

1909.

L. v. (44)

№ 1.

SITZUNGS-BERICHTE

DER

PHYSIKALISCH-MEDICINISCHEN GESELLSCHAFT

ZU

WÜRZBURG.

Preis pro Jahrgang *№* 4.—. — Zu beziehen durch alle Buchhandlungen. — Einzelne Nummern werden nicht abgegeben. — Grössere Arbeiten erscheinen in den „Verhandlungen der Physikalisch-medicinischen Gesellschaft“.

Curt Kabitzsch (A. Stuber's Verlag) in Würzburg.

Inhalt: *Th. Boveri*: Über Beziehungen des Chromatins zur Geschlechts-Bestimmung, S. 1; *M. v. Frey*: Zur Frage der Wärmebildung im Muskel, S. 10; *H. Lüdke*: Über den latenten Mikrobismus der Typhusbazillen, S. 15.

I. Sitzung vom 17. Dezember 1908 (im Hörsaal des physiologischen Instituts).

1. Das Protokoll der vorigen Sitzung wird verlesen und genehmigt.
2. Herr *Breest* wird durch Kugelung als ordentliches Mitglied aufgenommen.
3. Ein Antrag, auf dem Wege des Tauschverkehrs die Zeitschrift für gynäkologische Urologie zu erwerben, wird abgelehnt.
4. Herr *Boveri* hält den angekündigten Vortrag „Zum Problem der Geschlechtsbestimmung“. Diskussion: die Herren *Stöhr*, *Boveri*, *Sobotta*.
5. Herr *Matterstock* hält den angekündigten Vortrag: „Bemerkungen zu der im Abklingen begriffenen Scharlachepidemie in Würzburg“ (folgt später).

Th. Boveri: Über Beziehungen des Chromatins zur Geschlechts-Bestimmung.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 17. Dezember 1908.)

Bis vor einigen Jahren galt es als ein allgemeines Gesetz im Tier- und Pflanzenreich, dass die beiden Vorkerne, wie sie sich im befruchteten Ei gegenüberstehen, in Zahl und Beschaffenheit ihrer Chromosomen einander völlig entsprechen. Wir wissen jetzt, dass dieser Satz nicht allgemein gültig ist; wir kennen Fälle, in denen

der Chromatinbestand der beiden Kerne verschieden ist. Aber diese Verschiedenheit bedeutet nicht Gesetzlosigkeit, sondern sie liefert im Gegenteil zu der Kette sinnvoller Erscheinungen, die in der Geschichte des Chromatins schon enthüllt worden sind, ein neues sehr wichtiges Glied. Es lässt sich nämlich nicht mehr bezweifeln, dass diese neu aufgedeckten Tatsachen mit der Bestimmung des Geschlechts in Zusammenhang stehen.

Ehe ich hierauf eingehe, habe ich noch ein anderes Ergebnis der neueren Forschung über die Chromosomen zur Sprache zu bringen. Wir müssen, wenigstens für gewisse Organismen, annehmen, dass die Chromosomen des Eikerns unter sich und die des Spermakerns unter sich nicht alle gleichwertig sind, sondern dass sie verschiedene Funktionen zu erfüllen haben. Sowohl Experimente, über die ich früher hier berichtet habe, führen zu diesem Schluss, als auch der Umstand, dass sich in manchen Kernen die Chromosomen morphologisch unterscheiden lassen. Sehr auffallend sind freilich diese Unterschiede im allgemeinen nicht; fast ausschliesslich sind es Grössenunterschiede. Aber sie genügen doch, um eine höchst bedeutende Tatsache erkennen zu lassen. Kommt nämlich im Eikern ein besonders grosses Element vor, dann auch ein ebensolches im Spermakern, findet sich dort ein sehr kleines, dann auch hier. Und wenn auch bis jetzt kaum für ein einziges Objekt die Unterschiede so sind, dass man mit voller Sicherheit zu jedem vom Vater stammenden Element das entsprechende mütterliche angeben könnte, so ist doch kaum mehr ein Zweifel möglich, dass, wie es zuerst *Montgomery* ausgesprochen hat, wirklich mit jedem Element des Eikerns ein ganz bestimmtes Element des Spermakerns homolog ist.

Nennen wir die Chromosomen des Eikerns a, b, c, d . . . , so besitzt auch der Spermakern ein a, ein b usw. Bei der Befruchtung kommen diese beiden Serien zusammen und erben sich nun, nach der Theorie der Chromosomen-Individualität, auf alle Zellen des Kindes in gleicher Kombination fort. Jede Zelle hat zwei a, zwei b, zwei c, zwei d Zum Zweck der Reduktion der Chromosomenzahl in den Geschlechtszellen aber paaren sich nicht, wie man das früher denken konnte, zwei beliebige Chromosomen, sondern immer a mit a, b mit b usw. Jedes Ei und jedes Spermatozoon erhält wieder die einfache Serie a, b, c, d . . . , wenn auch in der mannigfaltigsten Weise aus den Elementen väterlicher und mütterlicher Herkunft gemischt.

Soweit verhalten sich beide Geschlechter ganz gleich; nun kommen

wir zu den eingangs erwähnten Unterschieden, die bis jetzt am besten bei Insekten bekannt geworden sind. Den ersten Fund auf diesem Gebiet hat schon vor 17 Jahren *Henking* gemacht, indem er beobachtete, dass bei der Feuerwanze in gleicher Zahl zwei Arten von Spermien produziert werden, die sich dadurch unterscheiden, dass die einen in ihren Kernen ein bestimmtes Element mehr enthalten als die anderen. Dass diese beiden Arten von Spermien in genau gleicher Zahl vorkommen, rührt daher, dass die Differenz zwischen ihnen bei der letzten Teilung der Spermatogenese bewirkt wird; das fragliche Element geht nämlich ungeteilt in die eine Tochterzelle über. Dieser Befund *Henkings* blieb lange Zeit unbeachtet, bis er vor etwa sechs Jahren, als man begann, die Chromatinverhältnisse der Insekten mit neuen Hilfsmitteln und neuen Gesichtspunkten zu studieren, tiefere Bedeutung gewann. Wir verdanken fast alles, was hierbei geleistet worden ist, einigen amerikanischen Forschern. Die Namen *Mc Clung*, *E. B. Wilson* und *N. M. Stevens* sind vor allem zu nennen.

Ich teile von den Resultaten dieser Forschungen nur das Wesentlichste hier mit und gehe zu diesem Zweck nicht von den Befunden bei der Feuerwanze aus, sondern von einem für die Beurteilung der Verhältnisse klareren Typus, der gleichzeitig von *E. B. Wilson* bei Wanzen (z. B. *Lygaeus turcicus*) und von *Miss Stevens* bei einem Käfer (*Tenebrio molitor*) festgestellt worden ist. Bei *Lygaeus* ist die nicht reduzierte Chromosomenzahl 14. In den Zellen des Weibchens lassen sich die Chromosomen nach der verschiedenen Grösse in eine Reihe bringen; jeder Grössentypus ist nach *Wilson* zweimal vertreten. In den Zellen des Männchens aber ist es anders. Zwar finden sich auch hier 14 Chromosomen; aber es lassen sich nur 12 von ihnen der Grösse nach zu Paaren gruppieren; dem kleinsten Chromosomenpaar des Weibchens entsprechen im Männchen zwei sehr ungleich grosse Chromosomen, eines, das in seiner Grösse den beiden kleinsten im Weibchen gleichkommt, und eines, das viel kleiner ist.

Bei der Reduktion zeigt das Weibchen keine Besonderheiten; jeder Grössentypus paart sich; jedes Ei erhält 7 Chromosomen, eines von jeder Sorte. Im Männchen sind die Verhältnisse zwar prinzipiell gleich; aber hier findet sich nun eben das so sehr ungleiche Paar zusammen, was der Teilungsfigur ein ganz ungewohntes Aussehen verleiht.

Es entstehen also auch bei *Lygaeus*, wie oben für die Feuerwanze angegeben, zwei Arten von Spermien. Jede Art hat hier die

gleiche Zahl von Chromosomen, nämlich 7; aber die eine Art besitzt an Stelle eines bestimmten grossen Elements ein kleines.

Da alle Eier in ihrem Chromatinbestand gleich sind, die Spermien dagegen von zweierlei Art, so sind bei der Befruchtung zwei Kombinationen möglich. Es entstehen bei grossen Zahlen in ungefähr gleicher Menge befruchtete Eier mit zwei gleich grossen „Heterochromosomen“¹⁾ und solche mit zwei ungleichen. Da wir nun wissen, dass die Weibchen in allen ihren nichtreduzierten Kernen zwei gleiche, die Männchen zwei ungleiche Heterochromosomen besitzen, so ist der Schluss unabweisbar: dringt ein Spermium mit grossem Heterochromosoma in ein Ei ein, so entsteht ein Weibchen, im anderen Fall ein Männchen.

Die Entscheidung über das Geschlecht liegt also hier, im Widerspruch zu dem, was man bis zu diesen Entdeckungen sehr allgemein angenommen hatte, nicht beim Weibchen, sondern beim Männchen²⁾.

Aus diesen Verhältnissen leitet sich nun der durch die Feuerwanze repräsentierte Typus (*Wilson's Typus Protenor*) in der Weise ab, dass das kleine Heterochromosoma des Männchens vollständig geschwunden ist. Das Männchen enthält in allen nicht reduzierten Zellen ein Chromosoma weniger als das Weibchen. Das Heterochromosoma, im Weibchen wieder paarig vertreten, ist im Männchen nur in der Einzahl vorhanden. Wenn nun zum Zweck der Reduktion die übrigen Chromosomen sich paaren, kann dieses unpaare Heterochromosoma der männlichen Zellen keinen Partner finden; es geht bei der Teilung ganz in die eine Samenzelle über, der Schwesterzelle fehlt es. Und wieder ist es klar, dass die Spermien über das Geschlecht entscheiden; diejenigen, denen das Heterochromosoma zukommt, führen zur Entstehung von Weibchen, diejenigen, denen es fehlt, zur Bildung von Männchen.

Es erhebt sich nun die Frage: wie weit gilt das hier Festgestellte? Da ist vor allem als ein sehr merkwürdiges Faktum zu verzeichnen, dass *Correns* auf Grund scharfsinnig ausgedachter Bastardierungsversuche mit monözischen und diözischen Pflanzen zu einem Resultat gekommen ist, welches mit den Chromatinbefunden bei Insekten in ausgezeichneter Übereinstimmung steht. Nach *Correns* müssen die

¹⁾ *E. B. Wilson* bezeichnet die fraglichen Chromosomen im vorliegenden Fall als „Idiochromosomen“.

²⁾ Dieser Schluss ist, wenn auch auf Grund des damals zum Teil noch nicht richtig erkannten Sachverhaltes, zuerst von *Mc Clung* gezogen worden.

Eizellen der von ihm untersuchten Pflanzen in bezug auf ihre Geschlechtstendenz alle gleichwertig sein, dagegen müssen in ungefähr gleicher Menge zwei Typen von Samenzellen existieren. Vereinigt sich eine Samenzelle des einen Typus mit einer Eizelle, so entsteht eine weibliche Pflanze, dringt eine solche des anderen Typus ein, so bildet sich eine männliche.

Also auch hier sind es die Samenzellen, welche über das Geschlecht der nächsten Generation entscheiden; und es ist gewiss die nächstliegende Annahme, dass es auch bei diesen Pflanzen der Chromatinbestand ist, in dem sich die beiderlei Samenzellen unterscheiden.

Solche Übereinstimmung an zwei so weit entfernten Punkten der organischen Welt könnte leicht zu der Meinung führen, dass hier ein Gesetz von allgemeiner Gültigkeit gefunden sei. Allein wir sind in diesen Beziehungen im Organischen an starke Enttäuschungen und infolgedessen an Vorsicht gewöhnt. Schon jetzt lässt sich sagen, dass die bei Insekten aufgedeckten Verhältnisse sicher nicht überall in der nämlichen Weise verwirklicht sind; ja man hat sogar für die Insekten selbst auf Tatsachen hingewiesen, die mit den besprochenen Kernbefunden oder richtiger: mit deren Deutung, in Widerspruch stehen sollten. Ein solcher Punkt ist folgender. Bei den Blattläusen geschieht die Vermehrung durch viele Generationen hindurch parthenogenetisch, es gibt nur weibliche Tiere. Schliesslich kommt eine Generation von Weibchen, aus deren Eiern befruchtungsbedürftige Weibchen und Männchen hervorgehen. Aus den befruchteten Eiern entstehen ausschliesslich Weibchen. Da tritt nun die Frage auf: wenn es bei den Insektenmännchen in gleicher Zahl zweierlei Spermien gibt, männchenbestimmende und weibchenbestimmende, warum gehen aus den befruchteten Blattläuseiern nicht zum Teil Männchen hervor? Diese Schwierigkeit ist in jüngster Zeit durch zwei fast gleichzeitig erschienene Arbeiten beseitigt worden. Die eine, auf Phylloxera sich beziehend, stammt von *T. H. Morgan*, die andere hat, auf meine Anregung, Herr *W. B. v. Baehr* im hiesigen zoologischen Institut ausgeführt. Ich halte mich im folgenden an die bisher am genauesten beschriebenen Ergebnisse von *Baehrs*¹⁾, die an *Aphis saliceti* gewonnen worden sind. Diese Blattlaus folgt, wie auch die von *Morgan* untersuchte Phylloxera, dem oben als zweiten aufgeführten „Typus Protenor“, bei dem im Männchen ein Chromosoma weniger vor-

¹⁾ Zoologischer Anzeiger, Bd. 33, Nr. 15. 1908.

handen ist, als im Weibchen. Gerade nach diesem Befund wären also auch hier zwei Arten von Samenzellen zu erwarten. Und in der Tat, die Bildung beider Arten wird auch eingeleitet: es entstehen bei der entscheidenden Teilung zweierlei Zellen, solche mit dem Heterochromosoma und solche ohne dasselbe. Aber, was nun eben das Wichtige ist, diejenigen, welche das Heterochromosoma nicht erhalten, fallen ganz klein aus und degenerieren. Nur aus den grossen Zellen, die das Heterochromosoma besitzen, leiten sich Spermien ab¹⁾. Es gibt also hier nur eine Art fertiger Spermien, die, nach den oben an den anderen Insekten gewonnenen Resultaten, als weibchenbestimmend anzusehen sind. Und so wandelt sich das auf den ersten Blick Widersprechende zu schönster Bestätigung um. Die bei den Aphiden gegebenen Verhältnisse sind geradezu ein *experimentum crucis*, dessen Ausfall geeignet sein dürfte, auch den letzten Zweifel an der Richtigkeit der *Mc Clungschen* Hypothese zu beseitigen.

Auf der anderen Seite aber ist es sicher, dass es Tiere gibt, deren Geschlechtsbestimmung von dem bei Insekten festgestellten Modus abweicht, und zwar sind die Abweichungen von sehr verschiedenem Grad. Nur in einem untergeordneten Punkt verschieden scheinen sich die Seeigel zu verhalten. Nachdem ich durch Versuche mit doppeltbefruchteten Seeigel-Eiern zu dem Ergebnis gelangt war dass die Chromosomen in den Vorkernen dieser Tiere verschiedenwertig sind, schlug ich Herrn Dr. *F. Baltzer* vor, zu untersuchen, ob sich vielleicht an diesen Chromosomen konstante morphologische Verschiedenheiten nachweisen lassen. Bei diesen Untersuchungen hat Herr *Baltzer* folgendes gefunden²⁾: Alle Spermien zeigen den gleichen Chromatinbestand, nämlich 18 Chromosomen von verschiedenen Grösstypen. Dagegen gibt es zweierlei Eier: solche, deren Chromatinbestand der gleiche ist, wie derjenige aller Spermien, und solche, in denen zwar auch 18 Chromosomen vorhanden sind, eines jedoch eine spezifische Gestalt besitzt, wenigstens auf gewissen Stadien. Ich muss, um dies zu erläutern, einige Bemerkungen über die Form und Teilungsart der Seeigel-Chromosomen vorausschicken. Die fertigen Chromosomen sind gestreckte oder leicht gebogene Stäbchen von verschiedener Länge, die in der Äquatorialplatte eine Längsspaltung erfahren. Die Zug-

¹⁾ Nach mündlicher Mitteilung hat *Miss N. M. Stevens* ganz Entsprechendes bei anderen Blattläusen gefunden.

²⁾ Seine Resultate sind kurz beschrieben in den *Verh. d. deutschen zool. Gesellsch.* 1908. Die ausführliche Arbeit wird demnächst im *Archiv für Zellforschung* erscheinen.

fasern heften sich bei fast allen an das eine Ende an, so dass bei der Trennung der Schwester-elemente dieses Ende vorausgeht. So stehen sich die Schwesterchromosomen, nachdem sie völlig voneinander gelöst sind, als dünne, gerade Stäbchen gegenüber, die ihr eines Ende dem Pol zukehren, das andere dem Äquator. Neben diesen Chromosomen gibt es aber in bestimmter Anzahl längere, bei denen sich die Zugfasern ungefähr an die Grenze des ersten und zweiten Drittels anheften; hier weichen also die Schwesterfäden zunächst an dieser Stelle auseinander und stehen sich als zwei Haken gegenüber, jeder Haken mit einem langen und einem kurzen Schenkel.

Nach der Feststellung *Baltzers* besitzt nun sowohl der Eikern, wie der Spermakern je ein langes, hakenlieferndes Chromosoma. Bringt man den Spermakern selbständig zur Teilung, wie dies zuerst *O.* und *R. Hertwig* experimentell zu stande gebracht haben, so zeigt sich in der Metaphase ein Hakenpaar, teilt sich der Eikern selbständig, welche Abnormität von mir und *C. Herbst* hervorgebracht worden ist, so erscheint in gleicher Weise dieses Hakenpaar. In allen monosperm befruchteten Eiern finden sich stets zwei solche Paare, nicht nur in der ersten Furchungsspindel, sondern auch bei den folgenden Teilungen. In jedem doppeltbefruchteten Ei fand *Baltzer* im Stadium der Metaphase drei Hakenpaare; alles mit solcher Regelmässigkeit, dass der Gedanke an Zufallsbildungen vollkommen ausgeschlossen ist. Und neben diesem langen hakenbildenden Chromosoma, das in jedem Ei- und Spermakern vorkommt, besitzt der Eikern in ungefähr der Hälfte der Eier — soweit die nicht sehr grossen zur Verfügung stehenden Zahlen einen solchen Schluss erlauben — noch ein zweites kürzeres „Hakenchromosoma“, das in den andern Eiern und in allen Spermien fehlt. Da aber die Chromosomenzahl überall 18 beträgt, so muss dieses für die eine Eiart charakteristische Chromosoma in den andern Eiern und in den Spermien durch ein „Stäbchenchromosoma“ vertreten sein, das sich von den andern nicht unterscheiden lässt.

Hier gelten nun genau die gleichen Erwägungen, wie bei den Insekten: ein Ei, welches das kurze Hakenchromosoma besitzt, muss befruchtet mit einem beliebigen Spermium, zu einem Weibchen werden; denn woher sollten sonst die Eier der nächsten Generation den kleinen Haken besitzen? Ein Ei ohne das kleine Hakenchromosoma muss ein Männchen ergeben.

Die Geschlechtsbestimmung bei den Seeigeln ist also, nach diesen Ermittlungen *Baltzers*, den Weibchen zugeweiht. Dieser Unterschied gegenüber den Insekten ist natürlich ein sehr untergeordneter; denn es ist kein Grund ersichtlich, warum das ungleiche Chromosomenpaar und dessen Verteilung auf zwei definitive Geschlechtszellen bei allen Organismen gerade in der Spermatogenese vorkommen sollte. Viel bedeutsamer als diese Differenz scheint mir dagegen eine Übereinstimmung zwischen Echiniden und Insekten zu sein, nämlich diese, dass in beiden Fällen das befruchtete Ei, aus dem ein Weibchen hervorgeht, mehr Chromatin besitzt, als dasjenige, aus dem ein Männchen entsteht¹⁾. Zwar lässt sich, wie oben schon erwähnt, bei Seeigeln das dem kleinen Hakenchromosoma homologe Stäbchenchromosoma nicht von den übrigen stäbchenförmigen Elementen unterscheiden; aber so viel kann nach den Untersuchungen *Baltzers* als sicher gelten, dass es kleiner ist als jenes, das also ein zum Weibchen vorbestimmtes Ei, wenn auch nur um ein Minimum, mehr Chromatin besitzt, als ein zum Männchen bestimmtes.

Geht man von dem ohne Zweifel ursprünglichsten Verhalten aus, wo sich der Chromatinbestand von Ei- und Spermakern nicht unterscheidet, so wären daraus die Verhältnisse der Insekten so abzuleiten, dass von zwei homologen Chromosomen das eine — stets im männlichen Geschlecht verbleibende — eine Schwächung erfahren hat bis zu schliesslich völligem Schwund. Bei den Echiniden umgekehrt müsste man sich vorstellen, dass von diesen beiden homologen Chromosomen sich das eine stärker ausgebildet hat und dass dieses Element sich immer von Weibchen zu Weibchen vererbt.

Diese Erwägungen führen auf eine Betrachtung der Deutungen, welche man den besprochenen Befunden geben kann. In sehr eingehender und klarer Weise hat *E. B. Wilson* verschiedene Möglichkeiten erörtert. Man kann die Hypothese aufstellen, dass die Heterochromosomen (in dem hier gebrauchten allgemeinen Sinn) direkt „Geschlechtschromosomen“ sind, dass den einen weibliche, den anderen männliche Tendenz innewohnt. Die Konsequenzen, die sich nach *Wilson's* Erörterungen aus dieser Annahme ergeben, sind jedoch so kompliziert und dürften auch auf die neuerdings von *Meves* für die Biene beschriebenen Verhältnisse so wenig anwendbar sein, dass mir

¹⁾ Ich sehe hier von demjenigen Typus bei Insekten ab, bei dem nach *Wilson* das fragliche Chromosomenpaar im Männchen ebenso aussieht wie im Weibchen.

vorläufig eine andere Annahme *Wilson's* den Vorzug zu verdienen scheint. Nach dieser Hypothese besitzen die fraglichen Chromosomen überhaupt keine verschiedene Geschlechtstendenz, sondern es kommt ihnen nur im Zellenleben eine in irgend einem Sinn verschiedene „Aktivität“ zu. Man könnte sich vielleicht vorstellen, dass die Wachstumsfähigkeit der Zellen von diesen Chromosomen abhängig sei. Der Unterschied zwischen den verschiedenen Heterochromosomen wäre lediglich der, dass das eine — und zwar da, wo es sich um Heterochromosomen verschiedenen Volumens handelt, das grössere — der Zelle eine grössere Assimilationsfähigkeit verleiht, als das andere.

Eine solche Vorstellung wäre vielleicht geeignet, als Basis für eine allgemeine Theorie der Geschlechtsbestimmung zu dienen. Die Resultate bei Insekten und Seeigeln und ebenso diejenigen von *Correns* an Pflanzen nötigen uns zu der Annahme, dass bei diesen Organismen die Entscheidung über das Geschlecht von Strukturen der Keimzellen abhängig ist, die einer Beeinflussung durch äussere Agentien entzogen sind. Auf der anderen Seite aber gibt es Tiere, bei denen ein Einfluss äusserer Umstände auf die Geschlechtsbestimmung meines Erachtens nicht bezweifelt werden kann. Neben älteren Angaben kommen hier vor allem die in *R. Hertwigs* Laboratorium ausgeführten Untersuchungen von *Issakowitsch* an Daphniden und von *von Malsen* an *Dinophilus* in Betracht. Auch bei Säugetieren (Kaninchen) lässt sich nach *A. Russo* durch verschieden reichliche Ernährung der Eier das Geschlechtsverhältnis verändern. Und in allen diesen Fällen hat sich gezeigt, dass Umstände, die zur Bildung besser ausgestatteter Eier führen, diese zum weiblichen Geschlecht bestimmen. Die Anknüpfung an die oben geäusserte *Wilson'sche* Vorstellung ist klar. Im einen Fall sind die Geschlechtszellen zunächst sexuell indifferent; verschieden starke Ernährung des Eies auf Grund verschiedener äusserer Umstände bestimmt das besser ausgestattete Ei zum Weibchen, das schlechter ausgestattete zum Männchen. Im anderen Fall wäre die Entscheidung auf einen inneren Faktor übertragen, der aber prinzipiell in gleicher Weise wirksam wäre, indem befruchtete Eier mit stärkeren „Assimilationschromosomen“ Weibchen, solche mit schwächeren Männchen liefern würden. Man könnte den Unterschied der beiden Modi vielleicht durch den Gegensatz anschaulich machen zwischen jenen Fällen, wo ein Embryo die zu seiner Ausbildung nötigen Substanzen während seiner Entwicklung aus der Umgebung erwerben muss, und jenen, wo er diese Substanzen schon ins Ei mitbekommen hat.

Es ist bei dieser Betrachtung beachtenswert, dass in den bisher bekannten Fällen, in denen die Entscheidung über das Geschlecht durch die Beschaffenheit der im Befruchtungsakt zusammengeführten väterlichen und mütterlichen Chromosomen getroffen wird, diejenigen Eier zu Weibchen werden, welche mehr Chromatin enthalten, und dass in denjenigen Fällen, wo eine verschieden reiche Ausstattung des unbefruchteten Eies das Ausschlaggebende ist, es die grösseren Eier sind, welche Weibchen liefern. Nachdem *Gerassimow* für Pflanzen, ich für Tiere gezeigt haben, dass sich die Plasmanmenge einer Zelle nach der Chromatinmenge reguliert, darf man ein befruchtetes Ei, das mehr Chromatin besitzt, als eine „potentiell“ grössere Zelle bezeichnen, als ein Ei mit weniger Chromatin. Und so liesse sich vielleicht eine gewisse Übereinstimmung zwischen den auf den ersten Blick so gegensätzlich erscheinenden Modalitäten der Geschlechtsbestimmung konstruieren¹⁾.

II. Sitzung vom 14. Januar 1909 (im Hörsal des physiol. Instituts).

1. Das Protokoll der letzten Sitzung wird verlesen und genehmigt.
2. Herr *v. Frey* hält den angekündigten Vortrag „Zur Frage der Wärmebildung im Muskel“.
3. Herr *Lüdke* hält den angekündigten Vortrag „Über den latenten Mikrobismus der Typhusbazillen“.

M. von Frey: Zur Frage der Wärmebildung im Muskel.

Die Versuche über die im nachstehenden berichtet werden soll, setzen die Wärmebildung im Muskel als gegeben voraus. Sie beschäftigen sich nur mit der Frage, wie dieselbe zu deuten ist. Die Wärmebildung in den ruhenden Muskeln des Kaltblüters ist so gering, dass sie selbst mit den empfindlichsten Verfahrensarten nicht sicher gemessen werden kann. Es dürfen daher die in Zeiten der Tätigkeit auftretenden Wärmemengen unbedenklich auf letztere bezogen werden. Offen bleibt jedoch die Frage, ob sie ausschliesslich als Folge der chemischen Umsetzungen zu betrachten sind, oder

¹⁾ Schon *R. Hertwig* hat versucht, eine einheitliche Auffassung des Sexualproblems vom Standpunkt der Kernplasmarelation aus zu gewinnen; doch weicht sein Erklärungsversuch von dem hier angedeuteten fundamental ab.

ob daneben auch die mechanische Beanspruchung des Muskels eine Rolle spielt.

Leistet ein Muskel äussere Arbeit, so wird er in der Regel eine Abnahme seiner Spannung erfahren und sich dabei erwärmen, wenn vorausgesetzt werden darf, dass der Muskel, wie die meisten elastischen Körper, sich durch Dehnung abkühlt. Eine Änderung der Temperatur ist selbst dann zu erwarten, wenn der Muskel nach der Zuckung zu seiner ursprünglichen Spannung zurückkehrt. Die thermoelektrischen Messungen haben bekanntlich gelehrt, dass der Muskel, auch wenn er nicht durchblutet ist, seine Temperatur leicht mit der Umgebung ausgleicht. Es werden daher die Änderungen der Muskeltemperatur infolge mechanischer Beanspruchung um so deutlicher ausfallen, je rascher letztere verläuft. Da nun die Spannungszunahme im Anfang der Zuckung wesentlich rascher geschieht als die nachfolgende Abnahme, so stellt sie den thermisch wirksameren Vorgang dar.

Sollten Deformationen, wie sie bei der Tätigkeit des Muskels vorkommen, merkliche Änderungen seiner Temperatur bedingen, so können die auftretenden Wärmemengen nicht mehr ausschliesslich auf den chemischen Umsatz bezogen werden. Zur Ausführung der nötigen Korrektur muss vor allem die einer bestimmten Spannungsänderung entsprechende Temperaturänderung bekannt sein.

Die Erfüllung dieser Forderung ist keineswegs eine einfache Sache. Erstens handelt es sich aller Voraussicht nach um sehr kleine Temperaturänderungen und dann muss die Spannungsänderung so ausgeführt werden, dass die darauf verwendete Arbeit durch Entspannung ohne wesentlichen Verlust zurückgewonnen werden kann. Wird auf diese Bedingung nicht geachtet, so treten leicht Temperaturänderungen auf, gegen welche die zu messenden verschwinden.

Ein anderer Weg zu dem gewünschten Ziele ist gegeben durch die Beziehung, die besteht, zwischen der bei Deformation eines elastischen Körpers auftretenden Temperaturänderung und seinem thermischen Ausdehnungskoeffizient (A.-K.), eine Beziehung, die von *W. Thomson* aufgedeckt und von *Haga*¹⁾ experimentell bestätigt worden ist. Mit Hilfe der von *Thomson* aufgestellten Formel, welche die genannte Beziehung quantitativ bestimmt, muss es möglich sein, die Temperaturänderung im Muskel für eine gegebene Deformation

¹⁾ *Wiedem. Ann.* 15, 1, 1882.