

## Die Chromosomen als Vererbungsträger.

Von Prof. Dr. Heinrich Ernst Ziegler in Stuttgart.

(Vortrag, gehalten bei der Versammlung des Schwarzwälder Zweigvereins für vaterländ. Naturkunde in Tübingen am 21. Dezember 1910.)

Mit 4 Textfiguren.

Für die Tatsache, daß die Kinder eines Ehepaares unter sich verschieden sind, gab es bis in die neueste Zeit keine befriedigende Erklärung. Die Verschiedenheit der Kinder zeigt sich nicht nur in der Erfahrung des täglichen Lebens, sondern auch bei dem wissenschaftlichen Studium der Vererbung von Mißbildungen und Krankheitsdispositionen. Die erbliche Belastung tritt meistens nicht bei allen Kindern einer Familie zutage, sondern nur bei einzelnen.

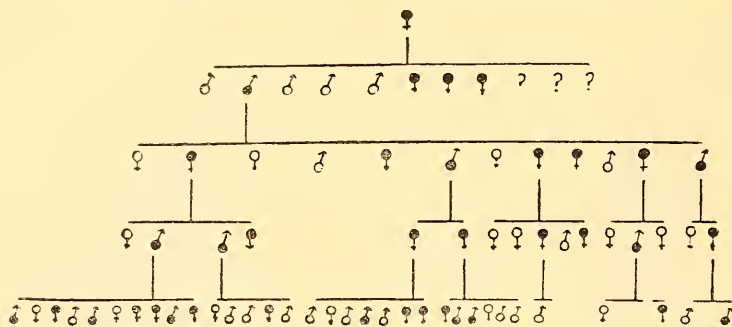


Fig. 1. Vererbung der Kurzfingerigkeit in einer von Farabee in Pennsylvanien beobachteten Familie. Nach Bateson.

Diejenigen Individuen, welche die Mißbildung zeigen, sind durch schwarze Kreise bezeichnet.

Z. B. zeigt Fig. 1 die Vererbung einer eigenartigen Mißbildung, nämlich der Kurzfingerigkeit, bei welcher an den Fingern und Zehen nur zwei statt drei Phalangen vorhanden sind<sup>1</sup>. Man sieht, daß in jeder Familie neben den mißbildeten auch normale Mitglieder vorkommen. Aus der medizinischen Literatur ließen sich unzählige Beispiele ähnlicher Art zusammenstellen, aber ich will nur noch ein

<sup>1</sup> Ich entnehme dieses Beispiel aus dem Buche von W. Bateson, Mendels Principles of heredity. Cambridge 1909.

einziges anführen, einen Fall der Vererbung der Zuckerkrankheit nach J. GROBER<sup>1</sup>. Hier besteht auf der rechten Seite der Tabelle eine Belastung von beiden Eltern her, welche bekanntlich immer als besonders ungünstig anzusehen ist<sup>2</sup>; aber doch werden nicht alle Kinder von der Krankheit betroffen (Fig. 2).

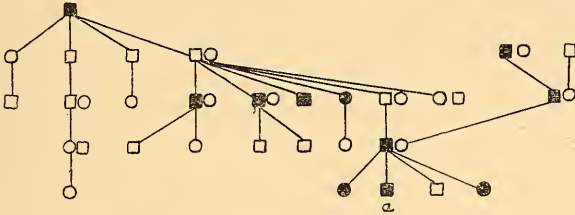


Fig. 2. Ein Fall der Vererbung der Zuckerkrankheit. Nach Grober.  
Die Vierecke bezeichnen männliche Individuen, die Kreise weibliche. Die schwarzen Zeichen bedeuten die erkrankten Personen.

Die Verschiedenheit der Kinder einer Familie läßt sich aus der Chromosomentheorie erklären. Um dies verständlich zu machen, muß ich aber etwas weiter ausholen, indem ich zeige, daß man berechtigt ist, die Chromosomen als die Träger der Vererbung anzusehen. Zum Beweis will ich zunächst an die schon lange bekannten Tatsachen der Befruchtungslehre erinnern<sup>3</sup> und dann einige neue Beobachtungen von BALTZER anführen.

Schon vor mehr als 30 Jahren erkannte man bei dem Studium der Mitose — der typischen Teilungsweise der Kerne der vielzelligen Tiere und der vielzelligen Pflanzen —, daß die Chromosomen im

<sup>1</sup> J. Grober, Die Bedeutung der Ahnentafel für die biologische Erbforschung. Archiv f. Rassen-Hygiene. 1. Jahrg. 1904.

<sup>2</sup> In einer früheren Schrift habe ich die beiderseitige Belastung vom Standpunkt der Chromosomentheorie genauer erörtert (H. E. Ziegler, Die Chromosomentheorie der Vererbung in ihrer Anwendung auf den Menschen. Archiv für Rassenbiologie. 3. Jahrg. 1906. p. 806—810).

<sup>3</sup> O. Hertwig, Das Problem der Befruchtung und die Isotropie des Eies, eine Theorie der Vererbung. Jenaische Zeitschrift 1884.

E. Strasburger, Neue Untersuchungen über den Befruchtungsvorgang der Phanerogamen. Jena 1884.

A. Weismann, Die Kontinuität des Keimplasmas als Grundlage einer Theorie der Vererbung. Jena 1885.

Th. Boveri, Das Problem der Befruchtung. Jena 1902.

O. Hertwig, Ergebnisse und Probleme der Zeugungs- und Vererbungslehre. Jena 1905.

H. E. Ziegler, Die Vererbungslehre in der Biologie. Jena 1905.

Stadium der Äquatorialplatte eine Zweiteilung erfahren, indem sie sich in der Regel der Länge nach spalten. Daher haben die Tochtersterne ebensoviele Chromosomen wie der Mutterstern, folglich der Tochterkern ebensoviele Chromosomen wie der Mutterkern. Die Zahl der Chromosomen bleibt also bei allen Teilungen der Körperzellen dieselbe. Jedem Tier und jeder Pflanze kommt eine bestimmte Zahl von Chromosomen zu, welche man die Normalzahl nennt und mit dem Buchstaben  $n$  bezeichnet: z. B. hat der Borstentwurm *Ophryotrocha puerilis* 4 Chromosomen, die Maulwurfgrille 12, der Wasserkäfer *Hydrophilus piceus* 16, der Ruderfüßer-Krebs *Cyclops brevicornis* 22, der Salamander 24, der Seeigel *Strongylocentrotus lividus* 36, die Weinbergschnecke 48.

Es ist ferner bekannt, daß die Samenzellen (Spermatozoen) nur die halbe Zahl der Chromosomen enthalten  $\left(\frac{n}{2}\right)$  und daß für die Eizelle nach der Bildung der Richtungskörper dasselbe gilt. Wenn die Samenzelle in die Eizelle eindringt, so entsteht aus dem Kopf derselben ein Kern, der männliche Vorkern; dieser vereinigt sich mit dem in dem Ei liegenden Kern, dem weiblichen Vorkern, ein Vorgang, welchen man als die Befruchtung des Eies bezeichnet. Jeder dieser beiden Kerne bringt also die halbe Zahl der Chromosomen mit, so daß das Individuum, welches von dieser Befruchtung des Eies seinen Ausgang nimmt, die halbe Zahl der Chromosomen vom Vater erhält, die halbe Zahl von der Mutter. In vielen Fällen sind die beiden sich vereinigenden Vorkerne gleich in Größe und Aussehen, so daß schon der Anblick der Kerne uns an die Tatsache erinnert, daß der Vater in bezug auf die Vererbung einen ebensogroßen Einfluß hat wie die Mutter.

Trotzdem die Samenzelle ein mikroskopisch kleines Gebilde ist und von der Eizelle in vielen Fällen (wie z. B. beim Vogelei) an Größe mehrere Tausend mal übertroffen wird, bringt sie dieselbe Vererbungskraft mit wie die Eizelle. Daraus geht klar hervor, daß diejenigen Gebilde, an welche die Vererbungskraft gebunden ist, in der kleinen Samenzelle sozusagen in kondensierter Form vorhanden sein müssen. Der Kopf der Samenzelle geht aus einem Kern hervor, welcher (wie gesagt) die halbe Chromosomenzahl enthält. Anfangs kann man in diesem Kern die einzelnen Chromosomen noch erkennen, dann bilden sie allmählich ein Kernnetz, worauf dann der Kernsaft schwindet und der Kern zu dem schmalen Kopf der Samenzelle zusammenschrumpft. Offenbar ist die Substanz der Chromosomen der

wesentliche Bestandteil des Kopfes der Samenzelle, und muß folglich die Vererbung an diese Substanz gebunden sein.

Zwar sind die Chromosomen in dem Kopf der Samenzelle und überhaupt in jedem ruhenden Kern nicht als selbständige Gebilde zu erkennen, aber es ist doch anzunehmen, daß sie ihre Individualität stets bewahren<sup>1</sup>. Dies wird hauptsächlich durch die zahlreichen Fälle bewiesen, in welchen die Chromosomen von ungleicher Größe sind. Der Samenkern enthält in diesem Fall von jeder Größensstufe die halbe Zahl. Die Heuschrecke *Brachystola magna* besitzt nach den Beobachtungen von SUTTON unter ihren 24 Chromosomen 6 auffallend kleine; folglich hat die Samenzelle unter ihren 12 Chromosomen 3 kleine. Bei einem anderen Insekt, bei dem sogen. Ohrwurm (*Forficula auricularia*) fand einer meiner Schüler ebenfalls Chromosomen von ungleicher Größe, nämlich 16 große, 2 mittelgroße und 6 kleinere (abgesehen von den akzessorischen Chromosomen)<sup>2</sup>; die Samenzelle bekommt von jeder Sorte die halbe Zahl. Bei der Gartenschnecke und der Hainschnecke (*Tachea hortensis* und *nemoralis*) findet man unter den 48 Chromosomen zwei auffallend große, so daß die Samenzelle unter 24 Chromosomen ein großes erhält, was ebenfalls durch einen meiner Schüler, Dr. MAX KLEINERT, entdeckt wurde<sup>3</sup>. Ebenso fand BALTZER bei dem Seeigel *Strongylocentrotus lividus* unter 36 Chromosomen zwei lange hakenförmige, in den Samenkernspindeln unter 18 Chromosomen ein einziges derartiges<sup>4</sup>.

Wenn die Chromosomen von verschiedener Größe sind, besteht die Wahrscheinlichkeit, daß die einzelnen Chromosomensorten einen ungleichen Einfluß auf die Vererbung haben; man kann sogar vermuten, daß die Vererbung mancher Eigenschaften an die Chromosomen bestimmter Größe gebunden ist. Ich will hier auf dieses Problem nicht eingehen, sondern nur noch einen Beweis dafür vor-

---

<sup>1</sup> Th. Boveri, Ergebnisse über die Konstitution der chromatischen Substanz des Zellkerns. Jena 1904. — H. E. Ziegler, Die Vererbungslehre in der Biologie. Jena 1905. — Karl Heider, Vererbung und Chromosomen. Jena 1906. — V. Häcker, Die Chromosomen als angenommene Vererbungsträger. Ergebn. und Fortschr. der Zoologie. 1. Bd. Jena 1907.

<sup>2</sup> H. Zweiger, Die Spermatogenese von *Forficula auricularia*. Jenaische Zeitschrift. 42. Bd. 1906.

<sup>3</sup> Max Kleinert, Die Spermatogenese von *Helix (Tachea) nemoralis* und *hortensis*. Jenaische Zeitschrift. 1909.

<sup>4</sup> E. Baltzer, Die Chromosomen von *Strongylocentrotus lividus* und *Echinus microtuberculatus*. Archiv für Zellforschung. 2. Bd. 1909.

bringen, daß die Chromosomen überhaupt die Träger der Vererbung sind. Ein Schüler von Prof. BOVERI, der Privatdozent Dr. BALTZER in Würzburg, hat vor kurzem bei Seeigelbastarden folgende Beobachtungen gemacht (Zool. Anz. 35. Bd. 1909, Arch. f. Zellforsch. 1910).

Es gibt in Neapel verschiedene Arten von Seeigeln, deren jede eine ganz charakteristische Larvenform besitzt. Man kann diese Arten leicht bastardieren, indem man die Eier der einen Art mit dem Samen der andern Art befruchtet. Dabei entstehen meistens Mischbastarde, d. h. die Larvenform steht in der Mitte zwischen den Larvenformen der beiden Arten. In einigen Fällen hat sich aber merkwürdigerweise gezeigt, daß die Larven rein nach der mütterlichen Seite ausschlugen. Es schien also in diesen Fällen die Samenzelle gar keine Wirkung zu haben in bezug auf die Vererbung. BALTZER klärte nun diese auffallende Tatsache dadurch auf, daß die männlichen Chromosomen bei den ersten Mitosen zurückbleiben und infolgedessen aus den Kernen eliminiert werden.

Fig. 3 zeigt die Kernteilungsfigur im Stadium des Doppelsterns (Dyasters) bei der ersten Furchungsteilung des Eies von *Strongylocentrotus lividus*, welches mit dem Samen von *Sphaerechinus granularis* befruchtet wurde. Man sieht, daß ein Teil der Chromosomen



Fig. 3. Erste Teilungsspindel eines Eies von *Strongylocentrotus lividus*, das mit dem Samen von *Sphaerechinus granularis* befruchtet wurde. Nach Baltzer (Arch. f. Zellf. 5. Bd. 1910).

die Tochterplatten noch nicht erreicht hat und auf dem Wege zurückgeblieben ist. Diese Chromosomen werden folglich nicht in die entstehenden Kerne aufgenommen und sind also auch für alle folgenden Teilungen ausgeschlossen. BALTZER legt dar, daß die eliminierten Chromosomen von dem Samenkern herkommen und daß von dessen 18 Chromosomen 16 auf diese Weise außer Funktion gesetzt werden. Infolgedessen findet keine Vererbung von väterlicher Seite statt und zeigen die Larven nur mütterliche Eigenschaften.

Ich glaube nun genügend bewiesen zu haben, daß die Chromosomen bleibende Gebilde (sozusagen Individuen) darstellen und daß sie die Träger der Vererbung sind. Ich komme jetzt auf das Problem zurück, von dem am Anfang die Rede war, auf die Erklärung der Verschiedenheit der Kinder eines Elternpaares.

Der Mensch hat in jedem Zellkern des Körpers 24 Chromosomen (FLEMMING, DUESBERG). Die Kerne der reifen Sexualzellen enthalten die halbe Zahl, also 12 Chromosomen.

Bei der Befruchtung der Eizelle durch die Samenzelle kommen 12 Chromosomen der Mutter mit 12 Chromosomen des Vaters zusammen.

Dasselbe Verhältnis besteht in allen Körperzellen des Kindes; infolgedessen sind in jedem Kind stets Eigenschaften der mütterlichen Familie mit Eigenschaften der väterlichen Familie gemischt.

Wenn das Kind erwachsen ist, enthalten die reifen Sexualzellen (reife Eizellen oder Samenzellen) jeweils nur die halbe Zahl der Chromosomen (infolge der „Reduktion“, welche bei der Bildung der Richtungkörper und bei den letzten Teilungen der Spermatogenese stattfindet). In dieser halben Zahl braucht aber die Zahl der väterlichen und der mütterlichen Chromosomen nicht jeweils hälftig geteilt zu sein; vielmehr kann das Verhältnis ungleichmäßig sein.

Es unterliegt dem Zufall, ob im Einzelfalle unter diesen 12 Chromosomen mehr väterliche oder mehr mütterliche Chromosomen vorhanden sind. Die Wahrscheinlichkeitsrechnung ergibt folgende 13 Möglichkeiten und folgende Wahrscheinlichkeiten für die einzelnen Möglichkeiten<sup>1</sup>:

	Väterliche Chromosomen	Mütterliche Chromosomen	Berechnete Häufig- keit in Prozenten
1. Fall . . .	0	12	0,02
2. „ . . .	1	11	0,29
3. „ . . .	2	10	1,61
4. „ . . .	3	9	5,37
5. „ . . .	4	8	12,08
6. „ . . .	5	7	19,33
7. „ . . .	6	6	22,55
8. „ . . .	7	5	19,23
9. „ . . .	8	4	12,08
10. „ . . .	9	3	5,37
11. „ . . .	10	2	1,61
12. „ . . .	11	1	0,29
13. „ . . .	12	0	0,02

<sup>1</sup> Eine Erörterung dieser Möglichkeiten und Wahrscheinlichkeiten ist von mir zuerst angestellt worden (1905 und 1906) und kann ich dafür die Priorität in Anspruch nehmen. Da ich anfangs die Wahrscheinlichkeit noch nicht berechnen konnte, fand ich sie annäherungsweise durch Würfeln (1905). Die Formel für die Berechnung der Wahrscheinlichkeiten hat Dr. Otto Ammon angegeben (1906).



Es ergeben sich also für die Kinder einer Ehe 169 Möglichkeiten<sup>1</sup>, d. h. 169 verschiedene mögliche Veranlagungen; wenn man die seltenen Fälle 1 und 2, 12 und 13 der obigen Tabelle außer Betracht läßt, so ergeben sich immerhin noch 81 Möglichkeiten. Diese Möglichkeiten haben allerdings verschiedene Wahrscheinlichkeiten. Die relativ größte Wahrscheinlichkeit besteht für die Kombination des Falles 7 mit dem Fall 7, aber diese Wahrscheinlichkeit beträgt

nur  $\frac{22}{100} \cdot \frac{22}{100} = \frac{484}{10000}$ , also nicht ganz 5%. Für das Zusammentreffen des Falles 6 mit 6 oder 8 mit 8 beträgt die Wahr-

scheinlichkeit nur 3,74%, für 5 mit 5 oder 9 mit 9 nur 1,46%<sup>2</sup>. Würden also in einer Familie schon 5 Söhne vorhanden sein, in welchen diese 5 Möglichkeiten realisiert sind, so würde die Wahrscheinlichkeit, daß ein 6. Sohn genau dieselbe Veranlagung bekäme wie einer der älteren Söhne, nur gleich der Summe dieser Wahrscheinlichkeiten, also gleich 15,1%, sein.

Es sind also ganz übereinstimmende Geschwister zwar nicht unmöglich, aber relativ selten; sie bilden die Ausnahme, während die Regel ist, daß die Kinder einer Familie untereinander verschieden sind.

Ich glaube also gezeigt zu haben, daß die Verschiedenheit der Kinder einer Familie aus der Chromosomentheorie in befriedigender Weise erklärt werden kann.

<sup>1</sup> Dabei sind die Chromosomen als unter sich gleichwertig aufgefaßt; nimmt man aber an, daß die Chromosomen der Qualität nach unter sich verschieden seien (vergl. S. 491), so ergibt sich eine viel größere Zahl von Möglichkeiten.

<sup>2</sup> Für das Zusammentreffen des Falles 7 mit dem Fall 6 oder 8 ist die Wahrscheinlichkeit 3,34%, für den Fall 7 mit dem Fall 5 oder 9 nur 2,3%.



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg](#)

Jahr/Year: 1911

Band/Volume: [67](#)

Autor(en)/Author(s): Ziegler Heinrich Ernst

Artikel/Article: [Die Chromosomen als Vererbungsträger. 488-495](#)