neben dem mehr oder weniger vollkommen ausgebildeten Geschlechtsapparate des einen Geschlechtes eine bunte Mischung der körperlichen Merkmale. Die Verteilung dieser Geschlechtsmerkmale kann oft eine außerordentlich feine sein, so daß nur kleine Partien, unter Umständen beispielsweise einzelne Schuppen auf den Flügeln oder einzelne Zeichnungselemente den Charakter des entgegengesetzten Geschlechtes tragen. Für derartige Vorkommnisse dürfte sich kaum eine andere Erklärung finden lassen, als daß schon in der befruchteten Eizelle eine abnorme Mischung von männlichen und weiblichen Anlagen zustande gekommen ist, die dann im Laufe der Entwicklung in Erscheinung tritt.

Die hier dargestellten Befunde berechtigen also mit großer Wahrscheinlichkeit zu dem Schlusse, daß bei den Insekten männliche und weibliche Tiere in ihrer gesamten Organisation von vornherein scharf getrennt sind. Sie bestätigen und erläutern damit zunächst die oben entwickelten Anschauungen, wonach die körperlichen Geschlechtsmerkmale von den Keimdrüsen vollständig unabhängig sind. Trotzdem läßt sich auch in diesem Falle wohl nicht mit unbedingter Sicherheit behaupten, daß die Keimdrüsen keine Stoffe absondern, die von irgendwelchem Einfluß auf die Ausbildung der körperlichen Geschlechtsmerkmale seien. Nur müssen sie wirkungslos blei-

ben, weil der Stoffwechsel in diesem Fall schon erblich unwiderruflich festgelegt ist. Ontogenetisch ist eine vollständige Unabhängigkeit zwischen Geschlechtsdrüsen und körperlichen Merkmalen bei den Insekten vorhanden. Es fragt sich aber, ob nicht phylogenetisch eine Abhängigkeit bestanden hat.

Die Frage der phylogenetischen Ausbildung der Geschlechtsunterschiede ist vorläufig noch nicht in klarer Weise zu beantworten. Man kann sich einerseits vorstellen, daß a priori jede Zelle geschlechtlich differenziert ist, eine Anschauung, wie sie Schaudinn für die Protozoen vertreten hat. In diesem Falle bedarf der geschlechtliche Unterschied, als etwas Gegebenes vielleicht keiner weiteren Erörterung mehr, obwohl die Ausbildung des gesamten Körpers nach einer bestimmten Richtung damit auch nicht ohne weiteres erklärt ist. Stellt man sich dagegen vor, daß die Unterschiede, sowohl der Keimzellen als des Körpers, sich allmählich herausgebildet haben, so ist die typische Korrelation zwischen Geschlechtsdrüsen und Körperbau wohl am leichtesten zu erklären, wenn man direkte chemische Beziehungen zwischen beiden annimmt. Es würden also von den Geschlechtszellen, die ein Organismus produziert, Hormone in den Körper übergehen, welche die Ausbildung seiner Organe in bestimmter Richtung beeinflussen. Die so erworbenen Eigenschaften können nun allmählich erblich fixiert worden sein, wofür gerade bei Änderungen im Stoffwechsel, die auf den ganzen Körper zurückwirken müssen, die beste Gelegenheit gegeben ist. Der Grad der Fixierung kann natürlich ein ziemlich wechselnder sein, wohl je nach Alter des betreffenden Merkmales. Es ist daher leicht verständlich, daß die zu den Geschlechtsdrüsen in direkter Beziehung stehenden sekundären Geschlechtsmerkmale, z. B. die Ausführapparate, meistens am besten fixiert sind und bei künstlichen Eingriffen am wenigsten verändert werden. Daneben befinden sich jedoch eine ganze Anzahl anderer, vor allen Dingen die periodisch zur Zeit der Geschlechtsreife auftretenden sog. Brunstcharaktere, deren Fixierung eine viel lockerere ist, und die deshalb viel leichter auch heutzutage noch auf Ausfall der Hormone reagieren. Sie sind es daher, die bei Beobachtungen über Kastrationsfolgen im Vordergrund stehen. Es läßt sich von diesem Gesichtspunkte aus leicht verstehen, daß wir in der Tierreihe eine ganze Stufenleiter beobachten können von Formen, bei denen es überhaupt zu keiner Ausbildung körperlicher Geschlechtsmerkmale gekommen ist bis zu solchen, bei denen sie bis in jede Zelle hinein durchgebildet und erblich fixiert sind. In diesem letzteren Falle befinden sich die Insekten. Die erblich fixierten Anlagen verhalten sich dann wie jede beliebigen anderen Art- oder Rassenmerkmale und es kann nicht wunder nehmen, daß sie bei Kreuzungsversuchen denselben Gesetzen gehorchen, wie diese. Derartige Fälle können also nicht ohne weiteres als Beweise für die unabhängige Entstehung dieser Merkmale verwendet werden, denn es ist nicht einzusehen, wie sich die durch Hormonenwirkung entstandenen Merkmale nach ihrer Fixierung anders verhalten sollten.

Es lassen sich auf diesem Wege vielleicht die

Beobachtungen an Wirbeltieren und an Insekten unter einem Gesichtspunkte zusammenfassen. Daß bei Wirbeltieren eine spezifische Einwirkung der Hormone der Geschlechtsdrüsen besteht, ist in letzter Zeit durch die Versuche von *Steinach* wohl ohne Zweifel nachgewiesen worden. Es gelang ihm, bei jungen männlichen Ratten und Meerschweinchen die Keimdrüsen zu entfernen und dafür Ovarien einzusetzen. In den Fällen, wo diese resp. nur das Zwischengewebe sich entwickelten, was durch spätere Sektion festgestellt wurde, nahmen auch die betreffenden Tiere einen völlig weiblichen Habitus an. Dies zeigte sich progressiv besonders in der Ausbildung des Mammarapparates und des Fettgewebes im Abdomen, regressiv durch Zurückbleiben im Gewicht und im Knochenbau. Letztere Erscheinung ging weit über die Folgen der einfachen Kastration hinaus und beweist unzweideutig, daß von den weiblichen Keimdrüsen Stoffe abgesondert werden, welche in spezifischer Weise hemmend auf die Wachstumsprozesse des männlichen Organismus einwirken. Es wird die Aufgabe weiterer Untersuchungen sein, zu sehen, inwieweit sich ähnliche Erscheinungen in anderen Tiergruppen nachweisen lassen. Ein sehr interessantes und merkwürdiges Beispiel liefert die sog. parasitische Kastration an manchen Krabben und Einsiedlerkrebsen. Bei ihnen werden durch das Eindringen eines Schmarotzers die normal ausgebildeten Keimdrüsen zur Rückbildung gebracht, und es hat sich in zahlreichen Fällen gezeigt, daß männliche in der Weise kastrierte Tiere auffällig die Merkmale des weiblichen Geschlechts annehmen, ja, daß sogar schließlich weibliche Geschlechtszellen produziert wurden. Die Deutung dieser Vorgänge ist einstweilen noch sehr umstritten, jedenfalls beweisen sie, daß bei diesen Krebsen durch äußere Eingriffe eine weitgehende Umstimmung des gesamten Organismus zu erreichen ist. Wichtige Beobachtungen liegen auch bei Anneliden vor. Bei den Arten des Genus *Nereis* ist für gewöhnlich kein Geschlechtsunterschied zu erkennen. Wenn die Geschlechtsprodukte heranreifen, wandeln sich die Tiere oder die die Keimzellen bildenden Segmente in sog. Heteroneisformen um, und diese sind dann an äußeren Merkmalen als Männchen oder Weibchen zu erkennen. Auch in diesem Falle dürfte wohl ein Einfluß von Geschlechtshormonen auf die sich umbildenden Segmente sehr wahrscheinlich sein. Leider sind experimentelle Kastrations- und Transplantationsversuche an diesen Tiergruppen noch so gut wie gar nicht ausgeführt, sie werden auch auf erhebliche technische Schwierigkeiten stoßen. Besonders zu bedauern ist, daß es bei der Lage der Dinge unmöglich ist, einen Einfluß der Vertauschung der Geschlechtsdrüsen über mehrere Generationen hin zu verfolgen. Denn selbst, wenn es gelingt, Eizellen im männlichen Organismus zur vollen Reife zu bringen und zu befruchten, so ist ein Einfluß der vorangegangenen Experimente auf die aus ihnen hervorgehenden Individuen natürlich ausgeschlossen.

Wenn man das Verhältnis von Keimdrüsen und körperlichen Geschlechtsmerkmalen in der ganzen

Tierreihe als prinzipiell gleich ansehen will, was zwar nicht unbedingt notwendig, aber doch wahrscheinlich ist, so wird man jedenfalls den Hormonen eine Rolle bei der Ausbildung der sekundären Geschlechtscharaktere zugestehen müssen. Ihre größere oder geringere Wirksamkeit hängt ebenso wie von ihrer Intensität auch von der Empfänglichkeit der Körperzellen ab, die durch Fixierung der erworbenen Charaktere modifiziert werden kann. In dieser Beziehung läßt sich also die alte Bezeichnung: „sekundäre Geschlechtscharaktere“ mit gutem Recht beibehalten, ontogenetisch dagegen sind zum mindesten bei den Insekten die somatischen Merkmale ebenso gut primär wie die Unterschiede in den Keimzellen.

Besprechungen.

Die Wunder der Natur. Schilderungen der interessantesten Naturschöpfungen und -erscheinungen in Einzeldarstellungen. Unter Mitwirkung hervorragender Fachmänner. Mit ca. 1500 Illustrationen, darunter 130 bunte Beilagen. In 3 Bänden à M. 15.— Berlin, Deutsches Verlagshaus Bong & Co.

Das Buch ist ein Bilderwerk mit begleitendem Text, das, ohne ein Lehrbuch zu sein, unbewußt Goethes Forderung erfüllt: „Lehrbücher sollen anlockend sein; das werden sie nur, wenn sie die heiterste, zugänglichste Seite des Wissens und der Wissenschaft hinbieten.“ Es ist weder den Bildern noch dem Text nach ein Lehrbuch, sondern eine Sammlung von (etwa 90) kleinen, zum Teil sogar *sehr* kleinen Aufsätzen, die den Bildern zuliebe geschrieben sind über die verschiedensten Einzelheiten der beschreibenden und der exakten Naturwissenschaften. Die Bilder, zum größten Teil nach Photographien, sind so anlockend, daß sie wirklich die heiterste und zugänglichste Seite des Wissens und der Wissenschaft hinbieten. Sie werden in den Aufsätzen — zu deren Verfassern z. B. auch *Flammarion*, *Haeckel*, *Klaatsch*, *Zuntz* gehören — in einer jedem verständlichen Weise erläutert und sprechen schon für sich und durch die wenigen Schlagworte darunter so deutlich, daß selbst ein flüchtiges Durchblättern des Buches unterhaltend und wirklich belehrend ist. Auch wer z. B. von der Gottesanbeterin, der Krake, dem Skorpion, den fleischfressenden Pflanzen, den Diatomeen nie gehört hat, und Eisberge, Sonnenprotuberanzen und Meteorsteine nur dem Namen nach kennt, bekommt davon eine deutliche, und da es sich um Bilder nach Photographien handelt, sicherlich zutreffende Vorstellung, die schwerlich so bald seinem Gedächtnis entschwinden wird. Zum Studium der Natur kann ein solches Bilderwerk wahrscheinlich mit demselben Erfolge dienen, wie die üblichen Bilderwerke zum Studium der Kunst. B.

Rubens, Heinr. *Die Entwicklung der Atomistik.* Festrede, gehalten am Stiftungstage der Kaiser-Wilhelms-Akademie für das militärärztliche Bildungswesen, 2. Dezember 1912. (40 Seiten.) Berlin, A. Hirschwald 1913. M. 1,—.

„Die neuere Entwicklung von *Helmholtz'* Ideen über Elektrizität. Vortrag zu *Helmholtz'* Gedächtnisfeier, gehalten vor der Kaiser-Wilhelms-Akademie“, mußte unter Abwandlung eines berühmten Titels die Festrede eigentlich heißen: Sie schildert den Einfluß der von *Helmholtz* begründeten Atomistik der Elektrizität auf die Entwicklung der Atomistik der Materie, und ihr Zweck ist die Erinnerung an den größten deutschen Naturforscher, der der Kaiser-Wilhelms-Akademie als