Un détail encore pour finir, détail qui intéressera surtout les météorologistes restés par trop déconcertés devant la sécheresse obstinée de l'année qui va finir. — Autrefois, la période des grandes vacances et la période des grandes pluies étaient concomitantes. Cette année-ci, cette loi suprême fit joliment défaut. Désormais il n'y aura plus qu'un moyen d'amener la pluie: ouvrir une Exposition nationale à Esch-s.-Alzette. Tout porte à croire que le Père des dieux et des hommes n'aime pas trop la ville qui doit son essor à l'élément ravi aux dieux et apporté aux humains par Prométhée.

Ed. PIERRET.

Sekundäre Geschlechtsmerkmale.

Eine Zusammenfassung

von Prof. **Edm. J. Klein,** Luxemburg.

(Schluß.)

Akustisch wirkende Abschreckungsmittel wurden ebenfalls schon erwähnt: der Hurraruf, das Schlachtengeheul, der Kriegsgesang, der Trommelwirbel nebst dem Hörnerschall. Haben wir im Tierreiche gleiches an die Seite zu stellen? O gewiß, vielerlei: Der Ruf des Hirsches verscheucht den weniger starken Rivalen, der Balzton des Auerhahnes hält schwächere Mitbewerber fern, ja der Gesang des Vogels vom höchsten Zweige herab soll andern mitteilen, daß man bereit ist zum Kampfe und gewappnet zum Bewerb, wenn sie ihn nur aufnehmen wollen.

* * *

In seinem 1918 in Basel gehaltenen Habilitationsvortrag erläutert *N. O. Lebedinsky* die Bedeutung der geschlechtlichen Zuchtwahl für die Erhaltung der Art von einer anderen Seite. Er findet, daß das Wichtige in diese Frage gegeben sei durch die Beziehungen zwischen der Ausbildung der sekundären Sexualmerkmale und dem allgemeinen Stoffwechselzustand des Individuums. Nicht vererben sich diese Merkmale, weil sie das Individuum im Wettstreit mit den Rivalen begünstigen, die Vererbung ist nicht Selbstzweck, sondern ihr starkes Hervortreten ist der Ausdruck erhöhter Lebensfähigkeit, eines besonders guten Gesundheitszustandes überhaupt. Da diese Charaktere die Männchen bei der Werbung begünstigen und nur die Bestausgestatteten zur Vermehrung gelangen lassen, bewirken sie eine Hebung des Allgemeinzustandes der Art. Weil auch die Vorliebe der Weibchen für die wohlentwickeltsten Männchen vererbbar ist, so werden von Generation zu Generation die Aussichten für diese beiderseitige Auslese gesteigert. Der letzte Effekt solchen Zusammenwirkens ist also eine Heraufsetzung des allgemeinen Kräftekapitals

der eine Art bildenden Individuen, jedes im einzelnen genommen. Alle Tätigkeiten steigern sich im Momente der Brunst, mithin auch die sekundären Merkmale und die Ursachen, welche sie hervorrufen und fördern.

Dieses Ziel könnte ja auch durch einfache natürliche Auslese erreicht werden, aber die Sexualselektion ist geeignet, gerade dort zu wirken, wo die natürliche nicht energisch genug tätig ist, besonders zur Ausschaltung der Untauglichen.

Wenn es sich um einfache Waffen handelt, dann genügt die natürliche Auslese, weil ja der Stärkste ohnehin den Sieg davontragen wird, und schon eine geringe Überlegenheit den Ausgang des Kampfes entscheidet.

Alles, was den Gesamtorganismus schädigt, schädigt auch die Fortpflanzungssphäre. «Wie es einem Züchter nie einfällt, kränkelnde, durch Unterernährung oder Übermüdung geschwächte Tiere zur Stammzucht zu verwenden, so vermeidet es auch die Natur, die gesundheitlich minderwertigen Männchen zur Fortpflanzung zuzulassen. Demnach haben die sekundären Merkmale eine arterhaltende Bedeutung.»

In einer Besprechung dieser Anschauungen bemerkt *L. Glaesner*, daß sie nur haltbar sind «unter der Annahme einer auswählenden Tätigkeit des Weibchens, einer Annahme, der ja von den verschiedensten Seiten energisch widersprochen worden ist. Die Schwierigkeiten, die dieser Annahme anhaften, werden durch die Deutung *Lebedinskys* in keiner Weise vermindert, vielleicht sogar vermehrt. Denn es wird für die Wirksamkeit des vom Verfasser angenommenen Prinzips eine *Erfahrung* des Weibchens vorausgesetzt, die dieses niemals machen kann, da der Gesundheitszustand seiner Nachkommen nicht einmal eine Rückwirkung auf sein eigenes Triebleben auszuüben vermag. Wir müßten also dann zu einer anderen Annahme unsere Zuflucht nehmen, daß nämlich beim Auftreten einer Variation im Habitus der Männchen, die der Ausdruck besonderer Lebenstüchtigkeit ist, die Weibchen bereits eine — kaum erklärbare — Vorliebe für die so ausgezeichneten Männchen besäßen.» Weiter meint *Glaesner*, es sei vielleicht für die Bearbeitung des Problems fruchtbarer, nicht das Vorhandensein auffallender Formen und Farben bei den Männchen, sondern das Fehlen derselben bei den Weibchen in den Vordergrund zu stellen und überhaupt bei der Beurteilung schützender oder auffallender Bildungen im Tierreiche weniger das «Nützliche» als vielmehr das «Schädliche» oder «Nichtschädliche» zu betonen.»

Stellwaag, in einer anderen Besprechung, ist der Ansicht, daß diese Fassung zwar die Auslese kräftiger Männchen erklärt, obwohl man häufig bei objektiver Beobachtung das Gegenteil feststellen kann, aber es wird uns damit kaum erklärt, warum die sexuellen Merkmale ausgebildet werden.

Es mehren sich auch heute die Stimmen gegen *Darwin* in dem Sinne, daß man annimmt, die sekundären Merkmale hätten sich am getrenntgeschlechtlichen Tiere aus reinen Arteigenschaften herausgebildet, ja es sei eventuell die Abwesenheit der Merkmale beim Weibchen durch Zurückbildung aus einem früher gleichen Zustande der beiden Geschlechter erklärbar. Es wird sogar ein Zyklus aufgestellt, in welchem sich aus Artmerkmalen geschlechtsbegrenzte und aus diesen wieder den beiden Geschlechtern eigene Artcharaktere entwickelten.

Eine originelle Auffassung, welche ganz außerhalb Darwins sexueller Zuchtwahl steht, ist jene von *Mottram*. Dieser Forscher ist der Meinung, daß alles am Männchen auffällige, Farbe also und Gesang und sämtliches andere, in erster Linie die Aufmerksamkeit der Feinde auf dieses, und daher vom Weibchen und auch wohl von den Jungen wegzieht. Auf solche Weise ist das für die Erhaltung der Art weniger wichtige Männchen im Kampfe ums Dasein benachteiligt, Weibchen und Junge hingegen beschützt, und das Ergebnis des Streites schlägt zu ihren Gunsten aus. Der Fall kommt also im ganzen auf jenen der sogenannten Fangpflanzen von *Kühn* heraus: In ein Feld, dessen Boden einen den Kulturpflanzen schädlichen Schmarotzer beherbergt, bringt man neben das gebaute Nutzgewächs Exemplare einer andern Art, welche der Schmarotzer bevorzugt, von denen er also angezogen wird, so daß er die Kultur verschont. Im Naturzustande kann ein solches Verhältnis selektorisch tätig sein, für sexuelle Auslese im Darwinschen Sinne wäre es aber ohne jedes Ergebnis.

* * *

Über die Herkunft, Weiterbildung und Bedeutung der sekundären Geschlechtsmerkmale besteht also noch nicht einmal ein Anhub zur Einigung divergenter Anschauungen, und der genetischen Forschung ist von ihrer Seite noch keine große Förderung zuteil geworden.

III.

Da setzt dann die Experimentalforschung ein, und sie führt uns ein gut Stück weiter, wenn sie auch noch die letzten Ursachen unentschleiert läßt.

Wodurch wird das Hervortreten der sekundären Merkmale bedingt, welcher Antrieb bringt sie zur Erscheinung, wo sie doch anfangs am jugendlichen Körper nicht vorhanden sind? Ein Zusammenhang zwischen primären und sekundären Charakteren muß notwendigerweise bestehen, er drückt sich ganz allgemein wohl so aus, daß die sekundären Merkmale zur Entwicklung kommen, weil die primären, d. h. die Drüsen vorhanden sind, und es muß eine Bahn bestehen, entlang welcher der Einfluß von den Drüsen aus sich fortpflanzt. Lange appellierte man an das Nerven-

system, um die Vermittlung durch dieses besorgen zu lassen; die Ergebnisse der nachher zu beschreibenden Versuche haben jedoch bewiesen, daß eine andere Erklärung gesucht werden muß, umsomehr als diese Experimente gleichen Verlauf nehmen nach Durchschneidung oder sonstiger Ausschaltung der in Frage kommenden Nerven, wie ohne solche *(Harms, Nußbaum)*. So ist man dazu gekommen, das Ganze auf die Wirkung von Substanzen zurückzuführen, welche von den Drüsen abgeschieden werden, neben den eigentlichen Geschlechtszellen und früher als diese, dann von ihrem Entstehungsorte aus durch den Blutstrom überall im Körper zur Verbreitung gelangen und ihren Einfluß auf die Bildungsvorgänge an jedem Punkte ausüben, wo sie hinkommen.

Diese hypothetischen Stoffe von Fermentnatur hat man *Hormone* genannt, von dem griechischen ὁρμάω, antreiben. Auch «Botenstoffe» nennt man sie in letzter Zeit, weil sie gleichsam von den Drüsen aus die Botschaft zur Erzeugung bestimmter Veränderungen in den Körper hinaustragen. Außer den Geschlechtshormonen kennt man noch vielerlei andere, sie haben alle das gemein, daß sie von geschlossenen, sogenannten endokrinen Drüsen abgeschieden und dann ins Blut gemischt werden, das sie zu den verschiedensten Organen führt, wo sie Tätigkeiten entweder, wie ihr Name sagt, anreizen oder auch wohl verzögern. So stehen diese Substanzen im Gegensatz zu jenen, welche in den «offenen» Drüsen zur Abscheidung gelangen und als Abfälle des Stoffwechsels nach außen befördert werden.

Über die chemische Konstitution der Hormone weiß man ungemein wenig; nur soviel ist bekannt, daß sie keine Eiweißkörper sind, wohl aber stickstoffhaltige, basische Verbindungen, entstanden durch Umbildung von Eiweißbausteinen. Nur von einem, dem Adrenalin, kennt man bis jetzt die chemische Zusammensetzung.

Die Hormone gehören also in das immense Gebiet der Innensekretion, welches in jüngster Gegenwart so ausgedehnte theoretische wie praktische Bedeutung erlangt hat. Hier interessieren uns nur die sexuellen Hormone, von denen man bereits zwei annimmt, das männliche Andryn und das weibliche Gynäzin. Man weiß heute, daß sie genetisch nichts mit den Geschlechtsmutterzellen und ihren Produkten zu tun haben, sondern von der Zwischensubstanz, dem Interstitium, erzeugt werden. Dieses, von *Steinach* auch «Pubertätsdrüse» genannte Gewebe, weil der Beginn seiner Tätigkeit die Geschlechtsreife anzeigt, besteht aus den «*Leydig*schen Zellen»; es sind dies Abkömmlinge von eingewanderten Lymphzellen, welche nur bei den Wirbeltieren angetroffen werden, ohne daß man weiß, durch was sie funktionell bei den Wirbellosen ersetzt werden. In das Interstitium sind die Geschlechtsmutterzellen eingebettet, und die Gesamtmasse der *Leydig*schen Zellen bleibt immer die gleiche am selben Individuum,

wie sehr auch der Umfang der Genitaldrüsen zwischen Brunst- und Ruhezeit wechselt. Beim Männchen läßt sich das Interstitium auch morphologisch als eigene Drüse abgrenzen, beim Weibchen aber mischen sich die Hormonzellen bunt unter die andern. Eine Beteiligung des Interstitium an der Ernährung der Geschlechtszellen ist in letzter Zeit ebenfalls nachgewiesen worden.

Daß die Hormone von diesem Zwischengewebe und nicht von der Geschlechtsdrüse als solcher geliefert werden, ist von *Tandler* und *Groß* dadurch bewiesen worden, daß sie auf die Drüsen von Rehböcken Röntgenstrahlen einwirken ließen, welche die Eigenschaft haben, den generativen Teil der Drüsen zu vernichten; die Erreichung dieses Effektes wurde durch nachträgliche mikroskopische Untersuchung festgestellt, die Zwischensubstanz war unbeeinträchtigt geblieben. Solche Tiere verhielten sich nun ganz normal hinsichtlich des Abwerfens der Geweihe, also im Sinne der Tätigkeit sekundärer Merkmale. Auch nach Unterbindung oder Durchschneidung der ausführenden Gänge, welche Operation als «Vasektomie» bekannt ist, verlor die Geschlechtsdrüse ihre Wirksamkeit, die Zwischensubstanz aber blieb unberührt, und die sekundären Vorgänge verliefen regelrecht.

Auch bei jenen kranken Vorkommen, wo, wie bei Kryptorchismus, durch Mißbildung der Drüsen keine Erzeugung von Geschlechtszellen stattfindet, das Interstitium aber wohlentwickelt ist, entdeckt man nicht den geringsten Ausfall in den Sekundärmerkmalen.

Allerdings stehen dieser Annahme diejenigen Fälle entgegen, wo die Zwischensubstanz fehlt und doch sekundäre Charaktere auftreten. *Harms* sucht diese Gegensätze durch die Annahme zu versöhnen, es seien die Zwischenzellen einst auch Keimzellen gewesen und haben sich erst später im Sinne der Arbeitsteilung differenziert.

* * *

Das Vorhandensein und Wirken der Hormone ist bei Wirbeltieren experimentell nachzuweisen. Zuerst kann man die in die Nähe der Evidenz führende negative Probe durch Kastration anstellen. Wenn man nämlich einem solchen Tiere, einerlei welchen Geschlechtes und Alters, die Sexualdrüsen mit den Leydigschen Zellen fortnimmt, fallen von dem Momente ab alle Veränderungen in den sekundären Merkmalen aus. Geschah die Operation an jungen Tieren, dann gelangen diese Eigenschaften überhaupt nicht zur Anlage, Frösche erhalten keine Daumenschwielen und keine kräftigen Armmuskel, Widder keine Hörner, Eber keine Hauer, Hirsche kein Geweih; der Kapaun unterläßt die Erzeugung des Kammes und lernt nie krähen, der menschliche Eunuche behält seine kindliche Stimme und kommt nicht in den Besitz

eines Bartes; es bleibt ihm sogar das unmännliche, phlegmatische Temperament.

Dafür aber kann das andere Geschlecht nunmehr in den Vordergrund treten, nachdem es nicht mehr zurückgehalten wird; es treten Erscheinungen zutage, wie wir sie gleich an alten Tieren beschreiben werden. Aus dem Grunde kastriert man beispielsweise alte Straußenweibchen, und sie entwickeln dann noch die sonst nur beim Männchen zu findenden Schmuckfedern. Am Eunuchen sehen wir auch die Brüste sich an Umfang vergrößeren, allerdings nicht durch Entwicklung des drüsigen Teiles, sondern durch bloßen Fettansatz; das ist die sogenannte *Gynäkomastie.*

Einen modernen, sehr prägnanten Fall vom Menschen wollen wir erwähnen: es handelt sich um ein 23-jähriges Mädchen, dem das rechte Ovarium wegen Krebserkrankung extirpiert worden war; während es bis zum 20. Jahre kräftig und gesund war und keinerlei auffallende Erscheinung gezeigt hatte, veränderte sich nun sein Habitus ganz merkwürdig. Ein kräftiger Schnurr- und Vollbart sproßte hervor, auch die übrige Behaarung war männlich, die Brustdrüsen degenerierten, und die Stimme wurde tiefer. Die innern Genitalien waren normal, die äußeren neigten zum Hermaphroditismus. In andern Fällen stellte man Differenzen in der Schädelbildung fest, ebenso im Hirngewicht und der Entwicklung des Charakters.

Erfolgt jedoch der Verschnitt an einem alten Tiere, dann geraten die vorhandenen Sekundärmerkmale in einen Zustand der Starre, sie versteinern gleichsam und zeigen durch ihr ganzes Verhalten, daß der belebende und anfeuernde Quell der Hormone ihnen abgegraben wurde. Ein operierter Hirsch, der sein Geweih vorher abgeworfen hatte, setzt kein neues mehr auf; wurde er aber kastriert, während er das Geweih trug, dann wirft er es nicht mehr ab, und ähnlich verhalten sich alle sekundären Eigenheiten. Es kann aber auch eine Rückbildung eintreten.

Um den besprochenen Effekt zu erzielen, bedarf es allerdings der totalen Entfernung der Genitaldrüsen; bleibt nur ein Stückchen des Hodens oder Eierstockes zurück, dann entfalten sich unbeschadet die sekundären Merkmale, obwohl die Tiere sexuell völlig impotent werden können. Es ist, wie schon bemerkt, gelungen, durch Abbinden oder durch Röntgenbestrahlung *(Tandler, Groß etc.)* die Keimzellen unwirksam zu machen, ohne das Interstitium zu schädigen, und die sekundären Merkmale erschienen ganz ungetrübt, ein Beweis, wohl für die Tätigkeit der Hormone. Bei der männlichen Kröte erfolgte ein Gleiches, wenn man bei der Kastration das drüsige *Bidder*sche Organ schonte. Dasselbe trifft auch zu bei impotenten männlichen Individuen, sogenannten Kryptorchen, die keine Samenzellen erzeugen, dagegen aber die sekundären Merkmale gut ausgebildet zeigen, und ein Gleiches kann

festgestellt werden im Falle, wo eine transplantierte Drüse atrophiert, ihr Interstitium aber nicht, und die Merkmale gut hervortreten. Allerdings bemerkt *v. Ubisch* mit Recht, daß der Gegenbeweis unmöglich ist, da es bisher nicht gelingen konnte, das Interstitium zu inaktivieren, ohne die Keimdrüse zu beeinträchtigen.

Obwohl, wie bereits angegeben, von einigen Autoren eine sexuelle Divergenz der Hormone in männliche und weibliche angenommen wird, ist dieses doch tatsächlich nicht in absoluter Weise der Fall. Im Gegenteil haben Experimente bewiesen, daß, wenigstens in vielen Fällen, jedes Hormon, streng genommen, ein Geschlechtsanreger, nicht aber der Anreger eines bestimmten Geschlechtes und für das andere unwirksam ist. Das kann man besonders bei alten Individuen wahrnehmen, und zwar besonders bei solchen, welche sich nicht oder wenig geschlechtlich betätigt haben. Alte Hindinnen entwickeln ein Geweih, alte Wildsauen lassen ihre Hauer in die Höhe wachsen, jeder Jäger kennt die Hahnenfedrigkeit (Arrhenoïdie) alter Fasanen-, Reb- und Pfauhennen; auch von alten Enten und Straußweibchen ist sie bekannt, und der Schnurrbart der alten Jungfer sowie die durch geringe Entfaltung des Kehlkopfes bedingte helle Stimme und die relative Bartlosigkeit alter mehr oder weniger impotenter Junggesellen passen in den gleichen Rahmen. Die durch das Alter veranlaßte Schwächung des tatsächlich aktiv gegebenen Geschlechtes läßt das andere, welches, wie wir schon eingangs bemerkten, immer latent vorhanden ist, stärker hervortreten, und die Hormone wirken jetzt in diesem Sinne. Die männlichen Erscheinungen an alten weiblichen Individuen treten noch schöner und auffälliger hervor, wenn man etwas Saft von zerstoßenen männlichen Drüsen einspritzt.

Das Alter hat überhaupt in etwa die gleiche Wirkung wie die Kastration, da es ja wie diese ein Aufhören der Geschlechtsfunktionen herbeiführt. Es bringt aber in Wahrheit nicht das eine Geschlecht dem anderen näher, sondern lenkt beide zu einem neutralen Zwischenzustande, welcher allerdings meistens mehr dem weiblichen Charakter ähnelt, da das weibliche Individuum ja überhaupt weniger fortgeschritten und differenziert ist. Beim Menschen nähern sich die Kastraten ebenfalls nicht dem andern Geschlecht, sondern eher der Konstitution des Kindes, von welcher ja beide Geschlechter ursprünglich ausgehen, und das im Bau des Beckens, der Lendenwirbelsäule und vieler anderer Körperteile.

Auch die Gefangenschaft übt in diesem Sinne eine nivellierende Wirkung aus, denn sie ist ja durch die Isolierung einer funktionellen Kastration gleichzustellen. Die Fruchtbarkeit geht zurück, das Sexualleben der eingekerkerten Tiere stumpft sich ab und schließlich wird der Abstand zwischen beiden Geschlechtern

durch Rückbildung der sekundären Merkmale geringer, genau wie im Falle des Alterns und der Kastration. Für den Menschen hat der Krieg solcher Fälle viele gezeitigt, unter den Insassen der Gefangenenlager grassierte eine nach und nach sich herausbildende Krankheit, ein Symptomkomplex, dem man den drastischen Namen «Stacheldrahtfieber» beigelegt hat, und wobei auch das Sexualleben mit den sekundären Merkmalen in Verfall geriet.

Doch ist ebenfalls experimentell die indifferente Qualität der Hormone dargetan worden. Ein männlicher Frosch, der beizeiten kastriert worden war, der also niemals geschwollene Daumenpolster angelegt hätte, da er nicht mehr sexuell vollwertig war und keine Hormone erzeugte, bildete diese Polster aus, wenn man ihm Hormon eines andern Frosches einspritzte, und zwar war es völlig gleichgültig, ob man einen Extrakt von männlicher oder von weiblicher Herkunft dazu wählte. Hormon vom Weibchen induzierte also hier, wenn auch in etwas schwächerem Maße, einen männlichen Charakter, während Weibliches nicht zum Vorschein kam. Demnach müssen Anlagen vorliegen, die bestimmt gerichtet sind und die durch die Hormone zur Weiterentwicklung geweckt und getrieben werden. Die Hormone stoßen die angehaltene Entfaltung weiter und zwar auf vorhandenen und nicht erst von ihnen gelegten oder umgestellten Geleisen. Auch der früher berührte Fall von Bonellia beweist, daß die Hormone in der Hauptsache bloße Entwicklungsanreger sind. Heftet eine vorwiegend männlich orientierte Larve sich an den weiblichen Rüssel, so wird ihre Gestaltung zum Männchen angeregt; «löst man sie ab, findet also keine weitere Anregung statt, dann überwiegt allmählich die weibliche Orientierung, und die vorübergehende Festheftung hat nur eine beschleunigte Entwicklung zuwege gebracht.»

Man darf aber nicht vergessen, daß nicht alle Hormone treibend sind, wie ihr Name sagt; es gibt auch hemmende, und dadurch erklärt sich manche der bei Kastration auftretenden Erscheinungen. Ein entmannter Hahn bildet, wie wir bereits wissen, keinen Kamm auf dem Kopfe, wohl aber Sporen an den Füßen, seine Genitaldrüsen sondern eben ein Hormon ab, welches zur Kammbildung treibt. Das kastrierte Huhn aber erhält Sporen, die es normal nie entwickelt, und man muß annehmen, daß in seinen Ovarien ein die Bildung der Sporen hemmendes Hormon zur Abscheidung gelangt. Eine englische Hühnerrasse, die sogenannten Sebright, zeigt im männlichen Geschlecht starkes Zurücktreten der sekundären Merkmale. *Morgan* nahm nun einen hemmenden, erblichen Faktor an, und es gelang ihm, durch Kreuzung und Kastration, diese Annahme zu beweisen. Totaler Verschnitt führte bei Hähnen zur Entfaltung der bis dahin unterdrückten Schmuckfedern, partielle Fortnahme der Drüsen ergab unvollständiges Auftreten des Farbenkleides, und mit der Regeneration der Drüsen

kehrten die Tiere wieder zur Hennenfedrigkeit zurück. Genaue Untersuchung führte zum Auffinden von bestimmten Zellen in den Drüsen der Weibchen, deren Sekret nach Befruchtung auf die Entfaltung der männlichen Drüsen wirkt und das Entstehen der Sekundärmerkmale hindert. Man fand diese Zellen in den Drüsen jener Hähne wieder, welche keine Merkmale aufwiesen, dagegen fehlten sie in jenen der normalen Tiere.

Desgleichen entwickelt sich bei den Weibchen einiger Säugetiere nach operativer Entfernung der Eierstöcke die Klitoris sehr stark und wird dem männlichen Begattungsorgane ähnlich, ein Beweis, daß die Tiere im unberührten Zustande ein diese Bildung zurückhaltendes Hormon besaßen.

Bei zwittrigen Tieren kann man die männlichen oder die weiblichen Geschlechtsdrüsen entfernen, um zu erfahren, ob beide oder bloß die eine die Schuld trägt an dem Auftreten der sekundären Merkmale. So sind beispielsweise beim Regenwurm die Segmente, welche die männlichen und weiblichen Drüsen bergen, verdickt und anders gefärbt; sie schwellen besonders zur Begattungszeit stark an und bilden das am geschlechtsreifen Tiere äußerlich leicht kenntliche, drüsige, hellbraune «Clitellum». Kastrierte Würmer entwickeln das Clitellum nicht, es müssen aber dafür die männlichen Drüsen extirpiert werden, die Fortnahme der weiblichen beeinträchtigte in keiner Weise die Entstehung des Clitellums, welches sich also als männliches sekundäres Merkmal erweist. Wenn aus einem solchen Zwitter sich im Laufe der Stammesentwicklung eine eingeschlechtige Art herausbildet, dann werden also männliche und weibliche Keimdrüsen auf verschiedene Individuen verteilt, aber nur das männliche zeigt sekundäre Merkmale, weil ja dazu das Vorhandensein der männlichen Drüse erfordert ist. Das ist nun der Fall, wie er sich gewöhnlich in der Natur darbietet: getrennte Geschlechter, das männliche mit auffallenden Sekundärmerkmalen ausgestattet. Hätte *Darwin* die Ergebnisse am kastrierten Regenwurm gekannt, er hätte sie gewiß als starke Stützen seiner Anschauungen ausgenutzt. In Wirklichkeit tun sie mit aller Deutlichkeit dar, weshalb die sekundären Merkmale nur beim Männchen vorkommen und nur auf männliche Nachkommen vererbt werden.

Es müssen, streng genommen, nicht die Hormone der Sexualdrüsen sein, auch andere, beispielsweise jenes der *Schilddrüse* wirken auf die Geschlechtsphäre. Kaulquappen, welche *Gudernatsch* mit Schilddrüsensubstanz fütterte, gaben 100 % männliche Frösche, und ein Versuch mit 400 ähnlich behandelten Larven ließ nicht ein einziges Weibchen aufkommen. Das gleiche Ergebnis erzielte *R. Hertwig,* indem er auf sich entwickelnde Quappen eine Temperatur von 25—28 ° C einwirken ließ, wodurch, wie *Adler*

nachwies, die Schilddrüse rückgebildet wird, und ihre Stoffe in Freiheit gesetzt werden. Der hier tätige Stoff ist als ein jodhaltiges Eiweiß erkannt.

* * *

Alle bis jetzt angeführten Versuchsergebnisse liefern ja nur einen negativen Beweis für das Walten der Hormone, indem bei ihrem Fehlen der Ausfall der sekundären Merkmale festzustellen ist; der positive Beweis wird aber erbracht durch die Möglichkeit einer Transplantation der Drüsen.

Die Stelle, wo die von den Drüsen abgegebenen und vom Blut verfrachteten Hormone zur Wirkung kommen, muß natürlich im Nervensystem gesucht werden, und das zumal für alle sexuellen Instinkte, welche ja auch wohl größtenteils als sekundäre Merkmale angesprochen werden können. In einem Falle ist es gelungen, die Stelle nachzuweisen. *Kleinhaus* stellte nämlich fest, daß beim Frosch im Kleinhirn und in den Zwillingskörpern des Gehirnes Hemmungszentren vorhanden sind für den bei der Begattung ausgelösten Klammerreiz. Die operative Entfernung dieser Zentren führt zu einer dauernden Umklammerung des Weibchens durch das Männchen, aus welcher dieses sich nicht mehr loslösen kann. Die Hormone der Keimdrüsen wirken nun auf diese Herde, und das wurde experimentell klargelegt. Ein kastrierter Frosch klammert nicht, weil das Hormon fehlt, um auf die Hirnzentren zu wirken; eine Injektion von Drüsensubstanz löst dann den Reiz bald aus; dasselbe geschieht aber auch, wenn man einfach zerriebene Hirnsubstanz brünstiger Frösche einspritzt; es sind also im Hirn die Substanzen vorhanden, welche von den Drüsen erzeugt werden.

Nun besteht die Möglichkeit, eine durch Kastration herausgeschnittene Geschlechtsdrüse überzupflanzen, und zwar auf dasselbe oder auf ein anderes Individuum. Im ersteren Falle funktioniert sie nach Einheilung wie vorher, und es kommt nicht einmal darauf an, daß sie an ihre normale Stelle zurückgelangt; so übertrug *Halban* einem Pavian die Eierstöcke in eine andere Körpergegend, und sie sonderten Eizellen ab und verursachten menstruale Blutung. Von Individuum zu Individuum gelingt die Operation natürlich auch innerhalb der gleichen Art, und es sind sogar bereits beim Menschen fremde Ovarien mit Erfolg übergeimpft worden. An dieser Stelle ist es jedoch von besonderer Wichtigkeit, daß die Überpflanzung einer Drüse des anderen Geschlechtes möglich ist. In den meisten Fällen gelangt diese, bei geschicktem Verfahren, zu völliger Einheilung, und wenn sie auf dem fremden Boden auch nicht durch Hervorbringen vollgültiger Sexualzellen reagiert, Hormone scheidet sie doch ab, und so der Eingriff frühzeitig geschah, erhalten wir an dem ursprünglich zu einem Geschlecht bestimmten Individuum die sekundären Charaktere des

anderen. Das nennt man dann Maskulinieren und Feminieren. Schon im Jahre 1850 hatte *Berthold* diese Tatsache bei Hähnchen erwiesen.

Besonders ist es in letzter Zeit *Steinach* und seinen Mitarbeitern gelungen, auf diesem Wege ganz bemerkenswerte Resultate zu erzielen, und zwar bei Ratten und Meerschweinchen. Es werden durch solche Geschlechtsinversion nicht nur körperliche Merkmale beeinflußt, sondern auch das ganze sexuelle Verhalten; das maskulinierte Weibchen trägt sich selbstbewußter und verfolgt andere Weibchen, wenn sie brünstig sind, es versucht an ihnen den Begattungsakt und verrät in einem Wort alle männlichen Fortpflanzungsinstinkte, während es Männchen gegenüber sich streitsüchtig oder indifferent verhält. Ähnliches wurde später für maskulinierte Hühner festgestellt, welche Kämme aufsetzten und kampflustig wurden.

Die feminierten männlichen Tiere nahmen umgekehrt völlig das Aussehen und Wesen von Weibchen an; ihr Haar wurde weich, sie begannen Fett anzusetzen und Milch abzusondern und ließen bereitwilligst Junge an sich trinken.

Die von *Steinach* operierten Tiere waren 1913 beim Naturforscherkongreß in Wien ausgestellt und erregten Aufsehen in breitesten Kreisen der Naturforscherwelt.

Brandes ging dann noch weiter und vollzog die Transplantation bei Damhirschen; auf den Stirnbeinen der Weibchen erschienen dann bald typische Geweihknospen und schritten bis zur Bildung regelrechter sogenannter Rosenstöcke. Außerdem entwickelte sich der weibliche Kehlkopf stärker, und die Haltung des Tieres wurde mutiger, während das feminierte Männchen funktionsfähige Milchdrüsen erhielt. Fortpflanzen können solche Tiere sich allerdings nicht, die Operation hat den Wert einer Kastration.

Eigentlich dürfte nach früher Gesagtem diese Umkehr des Geschlechtes nicht stattfinden, da ja die Hormone nicht spezifisch, sondern nur anregend wirken und die Entfaltung des vorhandenen Geschlechtes fördern. «Wir sind aber zu der Annahme berechtigt, daß wir es hier mit geschlechtlich so labilen Formen zu tun haben, daß ein geringes Überwiegen der männlichen oder weiblichen Natur des Hormons genügt, um die Charaktere des betreffenden Geschlechtes zum tatsächlichen Ausdruck zu bringen.»

Die Überpflanzung einer andersgeschlechtigen Drüse gelingt jedoch nur, wenn die vorhandene total beseitigt wird, sonst wächst die neue nicht an, sondern bildet sich nach und nach wieder zurück. Allein sogar in diesem Falle wirken die Hormone auf die Gestaltung der peripheren Merkmale. Die Operation in sich kann nicht Ursache der Umformung sein, denn wenn die transplantierten Drüsen etwa, wie es gelegentlich vorkam, resorbiert wurden, dann traten die früheren Eigenschaften abermals mehr hervor.

Eine direkte Wirkung der Hormone des einen Geschlechtes auf die Charaktere des andern, ohne operative Transplantation nach *Steinach,* ist festgestellt worden in dem bei Rindern nicht allzu seltenen Falle der verschiedengeschlechtigen Zwillinge. Kommen nämlich zwei Kälber zur Welt, deren eines männlich, das andere weiblich ist, so zeigt oft das weibliche Tier eine Mißgestaltung seiner Fortpflanzungswerkzeuge. In der Schweiz heißen solche Rinder «Zicken», und ihr Entstehen läßt sich erklären dadurch, daß während der Tracht eine Verbindung zwischen den Blutgefäßen der beiden Embryonen zustande kommt, wodurch von dem in der Entwicklung vorauseilenden männlichen Individuum Hormone in das weibliche übertreten und es beeinflussen. Es findet also intra-uterin eine Maskulinierung der weiblich prädestinierten Organe statt, wie sie von *Steinach* durch künstlichen Eingriff hervorgerufen wurde. Auch Zwitterbildung kann auf diesem Wege erfolgen, indem nur eine von den zwei weiblichen Drüsen den Effekt der männlichen Hormone erfährt.

Einige an nicht operierten Tieren beobachtete merkwürdige Erscheinungen werden jetzt ebenfalls der Deutung näher gebracht. Es ist nämlich nicht ausgeschlossen, daß ein Individuum zwar ganz einseitig ausgebildete Geschlechtsdrüsen als solche besitzt, daß aber in diesen sich einige Leydigsche Zellen des anderen Geschlechtes vorfinden, welche eines oder mehrere aberrante Symptome veranlassen können, ohne die sexuelle Bestimmung tiefer zu beeinflussen. Das gibt dann Wesen mit einem isolierten, manchmal nebensächlichen Merkmal des anderen Geschlechtes, das uns unter Umständen bei der Beobachtung irreleiten kann. So sah man zwei Aquarienfische sich offenkundig den Hof machen und Liebesspiele aufführen, welche sich jedoch später als Weibchen entpuppten. Ist nicht die bedauerliche Erscheinung der Homosexualität beim Menschen auch etwa nach dieser Seite zu deuten? Ein Individuum besitzt einige Leydigsche Zellen des anderen Geschlechtes, welche an ihm eine Eigenschaft oder einen Trieb aufkommen lassen, die nicht in seine Sexualsphäre gehören und daher ethisch als Verirrung gewertet werden. Man hat sogar vorgeschlagen, diesen Zustand zu heben oder zu mildern, indem man dem Betreffenden einen Extrakt von Geschlechtsgenossen einverleibt, welcher als Gegengewicht die Wirkung des fremden Hormons niederhalten soll. Auch an Einpflanzung von Drüsen des gegebenen Geschlechtes ist gedacht worden. Daß eine solche Operation wirksam sein kann, ist bekannt von dem Falle der Bluterkrankheit, der Haemophilie. Dieses Übel befällt nur Männer und vererbt sich innerhalb einer Familie auch nur auf solche, bei Frauen wird es unterdrückt durch ein vom Eierstock abgeschiedenes Hormon. Durch Einverleibung dieses Hormons kann die Krankheit auch bei Männern mit Erfolg bekämpft werden.

Gewiß beruht Homosexualität nicht immer und ausschließlich auf der eben angegebenen Konstellation der Sexualdrüsen. *Steinach* hat das Vorhandensein wichtiger zweigeschlechtiger Drüsen festgestellt, wobei es von einem Nichts abhängt, welche Seite funktionell überwiegen wird. Dazu konnte er auch den extremen Fall wahrnehmen, wo in einer Drüse das eigene Geschlecht atrophiert und Zellen sich finden, die denen des anderen Geschlechtes gleichen.

Die Hypospadie, das ist die mangelhafte Ausbildung eines Geschlechtsmerkmales bei einem Individuum, wird von *Lipschütz* als embryonaler oder Pseudohermaphroditismus gedeutet, indem z. B. in der zwittrig angelegten Drüse anfangs die weiblichen Zellen die Vorherrschaft gehabt haben, sie dann aber aus unbekannten Gründen im Laufe der Entwicklung an die männlichen verloren, und je nach dem Zeitpunkt, in welchem der Umschlag des zwittrigen in den eingeschlechtigen Zustand erfolgte, wird letzterer mehr oder weniger vollkommen sein.

Die ursprüngliche Zwittrigkeit der Drüse erstreckt sich ja ganz gewiß nicht ausschließlich auf die Geschlechtszellen, sondern auch auf das Interstitium, und die Differenzierung der beiden zur Eingeschlechtigkeit erfolgt für jede ganz unabhängig von der andern. So hat ein männlicher Molch im vollentfalteten Brunstkleid dennoch neben Samenzellen auch Eier in großer Zahl von sich gegeben; es mögen unter Umständen äußere Verhältnisse auf die ursprünglich indifferenten Zellen bestimmend gewirkt haben, aber eine Nebenwirkung von da aus auf die Bestimmer der sekundären Merkmale, die Leydigschen Zellen nämlich, war nicht erfolgt, da ja das Sekundäre am Tiere völlig männlich war. Ein männlicher Frosch mit wohlerkennbaren Samendrüsen erzeugte sogar zuerst nur Eizellen und später erst männliche.

Die Hormone, welche um die Sexualtätigkeiten herum wirksam sind, stammen jedoch nicht immer aus den Genitaldrüsen. So weiß man beispielsweise, daß der im Uterus sich entwickelnde Embryo an den mütterlichen Körper Stoffe abgibt, unter welchen sich Hormone finden. Durch Reaktion auf diese wird die serologische Feststellung der Schwangerschaft, sogar noch längere Zeit nach der Entbindung, möglich. Eines dieser Hormone wirkt auf die Erzeugung von Milch, welche ja mit der Trächtigkeit Hand in Hand geht. Man hat bei Tieren die Milchdrüsen exstirpiert und an ganz ungewöhnliche Stellen des Körpers, wie beispielsweise die Ohrmuschel, übergepflanzt; sie gaben Milch beim nächsten Wurf seitens des Tieres. Man hat auch den Extrakt eines Embryos einem jungfräulichen Weibchen der gleichen Art eingeimpft, und dessen Milchdrüsen begannen zu wachsen und zu arbeiten. Solches jedoch erreichte man nicht mit Auszügen aus den Eierstöcken, der Placenta oder der Uteruswand.

Die Hormone erzeugen also nicht die sekundären Geschlechtscharaktere, sondern treiben bloß vorhandene Anlagen zur Weiterentwicklung. Da diese Anlagen in normalen Fällen sehr frühzeitig geschaffen werden, wohl gleichzeitig mit dem Geschlecht selbst, lange also bevor sie in den Kreis der Beobachtung treten, sinkt die Bedeutung der Hormone stark herab, und ihre Rolle bleibt nur mehr eine anregende. Es ist, wenigstens bei den Wirbeltieren, für den weiteren Ausbau der Anlagen die Anwesenheit der Geschlechtsdrüsen unabweisbar notwendig, aber die Hormone schaffen und ändern keine Anlagen. Auch modifizieren die Hormone bei Übertragung einer andersgeschlechtigen Drüse nur dann die Entfaltung der Organe, wenn diese noch jung und nicht fixiert sind. Das erhebt *Lipschütz* sogar zur Regel: «Je länger der Zeitraum, der nach der Fixierung eines Organes als Geschlechtsmerkmales vergangen ist, desto schwieriger wird seine Abänderung sein.»

Auch beim Menschen konnte bei bestimmten Unglücksfällen das Walten der Hormone erkannt werden; ein Soldat hatte beide Geschlechtsdrüsen verloren; man pflanzte ihm eine fremde, natürlich männliche ein, und er wurde in der Folge allerdings nicht fortpflanzungsfähig, erhielt aber sein männliches Aussehen wieder, das ihm verloren gegangen war.

Für *Rhumbler* ist die Rolle der Hormone sogar keine andere als die einer beliebigen sonstigen Nährsubstanz, wie der Calciumsalze beim Aufbau der Geweihe und Knochen. Sie können sogar durch andere ernährungsphysiologisch ähnlich wirkende Stoffe ersetzt werden, und der Unterschied zwischen männlichen und weiblichen Hormonen kommt in Wegfall. «Nicht das Strukturprinzip der sekundären Sexualcharaktere wird von den Hormonen festgelegt, sondern nur ihr materieller Aufbau wird von ihnen in mehr oder weniger maßgebender Weise unterstützt und gefördert. Je stärker die Unterstützung ist, desto deutlicher tritt die Korrelation zwischen den Geschlechtsmerkmalen hervor. Die beim Aufbau der sekundären Sexualcharaktere beschäftigten, von den Gonaden gelieferten Substanzen verlieren bei solcher Auffassung ihre ihnen vielfach zugeschriebene formbildende Bedeutung; sie werden zu Ernährungssubstanzen, die bei den geschlechtlichen Korrelationen neben zahlreichen andern Bedingungen eine mehr oder weniger wichtige bis sehr nebensächliche Rolle spielen, oder die auch in andern Fällen, wenn keine Korrelation zwischen Gonaden und sekundären Geschlechtscharakteren vorliegt, ganz und gar durch Faktoren irgendwelcher unbekannter anderer Provenienz ersetzt sein können; hier ist, außer den Tatsachen selbst, noch alles hypothetisch.»

Da man alten Tieren die Extrakte jüngerer einverleibte, und so ein Wiederaufflammen jugendlicher Charaktere erzielte, da

beispielsweise unter den Händen von *Pézard* ein alter Widder nach Operation wieder lebhaft, mutwillig und angriffslustig wurde, ist der Gedanke aufgekommen, die Transplantation der Genitaldrüsen zur Verjüngung anzuwenden. *Steinach* hat in allerletzter Zeit das Unglaubliche versucht und erreicht, es eröffnen sich der alternden Menschheit ungeahnte neue Horizonte.

* * *

Die einseitige Geschlechtsbestimmung des Individuums hängt also von den Keimdrüsen ab. Dasselbe kann beides werden, aber die Abscheidung erst entscheidet, was es wird. Ein direkter Einfluß des Nervensystems ist absolut zu leugnen, denn bei Ausschluß desselben verläuft dennoch alles auf die gleiche Weise. Bei Wirbeltieren treten, wie wir nunmehr wissen, Wirken und Bedeutung der Hormone klar hervor, und trotzdem kann man solches nicht verallgemeinern.

In der Reihe der Insekten beispielsweise, und zumal bei Schmetterlingen, besteht eben kein unmittelbarer Zusammenhang zwischen den sekundären Sexualmerkmalen und den Genitaldrüsen. Eine Raupe, welche nach Verpuppung einen Falter geben soll, ist bereits geschlechtlich bestimmt, obwohl sie noch zu keiner Betätigung in diesem Sinne imstande ist und auch äußerlich durch nichts erkennen läßt, ob das von ihr stammende fertige Insekt ein Männchen oder ein Weibchen sein wird. Wenn also Hormone in Tätigkeit sind, müssen sie ihre Rolle sehr früh zu spielen beginnen und ihre Wirksamkeit abgeschlossen haben, lange bevor die erste Fortpflanzungszelle zur Erzeugung gelangt.

Das beweisen uns die Ergebnisse *Meisenheimers*. Durch einen einfachen anatomischen Eingriff vom Rücken her können wir an der Raupe die Anlagen der erst beim erwachsenen Tiere funktionsfähigen Geschlechtsdrüsen entfernen, die Raupe also kastrieren, und eine bloße Lupenbetrachtung der fortgenommenen Drüsen sagt uns dann, ob es männliche oder weibliche sind. Das so verschnittene Tier heilt seine Wunde leicht aus, gedeiht weiter, schreitet normal zur Verpuppung und gibt einen Falter, der alle sekundären Merkmale seines ihm geraubten Geschlechtes besitzt, obwohl er ja selbst geschlechtlos sein muß. Die Kastration soll aber, damit das fertige Tiere alle Merkmale ohne Ausnahme und in voller Entwicklung zeige, ein geringes der Drüsen bestehen lassen, oder es ist nachträglich eine Partikel oder auch nur ein Extrakt der Drüse einzuimpfen, sonst ist das Ergebnis ein lückenhaftes, dafür aber nicht weniger beweiskräftiges.

Außer *Meisenheimer* sind nun hier als ältere Experimentatoren *Oudemanns* und *Kellog*, als neuere *v. Ubisch* und *Kopec* zu erwähnen; diese nämlich pfropften den kastrierten Raupen die

Drüsen des anderen Geschlechtes ein, und die Verheilung gelang ohne Ausfall.

Eine männliche kastrierte Raupe erhielt also Eierstöcke einer weiblichen übertragen, diese entwickelten sich normal wie an ihrer alten Stelle beim andern Tiere, von dem sie entlehnt waren. Allein die sekundären Merkmale lassen sich in solchem Falle keineswegs uminduzieren, aus der Puppe einer derartig behandelten Raupe schlüpft ein Schmetterling, welcher alle äußeren Eigenschaften des Männchens besitzt, aber doch im Innern ein rechtes Weibchen ist, denn er sondert vollwertige Eizellen ab — ein wahrer Homosexueller, der als männliches Wesen in seiner Umgebung steht und gilt, aber funktionell weiblich ist, ein Weibchen also in männlichem Gewande.

Bei Tieren sind demnach die Genitaldrüsen scheinbar nicht Erzeuger von fermentativen Substanzen, welche die Ausbildung der sekundären Merkmale veranlassen, oder diese Stoffe treten so frühzeitig in Tätigkeit und schließen ihre Wirkung so bald ab, daß auch eine vorzeitige Entfernung der Drüsen nichts mehr an der einmal festgelegten Sexualkonstellation ändern kann. Nicht einmal die Zuleitung der eventuellen Stoffe des andern Geschlechtes vermag die geringste Umbiegung der einmal unternommenen Richtung herbeizuführen.

Da die meisten sekundären Unterschiede sich bei Schmetterlingen auf Farbe und Größe der Flügel erstrecken, letztere Organe aber bei der Raupe bereits in Form von Imaginalscheiben angelegt sind, konnte der Einwand gelten, die übertragene Drüse des andern Geschlechtes habe aus diesem Grunde keinen Einfluß mehr. Daher wurden junge Räupchen kastriert und ihnen andersgeschlechtige Drüsen implantiert, die Imaginalscheiben der Flügel aber auch extirpiert. Nunmehr konnten die Hormone bloß auf ganz embryonales Gewebe wirken, das in keiner Weise sexuell vorbestimmt war. Und dennoch blieb jede Wirkung aus, das Ergebnis des Versuches war das gleiche wie vorher.

Daß in all diesen Fällen eine Transplantation der Genitaldrüsen keinen Effekt mehr auf die sekundäre Differenzierung auszuüben vermag, ist demnach klar, ein Hormon kann eine erblich bestimmte Zelle nicht mehr umstimmen. Daß dieses aber nur an Insekten und selten in einigen anderen Fällen zutrifft, mag vielleicht am phyletischen Alter dieser Tiere liegen, die wir schon aus den ältesten Schichten der Erdkruste her fossil kennen, wenn auch nicht in ihren höheren Ordnungen, während die Vögel und Säugetiere relativ viel jünger sind und mithin sich noch nicht so zu festigen die Zeit hatten.

Es sieht demnach aus, als ob hier bereits das Ei sexuell vorbestimmt sei; das nehmen heute übrigens alle Forscher für sämtliche Tiere an; das Ei hat noch kein Geschlecht, aber es steht fest,

welches Geschlecht das aus ihm stammende Individuum haben wird. Das Geschlecht ist eben ein Merkmal wie alle andern, und im Ei ist jedes spätere Merkmal durch einen Erbträger in der Chromosomengarnitur vorgesehen. Aus dem Ei stammen in letzter Instanz durch erbgleiche Teilung alle Zellen des einstigen neuen Wesens; daher ist im Ei die erbliche Qualität dieser Zellen vorherbestimmt, und auch das Geschlecht; es bedarf mithin eigentlich keiner besonderen Stoffe, um den Körper in sexualer Beziehung umzuformen. Auch das spricht für den rein anregenden oder ernährungstechnischen Charakter der Hormone, den wir oben nach *Rhumbler* dargetan haben.

Daß also bei Schmetterlingen eine physiologische Loslösung der sekundären Merkmale von den Keimdrüsen resp. ihren zelligen Abgliederungen stattgefunden hat, daß diese Merkmale demnach gleichsam nicht mehr Sexualcharaktere, sondern geschlechtsbegrenzende Arteigenschaften geworden sind, haben die Versuche von *Goldschmidt* an den Varietäten des Schwammspinners *(Limantria)* in vollendeter Weise dargetan, in welchen die Merkmale des einen Geschlechtes auf das andere übertragen werden konnten, wie ein beliebiges Erbstück, ohne das Geschlecht zu beeinflussen. Die beiden Vertreter *L. dispar* und *L. japonica* haben verschiedenes Aussehen; kreuzt man beide entsprechend, dann erhält man in der ersten Filialgeneration (F 1) Weibchen mit sekundären männlichen Merkmalen, sogenannte Gynandromorphe. Setzen wir M = männlich, W = weiblich bei *L. dispar*, sowie M' = männlich, W' = weiblich bei *L. japonica*, dann sind die gekreuzten Individuen folgendermaßen darzustellen:

weiblich *dispar* W W M m
männlich » W W M M
weiblich *japonica* W' W' M' m'
männlich » W' W' M' M'

Die Männchen sind homozygot, besitzen beide Faktoren doppelt, die Weibchen aber sind für M resp. M' heterozygot, m und m' bedeuten das Fehlen von M und M'. M ist dominant über W; wenn also beide zusammen in der Garnitur vorhanden sind, tritt M phänotypisch in die Erscheinung und drängt W zurück.

Dafür aber ist doppelt W dominant über einfach M, so auch M' dominant über W', aber W W' dominant über M'.

Goldschmidt schlägt auch vor, um diese Dominanz auszuprägen, Zahlen einzusetzen, so z. B. W = 40, M = 60, W' = 80, M' = 120. Die Chromosome der *L. japonica* sind größer, das ganze Tier ist kräftiger als bei *L. dispar*.

Nun wollen wir aber ein *dispar*-Weibchen mit einem *japonica*-Männchen kreuzen:

W W M m × W' W' M' M'

Die Gameten werden sein:

$$\begin{matrix} W\ M \\ W\ m \end{matrix} \times \begin{matrix} W'\ M' \\ W'\ M' \end{matrix}$$

und die erste Generation ergibt zwei Kombinationen:

W W' M M' und W W' m M'

W W' M M' ist nämlich, da homozygot. Setzen wir Zahlen an Stelle der Buchstabensymbole, dann erhalten wir:

$$40 + 80 / 60 + 120 = 120 : 180.$$

Da die männlichen sekundären Merkmale überwiegen, haben wir ein Männchen mit männlichen Merkmalen.

W W' m M' ist weiblich, weil heterozygot für M. In Zahlen ausgedrückt stellt es sich so dar:

$$40 + 80 / 120 = 120 : 120.$$

Die sekundären Merkmale halten sich das Gleichgewicht, wir erhalten ein Weibchen mit einer Mischung von männlichen und weiblichen Charakteren.

Dieses im Experiment getätigte Ausnahmeergebnis wird beleuchtet durch Fälle, die in der Natur als Regel auftreten: Man hat Renntierrassen, bei denen nur die Männchen ein Geweih besitzen, wie das ja bei den andern Hirschtieren ohne Ausnahme feststeht; bei andern Rassen haben die Männchen große, die Weibchen kleine, und bei wieder andern zeigen beide Geschlechter gleich große Geweihe.

Unsere heutigen Rinder, zahme wie wilde, haben in beiden Geschlechtern Hörner, doch kennen wir Formen aus dem Pliozän mit ungehörnten Weibchen. Nach Kastration (man denke an unsere Ochsen), wird bei Boviden wie bei Renntieren die Horn- und Geweihbildung in keiner Weise beeinträchtigt, während bei Hirschen die oben erwähnten Erscheinungen der Degeneration oder des Ausbleibens in die Augen treten. Bei Rindern und Renntieren hat sich also der sekundäre Charakter von den Geschlechtsdrüsen unabhängig gemacht, und er konnte sich so von dem einen Geschlechte aus dem andern mitteilen, dem er ja ursprünglich nicht zukam.

* * *

Es sind also, wenigstens bei Insekten, alle Körperteile des Individuums verschieden je nach dem Geschlecht, vom Ei aus als solche definiert, ohne daß eine Induktion von seiten der Genitaldrüsen notwendig wäre.

Etwas anders als die Insekten benehmen sich in diesem Sinne die ihnen ziemlich nahestehenden Krebstiere, allerdings auch unter ganz anderen Verhältnissen. Einige Vertreter dieser Klasse, so aus den Gattungen *Palaemon* und *Eupagurus*, werden von andern, schmarotzenden Krebsen befallen, welche ihnen, neben Sonstigem,

auch die Genitaldrüsen ganz oder fast ganz zerstören. Dadurch erfolgt sogenannte parasitäre Kastration. «Die Weibchen und Männchen von *Palaemon* unterscheiden sich hauptsächlich durch die Größe ihrer Scheren. Werden nun Männchen von den Parasiten befallen, so gewinnen die Scheren weiblichen Charakter. Ja, die Veränderung kann noch weiter gehen. Wenn Teile des Hodens erhalten blieben und von ihnen aus später die Hoden regeneriert wurden, so können sich in denselben Eier bilden. Es findet also eine weitgehende Umkehr des Geschlechtes statt. Werden dagegen Weibchen infiziert, so werden diese nicht etwa männchenähnlich, sondern sozusagen Überweibchen, was sich besonders in verfrühter Geschlechtsreife ausprägt.» *(v. Ubisch.)*

Bei *Taschenkrebsen* oder *Krabben* liegt der Fall ähnlich. Das befallene Weibchen bildet seinen breiten Unterleib nach Befall nicht weiter aus, dagegen sehen wir am befallenen Männchen das ursprünglich schmale Abdomen unter der Einwirkung der parasitierenden *Sacculina* sich so weit erbreitern, daß, nach *A. Giard,* der diese Verhältnisse genau untersucht hat, «man einen Augenblick in Verlegenheit ist, um das Geschlecht eines infizierten Individuums festzustellen.» Es bilden sich auch die Kopulationsfüßchen an den ersten Ringen des männlichen Hinterleibes zurück, und einige Segmente, die beim normalen Männchen miteinander verwachsen, tun es nicht oder kaum im Falle des Vorhandenseins des Schmarotzers. Das Männchen wird, in andern Worten, durch den Parasiten richtig feminiert.

Er. Becher hat den Begriff der fremddienlichen Zweckmäßigkeit aufgestellt und setzt darunter alle jene Vorkommnisse in der belebten Natur, wo ein Organismus im Laufe der Entwicklung eine Einrichtung erworben hat, welche nicht ihm, sondern einem andern Lebewesen nützlich ist. Das andere Lebewesen stellt sich oft als Schmarotzer des ersteren heraus, und dieses also konstruiert auf eigene Kosten einen Vorteil für seinen Peiniger. So findet auch die Sacculina unter dem breiten Abdomen des weiblichen Taschenkrebses guten Schutz gegen etwaige Feinde, und wenn das befallene Männchen seinen sonst schmalen Hinterleib über der saugenden Sacculina erbreitert, hat es die Ausgabe und der Schmarotzer den Vorteil zu gewärtigen. Daß die Sacculina des Schutzes bedarf, ist evident, denn sie ist infolge des Parasitismus so degradiert, daß sie keine Anhänge und keine Panzerung mehr besitzt, sondern als formloser Sack allen Angriffen preisgegeben ist. Daß nun der vom Schmarotzer befallene männliche Krebs eine Schutzvorrichtung für den schutzlosen Parasiten hervorbringt und so dem Weibchen ähnlicher wird, welches diese Vorrichtung auch ohne den Befall besitzt, ist eine gar merkwürdige Tatsache. Zu ihrer Erfassung wird, wenigstens nach der morphologischen Seite, die Bemerkung von Wert sein, daß die Sacculina durch ihr Schmarotzertum ihre Wirte,

einerlei welchen Geschlechtes, kastriert. Durch Kastration aber, das wissen wir ja bereits, nähern sich die Geschlechter einem mehr indifferenten Mittelzustande, so daß die Umformung am Körper des befallenen Männchens mehr indirekt auf die Einwirkung seitens der Sacculina zurückzuführen sein wird. Allerdings ist die Wirkung auf die weibliche Krabbe nicht in diesem Sinne deutbar.

Biedl erklärt die Erscheinung dann auf folgende Weise: «Die Parasiten sind stets Weibchen. Während des Parasitismus wird die biochemische Differenz zwischen beiden Formen, die ja an sich schon nicht allzu groß ist, da es sich, wie gesagt, beim Wirt und Parasit um Krebse handelt, aufgehoben. Die Parasiten geben weibliche Substanzen an den Körper des Wirts ab, seinen Charakter dadurch beeinflussend.»

An dieser Stelle können auch Versuchsergebnisse von *Harms*, die allerdings an einem ganz differenten Objekt gewonnen wurden, erklärend eingreifen. Dieser Forscher tranportierte die als männliches sekundäres Merkmal erkannte Daumenschwiele von kastrierten Froschmännchen auf normale und umgekehrt; in beiden Fällen degenerierten die Transplantate, nachdem sie in etwa schon eingeheilt waren. Diese Degeneration aber konnte aufgehalten werden, wenn man Blut des Tieres, von welchem die Schwiele stammte, auf das andere Individuum überführte. Bei den Krebsen sorgt die Natur für diesen Eingriff.

* * *

Nach der allbekannten Theorie von Weismann besteht ein vielzelliger Organismus aus zwei Zellgruppen, dem «Soma» und dem «Germen». Das Soma ist der Körper, welcher mit dem Individuum stirbt, das Germen dagegen die Keimsubstanz, die vom Individuum auf seine Nachkommen übergeht, sich durch Generationen hindurch fortsetzt und virtuell gleichsam unsterblich ist. Ein Ei ist reines Germen; wenn es sich teilt, werden die meisten Zellen des Embryos zum Soma; Soma stammt also vom Germen. Einige Zellen aber bleiben zurück und bilden das Germen des neuen Wesens, und aus ihnen entstehen bei späterer Reife die Geschlechtszellen. Kastriert man ein Tier, so nimmt man ihm sein Germen, und das zurückbleibende Soma bildet kein neues, das Tier ist und bleibt reproduktionsunfähig, frei von Germen.

Das Germen bildet also das Soma; da das Germen aber sexuell bestimmt ist, wird man annehmen können, das Soma sei es auch, da es ja vom Germen stammt. Jedes Ei erhält allerdings beiderlei Geschlechtsanlagen, da es ja aus der Verschmelzung einer männlichen Samenzelle mit einer weiblichen Eizelle seinen Ursprung herleitet. Es wird aber bei eingeschlechtigen Arten nur die eine Anlage zur Weiterentfaltung zugelassen, die andere wird

gehemmt, und sie bleibt definitiv ausgeschaltet. Damit erklären sich eine ganze Reihe neuerer Beobachtungen, welche eben nur faßlich erscheinen, wenn wir annehmen, daß jede Zelle eines Einzelwesens, mithin auch jene des Somas, von vornherein, seit der ersten Klüftung des Eies, geschlechtlich differenziert ist.

Zur Tatsache übergehend, daß die vegetative Vermehrung durch Teilung einer höheren, eingeschlechtlichen Pflanze stets nur Individuen desselben Geschlechtes ergibt, wollen wir zumal interessante Fälle von Insekten an dieser Stelle hervorheben:

Man fand z. B. bei laubfressenden Raupen, daß das Männchen helles Blut aufweist, das Weibchen hingegen grünes. Diese Verschiedenheit kann nicht mehr durch Überpflanzen der Drüsen geändert werden, und so klären sich die oben angeführten Ergebnisse von *Meisenheimer*. Die Darmzellen des Männchens zersetzen das Blattgrün bis zum gelben Xanthophyll, die des Weibchens aber sind träger, und das Chlorophyll tritt zum Teil unzersetzt ins Blut über. Diese grüne Farbe teilt sich sogar den Eiern mit und färbt sie mimetisch, so daß sie sich von dem Laubwerk, auf das sie abgelegt werden, nicht abheben und daher vor dem spähenden Auge des Feindes in Sicherheit sind.

In letzter Zeit ist ein Gleiches auch für fleischfressende Raupen nachgewiesen worden, obwohl hier die Unterschiede schwieriger festzustellen sind. Welches aber auch die Differenz zwischen der chemischen Konstitution der beiden Geschlechter im Larvenstadium sei, beim fertigen Tiere hat sie sich wieder verloren, und das Blut des Weibchens hat keine andere Farbe als jenes des Männchens.

* * *

Hier setzen nun die eingangs erwähnten Arbeiten von *Dewitz* ein. Diesem Forscher gelang der Beweis, daß auch die Puppen bestimmter Arten von Schmetterlingen noch in ihren somatischen Zellen sexuell differenziert sind. Der Inhalt der Puppen wurde herausgenommen und zu einem trockenen Pulver verarbeitet, auch das Blut wurde für sich getrocknet und zu Staub verrieben.

Bei einigen Faltern zeigten schon diese trockenen Organpulver Farbenunterschiede, während am frischen Inhalt der Puppen nichts wahrzunehmen war, und zwar erschien das männliche Präparat dunkler als das weibliche. Wo aber das selbst bewaffnete Auge keinen Unterschied entdecken konnte, da hatte *Dewitz* Erfolg mit der chemischen Reaktion. Er versetzte die Pulver mit entsprechend hergestellter Lösung von Methylenblau; sowohl die mit, wie die ohne Blut bereiteten Pulver, und auch das eingetrocknete Blut allein gaben das gleiche Resultat. Bei einigen wenigen Arten weist das Blut der Puppe bereits eine leicht verschiedene

Färbung oder Nüancierung auf, weitaus meistens aber nicht. Die Reaktion mit Methylenblau fällt dagegen stets divergent nach dem Geschlechte aus. Die Stoffe des Weibchens reduzieren nämlich den Farbstoff weniger und langsamer als die männlichen, und die Wirkung erfolgte noch nach monatelanger Aufbewahrung der Pulver im Trockenraume. *Dewitz* kommt daraufhin zu dem kategorischen Schlusse, daß «überall das Reduktionsvermögen des männlichen getrockneten Blutes gegenüber Methylenblau größer ist als die des weiblichen Puppenpulvers und Blutes.» Daß es sich um eine chemische Umsetzung und nicht um eine einfache Extraktion des Farbstoffes handelt, wurde eingehend nachgewiesen, wobei auch festgestellt werden konnte, daß die im Organpulver befindlichen harnsauren Kristalle beim Männchen kleiner und zahlreicher sind als beim Weibchen. Andere Farbstoffe gaben ähnliche Reaktionen.

* * *

Der Schritt ist nun wohl kein unmöglich weiter mehr bis zur chemischen Sexualdiagnose beim erwachsenen Individuum. Bislang ist dies bei Insekten noch nicht zu erwarten, denn alle Versuche haben versagt; die beiden Geschechter lassen sich chemisch oder serologisch noch nicht einzeln diagnostizieren.

Doch hat man bei einigen Vögeln und Säugetieren einen physikalisch-physiologischen Unterschied aufgedeckt, und zwar bezüglich der Temperatur des Blutes. Das Männchen hat ein um den Bruchteil eines Grades weniger warmes Blut als das Weibchen. Bei Kastration ändert das Männchen nicht, das Weibchen aber setzt seine Temperatur bis in die Nähe jener des Männchens herab. Das durch Übertragung einer weiblichen Drüse feminierte Männchen erhöht hingegen seine Körperwärme. Mithin ist die weibliche Drüse, resp. ihr Hormon der aktive Faktor. Wie zu erwarten steht, greifen die tätigen Stoffe der Drüse in die Funktion jenes Hirnteiles ein, welcher überhaupt Sitz der Temperaturregulierung des Körpers ist.

Beim Menschen scheint ebenfalls ein leichter Wärmeunterschied zwischen den zwei Geschlechtern zu herrschen, allerdings nur um ein Zehntel Grad.

Schon im Jahre 1827 erwähnt *Barruel* einen andern Unterschied. Das Blut enthält ein für jede Tierart spezifisches riechendes Prinzip, das den Geruch des Schweißes der betreffenden Art kopiert. Mit starken Säuren kann man diesen Stoff aus dem Blute frei machen, und dann stellt man fest, daß der Duft bedeutend stärker ist beim männlichen als beim weiblichen Individuum. Das ist der Fall für den Menschen und alle untersuchten höheren Tiere.

* * *

So lassen sich schließlich wohl die sekundären Geschlechtsmerkmale auf den Allgemeinbegriff der Merkmale überhaupt zurückführen. Es sind Eigenheiten der Organismen, welche der chemischen Betätigung bestimmter Stoffe zu verdanken sind, Stoffe, die, vom Organismus erzeugt, auf den Organismus rückwirken und mit ihm reagieren.

Ein strenger Unterschied zwischen Sexualmerkmalen und Artmerkmalen kann nicht mehr konstatiert werden, beide kommen aus gleicher Quelle. Aus Artmerkmalen können Sexualmerkmale werden und umgekehrt. Es gibt Merkmale, welche auf ein Geschlecht beschränkt bleiben und doch Artmerkmale sind, so daß man die Art erst bestimmen kann, wenn man ein Individuum von dem Geschlecht in Händen hält, welches das Merkmal führt. Dementgegen gibt es Merkmale, welche beiden Geschlechtern zukommen und doch reine Geschlechtsmerkmale sind, wie bei manchen Vögeln der Brutpflegeinstinkt. Zudem mendeln sowohl die einen wie die andern dieser Merkmale, was doch wohl ihre Nichttrennbarkeit dartut. *(v. Ubisch.)*

Wir sind also in diesem hochwichtigen Kapitel der Biologie auf dem Wege nach der rechten Erkenntnis, wie auch in manchen andern Fragen dieser Disziplin. Letzten Endes sind doch die in den Lebewesen sich auswirkenden intimen Chemismen die Veranlassung der sinnfälligen Eigentümlichkeiten, und den Chemismus einer Erscheinung zu erkennen muß höchstes Ziel der biologischen Forschung sein. Wie weit wir bezüglich des vorliegenden Gegenstandes bereits dazu gelangt sind, ist oben dargetan worden; was noch aussteht und an künftigen Fortschritten zu erhoffen ist, wird sich leicht aus dem Gesagten herausschälen lassen.

Miszellen.

1. Kammerarbeiten.

8. Okt. — Die Zentralsektion veröffentlicht eben ihr Gutachten zu dem Ankauf von einigen größern Waldparzellen zwecks Vergrößerung der Staatsdomänen. Es handelt sich um folgende Wälder: «Jungenbusch», 90 Hektar, Bänne Bettendorf und Reisdorf; «Buchholz», 34 Hektar, Bann Itzig; «Letzert», 46 Hektar, Bann Säul; «Leiwerdelt», 26 Hektar, Gemeinde Echternach. — Kaufpreis: 1 670 500 Franken.

Die Forstverwaltung hatte sich für den Kauf ausgesprochen, der Staatsrat dagegen. Die Zentralsektion stimmt nur dem Kauf der Wälder «Jungenbusch» und «Buchholz» zu.