

Die experimentelle Vererbungslehre. Eine wissenschaftstheoretische Betrachtung.

Von J. Herz, Wien.

Die Erblchkeitslehre unserer Tage geht auf eine spezielle Ausbildung der Bastardforschung, den Mendelismus, zurück und ist mit der Zellforschung verknüpft.

Ein Jahrhundert vor *Mendel* begannen die wissenschaftlichen Kreuzungsversuche an Pflanzen und Tieren, und es wurden etwa die folgenden Tatsachen festgestellt:

1. Unmittelbare Abkömmlinge von verschiedenen Arten sind einander gleich oder doch nicht mehr voneinander verschieden, als Abkömmlinge derselben Spezies.
2. Abkömmlinge von verschiedenen Arten sind von größerer Mannigfaltigkeit.
3. Abkömmlinge mehr verwandter Arten sind gewöhnlich durch größere Üppigkeit und stärkere Fortpflanzungsfähigkeit ausgezeichnet; Abkömmlinge von entfernteren Arten sind kümmerliche, auch in der Bildung der Keimzellen.
4. Reziproke Kreuzungen ergeben gleiche Produkte.
5. Reziproke Kreuzungen ergeben verschiedene Produkte.
6. Die der ersten Hybridengeneration folgenden Generationen sind ungemein ungleichartig und formenreich.
7. Die der ersten Hybridengeneration folgenden Generationen verhalten sich gleichartig und verbleiben beständig.
8. Die der ersten Hybridengeneration folgenden Generationen zeigen nur wenige verschiedene Formen und einen oder mehrere konstante Mitteltypen.
9. In späteren Generationen bilden sich meistens einige feste Typen heraus.
10. Streng genommen besteht keine Gleichheit unter den Individuen, jedoch ist die mehr oder minder große Nuancierung der hervortretenden Eigenschaften sprachlich nicht feststellbar.

Diese Tatsachen, die eine jahrzehntelange Forschungsarbeit gewonnen hat, widersprechen einander zum Teil geradezu, und in diesem Widerspruch ist der Grund zu suchen, daß ein allgemein gültiges Gesetz weder über die Stellung der Varietäten und Rassen zur Art und der Arten zueinander, noch über die Erblchkeit bei den Hybriden gegeben werden konnte. Alle Gesetze, die formuliert worden sind, entsprachen nur einem Teil der Tatsachen, widersprachen dem andern.

Die Folgerungen, die auf Grund von Erfahrungen bei der einen Gruppe gezogen werden konnten, waren bei einer anderen nicht anwendbar.

So ist es verständlich, daß die Bastardforscher als alleinige Experimentatoren im Bereiche der Biologie die große Streitfrage zwischen *Cuvier* und *Geoffroy-St. Hilaire* nicht entscheiden konnten; die gleiche Stellung zur Frage der Festigkeit oder Flüssigkeit der Arten nahmen vorher schon *Knight* und *Herbert*, später dann *Naudin* und *Godron* ein.

Mendel, dem die Arbeiten seiner Vorgänger bekannt waren, empfand den Mangel, „ein allgemein gültiges Gesetz für die Bildung und Entwicklung der Hybriden“¹⁾ auf Grund der bisherigen Befunde nicht aufstellen zu können und glaubte eine Entscheidung erst erwarten zu dürfen, wenn „Detailversuche aus den verschiedensten Pflanzenfamilien vorliegen“²⁾.

Offenbar war *Mendel* der Meinung, daß die Bastardierungsversuche vor ihm nicht mit jener Sorgfalt und in jenem Ausmaße unternommen worden waren, die er selbst bei den eigenen Untersuchungen anwenden sollte.

Es waren überaus mühsame Untersuchungen, wie *Mendel* seinen zu Berühmtheit gelangten Detailversuch an *Pisum* durchgeführt hat. Die Ergebnisse leiteten *Mendel* zur Aufstellung seines Gesetzes der Eigenschaftsverteilung in den Bastardgenerationen, u. zw. zur Einförmigkeit in der ersten Filialgeneration und zu einer bestimmten Proportion in den folgenden Generationen.

Vergleicht man das Ergebnis der Mendelschen Kreuzungsversuche mit den Tatsachen, die die Bastardforschung bereits geliefert hatte, so entspricht die Mendelsche Feststellung einem Teile der bereits bekannten Ergebnisse und widerspricht einem anderen Teile. *Mendel* konnte bestätigen, daß F_1 einförmig und in der Größe begünstigt ist; daß die reziproken Kreuzungen gleich sind, daß die späteren Generationen zwei beständige Typen aufweisen, und daß schließlich die Individuen aller Generationen genau genommen voneinander differieren.

Neu war auch nicht der Versuch einer zahlenmäßigen Feststellung von Eigenschaften der Bastarde im Vergleich zu den Ausgangsformen. Phänologen hatten bereits Zählungen vorgenom-

1) *Bateson*, Mendels Vererbungstheorien. Leipzig 1914. Adnex Seite 317.

2) Ebenda.

men, waren aber zur Aufdeckung einer Regelmäßigkeit in den numerischen Verhältnissen nicht gelangt. *Wichura* stellte Formeln auf, die die Verwandtschaftsnähe der Bastarde zu ihren Aszendenten klarlegen sollten. Und *Nägeli* kam auf Grund dieser Anregung gleichzeitig mit *Mendel* zu Formeln der Bastardierungsäquivalente, die in ihrer ziffernmäßigen Darstellung an bestimmte Formeln des Mendelismus erinnern.

Neu war an der Methode *Mendels* die Zählung der Pflanzen nach isoliert aufzufassenden Merkmalen, und neu war die Feststellung, daß diese Eigenschaften von F_2 ab in einer ganz bestimmten Proportion auftreten. Neu war auch die Hypothese *Mendels*, die das Gesetz der Eigenschaftsverteilung zu erklären hatte.

Mendel hob bei *Pisum* sieben Eigenschaften hervor, die sich leicht unterscheiden ließen, vernachlässigte aber jene, deren Unterschiede ineinander übergingen, die sich daher nicht leicht scheiden ließen. Es kamen also nur solche Merkmale zur Berücksichtigung, deren Variationsbreite gering ist, während alle anderen Eigenschaften mit größerer Variationsbreite unbeachtet blieben.

Da nun *Mendel* einige wenige Eigenschaften, die übrigens nicht ganz genau in ihren numerischen Verhältnissen übereinstimmen, untersucht hat, so ist es nicht ausgeschlossen, daß diese letzteren andere Verhältnisse aufweisen könnten als die behandelten. Es liegt daher das von *Mendel* nicht berührte Problem vor, weshalb sich nicht alle Eigenschaften gleich verhalten, und das weitere Problem, ob nicht dieser Unterschied der Variationsbreiten sich bei der Eigenschaftsverteilung in den nächsten Generationen irgendwie bemerkbar macht. *Mendel* berührte diese Fragen nicht, sondern beschränkte sich auf jene Merkmale, die nur im Extrem vorhanden sind und keine Mittelformen haben.

Die Ergebnisse der Mendelschen Kreuzungen wurden gelegentlich von Zeitgenossen als richtig angesehen und wurden nach der Wiederentdeckung bestätigt, es liegt aber auch eine Nachprüfung vor, die eine wesentliche Einschränkung des Gesetzes der Eigenschaftsverteilung bedeutet. *Zederbauer*³⁾ hat in einer wichtigen Abhandlung, die die zeitliche Verschiedenwertigkeit der Merkmale behandelt, und die die Klarstellung eines Moments, der *Zeit*, zur Erklärung der Dominanz gibt, bei einem Teile der von *Mendel* berücksichtigten Eigenschaften Mittelformen in den verschiedenen Generationen, selbst in F_1 beobachtet. Während *Mendel* z. B. die Samen nur als gelb oder grün bzw. glatt und runzelig beschreibt, findet *Zederbauer* außerdem auch Mittelstufen, wie grünlichgelb und gelbgrün bzw. schwachrunzelig.

Hier liegt ein Widerspruch vor, der einer Aufklärung bedarf. Treten wirklich Mittelstufen bei

einzelnen Eigenschaften auf, so hängt, wenn man sie nicht für sich betrachtet, viel davon ab, welcher Gruppe man sie zurechnet. Bei *Mendel* heißt es dagegen ausdrücklich, daß Übergangsformen nicht zur Beobachtung gelangt seien.

Es ist noch ein weiterer Widerspruch zu erwähnen. Die Generationen von F_2 ab oder nach *Mendels* Terminologie von der ersten Hybriden-Generation ab sollen sich gleich verhalten. Es treten hier nach *Mendel* immer die dominanten und rezessiven Individuen im Durchschnittsverhältnis 3 : 1 auf. Nun erwähnt *Mendel*: „Jene Formen, welche in der ersten Generation den rezessiven Charakter erhalten, variieren in der zweiten Generation in bezug auf diesen Charakter nicht mehr, sie bleiben in ihren Nachkommen konstant“⁴⁾.

Mendel gibt hierzu die Zahlenresultate von F_3 : „Unter 565 Pflanzen, welche aus runden Samen der ersten Generation gezogen wurden, brachten 193 wieder nur runde Samen und blieben demnach in diesem Merkmal konstant; 372 aber gaben runde und kantige Samen zugleich, in dem Verhältnis 3 : 1“⁴⁾. Ferner heißt es: „Von 519 Pflanzen, welche aus Samen gezogen wurden, deren Albumen in der ersten Generation die gelbe Färbung hatte, gaben 166 ausschließlich gelbe . . .“⁴⁾.

Die Generation F_3 soll sich in gleicher Weise verhalten wie F_2 . Bei F_2 ist aber das Ergebnis ein anderes: zwar ist die Proportion 2 : 1 ebenfalls vorhanden, aber die Eigenschaften sind nicht in der gleichen Weise auf die Pflanzen verteilt. *Mendel* berichtet darüber: „Bei gut ausgebildeten Hülsen, welche durchschnittlich 6 bis 9 Samen enthalten, kam es öfter vor, daß sämtliche Samen rund oder sämtliche gelb waren; hingegen wurden mehr als fünf kantige oder fünf grüne in einer Hülse niemals beobachtet“⁵⁾.

Es geht daraus hervor, daß auch rezessive Pflanzen Samen mit dominanten Eigenschaften erzeugten, und daß auch bei den homozygotdominanten Pflanzen Hülsen Samen mit rezessivem Charakter trugen. Denn *Mendel* spricht nur von einem „öftren“ Vorkommen, welcher Ausdruck bei einem Vorkommen in einem Viertel der Fälle nicht entspricht. Und noch deutlicher geht dieses Verhalten aus dem Satze *Mendels* hervor: „Als Extreme in der Verteilung der beiden Samenmerkmale an einer Pflanze wurden beobachtet bei dem 1. Versuche 43 runde und nur 2 kantige, ferner 14 runde und 15 kantige Samen. Bei dem 2. Versuche 32 gelbe und nur 1 grüner Same, aber auch 20 gelbe und 19 grüne“⁵⁾.

Aus dieser Bemerkung tritt klar hervor, daß in F_2 in bezug auf die Eigenschaften der Samen überhaupt keine homozygoten Pflanzen vorhanden waren, denn in keinem einzigen Falle gab es Pflanzen mit Samen nur einer Art. Dies bedeutet, daß Pflanzen, die den Stammformen

³⁾ *Zederbauer*, Zeitliche Verschiedenwertigkeit der Merkmale bei *Pisum sativum*. *Zs. f. Pflanzenzüchtung* 1914, Bd. 2.

⁴⁾ *Mendel*, Seite 327.

⁵⁾ *Mendel*, Seite 325.

gleichen sollen, zumindest Samen mit dem Merkmal der anderen Art erzeugen. Über analoge Verhältnisse bei anderen Merkmalen verläutet nichts; der Widerspruch aber im Verhältnis der Samen von F_2 und F_3 ist augenscheinlich.

So bietet das Mendelsche Gesetz der Eigenschaftsverteilung Gelegenheit zu Einwüfen; sie lassen sich aber auch gegen die Hypothese *Mendels* erheben, die zur Erklärung der Eigenschaftsverteilung gebaut wurde. Diese Hypothese besteht aus drei Annahmen. Die erste besagt eine Zurückführung jeder Eigenschaft auf einen in der Keimsubstanz befindlichen Faktor, die zweite Annahme besagt die vollkommene Unabhängigkeit der Faktoren voneinander bei Bindung und Spaltung und die dritte die selbständige und gleichartige Wirksamkeit der Faktoren in den Keimzellen.

Mit diesen Annahmen allein könnte man aber die Eigenschaftsverteilung in den einzelnen Generationen nicht erklären, und *Mendel* mußte, um die erhaltenen Proportionen zu deuten, noch eine Tatsache zur Erklärung herbeiziehen: die Dominanz bestimmter Merkmale über andere. Über das Wesen der Dominanz spricht sich *Mendel* gar nicht aus. Gerade das Rätsel, das zu lösen war, weshalb in der Deszendenz die Eigenschaften verschiedene Wertigkeiten haben, blieb bis heute ungeklärt. Wäre es möglich, die Ursache der Dominanz aufzudecken, so wäre für die Vererbungslehre wahrscheinlich das Wichtigste gewonnen.

Es trat also in der Mendelschen Hypothese zu einer atomistisch-lokalisatorischen Anschauung, gegen deren Bau auf Grund der Pisumbefunde nichts einzuwenden ist, die Wirksamkeit einer unerklärlichen Tatsache.

Diese Hypothese lag nicht nahe, obgleich etwa zur gleichen Zeit *Naudin* ähnliche theoretische Ansichten über die Erbllichkeit bei Bastarden vorgebracht hat. Während sonst auf Grund der loi de balancement oder ähnlicher Anschauungen allgemein eine Korrelation bei der Bildung tierischer und pflanzlicher Organismen angenommen wurde, behauptete *Mendel* die vollkommene Unabhängigkeit der die Eigenschaften bewirkenden Faktoren.

Mendel gründete seine Hypothese auf das Ergebnis seiner langjährigen und mühevollen Untersuchungen, im Wesen aber auf eine einzige Beobachtung, die mit Beobachtungen anderer Forscher an anderen Objekten im Widerspruche stand. Diese einseitige Induktion im Verein mit dem Mangel einer Erklärung des Wesens der Dominanz und der Ablehnung der Korrelation war es wohl, weshalb *Nägeli* sich der Hypothese gegenüber ablehnend verhielt, und war die Ursache des Stillschweigens, das *Mendels* Werke folgte. Auch die aufblühende Deszendenztheorie, besonders in der Form der Sektionslehre, mußte einer Anschauung ungünstig gegenüberstehen, deren Konsequenz eine Fortentwicklung organischer Formen leugnen mußte.

Vielleicht wirkte im gleichen ungünstigen Sinne der Ausgang der Phaseolusversuche, die in

einem wesentlichen Punkte mit dem Pisumversuch nicht übereinstimmten, und gar der Versuch an *Hieracium*, der mit Pisum überhaupt nicht übereinstimmte.

Die Krise, die um die Wende des Jahrhunderts in der Entwicklungslehre entstand, der Kampf, den die verschiedenen Formen dieser letzteren mit Erfolg gegeneinander führten, rief wieder jene Theorien hervor, die die Schwierigkeiten der Deszendenz und Transmutation besonders betonten. Und da war es die Mendelsche Arbeit, die durch ihre exakten Ergebnisse die Aufmerksamkeit auf sich lenkte. Da inzwischen auch die Zellforschung durch Untersuchungen an den Keimzellen Substrate entdeckt hatte, die als Träger der Vererbung gewertet wurden, so war eine Verbindung der Cytologie mit der Bastardforschung, wie sie *Mendel* inauguriert hatte, gegeben.

Die experimentelle Vererbungslehre steht seither im Zeichen dieser Verbindung. Es setzte eine außerordentlich lebhafte Untersuchungstätigkeit ein, und sie dauert noch fort. Betrachtet man gegenwärtig den Zustand dieses Teiles der Biologie, so bietet er das gleiche Bild dar, wie die Bastardforschung vor *Mendel*, soweit die Verteilung der Eigenschaften in den aufeinanderfolgenden Generationen und die Gleichheiten und Verschiedenheiten in jeder einzelnen Generation in Betracht kommen, wobei zu bemerken ist, daß durch die besseren Kenntnisse der Fortpflanzungsverhältnisse (Parthenogenese, Apogamie usf.) einige Widersprüche der älteren Literatur aufgelöst worden sind. Der Unterschied zur früheren Bastardforschung besteht darin, daß mit Hilfe von Modifikationen die allgemeine Gültigkeit der Mendelschen Grundanschauung nachzuweisen gesucht wird.

Bald nach der Wiederentdeckung der „Versuche über Pflanzenhybride“ zeigte es sich, daß der Pisumtypus zur allergrößten Seltenheit gehört, und daß, um ein widersprechendes Resultat deuten zu können, Änderungen und Zusätze gemacht werden mußten.

Vorerst wurde erwiesen, daß das Gesetz der Eigenschaftsverteilung selbst Ausnahmen besitzt. Neben dem Pisumtypus wurde der Zeatypus festgestellt, die beide als reguläre Typen aufgefaßt werden können; dazu kam dann der vielgestaltige Typus mit unvollkommener Dominanz, der eigentlich nichts weniger als einen Gegensatz zu den regulären bildet.

Um diese Mannigfaltigkeiten zu erklären, begann man mit Modifikationen an der Hypothese. Und diese Modifikationen sind derart weitgehend, daß man füglich zweifeln kann, ob die Hilfsannahmen mit den Grundannahmen überhaupt noch vereinbar seien. Es hat daher seine Richtigkeit, wenn man seither nicht mehr von Mendelismus schlechthin spricht.

Eine Fortbildung über *Mendel* hinaus besteht in einer näheren Bestimmung der Faktoren. Für *Mendel* waren diese substantieller Natur; seine

Zeit kannte nur anatomische und physiologische letzte Lebenseinheiten nur körperlicher Art. In der Folge verlieren diese Faktoren entweder zum Teil bei *Bateson* oder gänzlich bei *Johannsen* diese Substantialität. Ein prinzipieller Widerspruch liegt jedoch in diesen Änderungen nicht vor.

Viel schwerer wiegend sind aber jene Modifikationen, die den Faktoren, sei deren Natur wie immer beschaffen, zugewiesen werden. Schon *Mendel* selbst war durch die Ergebnisse bei *Phaseolus* veranlaßt, einem Faktor eine Wirksamkeit zum Hervorrufen von zwei Eigenschaften zuzuerkennen. Damit ist schon eine Grundannahme der Hypothese aufgehoben: die Repräsentation eines jeden Merkmals durch je einen Faktor.

In der Folge konnte man sich bei einer derartigen Modifikation nicht bescheiden; die zahlreich werdenden Änderungen verliefen nach zwei grundsätzlich verschiedenen Richtungen. Man läßt entweder die Grundannahme fallen, daß die Faktoren unabhängig sind, indem man annimmt, daß die Faktoren nicht zur gleichen Hälfte in die Keimzellen eingehen, oder man läßt die Grundannahme fallen, daß jedem Faktor nur ein Merkmal entspricht. Die letztere Modifikation besitzt wieder zwei Richtungen: Ein Faktor besitzt die Fähigkeit, mehrere Eigenschaften hervorzurufen, und nur mehrere Faktoren zusammen rufen eine Eigenschaft hervor. Die Zahl der Eigenschaften, die ein Faktor bewirkt, und die Zahl der Faktoren, die eine Eigenschaft bewirken, ist sehr verschieden. In einem Falle z. B. ist eine Anzahl von 20 Faktoren nötig, um eine Blütenfarbe zu erzeugen.

Hierbei tritt noch eine Komplikation ein, indem die Mehrwirksamkeit eines Faktors nicht etwa nur eine Gattung von Eigenschaften bedingt; ein Faktor ist imstande, zur gleichen Zeit quantitative oder morphologische oder physiologische Eigenschaften zu beeinflussen, wie auch umgekehrt eine Eigenschaft durch ungleichsinnige Faktoren bestimmt werden kann.

Im Laufe der Untersuchungen wurden verschiedene Faktorenarten festgestellt:

1. eigenschaftsetzende Faktoren, die Farbe, Form, Größe, Struktur u. ä. hervorrufen,
2. bedingende Faktoren, ohne deren Anwesenheit eine Eigenschaft nicht entstehen kann,
3. ändernde Faktoren, welche die Wirkung anderer Faktoren zu verändern imstande sind,
4. verteilende Faktoren, welche die Fähigkeit besitzen, die Verteilung von Farbe, von strukturellen Elementen usw. in verschiedene Organsysteme zu leiten,
5. verstärkende Faktoren, durch welche ein von anderen Faktoren hervorgerufenes Merkmal verstärkt wird,
6. hemmende Faktoren, welche das Auftreten einer Eigenschaft hemmen oder ganz und gar hindern,
7. Todesfaktoren, welche bei ihrem Vorhanden-

sein entweder den Keim oder die Frucht zum Absterben bringen,

8. Krankheitsfaktoren, welche den Organismus erst in einem späteren Zeitpunkte töten,
9. Vitalfaktoren, welche durch Mutation die Lebensgefährlichkeit für Keim und Organismus einbüßen,
10. Doppelfaktoren, die erst bei Mehrfachvorkommen wirksam werden,
11. Fehlfaktoren, die vor ihrer Wirksamkeit eliminiert werden,
12. Wechselfaktoren, die bei einfachem Vorkommen wesentlich anders wirken als in doppeltem. Z. B. bewirkt ein Faktor Tüpfelung, der Faktor in doppelter Zahl wirkt letal.

Damit ist die Zahl der Faktorenarten durchaus nicht erschöpft. Es ist dies gleichzeitig eine Illustration, um wie viel komplizierter der Neomendelismus bei Zunahme der Untersuchungen wird.

In diesem Zusammenhang ist es nicht möglich, die theoretischen Annahmen und die praktischen Anwendungen des Neomendelismus in der gleichen ausführlichen Weise zu besprechen, wie die des Mendelismus. Nur flüchtig und nur in einzelnen Punkten soll auf Schwierigkeiten hingewiesen werden, die nicht genügend berücksichtigt erscheinen.

Schon die Art, in der die Faktoren aufgefunden werden, gibt Anlaß zu Einwendungen. Durch eine graphische Darstellung der von der Zahl der festgestellten Eigenschaften abhängig gedachten Zahl der Erbfaktoren wird unter Berücksichtigung der Wirksamkeit der Dominanz ein theoretisches Verhältnis gewonnen. Die einfachen Formeln gehen auf *Mendel* zurück; kompliziertere Formeln gehören erst unserer Zeit an. Solche Formeln sind z. B. 13 : 3 bei Annahme von 1 Hemmungsfaktor und 1 Konditionalfaktor, oder 9 : 3 : 4 bei Annahme von 1 Konditionalfaktor und zwei von diesem abhängigen Faktoren. Solcher Formeln sind viele vorhanden.

Ergibt nun ein Bastardierungsversuch solchen bekannten Proportionen entsprechende Zahlen, so wird ohne weiteres die Konstruktion der Erbfaktoren vorgenommen, wobei man aber außer Betracht läßt, daß gleiche Wirkungen niemals auf gleiche Ursachen hinweisen müssen.

Eine vollkommene Übereinstimmung des Versuchsergebnisses mit einer theoretischen Formel ist nie gegeben; man begnügt sich schon mit einer sehr schwachen Ähnlichkeit. Selbst jene Fälle, in denen die theoretische Erwartung innerhalb der Fehlergrenze erreicht wird, gehört zu großen Seltenheiten. In den weitaus meisten Fällen ist die Übereinstimmung so wenig gut, daß oft die erhaltenen Resultate auf verschiedene theoretische Verhältnisse bezogen werden. Selbst in den Lehrbüchern, die Wert darauf legen, die besten Beispiele aufzunehmen, finden sich so abweichende Ergebnisse, daß sie als Stütze für eine Theorie kaum angeführt werden können.

Wie dehnbar solche Untersuchungen sind, möge ein Beispiel zeigen. Bei *Lathyrus odoratus* galt als theoretische Erwartung 9 : 3 : 3 : 1, gefunden wurde 232 : 112 : 83. Der Forscher erklärte dieses Verhältnis als annähernd 2 : 1 : 1 und schloß daraus, daß statt 4 Gameten nur 2 gebildet werden. „Eine Prüfung ergab, daß dies tatsächlich der Fall war, und damit schien die Richtigkeit der Theorie bewiesen zu sein“⁶⁾. Der Forscher gab aber später eine andere Erklärung, und diese letztere gilt nun.

Die Genauigkeit der Beobachtung selbst ist zweifelhaft. Von einem der bedeutendsten Forscher auf dem Gebiete des Mendelismus, *Bateson*, wird berichtet: „Zuerst wurde diese eine rote Blüte mit rundem Pollen als zufällige Mutation angesehen und nicht weiter beachtet und die übrigen Zahlen wurden als 2 : 1 : 1 gedeutet“⁶⁾. Erst als solche Beispiele sich mehrten, gelangte *Bateson* zu einer anderen Auffassung. In diesem speziellen Falle war theoretisch zu erwarten 258 : 123 : 123 : 2, gefunden wurde 226 : 95 : 97 : 1, „eine leidlich genügende Annäherung“⁶⁾, fügt der Referent hinzu. In einem anderen Falle wird das Resultat 145 : 130 als je eine Hälfte bezeichnet.

Die Richtigkeit der Deutung des empirischen Zahlenmaterials und damit der Feststellung der wirkenden Faktoren wird durch Rückkreuzung zu beweisen gesucht. Wenn man aber bedenkt, wie wenig die theoretischen Zahlen mit den empirischen übereinstimmen und wie wenig sicher eine Deutung ist, so ist die Richtigkeit der Probe nicht sehr schwerwiegend. Experimente sind viel liebenswürdiger, als man gemeinhin denkt.

Der Weg aber, wie man zur Annahme von Faktoren auch gelangt, wird, wie folgt, beschrieben: „Das Vorhandensein entweder von Letalfaktoren oder von Faktorenkombinationen, die nicht zusammenpassen und eine Entwicklung verhindern, muß immer dann geargwohnt werden, wenn die Resultate von Mendelspaltungen in unbegreiflicher Weise von den Erwartungen abweichen“⁷⁾.

Der Weg, den der Neomendelismus geht, ist nicht eine Theorienbildung auf Grund der aufgefundenen Tatsachen, sondern von der vorgefaßten Richtigkeit der Theorie werden Hilfsannahmen gemacht, um die empirischen Resultate zu deuten. Betrachtet man diese Hilfsannahmen, so sieht man auf den ersten Blick den Widerspruch zu den beiden ersten Grundannahmen *Mendels*. Die Weiterbildung widerspricht so stark, daß man die Bezeichnung der exakten Vererbungslehre als Mendelismus mit dem gleichen Recht gebraucht, wie man etwa das kopernikanische Weltsystem als neoptolemäisch bezeichnen wollte. Aber auch miteinander stehen die neuen Annahmen im Widerspruche.

Man kann den Glauben an eine Einheitlichkeit im Naturgeschehen aufgeben und der Meinung

sein, daß eine Gesetzmäßigkeit nur innerhalb einer mehr oder minder großen Gruppe von Erscheinungen vorhanden ist. Es ist aber nicht befriedigend, eine Gesetzmäßigkeit festzustellen, die etwa bei einer Kreuzung von *Oenothera Lamarckiana* mit *Oe. flavescens* in bezug auf die Vererbungsweise des Rotnervenfaktors und bei der Vererbung der Alkaptonurie beim Menschen vorhanden ist, während bei der Kreuzung der *Oe. Lamarckiana* mit anderen Varietäten eine ganz andere Gesetzmäßigkeit herrscht. Während bisher etwa 200 Kreuzungen der *Oenothera*-Gruppe beobachtet wurden, sind kaum sechs als mendelnd nachgewiesen worden, und dies nur unter der Berücksichtigung, daß es sich nicht um ein Mendeln im ursprünglichen Sinne handelt; in jedem Fall ist es ein anderer Typus, der beschrieben wird. Es ist daher nicht zu viel gesagt, daß ein Widerspruch bei den einzelnen Hilfsannahmen vorliegt, wenn fast für jeden zur Beobachtung gelangten Fall eine andere theoretische Erklärung, für viele sogar eine mehrfache, gegeben wird. Es sind jeweils ad hoc Erklärungen. Wenn nun die Gesetzmäßigkeit derart eingeengt wird, daß sie nur für einen Spezialfall oder bestenfalls für einige wenige Fälle gilt, so kann man nicht umhin, die Richtigkeit einer Hypothese anzuzweifeln, die fortwährend modifiziert werden muß, je weiter die Tatsachenbeobachtung fortschreitet⁸⁾.

Von den Grundannahmen *Mendels* blieb am längsten diejenige unangetastet, die besagt, daß die Erbfaktoren nach ihrer Vereinigung in F_1 in der nächsten Gametengeneration wieder spalten. Aber schon *de Vries* hat Kreuzungen beobachtet können, die den strengen Beweis liefern, daß Spaltung nicht eintritt, und seither sind so viele derartige Beobachtungen gemacht worden, daß auch dieser Bestandteil der Mendelschen Lehre nur für einen beschränkten Kreis von Tatsachen angenommen werden kann. Alle Erscheinungen, die unter dem Namen Massenmutation, Zwillingsbastardbildung, Kernchimären, Gonoklinie usw. gehen, sind direkte Gegenbeweise. Und wie die Grundannahmen von der Unabhängigkeit und Reinheit durch Änderungen vielfacher Art erweitert werden mußten, um die Hypothese zu retten, so wurden auch zur Stützung der Spaltungsregel Hilfsannahmen gemacht, wie z. B. die Faktorenprohibition, -substitution, -elimination und dergl. m.

Wer unter einer Hypothese den Versuch versteht, eine Reihe von Tatsachen derart zu erklären, daß ein gesetzmäßiges Geschehen vorzuliegen scheint, kann auch vom Neomendelismus nicht befriedigt sein.

Es kann nicht bezweifelt werden, daß *Mendels* Werk durch die Resultate der Zellforschung gestützt zu werden scheint. Die experimentelle Vererbungslehre steht und fällt mit bestimmten Annahmen der Chromosomenlehre. Die Vorgänge

6) *Plate*, Vererbungslehre. Leipzig 1913. Seite 235.

7) *Goldschmidt*, Der Mendelismus, Berlin 1920, S. 63.

8) Am besten unterrichtet über diese Verhältnisse *Lehmann*, Die Theorien der Önotharaforschung. Jena 1922.

bei der Reifeteilung und bei der Befruchtung sollen den Beweis für die Richtigkeit geben.

Vor allem gibt es eine Reihe von Forschern, die gegen die Annahme sind, daß die für die Vererbung fundamentalen Vorgänge im Kerne lokalisiert sind. Man findet im Lehrbuche von *Haecker* in unparteiischer Weise die Argumente gegen das Monopol des Kernes angeführt. Es ist daher, wenn das Protoplasma tatsächlich Einfluß bei der Übertragung von Eigenschaften besitzt, nur insofern eine Stütze für die gegenwärtige Vererbungslehre gefallen, als der Hinweis auf sinnenfällige Vorgänge nur mehr zu einem Teile gültig ist. Aber wenn auch der Kern ausschließlich Träger der Vererbung wäre, so ließen sich gegen die mendelistische Deutung der Chromosomenlehre Einwände erheben.

Sind die Faktoren in den Chromosomen enthalten, so müßte wohl angenommen werden, daß kompliziertere Organismen einen größeren Chromosomenstand besitzen, als relativ einfache. Es ist durchaus anthropomorph, zu glauben, daß das kompliziert ist, was uns kompliziert erscheint, oder auch umgekehrt. Da aber jedes Merkmal nach *Mendel* von einem Faktor bedingt ist, so ist der Schluß unerläßlich, daß das Vorhandensein von mehr Eigenschaften auch auf ein Mehr von Faktoren hinweist. Nun ist es eine sonderbare Tatsache, daß das Krebschen *Artemia* 168 Chromosome besitzt, während der Mensch deren nur 24 besitzt, ebensoviel wie die Lilie. Man könnte nun einwenden, daß in den Chromosomen eine verschieden große Zahl von Faktoren beherbergt sein könnte, und daß die Chromosomen bei den verschiedenen Arten der Größe nach variierten. Ein Beweis könnte aber für diese Behauptung nicht geliefert werden; und es ist eine Tatsache, daß bei gleicher Größe der Chromosomen der Mensch deren weniger zählt als der Affe.

Es ist eine Grundthese des Neomendelismus, daß der Chromosomenbestand für jede Art konstant ist. Nun wurden z. B. bei *Oenothera lutea*, die gewöhnlich 15 Chromosomen besitzen soll, von verschiedenen Forschern 16, 17, 22 bis 24, 23 bis 25, 26 bis 27, 26 bis 28 gezählt; bei *Oe. scintillans* beobachtete man eine Variation von 15 bis 21 Chromosomen, wobei zu beachten ist, daß diese Zählung an den Nuzellargewebszellen desselben Individuums vorgenommen wurde. Es gibt eine große Reihe solcher Beobachtungen. Die Meinung, daß es sich hierbei um einen Zerfall von Chromosomen handle, deren Zahl jedoch konstant sei, läßt sich angesichts der vielen Beobachtungen nicht halten, zumal, wenn man berücksichtigt, daß die Zählung von Chromosomen zu den schwierigsten Untersuchungen gehört. Klar ist es aber, daß bei einer variablen Zahl von Chromosomen eine Gesetzmäßigkeit bei den Reifungs- und Befruchtungsvorgängen im Sinne der Spaltungsregel nicht vorhanden sein kann.

Sind solche Variationen beim gleichen Individuum konstatiert, so ist die Variation bei verschiedenen Rassen und Varietäten und gar Arten

natürlicherweise noch bedeutender. Bei *Erigeron*-arten⁹⁾ wurden 18, 26, 27, 36, 52, 54 diploide Chromosomen festgestellt. Auch bei Tieren gibt es derartige Unterschiede, z. B. bei *Daphne*, von der 4 Arten je 9 Chromosomen haben, *Daphne odora* dagegen 14. Gerade an diesem Beispiele kann man die Willkürlichkeit sehen, die vor Tatsachen nicht viel Respekt besitzt. Die letztere Art wird einmal als triploide Art hybriden Ursprungs bezeichnet, da dreimal $9 = 27$ und zweimal $14 = 28$ ist; es wird 27 und 28 gleichgesetzt. Mit einer solchen Arithmetik ist alles beweisbar.

Die Zellforschung stellte zuerst die vollständige Gleichheit der Chromosomengarnituren der Zahl und Form nach in den Keimzellen der beiden Geschlechter innerhalb einer jeden guten Art fest. Bald aber wiesen verschiedene Forscher darauf hin, daß sehr häufig Ausnahmen zur Beobachtung gelangen. Die Nichtübereinstimmung in der Zahl führte zur Annahme des sogenannten Geschlechtschromosomes, das bald im Kern der männlichen, bald in dem der weiblichen Keimzelle auftritt. Das Geschlechtschromosom unterscheidet sich sodann auch in seiner Gestalt von dem übrigen Teile des chromatischen Bestandes, der formbeständig ist. Dieser Behauptung steht aber eine Reihe von Beobachtungen gegenüber, nach denen eine beträchtliche Variation in der Länge, der Dicke und in der Gestalt der einzelnen Chromosomen bei Individuen der gleichen Art oder Rasse zutage tritt. Auch dieser Sachverhalt spricht gegen die Annahme einer regulären Aufspaltung der Faktoren, seien diese selbständig oder gekoppelt.

Für die Anschauungen der experimentellen Vererbungslehre ist die äquatoriale Teilung der Chromosomen sehr wichtig, weil auf diese Weise die Bindung und Trennung der Faktorenpaare am besten verständlich gemacht werden kann. Bei *Oenothera*-arten, aber auch bei anderen Pflanzen ist aber sichergestellt, daß eine solche reguläre Anordnung bei den Teilungsvorgängen nicht erfolgt, sondern unregelmäßig ist, und daß auch die synaptischen Erscheinungen in verschiedener Weise ablaufen. Fügt man noch andere Abweichungen, die den als typisch bezeichneten Kernteilungen hinzugerechnet werden, noch bei: die verschiedene Lagerung der Chromosomen, die Unregelmäßigkeiten bei den Polwanderungen, so ist damit die Reihe der Schwierigkeiten noch nicht zu Ende, die der Mendelschen Hypothese in ihrer alten wie auch in ihrer neuen Form entgegenstehen.

Einen ausgedehnten Raum in der heutigen Vererbungslehre nimmt die Erklärung der Geschlechtsbestimmung nach der Mendelschen Lehre ein. Den Ausgangspunkt bildet die Tatsache, daß die beiden Geschlechter in ungefähr gleicher Menge erzeugt werden. Schon *Mendel* selbst berührte das Geschlechtsverhältnis bei *Lychnis* in einem Briefe an *Nägeli*, ohne aber weitere Be-

⁹⁾ *Winkler*, Parthenogenesis usw., Jena 1920, S. 153.

merkungen daran zu knüpfen. Die Grundannahme geht davon aus, daß bei der Rückkreuzung einer Stammform mit der rezessiven Form die Kreuzungsprodukte in bezug auf die Eigenschaften im Verhältnis 1 : 1 entstehen. Da die Sexualproportion annähernd das gleiche Verhältnis zeigt, so wird das eine Geschlecht als homozygot in bezug auf den Geschlechtscharakter angesehen, das andere als heterozygot. Eine Stütze für diese Anschauung liegt in dem Funde eines als Geschlechtschromosom gedeuteten überzähligen Chromosomes.

Die erste Zurückführung der Geschlechtsverteilung auf *Mendels* Hypothese durch *Castle* wurde aber bald modifiziert. Zuerst wurde im Ei ein Chromosom aufgefunden, das der männlichen Keimzelle fehlt; es wurde demnach das weibliche Geschlecht als homozygot aufgefaßt, das männliche als heterozygot. Bei anderen Untersuchungsobjekten wurde aber ein gegensätzliches Verhalten konstatiert, und demnach wurde das männliche Geschlecht als homozygot bestimmt. Schließlich wurde entdeckt, daß bei anderen Arten in der Zahl der Heterochromosomen kein Unterschied besteht, wohl aber in der Form, so daß man von X- und Y-Chromosomen zu sprechen begann. Es stellten sich dazu noch weitere Komplikationen ein, indem bis zu 11 X-Chromosomen im Kern gezählt wurden. Die Beobachtungen sind nicht eindeutig, da selbst bei demselben Objekte Variationen ermittelt wurden; so wird z. B. behauptet, daß in den Kernen des menschlichen Spermiums Heterochromosomen vorhanden sind und fehlen¹⁰⁾. Diese abweichenden Angaben der Zellforscher scheinen daher wenig Material zu einer Darstellung der Geschlechtsverteilung als mendelnder Spaltung zu liefern.

Die Annahmen vieler Forscher der experimentellen Vererbungslehre sind aber, selbst bei der Voraussetzung, daß die Ergebnisse der Zellforschung für sie sprechen, widerspruchsvoll¹¹⁾; es sprechen oben Tatsachen gegen sie. Man mag von statistischen Erhebungen sehr wenig halten, zumal wenn sie ad hoc zusammengestellte Zählungen an Tieren und Pflanzen berücksichtigen; man muß aber zugeben, daß die statistischen Erhebungen über das Geschlechtsverhältnis beim Menschen, die seit mehr als hundert Jahren vorgenommen werden, eine unbezweifelbare Tatsache darstellen. Es ist sicher, daß das G. V. beim Menschen, selbst wenn man einen Familienkreis von größerem Umfange betrachtet, 106 : 100 beträgt. Wenn auch aus dem Kreise des Neomendelismus darauf hingewiesen wird, daß durch selektive Momente Angehörige des einen Geschlechts mehrstürbiger sind als solche des anderen, so ist gerade beim Menschen erhoben worden, daß die größere Sterblichkeit das männliche Geschlecht betrifft. Bei Berücksichtigung der Totgeburten ändert sich das G. V. zu ungunsten des männ-

lichen Geschlechts; berücksichtigt man ferner auch die Fehl- und Frühgeburten — hier allerdings kann man von einer Genauigkeit der Statistik nicht sprechen —, so verschiebt sich die Proportion noch viel mehr im gleichen Sinne. Es unterliegt keinem Zweifel und es wurde auch schon ausgesprochen, daß die Zeugung des männlichen Geschlechts in viel größerem Maße erfolgt, so daß von einer vollständigen oder auch nur annähernden Gleichheit der beiden Geschlechter des Menschen gar keine Rede sein kann. Nichts ist sicherer als diese Tatsache, auch wenn ein exaktes Zahlenverhältnis nicht gegeben werden kann.

Dies ist ein objektiver Einwand gegen die mendelistische Deutung der Geschlechtsbestimmung. Viel unsicherer als beim Menschen sind die Zahlenangaben bei Tieren; aber auch bei diesen herrscht etwa mit Ausnahme beim Pferde ein ähnliches Übergewicht in der Zeugung des männlichen Geschlechts.

Was nun die vom Neomendelismus herangezogenen G. V.-Zahlen bei niederen Tieren und Pflanzen betrifft, so ist die Zahlenerhebung so unsicher, daß sie als Stütze nicht verwendet werden sollte, weder in positivem noch in negativem Sinne. Aber um nur ein Beispiel für die Unsicherheit vorzubringen, sei auf *Winkler*¹²⁾ hingewiesen. Ein befruchtetes Weibchen von *Lysiphlebus tritici* ergab das eine Mal ein G. V. von 4 : 22, ein anderes Mal 34 : 65, was die Norm sein soll. Angesichts solcher Zahlen ist die Meinung *Doncasters*, daß bei Nichtübereinstimmung mit den Mendelzahlen ein unglücklicher Zufall die Ursache eines solchen Verhältnisses sei, abzulehnen. So viele unglückliche Zufälle kann es gar nicht geben. — Es soll aber ein Zahlenverhältnis angegeben werden, das mit der Theorie übereinstimmen und eine numerische Gleichheit, die verlangt wird, aufweisen soll: ein G. G. von 148 : 100; wo beginnen denn dann die Ungleichheiten?

Die zeitlich letzte Verwendung der Mendelschen Prinzipien findet sich in der Pathologie des Menschen. Wie andere Eigenschaften jeglicher Art wurden auch Krankheiten und Mißbildungen dominanter, rezessiver, geschlechtsabhängiger Art festgestellt. Aber in diesem Gebiete ist die Verwendung Mendelscher Prinzipien, die Verwertung des Zahlenmaterials, die Erklärung der einzelnen Fälle, die Nichtberücksichtigung widersprechenden Materials noch viel unbefriedigender als in den anderen Teilen der Biologie.

Es ist vor allem auch die Möglichkeit der Vererbung einer Krankheit ein Problem. Wenn tatsächlich nach der neuen Anschauung eine Krankheit immer nur erblich übertragen werden kann, wie ist das Entstehen der Krankheiten, ihre Veränderlichkeit in bezug auf ihre Perniziösität und Ausbreitung oder auch ihr Verlöschen zu denken? Die letztere Frage wird verhältnismäßig einfach gelöst. „Daraus folgt, daß pathogene Erbfaktoren aus der menschlichen Rasse nur verschwinden,

¹⁰⁾ Vgl. *Plate*, Vererbungslehre, Leipzig 1913, S. 273.

¹¹⁾ Vgl. *Goldschmidt*, Mechanismus und Physiologie der Geschlechtsbestimmung. Berlin 1920, S. 75.

¹²⁾ *Winkler*, l. c. S. 97.

wenn ihre Träger keine Kinder hinterlassen¹³⁾.“ Wie Krankheiten aber entstanden sind, ist durch Mutation bestimmter Faktoren zu Krankheitsfaktoren erklärbar. Wen aber eine solche Art einer Erklärung nicht befriedigt, muß annehmen, daß es so viele Stammeltern geben muß, als Krankheiten vorhanden sind. Dies würde zur Annahme von mehreren hundert Menschenrassen führen oder zu einer noch weit größeren Anzahl, wenn die Medizin im weiteren Fortschreiten neue Krankheiten auffinden sollte. Aber auch diese Erklärung hat ihre Schwierigkeiten: wenn Krankheiten seit Jahrtausenden herrschen, so müßte ihre Gefährlichkeit geleugnet werden, da die Menschheit noch immer in Blüte steht.

Die Stammbäume, die zum Nachweis vorgeführt werden, enthalten fast nie passende Angaben; nicht selten ergeben zwei Stammbäume über eine Krankheit, daß diese dominant und rezessiv ist, z. B. Hypospadie. Wie werden die Zahlenverhältnisse gewertet? Da wurden z. B. bei Dermatitis 180 Kranke und 209 Gesunde gezählt, während 1 : 1 zu erwarten war. „Der Überschub der Gesunden erklärt sich wohl so, daß die Krankheit zuweilen nicht ausbricht¹⁴⁾.“ Bei Dermatitis bulbosa verhalten sich in einem Stammbaum die Kranken zu den Gesunden wie 15 : 14. Aber in diesem Falle wird zugegeben, daß entgegen der Mendelschen Regel Gesunde kranke Nachkommen haben, und zwar, wie der Referent bemerkt, weil bei sehr leichten Fällen dieser harmlosen Krankheit sie überhaupt nicht aufträte. Soll eine solche Erklärung akzeptiert werden? Selbst die in den Lehrbüchern gesammelten Beispiele sprechen durchaus gegen die Annahmen der neueren Vererbungslehre.

Ein viel behandelter Fall ist die stationäre Nachtblindheit; der Stammbaum zeigt 135 Kranke zu 242 Gesunden. Der Referent bemerkt in diesem Falle, daß infolge somatischer Einflüsse die Krankheit bei vielen Personen nicht ausgebrochen sei. Es wäre ermüdend, über ähnliche Beweise für die Gesetzmäßigkeit der Vererbung von Krankheiten und Mißbildungen weiter zu berichten.

Was die geschlechtsabhängige Vererbung betrifft, so werden hier Stammbäume beigebracht, die in den Zahlenangaben nicht gut stimmen und deren Korrektheit überhaupt in Frage steht. Wenn z. B. Farbenblindheit als nur beim männlichen Geschlecht vorkommend angegeben wird, so ist dies bestimmt unrichtig. Zwar kommt diese Anomalie beim weiblichen Geschlecht viel seltener, etwa um neun Zehntel weniger oft vor, ist aber nachgewiesen worden. Zu geschlechtsbegrenzten erblichen Krankheiten werden auch solche gezählt, denen ausschließlich Kinder zum Opfer fallen. In diesem Falle ist es selbstverständlich, daß Frauen, die zur Zeugung gelangen, diese Krankheit nie gehabt haben können.

Nun ist gegen die Übertragung der Mendel-

schen Prinzipien auf die erblichen Vorgänge beim Menschen überhaupt auch ein prinzipieller Einwand vorhanden, der nicht überwunden werden kann, selbst wenn alle anderen Einwände sich als gegenstandslos erweisen sollten. Die Mendelsche Hypothese ist nur auf Grund von Beobachtungen an Organismen mit Kollektivbefruchtung gewonnen worden. Während die Vereinigung und Spaltung der Faktoren nur den Mechanismus darstellen, durch welchen Merkmale hervorgerufen oder unterdrückt werden, besteht die Gesetzmäßigkeit des phänotypischen Verhaltens darin, daß alle Keimzellen notwendig oder viele auf Grund der Wahrscheinlichkeit sich derart miteinander verbinden, daß die erzeugten Individuen bestimmte Gruppen bilden. Wenn jede Keimzelle die Möglichkeit besitzt, mit jeder anderen zusammenzutreffen, so werden, wie Mendel nachgewiesen hat, die von ihm festgestellten Proportionen entstehen.

Sehen wir nun davon ab, daß der Mendelistische Vererbungsmodus nur in ein paar Fällen gilt, nehmen wir an, er würde vollkommen und genau für das Pflanzenreich und die niedere Tierwelt Geltung besitzen, so wäre die Hypothese dennoch unmöglich auf den Menschen anzuwenden. Geben wir selbst die Richtigkeit der Spaltungsregel für den Menschen zu, so liegt hier dennoch ein fundamentaler Unterschied vor. Der Mechanismus der Bindung und Spaltung der Faktoren in den Keimzellen wäre derselbe wie bei der Kollektivbefruchtung. Was wäre aber beim Menschen jenes Gesetz, das die Vererbung nach den mendelschen Prinzipien leitet?

Bei der Kollektivbefruchtung ist es die notwendige Vereinigung aller oder vieler Keimzellen, die die Gruppierung der Individuen bestimmt. Beim Menschen oder auch beim höheren Wirbeltiere tritt aber Einzelbefruchtung auf; von den Mehrlingsgeburten kann man ruhig absehen, da hier kein prinzipieller Unterschied zur Einzelbefruchtung vorhanden ist. Was soll nun die zu Tausenden und Tausenden bereiten Keimzellen derart leiten, daß im Laufe von Jahren und Jahrzehnten die Keimzellen nur derart zusammentreten, daß die Deszendenten ein Zahlenresultat nach den Mendelschen Regeln ergeben?

Wenn auch je die Hälfte der Samen und Eier einen bestimmten Faktor enthalten, welches Gesetz führt, wie der Mendelismus es vorschreibt, die Keimzellen so zu einander, daß die eine Hälfte der Kinder eine Eigenschaft besitzt, die der anderen Hälfte fehlt? Oder daß eine Eigenschaft in einem anderen numerischen Verhältnisse bei der Filialgeneration erscheint?

Die Stammbaumforschung ist noch nicht so weit vorgeschritten, um ihr einen Beweis entnehmen zu können; aber eine allgemein bekannte Tatsache kann angeführt werden.

Hätte der Neomendelismus wirklich auch recht, daß das Geschlechtsverhältnis 100 : 100 beträgt, wie ist es zu erklären, daß in den einzelnen Familien alle möglichen Verhältnisse der Ge-

¹³⁾ Plate, l. c. S. 395.

¹⁴⁾ Plate, l. c. S. 354.

schlechter von 100 : 0 und 0 : 100 existieren? Wenn wirklich die Hälfte der Keimzellen — es ist gleichgültig, ob der männlichen oder der weiblichen — das Heterochromosom besitzt, wie kommt es, daß nicht die Hälfte der Deszendenten männlichen und die andere Hälfte weiblichen Geschlechts ist, sondern alle möglichen Proportionen aufzufinden sind? Also wenn selbst das Geschlecht durch die Anwesenheit eines Geschlechtschromosomes entschieden wird, welches Gesetz herrscht bei der wechselnden Geschlechtszahl in den Familien, welches Gesetz ruft die Sexualproportion einer größeren Volksgruppe hervor? Bei Organismen mit Kollektivbefruchtung läßt sich das G. V. bei den Nachkommen eines einzigen Paares verstehen, nicht aber bei Arten mit Einzelbefruchtung.

Nicht anders als bei der Geschlechtsentstehung dürfte es bei der Übertragung anderer, normaler und pathogener, Eigenschaften beim Menschen zugehen. Es dürften sich auch bei Übertragung von Krankheiten alle möglichen Zahlenverhältnisse vorfinden.

Wenn daher die Neomendelisten die Richtigkeit ihrer Lehre dadurch zu beweisen suchen, daß sie die Formen einer künftigen Generation voraussagen, so ist dies nur im Bereich der kollektiv befruchtenden Organismen denkbar, durchaus aber nicht beim Menschen. Man kann nur sagen, eine Eigenschaft könne hervortreten oder auch nicht: eine solche Antwort enthält aber nicht viel von Wissenschaft.

Wenn die moderne Erbliehkeitsforschung mehr sein will als eine Tatsachensammlung, dann hat sie mit der Anwendung der Mendelschen Hypothese, die schon im Bereich der niederen Organismenwelt eine sehr beschränkte Geltung hat, auf die Vorgänge in der Biologie des Menschen nichts gewonnen. Die Überzeugung, daß immer und überall Faktoren sich verbinden, um wieder abzuspalten, gilt keinem Gesetze eines Geschehens, sondern nur einem Mechanismus des Geschehens. Die Frage, wie etwas geschieht, ist eine ganz andere als die, warum etwas geschieht. Und nur diese letztere ist die Frage eines wissenschaftlichen Erkennens.

Es gibt sogar einen Einwand prinzipieller Natur gegen das Hauptbollwerk des Neomendelismus, gegen die Lehre von der Spaltung der Faktoren in den Keimzellen der folgenden Generationen. Die Zellforschung hat bei einigen Objekten den Nachweis einer Keimbahn geführt, d. h. den Nachweis, daß vom befruchteten Ei bis zur Erzeugung des Keimmaterials des neu entstandenen Organismus eine direkte Zellfolge besteht. Angenommen, daß die Keimbahn eine Eigenschaft aller sexuell fortpflanzenden Organismen sei, so wird dies als eine Stütze für die Annahme angesehen, daß die Erbsubstanz unverändert in die nächste Generation übertragen wird. Hat daher der Erbsubstanz ein Faktor gefehlt, so fehlt er auch der Erbsubstanz der Deszendenten. Auf diese Weise wird die Kontinuität der Ver-

erbung von Eigenschaften und die Persistenz von Eigenschaften durch Generationen hindurch erklärt. Nun ist dem entgegenzuhalten: wenn auch eine solche Übertragung stattfindet, so ist ein Punkt nicht zu übersehen.

Ein befruchtetes Ei enthält ein bestimmtes Quantum an Erbsubstanz. Nun erfolgt die Entwicklung, und es entstehen je nach dem Geschlecht des werdenden Organismus Samen oder Eier in einer Zahl, die je nach der Art sehr verschieden sein kann. Nach einer Angabe¹⁵⁾ wurden in den beiden Ovarien eines 17jährigen Mädchens etwa 35 000 Follikel geschätzt, wobei zu bemerken ist, daß von der Geburt an die Zahl der Eier sich fortwährend vermindert. Ohne weiter auf die weit höheren Zahlen bei anderen Organismen Rücksicht zu nehmen, folgt schon aus dieser Beobachtung, daß eine befruchtete Eizelle ein vielzehntausendfaches des eigenen Kerngehaltes erzeugt. Es wird also die Erbsubstanz außerordentlich vervielfacht, denn jede neue Keimzelle besitzt die Fähigkeit, nach der Befruchtung einen Organismus der gleichen Art zu erzeugen. Wenn daher eine befruchtete Eizelle z. B. 100 Faktoren besitzt — für den Menschen keine übermäßige Annahme —, so entstehen 35 000 neue Faktorenbestände. Es gelangt daher in der neuen Generation in jede Keimzelle der 35 000. Teil des Faktorenbestandes, und da die Faktoren als solche nicht fehlen können, so muß angenommen werden, daß sie einer überaus großen Teilbarkeit fähig sind. Eine weitere Konsequenz wäre dann, daß ein Faktor und sein 35 000. Teil das gleiche Merkmal hervorzurufen imstande sind. Wenn man noch berücksichtigt, daß die männlichen Keime in einer bedeutend höheren Zahl erzeugt werden, so wäre die anzunehmende Faktorenteilung noch viel weitergehend. Soll doch der Mann während der Zeugungsfähigkeit ungefähr 340 Billionen Spermien produzieren können. Daß in Wirklichkeit nur wenige Keime zur Entwicklung gelangen, ist kein Gegeneinwand, denn jeder oder fast jeder Keim besitzt die Entwicklungspotenz.

Wollte man nun gar die Kontinuität der Erbsubstanz auf weitere Generationen ausdehnen, so käme man zu unvollziehbaren Zahlen. Diese Überlegungen zwingen daher zum Schlusse, daß es eine Kontinuität in der Erbsubstanz nicht geben könne, daß eine Spaltung *derselben* Faktoren, die sich vorher vereint haben, *unmöglich* statfinde. Die Faktoren einer Generation und die der nächsten Generation sind wesentlich voneinander verschieden; sie sind überhaupt nicht vergleichbar, und alle Folgerungen, die der Spaltungsregel angeschlossen werden, sind daher ohne jede Bedeutung.

Nach diesen Ausführungen, die übrigens noch nicht alle Argumente gegen die gegenwärtige Erbliehkeitslehre vorgebracht haben, bleibt zum Schlusse nur mehr übrig, die Motive aufzudecken,

¹⁵⁾ Bonnet, Entwicklungsgeschichte, Berlin 1918, 3. Aufl., S. 37.

die zur Festhaltung einer weder den Tatsachen entsprechenden, noch auch logisch befriedigenden Hypothese führen.

Die Hypothese, die *Mendel* schuf, gab eine elegante Lösung einer Frage, die mit genialer Intuition an die Natur gestellt worden war; die Lösung widersprach, wie früher ausgeführt wurde, den biologischen Anschauungen der damaligen Zeit. Mit dem Niedergang der Selektionslehre, d. h. mit dem Festhalten an der Deszendenztheorie als einem bloßen Postulate kausaler Befriedigung und mit der Unmöglichkeit, eine Evolution empirisch nachzuweisen, entstand die Ansicht von neuem, daß die Lehre von der Transmutation der Organismen aus dem Bereiche wissenschaftlichen Denkens auszuschneiden habe. Es mußte nun eine Lehre, die den experimentellen Nachweis einer Unüberführbarkeit von Organismengruppen auseinander führte oder zu führen schien, das besondere Interesse der Naturforschung für sich gewinnen. Man kann daher verstehen, daß man, statt zu untersuchen, weshalb die Mendelschen Regeln nur für einen kleinen Ausschnitt des Naturgeschehens Geltung haben, daran ging, diese Regeln unter Aufwand größten Fleißes und vielen Scharfsinnes durch Hilfsannahmen aller Art als universelles Geschehen hinzustellen.

Nun zeigt die wissenschaftliche Tätigkeit seit jeher den gleichen Aspekt: auf eine neue Entdeckung folgt eine steigende Beschäftigung mit dem Fragenkomplex, eine Bearbeitung der Probleme mit Vernachlässigung der widerstrebenden Tatsachen oder mit dem Hinweis, daß die Forschung späterer Zeiten den Widerspruch auflösen werde, eine Außerachtlassung anderer Richtungen, ein sehr starkes Anwachsen der entsprechenden Literatur, — kurz, man könnte vom Lawinencharakter der wissenschaftlichen Tätigkeit sprechen, womit natürlich auch das Ende verbunden ist. Genau das gleiche war bei der Se-

lektionslehre zu sehen, oder im Bereiche der Medizin bei der lokalisatorischen Pathologie. Man muß Moden auch in der Wissenschaft anerkennen; und auch der Mendelismus ist eine Mode.

Kann als erstes Motiv für das Aufblühen des Neomendelismus das Versagen der verschiedenen Richtungen der Deszendenzlehre als empirisches Richtung angesehen werden, so ist ein weiteres Motiv in einer bestimmt gerichteten Entwicklung der Zellforschung zu suchen. Mit dem Eindringen in die feineren Vorgänge der Zellmechanik gelangte man zur Annahme kleinerer Lebenseinheiten, durch deren Zusammenwirkung die biologischen Vorgänge in den Zellen und den Zellverbänden verständlich gemacht werden sollten. Damit ist die Richtung zur Präformation gegeben; denn es werden, wenn auch nicht mehr ähnliche Formen, immerhin Repräsentanten für einzelne Gebilde und Zustände angenommen. Nun stellt der Mendelismus sogar ein Extrem der präformativen Forschungsrichtung dar und stimmt dadurch mit der Biologie der Gegenwart überein, die der epigenetischen Richtung recht abgeneigt ist.

Ein drittes Motiv etwa liegt in der Vorliebe unserer Zeit für das Mathematische, für das Zählen, Messen, Wiegen, für das recht Exakte. Der Neomendelismus ist nun so recht für alle diese Forschungsmethoden geeignet.

Man versteht nunmehr vielleicht die überragende Stellung, die sich der Mendelismus zu erwerben gewußt hat; sie steht in keinem Verhältnis zur Erkenntnisleistung. Trotzdem wird man ihm aber sein Verdienst nicht schmälern wollen; er hat wie jede andere wissenschaftliche Richtung eine jener Fragen, die vielleicht unerforschlich sind, von einer Seite behandelt; er hat das Mißgeschick, eine Lösung nicht gefunden zu haben und hat den Trost, daß andere Richtungen nicht glücklicher gewesen sind und — glücklicher sein werden.

Psychologische Mitteilungen.

I.

In der Psychologie der letzten Jahrzehnte ist wohl kaum ein Faktor so ausgiebig zur Theoriebildung herangezogen worden wie die **Gewohnheit**, die als Kern der „Erfahrung“ das Fundament der Assoziationstheorie abgab. In ihr wird die Gewohnheit zu einem Motor seelischen Geschehens: Sind mehrere Inhalte oft zusammen erlebt worden, so werden bei Auftreten von einigen möglichst auch die übrigen nachgezogen. Die These wird trotz scharfer Gegnerschaft auch heute von einer Reihe von Psychologen aufrechterhalten und als grundlegend betrachtet; die experimentellen Stützen für sie und eine Reihe speziell aus ihr abgeleiteter Folgerungen bilden besonders eine Anzahl von Prüfungen des Lernens sogenannter sinnloser Silben.

K. Lewin hat die These neuerdings gerade auf diesem eigenen Arbeitsgebiet jener Experimentatoren selbst in verschärfter Untersuchung wieder geprüft und eine äußerst wichtige Klärung erreicht. (*Kurt Lewin*, Das Problem der Willensmessung und das Grundgesetz der Assoziation. Psychologische Forschung, Bd. I,

S. 191—302 und Bd. II, S. 65—140.) Er ging von einem klar umgrenzten Teilproblem aus, nämlich von der Messung der Hemmung, die eine entgegen einer bestehenden starken Assoziation durchgeführte Tätigkeit von dieser her erleiden soll. In sehr sorgfältigen und weitgehend variierten Versuchen zeigte er, daß eine solche Hemmung durchaus nicht da eintritt, wo sie nach dem Assoziationsgesetz eintreten müßte. Dagegen ließen sich solche Hemmungen in Experimenten erzielen, in denen sie nach dem Assoziationsgesetz nicht so hätten auftreten dürfen, in denen aber ihr Auftreten von andersartigen Faktoren gefordert wurde, auf die *Lewin* durch die Selbstbeobachtung der Versuchspersonen geführt wurde. Im Verfolg dieser Experimente konnten bestimmte assoziations-theoretische Thesen ausgeschlossen, bisher unbekannte Faktoren aufgezeigt und in ihrer Wirkung bestimmt werden. Hier soll nur davon die Rede sein, wie sich das Problem der Gewohnheit nach *Lewin* darstellt, wenn man die gewonnenen Ergebnisse in Betracht zieht.

Er ist der Meinung, daß jener alte Gewohnheits-

begriff, der ja nur eine exakte Formulierung des populären Begriffs ist, für das Verständnis von Tätigkeiten nicht herangezogen werden darf: eine Assoziation stellt keine bewegende Kraft für Tätigkeits- oder Wissenskomplexe dar. Als Motor muß eine auf einem Trieb oder einem willensmäßigen Akt beruhende Zentrierung vorhanden sein, damit etwa eine Reproduktionstendenz eintritt.

Bei *Trieb- oder Bedürfnisgewohnheiten* erkennt man eine ganze Reihe charakteristischer Merkmale: Die auslösenden „Reize“ sind selbst Mittel zur Befriedigung, sie werden unter Umständen extra aufgesucht; die Wahrnehmung des „Reizes“ reizt zur Befriedigung, aber nur wenn der Trieb oder das Bedürfnis wirklich vorliegt, andernfalls bleibt er gleichgültig oder erregt, bei Sättigung oder Übersättigung, eventl. Ekel. Soll eine solche Gewohnheit willentlich beseitigt werden, so ist alle Mühe, die bloße Befriedigungshandlung zu beseitigen, ein „Herumkurieren an Symptomen“; es kommt auf die Beseitigung oder Umformung des Bedürfnisses oder Triebes selbst an, der eben die eigentlich bewegende Kraft des Geschehens ist.

Umgekehrt ist es bei der Beseitigung von *Ausführungsgewohnheiten*, denen nicht ein Trieb, sondern auf Grund eines Willensaktes eine Tätigkeitsbereitschaft zugrunde liegt; hier handelt es sich nur um das Umlernen bestimmter Ausführungstätigkeiten, nicht ihrer Motivation. Ein Beispiel für eine Ausführungsgewohnheit, die Tätigkeitsbereitschaft und das Verhältnis zur Assoziationstheorie der Gewohnheit ist folgendes: Gibt man einem Erwachsenen die Instruktion, eine Türklinke nicht wie gewöhnlich herunter-, sondern heraufzudrücken, so wird er keinerlei Hemmung gegen diese ungewohnte Bewegung haben, auch wenn er gerade diese Tür sehr häufig mit der umgekehrten Bewegung öffnet. Ändert man dagegen das Schloß dieser Tür derart, daß man die Klinke heraufdrücken muß, um die Tür zu öffnen, so wird die Vp recht häufig den Fehler machen, die Klinke herunterzudrücken, trotzdem sie den Sachverhalt kennt, wenn sie in das andere Zimmer gehen will. Dieses: in das andere Zimmer gehen ist dabei als „Gesamtstätigkeit“ intendiert, und die Vp „benutzt einen ihr geläufigen Tätigkeitskomplex als Ausführungstätigkeit, in der die falsche Teiltätigkeit noch unkorrigiert enthalten sein kann, auch wenn der Vp an und für sich die Art des Türöffnens in diesem speziellen Fall bereits bekannt ist“. Wenn dieser alte Tätigkeitskomplex eine Wandlung durchmacht, kann die Fehlhandlung vermieden werden.

Nun sind „Fälle zur Genüge bekannt, wo eine Gewohnheitshandlung, die ursprünglich auf einem Trieb beruhte, zu Zeiten, wo dieser Trieb erloschen ist, als „leere Gewohnheitshandlung“ weiter ausgeführt werden kann, und man könnte glauben, daß hier also doch die Gewohnheit selbst als bewegende Kraft auftritt. In Wirklichkeit sind diese Fälle so zu erklären: Die ursprünglichen Bedürfnisbefriedigungen sind ebenso wie etwa regelmäßig auftretende Willenshandlungen in die allgemeine „Tageseinteilung“ resp. „Lebensgestaltung“ mit aufgenommen worden. Wie beim täglichen Aufwachen, Ins-Büro-Gehen usw. sind bestimmte Tätigkeitsbereitschaften entstanden, und diese können — jedenfalls für eine gewisse Zeitspanne — als Teil dieser „willensmäßig bedingten Tageseinteilung“ auch dann noch bestehen bleiben, wenn das Bedürfnis, das die ursprüngliche Veranlassung dafür war, erloschen ist.“

Levin kommt von diesen Untersuchungen aus zu interessanten theoretischen Ansätzen zur Psychologie des Übens. Und er betont gegenüber den Faktoren,

die der Gewohnheit irgendwie nahestehen, noch ein anderes Moment: „Wenn man einen Roman gelesen hat, einem Gedankengang gefolgt ist, eine Gebirgstour gemacht hat oder ähnliches, so wird man mit Recht sagen können, man habe etwas „gelernt“, ohne daß damit gemeint wird, bestimmte Reproduktionsprozesse seien geübt worden. Einen wesentlichen Effekt eines solchen Erlebnisses bildet vielmehr etwas, was man als „Änderung des subjektiven Weltbildes“ bezeichnen kann. Ein solches Lernen braucht gar nicht notwendig in einem „Reicherwerden“ des Weltbildes zu bestehen: nicht minder wesentlich kann das Streichen eines bis dahin angenommenen Sachverhalts sein oder eine Umgruppierung.“ Die Leichtigkeit oder Schwierigkeit dieses Lernens gründet wesentlich in den Bedingungen des Gebietes, zu dem der „Stoff“ subjektiv sachlich gehört, und hier liegt der Grund, daß solches Lernen und Erinnern in Beziehung zur Intelligenz steht.

II.

Zu einer Prüfung von Faktoren, die in der Theorie des „Vorstellungsablaufes“ eine wichtige Rolle spielen, untersuchte Wulf die Veränderung der Erinnerungsbilder von optischen Figuren. (F. Wulf, Über die Veränderung von Vorstellungen. Nr. 6 der „Beiträge zur Psychologie der Gestalt“, herausg. von Koffka. Psychologische Forschung, Bd. I, S. 333–373.) Er fand, daß zwei charakteristische, einander entgegengesetzte Richtungen der **Vorstellungsveränderung** auftreten, die er als „Präzisierung“ und als „Nivellierung“ bezeichnet. Im ersten Fall werden im Erinnerungsbild an den Figuren Ecken verschärft, Beugungen vertieft, Asymmetrien vergrößert, Längen gedehnt usw., im zweiten Fall Schärfen gemildert, Schiefheiten, Asymmetrien ausgeglichen. „Die Gestalten tendieren also nach bestimmten ausgezeichneten Formen.“ In beiden Fällen werden die Formen übersichtlicher, klarer, prägnanter, „besser“. Wulf zeigt, daß bei diesen Veränderungen gerade die „großen Züge der Gestalt“, die „groben Strukturprinzipien“ erhalten bleiben, daß von einem Verwischen der Unterschiede zwischen verschiedenen Figuren oder einzelnen Figurteilen in der Erinnerung nicht die Rede sein kann. „Das, was im Gedächtnis zurückbleibt, das physiologische „Engramm“, ist demnach nicht als unveränderlicher Eindruck zu denken, der nur im Lauf der Zeit immer verschwommener würde, wie eine Ritzzeichnung auf einem Pflasterstein. Dies Engramm erleidet vielmehr Veränderungen auf Grund von Gestaltgesetzen. An Stelle der ursprünglich wahrgenommenen Gestalten treten im Lauf der Zeit in gewisser Hinsicht veränderte, und diese Veränderungen betreffen die Gestalten als Ganze.“

III.

Die lange umstrittene Frage, ob es im Sehraum streng simultan ein **Hintereinander auf derselben Sehrichtung** gibt, ob wir ein Objekt durch ein anderes hindurch so sehen können, daß das vordere als durchaus geschlossene Fläche erscheint und dabei die Farben der beiden Objekte ohne Mischung getrennt gesehen werden, ist durch experimentelle Studien von W. Fuchs eindeutig entschieden worden. Er hat gezeigt, daß dieser Fall eintreten kann, und daß die Bedingungen für sein Eintreten von bestimmt angebbaren Gestaltfaktoren abhängen. (Wilhelm Fuchs, Experimentelle Untersuchungen über das simultane Hintereinandersehen auf derselben Sehrichtung. Ztschr. f. Psychol. Bd. 91, S. 145–235.)

Betrachtet man z. B. ein blaues Rechteck und bringt durch Zuspiegelung mit einer Spiegelglasplatte das Bild

eines gelben Rechtecks hinter das blaue, so ergeben sich folgende Fälle: Liegt die *kleinere* Fläche vor der *größeren*, so erscheint die kleinere undurchsichtig und verdeckt den entsprechenden Teil der dahinterliegenden größeren. Sind beide Flächen gleich groß und liegen sie so, daß sie sich in ihren Konturen genau decken, so erscheint nur *eine* Fläche, deren Farbe die Mischfarbe aus den beiden Farben der Flächen ist. Liegt die größere Fläche vor der kleineren, so ergibt sich Durchsichtigkeit der vorderen Fläche, wenn beide Flächen als *Ganzgestalten* gesehen werden, dabei wird dann Gelb hinter Blau gesehen; wird aber in dieser Konfiguration der sehrichtungsgleiche Teil der beiden Flächen isoliert herausgefaßt, so gibt es keine Durchsichtigkeit, und das isolierte Stück erscheint in der Mischfarbe. Bei Durchsichtigkeit der blauen Fläche erscheint die durchsichtige Partie und die angrenzende Zone lockerer, flächenfarbiger, bildet aber mit den anderen Teilen der Fläche, dem „Rahmen“, *eine* unterbrochene Fläche.

Durchsichtigkeit ergibt sich aber auch bei Vornliegen der kleineren Fläche, nämlich dann, wenn die kleinere in ihrer Lage nicht allseitig von der größeren umschlossen ist, sondern nach einer Seite zu überragt. (Liegen dabei die Flächen recht schief zueinander, so ist damit die Erscheinung von zwei einzelnen getrennten Raumgestalten besonders klar.)

Für das Zustandekommen oder Nichtzustandekommen der Durchsichtigkeit sind die objektiven und die subjektiven Gestaltsfaktoren entscheidend; objektiv die Lage und Form der Flächen zueinander, subjektiv das Sehen von in sich geschlossenen Flächenganzen, Herausfassen von Teilflächen von besonderer Form oder Farbe. Durch Veränderung *eines* dieser Faktoren kann schon bestehende Durchsichtigkeit ohne weiteres aufgehoben werden; z. B. durch scharfes Herausfassen von Punkten oder Konturen, des „gemeinsamen“ Bereichs der beiden Flächen oder des überragenden Stückes der einen Fläche als *isolierte* Flächen ohne strukturelle Bindung mit dem Ganzen (ohne daß die objektiven Faktoren verändert zu werden brauchen). Wird eine kleine gelbe Fläche vor einer größeren blauen Fläche exponiert, so daß die kleinere Fläche nicht überragt, also die kleine gelbe Fläche undurchsichtig einen Teil des Blau verdeckt, und *invertiert man nun* (monokular), so tritt, wenn die größere blaue Fläche jetzt im invertierten Bild vor der kleineren gelben gesehen wird, Durchsichtigkeit ein. Durch Invertieren kann man auch Holz- oder Eisenstäbe durchsichtig sehen. Wird z. B. hinter einem senkrechten Stab ein horizontaler Stab exponiert (beide gut abgehoben vor einem weißen Schirm), und durch Invertieren der horizontale Stab vorn gesehen, so kann er als vollständig geschlossen, durchgehend erscheinen, und der Teil, der objektiv durch den anderen Stab verdeckt ist (bei der monokularen Beobachtung sieht gar nicht im Auge „abbildet“), ist durchsichtig. „Er erscheint durchsichtig wie Glas, das entweder farblos ist oder einen schwachen Anflug der Farbe der Ganzgestalt hat.“ Durchsichtigkeit tritt auch bei negativen Nachbildern auf, wenn die Gestaltbedingungen dafür mit genügender Klarheit verwirklicht sind.

Liegt die kleinere (gelbe) Fläche hinten und allseitig von der größeren (blauen) umschlossen, so daß die „Rahmenlage“ gegeben ist, so kann „Tonnenillusion“ auftreten. In diesem Fall „werden die vier Seiten des Rahmens zu den nach unten gehenden Seitenwänden eines kasten- oder prismaähnlichen Gebildes, dessen Boden von der gelben Fläche und dessen

Deckel von einer durchsichtigen, je nach den Beleuchtungsverhältnissen mehr oder weniger blauen Fläche gebildet wird.“

IV.

Fuchs hat schon 1920 in ausgedehnten experimentellen Untersuchungen über das Sehen der Hemianopiker und Hemiamblyopiker nachgewiesen, daß bei manchen Hemianopikern eine anatomisch periphere Netzhautstelle die Funktion der Macula übernimmt. Diese **Pseudofovea** ist nun das Deutlichkeitszentrum geworden, von ihr fällt die Deutlichkeit nach allen Seiten ab, auch nach der anatomischen Fovea zu. Durch neue Untersuchungen, besonders an einem Fall mit homonymer rechtsseitiger Hemianopsie mit nicht ausgesparter Macula, konnte *Fuchs* tiefer in die Bedingungen dieser Erscheinung eindringen. (*Wilhelm Fuchs*, Eine Pseudofovea bei Hemianopikern. Psychologische Forschung, Bd. I, S. 157—186.)

Man erkennt, daß die Pseudofovea nicht fest an eine Netzhautstelle gebunden ist, sondern daß ihre Lage von der Struktur des Sehfeldes abhängt und mit ihr wechselt. Die Sehgröße und die Form der angesehenen Objekte sind dafür bestimmend, wo das Deutlichkeitszentrum liegt, welcher Bereich mit der besten Sehschärfe gesehen wird.

Bei Beobachtungen an Buchstabenreihen zeigte es sich, daß das Deutlichkeitszentrum immer in der ungefähren Mitte des Gesamtsehfeldes lag. Variationen der Versuche bewiesen, daß allein die Sehgröße oder „scheinbare Größe“ der gesehenen Objekte den Ort des deutlichsten Sehens bestimmte, nicht der Gesichtswinkel maßgebend war, unter dem die Objekte gesehen wurden.

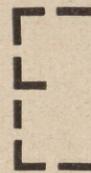


Fig. 1.

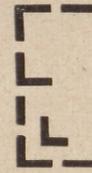


Fig. 2.

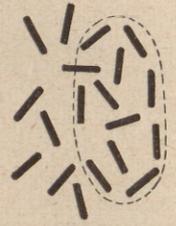


Fig. 3.

Exposition einer Figur (etwa eines Rechtecks, eines E) zeigte neben der Abhängigkeit der Größe des Sehfeldes und der Lage seines „Schwerpunktes“ von der Sehgröße der Figur auch die Abhängigkeit ihrer Deutlichkeit, ja Sichtbarkeit von den Gestalteeigenschaften der Figur. Wurde ein E exponiert, das aus einzelnen Strichen und Winkeln zusammengesetzt war (vgl. Fig. 1), so wurde das ganze E und in ihm die Elemente scharf und farbgesättigt gesehen, wenn die Figur im optimalen Deutlichkeitsbereich lag. Zeichnete man aber einen Winkel, wie er als Element im E deutlich gesehen wurde, nahe neben eine Ecke des E (Fig. 2), so wurde er nun isoliert entweder gar nicht oder nur als „verblaßte, verschwommene Masse“ gesehen.

„Ein schwarzer senkrechter Strich möge so klein sein, daß er sein Deutlichkeitsmaximum in 1 cm Abstand vom (fovealen) Fixationspunkt hat. Wird er in 2½ cm Abstand geboten, so erscheint er trotz starker Aufmerksamkeitslenkung vollständig verblaßt und verschwommen, oder er wird gar überhaupt nicht mehr gesehen. Fügt man nun in dieser Stellung oberhalb und unterhalb von ihm weitere Striche derselben Größe, Dicke und Farbe hinzu, so daß eine

E-Gestalt entsteht, und ist nun deren Größe so gewählt, daß sie in dem betreffenden Abstand von der Fovea „ihr“ Deutlichkeitszentrum hat, so erscheint die ganze E-Gestalt in allen Teilen deutlich. Patient erkennt sogar bestimmt die durch hellere Zwischenräume getrennten schwarzen Striche des E als scharf konturierte Elemente, darunter also auch den vorher isoliert gebotenen Strich. Der vorher völlig verschwommene und verblaßte oder gar unsichtbare kleine Strich erfährt also durch die Aufnahme in die E-Gestalt als ein für deren Struktur wesentlicher Bestandteil einen starken Deutlichkeitszuwachs.“

Wurde dem Patienten ein Strichgewirr exponiert, so gelang ihm die Wahl eines „geeigneten“ Fixationspunktes erst dann, wenn sich einige Striche zu einer klaren Gestalt zusammenschlossen, etwa zu einem Bogen oder einer Ellipse (vgl. Fig. 3. Die Markierung der Ellipse nur zur Verdeutlichung für den Leser, nicht in der exponierten Anordnung). Dann wurde so fixiert, daß diese Gestalt im optimalen Deutlichkeitsbezirk lag, alle danebenliegenden Striche (auch die innerhalb der Ellipse) blieben dabei verblaßt und verschwommen. Und: es kam vor, daß eine Figur wie ein stehendes Rechteck mit eingezeichneten Diagonalen, die der Patient gewöhnlich sehr wohl als Ganzes deutlich zu sehen vermochte, bei Ermüdung oder allgemeiner Indisposition des Patienten für ihn in ein Strichgewirr zerfiel: dann waren nun die einzelnen Linien undeutlich und verschwommen.

V.

In theoretisch wichtiger Beziehung zu den früheren Arbeiten von *Fuchs* (über das Sehen der Hemianopiker und der Hemiamblyopiker) stehen neue experimentelle Studien von *Lindemann* über **Scheinbewegungen**, die bei sehr kurzer Exposition von Figuren auftreten. (*Erich Lindemann*, Experimentelle Untersuchungen über das Entstehen und Vergehen von Gestalten. Nr. 7 der „Beiträge zur Psychologie der Gestalt“, herausg. v. *Koffka*, Psychologische Forschung Bd. II, S. 5—60.)

Wird z. B. eine Umrißfigur, etwa ein Strichkreis, tachistoskopisch exponiert, so beobachtet man: „Die Kontur schnell radiär nach außen und wieder zurück, wobei das Zurückgehen nicht so eindringlich ist wie das Auseinanderweichen. Im allgemeinen ist das Zurückgehen an das Verschwinden der *Figur* gebunden, dehnt sich aber im Optimalstadium auch auf das ganze Gesichtsfeld *nachher* aus und ergreift unter Umständen auch das sich anschließende positive Nachbild.“ Die optimale Expositionszeit liegt zwischen 35 und 70 σ . Die Bewegung kann als Schwingen, Stampfen, Stoßen, Schlagen, Rücken von verschiedener Weite, Heftigkeit, Wucht auftreten. Bei der Exposition von Flächenfiguren tritt außer der Konturbewegung auch Bewegung im Infeld auf.

Variation der exponierten Figuren zeigt, daß die Richtung, Weite und Kraft der Bewegung abhängig ist von Gestaltfaktoren. Die große Mannigfaltigkeit

beobachteter Bewegungen einfacher und komplizierter Figuren erwies sich durchgehend beherrscht von der „Tendenz zur guten und einfachen Gestalt“; und: bestimmte Strukturmomente des Sehraumes (*ausgezeichnete* Lagen und Richtungen) haben einen wichtigen Einfluß auf die Bildung oder den Zerfall der Gestalten (die horizontale und vertikale fungieren als „Hauptverankerungslinien“).

In unregelmäßigen Punkthaufen zeigt sich fast gar keine Bewegung, solange sich nicht eine Anzahl Punkte zu einer Figur ordnen; dann tritt die Peripherie ein. Wird ein Kreis exponiert, dessen Peripherie aus 12 Punkten in gleichen Abständen besteht, und nun die Lage eines dieser Punkte variiert, so beobachtet man bei nicht zu geringer Verschiebung des Punktes aus der Kreisperipherie heraus: „Die Bewegung dieses Punktes ist betont, und zwar sucht er die Peripherie durch besonderen Ausschlag zu erreichen. Im übrigen ist die Kreisbewegung nicht beeinflusst.“ — „Wird die Entfernung zu groß, so tritt ein vollständiger Umschlag in der Bewegungsrichtung ein. Sie führt jetzt zu einer neuen „guten Endgestalt“: dem Kreis mit einer Sehne.“ — „Im Innern der Figur, nahe der Mitte liegend, zeigt unser Punkt alsbald eine kräftige Bewegung zum Mittelpunkt hin.“

Werden Strichfiguren exponiert, und „finden sich in der objektiven Figur kleine Lücken, so machen die freien Enden die heftigste Bewegung, um diese zu schließen, so besonders bei Kreis, Ellipse und Dreieck.“ — „An Stellen, die gestaltlich betont sind, sind auch die Bewegungen am stärksten, so z. B. in der Nähe der Spitze des Dreiecks.“

Die kurze Exposition, bei der solche Bewegungen auftreten, „wirkt allgemein dahin, den Figuren ihre Festigkeit zu nehmen“. Exponiert man Objekte von „Dingcharakter“, so sind diese einem solchen Einfluß gegenüber von größerer Widerstandskraft; und: „Erscheinen die „Dinge“ Zitrone und Würfel im Gesichtsfeld, so fehlte Bewegung ihnen selbst fast ganz. Dafür aber war irgendwie außerhalb des Gegenstandes im Gesichtsfeld eine nicht zu lokalisierende, nach Richtung und Größe unbestimmte und schwankende Bewegung.“

Die aufgewiesenen Erscheinungen sind von Bedeutung für die physiologische Theorie der Verschiebungsvorgänge im optischen Sektor, die von einem stationären Zustand zu einem neuen stationären Endzustand führen. Die Erscheinungen, die von diesem Verschiebungsvorgang selbst ausgehen, können einen *kräftigeren* Ausschlag geben und klarer beobachtbar werden, wenn durch das schnelle Verschwinden der Reize die Festigkeit der von außenher gegebenen Bedingungen für die Ausbildung der Struktur gelockert ist. Unter diesen Umständen können die auf „Verbesserung der Gestalt“ gerichteten Verschiebungen über die Verteilung hinauschießen, die von den Reizen gefordert und bei dauernder Einwirkung erzwungen und gehalten wird.

Benary.

Spektroskopische Mitteilungen.

Die möglichst genaue experimentelle **Erforschung der ultraroten Absorptionsbanden der Halogenwasserstoffe** ist deshalb von großer Wichtigkeit, weil dieselben vom theoretischen Standpunkte ein besonderes Interesse beanspruchen. *Bjerrum* gab zuerst auf Grund der klassischen Theorie die Deutung, daß es sich hier um Frequenzen handele, die durch Überlagerung der Molekülrotation über die Schwingungen der Atome des Mole-

küls gegeneinander entstehen. Aber auch auf Grund der Bohrschen Atomtheorie gelang es, die beobachteten Banden zu erklären. Die Vorstellung ist dabei diese, daß sowohl die Energie der Schwingung der Atome des Moleküls wie auch die Energie der Rotation des Moleküls quantenhaft verteilt ist. Der Absorption einer ultraroten Bandenlinie entspricht der Übergang des Moleküls von einem Quanten-

zustand zu einem anderen, wobei sowohl Schwingungswie auch Rotationsenergie sich quantenhaft ändern. Die verschiedenen Linien einer solchen Rotationschwingungsbande entstehen bei stets gleichen Änderungen der Schwingungsquanten, aber verschiedenen Änderungen der Rotationsquanten, und zwar können letztere, wie die Theorie zeigt, immer nur um ein Quant zu oder abnehmen. Die einzelnen Linien einer Bande unterscheiden sich also durch die Zahl der Rotationsquanten, die das Molekül im Anfangszustand der Absorption besitzt. Für die Deutung dieser Spektren war von besonderer Wichtigkeit eine bei $3,4 \mu$ liegende Absorptionsbande des HCl. Diese wurde zuerst von *E. v. Bahr* genauer vermessen. Einen sehr wesentlichen Fortschritt in experimenteller Hinsicht erzielte dann *E. S. Imes*, dem es gelang, die Auflösung dieser Bande in zahlreichen Einzellinien viel weiter zu treiben, als es *E. v. Bahr* gelungen war. Diese Imesschen Messungen bildeten dann die Grundlage für die genauere Theorie dieser Banden, die vor allem von *Reiche*, *Kratzer*, *Kemble* und *Hettner* gegeben wurde. Neuerdings sind nun auch die Imesschen Messungen noch etwas verbessert und erweitert worden, und zwar von *W. F. Colby*, *C. F. Meyer* und *D. W. Bronk* (*Astrophys. Journ.* Bd. 57, 7, 1923). Die Verfasser benutzten zu ihren Untersuchungen ein Beugungsgitter, das auf der ersten Rowlandschen Teilmaschine hergestellt wurde. Dasselbe hat 2800 Linien auf den Zoll (1120 Linien auf 1 cm) und ist besonders lichtstark in der 1. Ordnung in der Gegend von $3,5 \mu$. Figur 1 gibt eine schematische



Fig. 1. Schematische Darstellung der HCl-Bande $\lambda = 3,46 \mu$. Die Höhe der Linien ist ein Maß für ihre Intensität.

tische Darstellung der Bande in dem nunmehr erreichten Zustande. Die vertikalen Striche, deren Länge ein Maß für die Intensität ist, deuten die Lage der Linien an. Die Linien sind von der Mitte ab zu nummerieren, nach rechts mit positiven, nach links mit negativen Zahlen. Neu gegenüber den Imesschen Messungen sind die Linien $+13$ bis $+20$, die schon in einer früheren Arbeit desselben Verfassers (*Astrophys. Journ.* Bd. 53, 300, 1921) enthalten sind, und die Linien -13 bis -19 , die in der vorliegenden Arbeit neu gefunden wurden. Die Schwierigkeit, bis zu diesen Linien ins langwelligere Ultrarot vorzudringen, liegt daran, daß hier eine Absorption der Atmosphäre einsetzt. Es zeigte sich aber, daß dieselbe nur auf die in der Luft enthaltene Kohlensäure zurückzuführen ist, so daß sie sich beseitigen ließ. Die Frequenzen der Linien lassen sich durch eine empirische Formel darstellen, deren Konstanten auf Grund der neuen Messungen genauer bestimmt werden können. Es ergibt sich in cm $^{-1}$:

$$\nu = 2886,07 + 20,59831 n - 0,3010228 n^2 - 0,002056583 n^3$$

wobei n die Werte der positiven und negativen ganzen annehmen kann. Man erhält den rechten kurzwelligen Zweig der Bande für positive n . Wie man sieht, rücken hier die Linien immer näher aneinander, um bei einem Kopf, der in der Figur gezeichnet, aber bisher in den Messungen nicht erreicht ist, umzukehren. Andererseits werden in dem negativen n entsprechenden langwelligen Teile die Abstände der Linien immer größer. Diese Tatsachen lassen sich theoretisch vollständig erklären, und man kann nach *Kratzer* aus den

Konstanten der Formel das Trägheitsmoment des HCl-Moleküls berechnen, wofür sich der Wert $2,59 \cdot 10^{-40}$ ergibt. Theoretisch von besonderem Interesse ist es, daß in der Mitte der Bande, wie man aus Fig. 1 ersieht, eine Linie fehlt. Auch hierfür konnte *Kratzer* eine Deutung geben. Es hängt dies damit zusammen, daß die Wahrscheinlichkeit für das Vorhandensein des rotationslosen Zustandes verschwindend klein ist.

In Fig. 1 ist auf der Seite der langen Wellen durch gestrichelte Linien noch die Lage einiger schwacher Bandenlinien angegeben, von denen *Imes* schon Andeutungen fand und von denen die Verfasser nachweisen konnten, daß sie vor allem bei höheren Temperaturen (schwache Rotglut) stärker herauskommen und sicher keine Geister (durch Gitterfehler verursacht) und wahrscheinlich auch keinen Verunreinigungen zuzuschreiben sind. *Kratzer* hatte nun aus den Imesschen Messungen schon geschlossen, daß diese Linien einer Bande zugehören, bei der das Schwingungsquant bei dem Absorptionsprozeß nicht wie bei der Hauptbande von 0 auf 1, sondern von 1 auf 2 wächst. Für die Richtigkeit dieser Auffassung spricht sehr der Umstand, daß dieselben bei höherer Temperatur herauskommen. Andererseits zeigen aber die von den Verfassern gemessenen Wellenlängen systematische Abweichungen gegenüber den von *Kratzer* unter obiger Hypothese berechneten Werten. Aus diesem Grunde halten es die Verfasser für fraglich, ob diese Linien mit den von *Kratzer* berechneten identisch sind. Da dieselben aber sehr schwach sind, scheint es dem Referenten nicht ausgeschlossen, daß noch Fehler in der genauen Wellenlängenbestimmung vorliegen, andererseits wäre es auch möglich, daß die *Kratzer*schen Berechnungen noch eine Korrektur im Betrage der obigen Abweichungen zulassen.

Zu spektroskopischen Untersuchungen, bei denen höchste Anforderungen gestellt werden, was die Dispersion und das Auflösungsvermögen der benutzten Apparate betrifft, also z. B. bei der Analyse der Feinstruktur der Spektrallinien, benutzt man im allgemeinen Interferenzapparate, und zwar entweder die planparallele Platte nach *Lummer* und *Gehrcke* oder das Stufengitter nach *Michelson* oder das Interferometer von *Fabry-Perot*. Bei diesen Instrumenten wird die Anordnung im allgemeinen so getroffen, daß das zu untersuchende Licht zunächst mit Hilfe eines Spektralapparates kleiner Dispersion, meist eines Prismenspektroskops, spektral roh zerlegt wird, so daß nur das nahezu monochromatische Licht einer bestimmten Spektrallinie in den Interferenzapparat eintritt. Bei einer derartigen Anordnung gelingt es, solche Linien auf ihre Feinstruktur zu untersuchen, die in der Lichtquelle sehr scharf sind; mehr oder weniger diffuse Linien, wie es die meisten Linien der Lichtbögen oder Funken in Luft sind, ergeben verwaschene Interferenzstreifen. *H. Nagaoka* und *T. Mishima* beschreiben nun im *Astrophys. Journ.* Bd. 57, 93, 1923, eine Anordnung, die es gestattet, auch etwas diffusere Linien, z. B. die Linien eines Eisenbogens in Luft, mit Interferenzapparaten zu untersuchen. Bekanntlich bekommt man von derartigen Lichtquellen, wie Bögen oder Funken in Luft, auch bei größter Dispersion noch gute scharfe Spektrogramme, wenn man Konkavgitter benutzt, wobei die astigmatische Abbildung derselben von wesentlicher Bedeutung ist. Die Verfasser gehen nun von dem Gedanken aus, daß man die große Auflösungskraft der Interferenzapparate und die günstigen Abbildungsverhältnisse der Konkavgitter vereinigen sollte, und benutzen eine Anordnung, bei der diese beiden Apparate

in eigenartiger Weise kombiniert sind. Sie lassen nämlich das unzerlegte Licht der Lichtquelle zunächst auf den Interferenzapparat auffallen. Als solchen benutzen sie entweder eine Lummer-Gehrcke-Platte oder ein Stufengitter, die beide geradlinige, parallele Interferenzstreifen geben. An die Stelle, wo diese entstehen, wird der Spalt des Konkavgitters gebracht. Derselbe wird so weit (2—3 mm) geöffnet, daß mehrere (etwa 3) Streifen aufeinanderfolgender Ordnungen des Interferenzapparates auf dessen Breite entfallen. Auf der Platte des Gitterspektrographen erhält man dann nebeneinander von jeder Spektrallinie drei Bilder. Man kann so also viele Linien gleichzeitig photographieren mit einem Auflösungsvermögen, das durch den Interferenzapparat bestimmt ist, und einer Schärfe der Abbildung, die durch den Astigmatismus des Konkavgitters günstig beeinflußt wird. Die Verf. reproduzieren eine Aufnahme des Eisenlichtbogens. Benutzt wurde eine Lummer-Gehrcke-Platte aus Quarz von 4,529 mm Dicke und ein Konkavgitter von 1,85 m Krümmungsradius in Littrow-Anordnung. Auf dem Spektrogramm sieht man von jeder Linie je drei Bilder, die drei verschie-

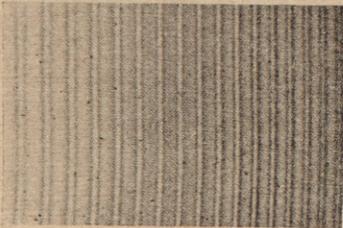


Fig. 2. Aufnahme der Hg-Linie $\lambda = 2536,7$ mit Lummer-Gehrcke-Platte und Konkavgitter. Die Linie ist ein Dublett. Die in der Figur aufeinander folgenden Doppellinien entsprechen verschiedenen Ordnungen der Lummer-Gehrcke-Platte.

denen Ordnungen der Lummer-Gehrcke-Platte entsprechen. Die stärksten Linien sind überbelichtet, werden aber, wie die Verfasser angeben, bei kürzerer Belichtungszeit auch scharf. Die meisten Linien sind einfach, bei einzelnen erkennt man aber auch Feinstrukturkomponenten.

Fig. 2 zeigt eine entsprechende Aufnahme der bekannten Quecksilberlinie $\lambda = 2536,7$ A. E. Hier entfallen eine ganze Reihe von Ordnungen der Lummer-Gehrcke-Platte auf die Breite des Spaltes. Man sieht sehr schön, daß die Linie doppelt ist. Für den Abstand des Dubletts ergibt sich $\Delta\lambda = 0,0142$ A. E. in Übereinstimmung mit dem von *L. Wilson* (*Astrophys. Journ.* 46, 340, 1917) gefundenen Werte. Die Verfasser geben an, daß außerdem Andeutungen von einigen weiteren Komponenten zu sehen seien.

Auch das Triplet $\lambda = 3663, 3655, 3650$ wurde untersucht, wobei ein Stufengitter von 35 Platten, 9,36 mm dick, mit Stufen von 1 mm mit demselben Konkavgitter kombiniert wurde. Jede der Tripletlinien besteht wieder aus mehreren Komponenten, in deren Abständen die Größe $\Delta\lambda = 0,913$ A. E. eine Rolle zu spielen scheint, da sie in allen drei Linien nahezu vorkommt. Dieser letztere Umstand ist nicht ohne theoretisches Interesse. Bisher ist ja der Ursprung der Feinstrukturkomponenten noch völlig ungeklärt. Man wird aber nach der Bohrschen Atomtheorie annehmen müssen, daß auch jede dieser Feinstrukturkomponenten beim Übergang eines Elektrons von einer Quantenbahn zu einer anderen entsteht, wobei die frei werdende Energie monochromatisch ausgestrahlt wird. Es muß also auch möglich sein,

die den Frequenzdifferenzen der Komponenten entsprechenden Energiedifferenzen zu zerlegen in Energiedifferenzen der Anfangs- und Endbahn des springenden Elektrons derart, daß die möglichen Kombinationen zwischen den Energieniveaus die tatsächlich beobachteten Linien ergeben. Es wäre dies nichts anderes als eine Anwendung des Kombinationsprinzips auf die Feinstruktur dieser Linien, eines Prinzips, das sich bekanntlich bei der Deutung der Feinstruktur der Wasserstoff- und Heliumlinien sowie des Zeeman- und Starkeffektes glänzend bewährt hat. Bisher reichen aber wohl die vorliegenden Messungen nicht aus, um den vorgeschlagenen Weg erfolgreich zu beschreiten.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß viele Spektrallinien sich bei zunehmendem Druck des Gases, in dem die Entladung erzeugt wird, mehr oder weniger verbreitern. Wird die Druckzunahme durch Zusatz eines fremden Gases erzeugt, so hängt die Verbreiterung wesentlich von der Art dieses Gases ab. Die für die meisten Fälle richtige Erklärung dieser Erscheinung ist die, daß es sich hier um einen Starkeffekt, also um den Einfluß eines elektrischen Feldes handelt, wobei dieses Feld im vorliegenden Falle erzeugt wird durch die das leuchtende Atom umgebenden Nachbaratome. Daß die Nachbaratome elektrische Felder in ihrer Umgebung erzeugen, ist ohne weiteres klar, wenn es sich um eine Entladung mit großer Stromdichte (z. B. Funken) handelt, wo ein großer Teil der Atome ionisiert ist. Aber auch in der nächsten Umgebung eines ungeladenen Atomes sind elektrische Felder vorhanden, da ja die den Kern des Atomes umgebenden Elektronen das von diesem ausgehende elektrische Feld nicht vollständig abschirmen. Die abschirmende Wirkung der Elektronen wird um so vollständiger sein, je symmetrischer die Anordnung derselben ist. Das ist z. B. bei den Edelgasen der Fall, und infolgedessen ist die Druckverbreiterung der Spektrallinien bei Zusatz von Edelgasen auch relativ gering. Die abschirmende Wirkung der Elektronen ist besonders unvollständig bei den Elementen, die im periodischen System dicht vor den Edelgasen stehen, weil hier die Konfiguration der äußeren Elektronen unsymmetrisch ist. Dies sind die Halogene *Fl, Cl, Br und J*. Daß bei ihnen das elektrische Feld besonders stark nach außen wirkt, geht unmittelbar aus ihrem elektronegativen Charakter hervor. Sie sind bestrebt, noch ein weiteres Elektron außen anzulagern und so negative Ionen zu bilden.

Wenn wir also durch Zusatz von Halogenen den Druck in Entladungsröhren vergrößern, so müssen wir starke Verbreiterungseffekte erwarten. Einen in dieser Hinsicht charakteristischen Versuch beschreibt nun *S. Datta* (*Astrophys. Journ.* Bd. 57, 114, 1923). Derselbe erzeugte in einem Vakuumrohr, in dem sich etwas Luft befand, eine Geisslersche Entladung, deren Spektrum neben anderem die zweite Gruppe der positiven Banden des Stickstoffes zeigt. In einem seitlichen Ansatzrohr befand sich Brom, das durch Kühlung auf verschiedenerer Temperatur gehalten werden konnte, so daß der Dampfdruck des Broms in dem Entladungrohr beliebig variabel war. Bei starker Kühlung, also verschwindend kleinem Druck des Bromdampfes erschienen die genannten Stickstoffbanden scharf. Wurde der Druck etwas erhöht, so wurden die Banden zunächst unscharf und bei einem etwa -40° C des Kondensats entsprechenden Dampfdruck des Bromes waren die Banden nur noch als verwahene Intensitätssteigerungen über einem kontinuierlichen Spektrum, das vom Brom selbst herrührt, erkennbar. Wir haben hier also einen Fall der Druckverbreiterung vor uns, bei der

dieselbe infolge der starken Felder der elektronegativen Brommoleküle so weit geht, daß die Struktur der Linien vollständig verschwindet. Zu bemerken ist, daß die sogenannte Cyanbande bei $\lambda = 3883$, die aber auch dem Stickstoff zuzuschreiben ist, in ihrer Schärfe fast un-

beeinflußt bleibt durch den Zusatz des Bromes. Die Moleküle des Stickstoffes müssen also in den Anregungszuständen, die bei der Emission dieser sogen. Cyanbanden vorliegen, durch elektrische Felder wenig beeinflussbar sein.

Astronomische Mitteilungen.

Entfernung und absolute Helligkeit der δ Cephei-Sterne. In ihrer bekannten Kritik¹⁾ der Shapleyschen Entfernungsskala der Kugelhaufen waren *Kapteyn* und *van Rhijn* von den Eigenbewegungen einiger wenigen δ Cephei-Sterne ausgegangen und hatten daraus säkulare Parallaxen abgeleitet, deren Zuverlässigkeit von *Shapley* mit Erfolg angefochten werden konnte²⁾. Nun hat *R. E. Wilson*³⁾ das Problem von neuem, aber auf wesentlich breiterer Basis, in Angriff genommen. Er trug alles zusammen, was an EB von δ Cephei-Sternen irgendwie erreichbar war, und verfügte so schließlich über eine Liste von 84 Sternen (gegenüber 10 bei *Kapteyn*), von denen 14 als aus irgendwelchen Gründen zweifelhaft später unberücksichtigt blieben. Der grundsätzliche Unterschied zwischen den Sternen mit Perioden unter einem Tag und solchen über einem Tag kommt in folgenden Mittelwerten zum Ausdruck:

| Periode | Anzahl | m | b | q | τ | V |
|---------|--------|-----|------------|-------------|-------------|-----------|
| 0,52 | 19 | 9,8 | 35° | $+0'',0169$ | $+0'',0079$ | 94 km/sec |
| 10,53 | 51 | 6,8 | 7° | $+0'',0132$ | $-0'',0009$ | 12,2 „ |

m ist die scheinbare Größe, b die galaktische Breite, q die parallaktische EB, τ die Komponente der EB in der Richtung senkrecht zur Sonnenbewegung und V schließlich die aus 6 bzw. 24 Radialbewegungen abgeleitete, den τ entsprechende Spezialbewegung. Bezeichnet noch V_0 die Sonnengeschwindigkeit, die aus den Radialbewegungen der Gruppe II zu 21,4 km/sec gefunden wurde, so können die mittleren Parallaxen aus einer der beiden Beziehungen berechnet werden:

$$\pi_1 = 4,737 \cdot \frac{q}{V_0}$$

$$\pi_2 = 4,737 \cdot \frac{\tau}{V}$$

Die nach Ausscheidung aller Sterne, deren EB mit einem größeren wahrscheinlichen Fehler als $\pm 0'',015$ behaftet sind (15 Sterne), erhaltenen Einzelresultate und die entsprechenden Zahlen *Shapleys* sind:

| Periode | Anz. | π_1 | π_2 | π_m | π_{sh} | f |
|------------------|------|-------------|-------------|------------|------------|-----|
| 0-1 ^d | 14 | $+0'',0033$ | $+0'',0013$ | $0'',0014$ | $0'',0016$ | 0,9 |
| 2-6 | 15 | 44 | 43 | 44 | 32 | 1,4 |
| 6-9 | 13 | 40 | 28 | 33 | 18 | 1,8 |
| 9-20 | 9 | 10 | 34 | 16 | 13 | 1,2 |
| 20-40 | 4 | — | 02 | 52 | 5 | 0,7 |

π_m sind die nach Maßgabe der Unsicherheit der Werte π_1 und π_2 gebildeten Mittelwerte, f die Faktoren, mit denen *Shapleys* Zahlen zu multiplizieren wären. Mit Rücksicht auf die geringen Anzahlen von Sternen in den einzelnen Gruppen haben die Unstimmigkeiten zwischen dem π_1 und π_2 nichts Be-

fremdliches. Faßt man alle Einzelwerte zu einem Gesamtmittel zusammen, so erhält man:

$$q = 0'',0143 \quad V_0 = 22,0 \text{ km/sec} \quad \pi_1 = 0'',0031$$

$$\tau = 0'',0136 \quad V = 28,6 \quad \pi_2 = 0'',0073$$

Und damit:

$$\pi_m = 0'',00254 \quad \pi_{sh} = 0'',00199 \quad f = 1,28$$

Shapleys Entfernungsskala ist also höchstens um 30 % zu verkürzen.

Zu einer wesentlich anderen Auffassung der Sachlage kommt *Henroteau*⁴⁾ am Schlusse einer Arbeit, die sich mit variablen Radialgeschwindigkeiten beschäftigt. Indem er den Grund der Variation in Pulsationen der Sterne sieht, konstruiert er die folgende Reihe von Typen mit abnehmender Periodenlänge:

| Typus | Spektralklasse | Periode | Linien |
|---------------------|----------------|--|----------------------------------|
| δ Cephei ... | G-Riese | 35 ^d bis 5 ^d | scharf |
| „ ... | F-Riese | 16 ^d „ 3 ^d | etwas diffus bei kurz. Perioden |
| β Canis maj.. | B | 8 ^h „ 4 ^{1/2} ^h | gewöhnlich |
| „ | A und F | 4 ^h „ 2 ^{1/2} ^h | etwas diffus breit und diffus |

Da die Abnahme der Periode im Sinne zunehmenden Alters der Sterne erfolgt, stellt *Henroteau* den Satz auf: „Die Periode ist eine Funktion einer einzigen Variablen, der mittleren Dichte des Sternes, oder vielleicht eine Funktion zweier Variablen, der mittleren Dichte und der Masse des Sternes, wobei die Änderungen der mittleren Dichte bei weitem den größten Einfluß auf die Periodenlänge haben.“

Dies zwingt zu der Schlußfolgerung, daß die kurzperiodischen δ Cephei-Sterne (insbesondere aber die Haufen-Veränderlichen) Sterne von geringer Masse und kleiner absoluter Helligkeit seien. Damit käme man wieder auf den von *Curtis* und anderen vertretenen Standpunkt bezüglich der Entfernung und Größe der kugelförmigen Sternhaufen. Man müßte dann nicht nur einen Unterschied in den δ Cephei-Sternen ein und desselben Spektraltypus machen, sondern müßte auch den anderen Sternen in den Sternhaufen Eigenschaften zuschreiben verschieden von denen der normalen Sterne, müßte insbesondere die B- und A-Sterne in den Sternhaufen um durchschnittlich 5 Größenklassen schwächer annehmen als die Sterne desselben Typus im Milchstraßensystem. Solange nicht zwingendere Gründe vorliegen als die auf die sehr hypothetische Pulsationstheorie sich stützenden, wird man wohl lieber an der Einheitlichkeit des *Shapleyschen* Weltbildes festhalten. *Kienle.*

¹⁾ Siehe *Naturw.* 10, 552 (1922).

²⁾ Siehe *Naturw.* 11, 138 (1923).

³⁾ *Astr. Journal* XXXV, 35 (Nr. 821).

⁴⁾ A spectrographic study of stars of classes A and F. *Publ. Dominion Obs. Ottawa* Vol. VIII, Nr. 5.