

Mutationen und Prämutationen.

Von Hugo de Vries, Lunteren.

Seitdem ich den Satz ausgesprochen habe, daß die Entstehung von Arten und Varietäten nicht nur auf dem Wege von vergleichenden Studien zu untersuchen sei, sondern daneben ein Gegenstand experimenteller Forschung darstellen soll, hat sich allmählich ein ganz bedeutendes Material von Tatsachen auf diesem Gebiete angehäuft. Das Problem ist aber ein äußerst umfangreiches und nur die ersten Schritte zu seiner Lösung sind getan worden. Namentlich hat es sich herausgestellt, daß die Hauptzüge der Stammesgeschichte dem Studium viel schwieriger zugänglich sind, als die Unterschiede, welche die Arten innerhalb ihrer Gattung oder die Varietäten innerhalb der Art voneinander trennen. Fast das ganze große Gebäude von Tatsachen bezieht sich auf den letzteren Teil der Aufgabe. Nur die Oenotheren machen bis jetzt eine Ausnahme, weil hier, neben den gewöhnlichen Mutationen, auch solche vorkommen, deren Gegenstücke sonst noch nirgends aufgefunden worden sind, und welche mit Aussicht auf Erfolg mit den Prozessen der Formenentwicklung in der Natur verglichen werden können.

Aus allgemeinen Betrachtungen habe ich abgeleitet, daß die Vorgänge bei der Artbildung im wesentlichen zu drei verschiedenen Typen gehören müssen. Hauptsache ist selbstverständlich, daß die Lebewelt im Laufe der Stammesgeschichte fortwährend neue Charaktere entwickelt hat, daß die Zahl der Erbeinheiten somit allmählich zugenommen haben muß. Wie und durch welche äußeren und inneren Ursachen solche entstehen, ist aber eine bis jetzt fast unerreichbare Aufgabe. Hier sind wir noch ganz auf theoretische Betrachtungen angewiesen. Daneben aber gibt es zwei Arten von Umwandlungen, welche der Forschung leichter zugänglich sind. Denn einerseits können vorhandene Merkmale verloren werden, andererseits können verlorene wiederum auftauchen. Weit aus die Mehrzahl der bis jetzt bei Pflanzen und Tieren studierten Mutationen gehören einer dieser beiden Gruppen von Vorgängen an. Die erstere bezeichnet man als regressive oder rezessive oder auch mit einem bequemeren Worte als Verlustmutationen. Die andere Gruppe umfaßt die degressiven Änderungen, welche Rückschläge auf frühere Zustände sind und somit als atavistische Mutationen angedeutet werden können. In der vergleichenden Stammesgeschichte bezogen sich solche Rückschläge auf vermutliche frühere Zustände, jetzt aber sind zahl-

reiche Beispiele bekannt, wo die betreffenden Vorfahren in experimentellen Kulturen lebten und wo somit nicht nur die regressiven, sondern auch die degressiven Prozesse im ununterbrochenen Verlaufe nachgewiesen worden sind.

Dem äußerlichen Verluste einer Eigenschaft entspricht selbstverständlich nicht notwendigerweise ein innerer Verlust der betreffenden Erbanlage. Diese kann einfach in einen unwirksamen, inaktiven oder latenten Zustand übergegangen sein. In manchen Fällen ist ja die Unwirksamkeit keine vollständige. So verraten z. B. die weißen Varietäten von roten oder blauen Blumen noch oft, durch einen schwachen Farbenschimmer, welche Farbe ihre Vorfahren hatten. Dementsprechend habe ich für die rezessiven Eigenschaften allgemein einen solchen latenten Zustand angenommen. Demgegenüber hat namentlich Bateson den Satz aufgestellt, daß in solchen Fällen überhaupt die betreffende Einheit fehlte, und daß also dem sichtbaren Verschwinden des Merkmales ein wirklicher innerer Verlust der betreffenden Erbeinheit entsprechen würde. Diese sogenannte Lehre der An- und Abwesenheit hat anfänglich viele Anhänger gefunden. Sie ist aber in den letzten Jahren von den meisten Forschern verlassen worden, weil die atavistischen Mutationen immer zahlreicher auftraten und zu einer bis in Einzelheiten genauen Wiederholung des ursprünglichen Merkmales leiteten. Dadurch hat sich eine Erklärung ohne die Annahme eines latenten Zustandes allmählich als geradezu unmöglich ergeben. Auch ist der Unterschied zwischen Aktivität und Latenz keineswegs in allen Fällen ein durchgreifender, und es kommt mehrfach vor, daß in Kreuzungen die „Abwesenheit“ über die Anwesenheit dominiert, wie z. B. bei unbegrannten Ähren, bei den Buckeln der Blätter der Oenotheren und bei gewissen weißen Varietäten. Man darf jetzt wohl allgemein das Übertragen der wahrnehmbaren An- und Abwesenheit auf die inneren und unsichtbaren Grundlagen der Erbllichkeit als einen durchaus unbegründeten Schluß betrachten.

Nach meiner Auffassung beruhen die Mutationen somit teilweise auf inneren Veränderungen der vorhandenen Erbeinheiten, teilweise auf der Bildung neuer. Allerdings ist vielfach versucht worden, dem Worte eine weitere Bedeutung zu geben, und namentlich hat man mehrfach die Spaltungen wildwachsender Bastarde mit den wirklichen Mutationen verwechselt. Bei

den Rosen und Brombeeren sind solche allgemein bekannt und von mehreren Forschern genau studiert worden. Hier ist es im Freien oft sehr schwer, die wahre Natur einer neu auftretenden oder neu entdeckten Form zu ermitteln. Man ist aber auf diesem Wege zu ziemlich vagen Vorstellungen gelangt, welche am Ende eine Rückkehr zu der ursprünglichen Auffassung notwendig gemacht haben.

Jede Mutation besteht somit aus zwei getrennten Vorgängen, der unsichtbaren Umänderung im Idioplasma und der äußerlich sichtbaren Änderung in der Form oder in sonstigen Merkmalen. Die erstere ist die Prämutation, die letztere wird einfach als sichtbare Mutation angedeutet. Im vergleichenden Studium der Entwicklungsgeschichte der Pflanzen- und Tierwelt bilden beide zusammen nur eine Einheit, in der experimentellen Erblchkeitslehre tritt aber der Gegensatz allmählich mehr in den Vordergrund. Man hat sogar die Frage aufgeworfen, ob der eine oder der andere Vorgang als die wahre Mutation zu betrachten sei. Aber offenbar hängt die Entscheidung darüber nur vom Standpunkte ab, den man einnimmt, d. h. von der Frage, welchem der beiden Schritte man die größte Bedeutung beilegt. Viel wichtiger ist die Frage nach der zeitlichen Trennung dieser Schritte. Einerseits kann man sich denken, daß sie unmittelbar aufeinander folgen, andererseits aber liegt die Möglichkeit auf der Hand, daß sie durch mehrere, vielleicht sogar durch viele Generationen voneinander getrennt sind. Beide Extreme kommen zweifellos vor, und ebenso die zwischenliegenden Fälle. Überall, wo in der Natur oder in den Kulturen unerwartete Mutationen auftreten, ist man zunächst geneigt, den ersteren Fall anzunehmen, indem man die Prämutation und die Mutation als Teilschritte einer einzigen Umwandlung auffaßt. Aber gleich im Anfang meiner Untersuchungen habe ich eine Tatsache beobachtet, welche, wenigstens für bestimmte Fälle, auf das andere Extrem hinwies. Darwin hatte bereits auf das Vorkommen wiederholter Variationen hingewiesen und diese auf das wiederholte Sichtbarwerden einer und derselben inneren Umwandlung zurückgeführt. Genau so verhielt es sich bei den Nachtkerzen; hier waren bald die Wiederholungen viel zahlreicher als die wirklichen Neubildungen. Die Annahme eines inneren mutablen Zustandes, der sich im Laufe der Generationen erhielt, schien unabweisbar. Verhältnismäßig geringe Abänderungen in der Lebenslage könnten dann jedesmal die entsprechenden sichtbaren Umwandlungen erklären.

Der Anfang jenes mutablen Zustandes wurde mit dem Namen Prämutation belegt. Und da zahlreiche Eigenschaften sich in jener Lage befanden, erhob sich die Frage, ob vielleicht die Prämutationen, sämtlich oder doch vorwiegend, ungefähr zu derselben Zeit stattgefunden hatten. Manche Erfahrungen deuteten darauf, daß sie

wenigstens einige Jahrzehnte alt sein müßten und vielleicht viel älter waren. Es leitete dieses zu der Hypothese einer Prämutationsperiode, während welcher die äußeren Umstände, welche Neubildungen hervorrufen können, viel stärker auf unsere Pflanze eingewirkt hätten als sonst. Über die Natur des Vorganges selbst sind wir noch völlig im Dunkeln, obgleich zahlreiche Hypothesen aufgestellt worden sind, um darauf einiges Licht zu werfen, wie wir unten sehen werden. Aber wiederholte Mutationen sind seitdem in vielen anderen Fällen und namentlich bei der Bananenfliege beobachtet worden, und wohl stets hat man sie als Äußerungen eines inneren, modifizierten und erblichen Zustandes betrachtet.

Falls aber keine Wiederholungen festgestellt sind, so bleibt immer offenbar die Möglichkeit einer solchen bestehen, und offenbar gibt es kein anderes Mittel, um den Zeitverlauf zwischen Prämutation und Mutation zu bestimmen. Die Annahme, daß beide in der Regel oder doch mehrfach durch mehrere Generationen voneinander getrennt sind, ist vorläufig noch völlig berechtigt. Dieses ist deshalb wichtig, weil sie zu der Vorstellung führt, daß die äußeren Bedingungen für beide Teile des Vorganges vielleicht durchaus verschiedene sein können. Für die sichtbaren Mutationen sind sie unserem Studium, wenn auch schwer und in geringem Umfange, zugänglich, aber für die unsichtbaren Prämutationen entziehen sie sich der Forschung noch vollständig. Am meisten scheint dieses Studium Erfolg zu versprechen, wenn man beide Schritte in den Versuchen nicht voneinander zu trennen braucht.

Man kann die Prämutationen auch als interne oder innere Mutationen bezeichnen und die sichtbaren Umänderungen als phänotypische behandeln. Worin aber jene inneren Vorgänge bestehen und in welchen Punkten sich der mutablen Zustand von dem normalen unterscheidet, wissen wir noch gar nicht. Ich habe anfangs die Vermutung aufgestellt, daß vielleicht vielfach eine Koppelung oder Bindung benachbarter Erbinheiten im Chromosom diesen eigentümlichen Zustand erklären könnte, indem die Aufhebung der Bindung die sichtbare Mutation veranlassen würde. Dieser Gedanke ist seitdem, namentlich für die Bananenfliege, zu einer umfangreichen Theorie ausgearbeitet worden. Diese hat dann zu der weiteren Hypothese geleitet, daß dort die Bindung vielfach an sogenannte letale, d. h. tödliche Faktoren stattfinde. Bei den Oenotheren sind solche letale Faktoren aber bis jetzt in viel zu geringer Anzahl bekanntgeworden, um darauf eine ähnliche Erklärung bauen zu können.

Wenn Wiederholungen nicht innerhalb derselben Linie, sondern in verwandten Rassen oder Arten stattfinden, nennt man sie parallele. *Oenothera biennis* und *O. suaveolens* können Individuen mit schwefelgelben Blüten hervorbringen, *O. biennis* und *O. Lamarckiana* erzeugen

regelmäßig Zwerge, und ferner findet man *Gigas*-formen, d. h. solche mit der zweifachen Anzahl von Chromosomen bei *O. stenomeris*, *O. pratincola*, *O. grandiflora* und anderen Arten. *Morgan* hat eine gelbe Mutante der Bananenfleie mit einer gleichfarbigen Mutante einer verwandten Art gekreuzt. Alle Nachkommen waren gelb, wodurch die Identität der parallelen Mutation für den betreffenden Fall bewiesen wurde. Ist die Verwandtschaft der parallel mutierenden Rassen eine ausreichende, so weist der Vorgang wohl auf eine gemeinschaftliche Ursache hin und verlegt die Prämutation auf die Vorfahren der betreffenden Arten. In anderen Fällen verdient aber die Annahme einer gleich gerichteten Beeinflussung durch äußere Umstände den Vorzug.

Morgan nennt die Entdeckung der wiederholten und parallelen Mutationen eine der wichtigsten auf diesem Gebiete. Sie zeigen am klarsten, daß gewisse Änderungen leichter eintreten als andere. Sie verraten das in der Anlage vorhandene. Sie deuten auf einen mutablen oder labilen Zustand, in dem bestimmte Erbinheiten verkehren, während andere, und wohl die meisten und wichtigsten, sich durch unzählige Generationen als durchaus stabil verhalten.

Wir wollen jetzt die regressiven und degressiven Mutationen etwas eingehender betrachten. Sie bilden, wie ich bereits hervorgehoben habe, bis jetzt fast ausschließlich das Material, mittels dessen man die aus allgemeinen Betrachtungen abgeleitete Mutationstheorie näher begründen kann. Hauptsache dabei ist, daß die Umwandlungen stets stoßweise und nie durch eine lange Reihe fast unmerklicher Veränderungen zustande kommen, wie man früher meinte.

Ich fange mit den klassischen Untersuchungen von *Beyerinck* über die Mutationen der Mikroben an. Hier sind diese Vorgänge rein vegetativer Natur und gehören stets nur einem der beiden obigen Typen an. Weitaus die meisten Arten von Bakterien und von Hefe zeigen sie in den reinen Kulturen, oft schon innerhalb weniger Tage nach der Aussaat auf den Gelatine- und Agar-Agar-Platten, oft aber auch erst nach längerer Zeit. Plötzlich treten in einer Kolonie hier und dort Pünktchen mit einer anderen Farbe oder mit einer abweichenden physikalischen Eigenschaft auf. Sie wachsen allmählich und durch Überimpfen kann man dann aus ihnen reine Kulturen der betreffenden Mutationsform erhalten. Sie sind in der Regel durch den Verlust irgendeiner Eigenschaft entstanden. Bei weiterer Kultur treten dann, wenn auch viel seltener, Rückschläge auf, indem einzelne Teilchen der Kolonien zu den Eigenschaften der ursprünglichen Aussaaten zurückkehren. Das sind dann die degressiven oder atavistischen Mutationen.

Neben diesen zahlreichen und meist leicht zu beobachtenden rezessiven und atavistischen Prozessen ließ sich ein Fortschritt bis jetzt nirgend-

wo einwandfrei nachweisen. Die Mutanten repräsentieren somit nur das schon Dagewesene, und somit wohl nur das in der Anlage Vorhandene. Ihre Entstehung wird offenbar in hohem Grade von äußeren Einflüssen bedingt, und namentlich sind hohe, dem Optimum für das Wachstum naheliegende Temperaturen günstig. Den normalen aktiven Erbinheiten gegenüber kann man die mutierten als latente oder schlummernde andeuten; ihre Rückkehr zu dem aktiven Zustande bedingt dann den Atavismus.

Bisweilen bringen die Mutationen komplexe Eigenschaften ans Licht. So scheint bei *Bacillus prodigiosus* die rote Farbe durch vier oder fünf verschiedene Anlagen bedingt zu sein, denn es gibt neben einer dunkleren Form, der *Mut. hyalinus*, eine *auratus*- und wenigstens zwei *roseus*-Mutanten. Von derselben Spezies gibt es eine schleimige Abart, und diese erzeugt, wenn man die Kultur einige Wochen aufbewahrt, Ausläufer, welche nicht mehr schleimig sind und somit in atavistischer Richtung mutiert worden sind.

Das häufige, bei fast keiner Art fehlende, man möchte fast sagen regelmäßige Wiederkehren derselben Mutationen deutet überall auf einen prämutierten Zustand, und somit auf eine vorangegangene Prämutation. Verhältnismäßig wenige Eigenschaften verkehren in dieser Lage, denn weitaus die meisten sind stabil. Auch kommt es vor, daß einzelne Arten durchaus unveränderlich sind, wie *Pleurococcus vulgaris*, während die gleichfalls grüne *Chorella* von Zeit zu Zeit Mutanten abwirft. Im allgemeinen sind die Veränderungen klein und wohl meist einfach, aber bei einer Art von Hefe, *Schizosaccharomyces octosporus*, sind sie bisweilen so bedeutend, daß man eher an generische als an spezifische Unterschiede denken möchte.

Auch sonst unter den Pilzen sind vielfach Mutationen bekannt. Ich möchte hier aber nur den von *Brierley* beschriebenen Übergang der schwarzen Sklerotien der asexuellen *Botrytis cinerea* in weiße erwähnen. Es handelt sich hier offenbar wiederum um eine Verlustmutation.

Als eine zweite Gruppe wähle ich die im Pflanzenreich so häufigen Knospenvarianten. Diese kommen in jeder Beziehung mit den Mutationen der Bakterien überein. Auch hier gibt es keine deutlichen Fortschritte; die Veränderungen sind stets rezessiver oder seltener atavistischer Natur und wegen des Verbandes mit der Mutterpflanze leicht als solche zu erkennen. In manchen Gattungen, wie bei den Rosen und bei einigen Koniferen, sind sie häufig, in anderen aber verhältnismäßig selten. Gar oft handelt es sich um ziemlich bedeutende Komplexe von Merkmalen, und in diesem Punkte sind sie für die Theorie viel wichtiger als die einfacheren Beispiele der Mikroben, weil ja in der Natur die Merkmale wohl zumeist zu Gruppen verbunden sind und bei der Entstehung der Arten als solche verändert werden. Die Knospenmutationen er-

zeugen in manchen Fällen nach Selbstbefruchtung ihrer Blüten konstante Rassen, bisweilen aber auch treten Spaltungen ein, wie bei den von *Åkerman* studierten speltartigen Formen des Weizens. Denn diese liefern teilweise der Knospenvariation gleiche, teilweise aber den großelterlichen Typus wiederholende Individuen. Einen Fall von atavistischer Knospenmutation haben *Cobb* und *Bartlett* beschrieben. Es handelt sich um einen Fliederstrauch (*Syringa*), welcher einer blassen, nicht ganz weißblühenden Varietät angehörte und einen Ast mit dunklen, violetten Trauben von der Farbe der Art trug.

Unter den Tieren nimmt die Bananenfliege, *Drosophila melanogaster*, jetzt weitaus den ersten Rang in bezug auf die Mutationsfrage ein. Sie hat vor den Pflanzen den großen Vorzug, daß sie in Flaschen im Laboratorium erzogen werden kann, und daß jede solche Kultur leicht auf dreihundert Individuen aufgeführt wird, wodurch eine ausreichend hohe Genauigkeit der Zahlenverhältnisse gesichert wird. Sie wurde seit einer Reihe von Jahren von den amerikanischen Forschern *Morgan*, *Muller*, *Sturtevant*, *Bridges* und anderen studiert und hat bis jetzt über dreihundert verschiedene Mutanten hervorgebracht. Dennoch gehören diese alle den regressiven und degressiven Typen an, und sind unzweifelbare Fortschritte auch hier nicht vorgekommen. Zumeist handelt es sich um Verlustmutationen, unter denen die Farbenveränderungen der Augen sowie des ganzen Körpers fast die Hälfte bilden, während Mißbildungen der Flügel etwa ein Viertel der ganzen Reihe ausmachen. Nur etwa zehn Prozent sind dominant, und zumeist in ganz vereinzelten Exemplaren aufgefunden worden. Sie sind degressiv, was namentlich für gewisse Veränderungen der Augen ausführlich festgestellt wurde, und ihre Dominanz ist in der Regel ziemlich unvollständig, bisweilen sogar kaum über allen Zweifel erhoben. Gerade dadurch ergeben sie sich als atavistische Mutationen. Wiederholungen sind unter den Mutationen der Bananenfliege mehrfach beobachtet worden, so z. B. für die mennigrote Farbe der Augen sechsmal, für rudimentäre Flügel fünfmal und für abgestutzte Flügel viermal. Aber sie sind im ganzen und großen selten; dennoch deuten sie auf prämutierte Zustände der betreffenden Erbinheiten hin, welche vielleicht schon in dem ursprünglichen Stocke vorhanden waren.

Bei zahlreichen anderen Tieren und bei vielen Arten von Pflanzen sind in der letzten Zeit Mutationen in experimentellen Kulturen aufgetreten. Die wichtigsten sind wohl jene des Löwenmauls in den Untersuchungen von *Baur*, der etwa vierzig Einzelfälle für diese eine Art beschrieben hat. Diese und andere Beispiele gehören aber wiederum stets den rezessiven und in selteneren Fällen den atavistischen Typen an. Sie schließen sich den seit Jahrzehnten bekannten Vorgängen unter den landwirtschaftlichen Pflan-

zen und den Arten des Gartenbaues sowie den in der freien Natur gemachten Beobachtungen über das Auftreten von Varietäten durchaus an. In allen ausreichend studierten Fällen hat die genauere Analyse die regressive bzw. die degressive Natur des Vorganges feststellen können.

Auch unter den Oenotheren ist ein bedeutender Teil der Mutationen regressiver Art, während einige andere offenbar atavistisch sind. Fast stets treten sie wiederholt auf, in einigen Fällen in ausreichend umfangreichen Kulturen nahezu alljährlich. Dieser Umstand eröffnet uns eine Aussicht, uns über den prämutierten Zustand und wohl auch über den Vorgang der Prämutation bestimmte Vorstellungen zu machen. Wir wollen aber zuerst einen Fall betrachten, in welchem die Veränderung nur ein einziges Mal nachgewiesen worden ist. Ich meine die kurzgrifflige Form der *Oenothera Lamarckiana*, welche den Namen *O. Lam. mut. brevistylis* führt. Diese ist auf dem ursprünglichen Fundort in der Nähe von Hilversum aufgetreten und von dort in die Kulturen eingeführt worden. Sonst wurde sie nirgendwo beobachtet, und auch in den Versuchsgärten ist sie niemals neu entstanden. Hier ist also die Annahme erlaubt, daß Prämutation und sichtbare Mutation nicht durch eine lange Reihe von Generationen; vielleicht sogar nur durch eine ganz kurze Frist voneinander getrennt gewesen sind. Da aber die Kurzgriffligkeit sich in Kreuzungen rezessiv verhält und die erste Generation stets normalen Blütenbau hat, muß auch im Freien dem Sichtbarwerden der Abänderung eine solche Stufe vorangegangen sein.

Zwerggestalt und Sprödigkeit des Stengels gehören zu den ältesten und am ausführlichsten untersuchten Abweichungen der soeben genannten Art. Dazu kommt, daß man sie fast in jeder umfangreichen Kultur auffinden kann. Sie sind offenbar rezessiv und beruhen auf dem Verluste eines der Faktoren, welche die Statur der Mutterart bedingen, bzw. auf dem Verschwinden der Festigkeit, welche die ursprüngliche Form den dicken Wandungen ihrer Fasern verdankt. Beide sind schädliche Eigenschaften; die Zwerge sind zu klein und einer eigentümlichen Krankheit ausgesetzt, welche oft zahlreiche Exemplare tötet; die spröden Pflanzen aber werden vom Winde leicht zerbrochen. Offenbar können die Vorfahren der *Lamarckiana* weder Zwerge noch spröde gewesen sein, und die Eigenschaft, solche Exemplare entstehen zu lassen, muß einmal durch eine innere Mutation entstanden sein. Welcher Art aber der dadurch hervorgerufene prämutierte Zustand ist, ist eine schwierige und bei weitem noch nicht völlig gelöste Frage. Jedenfalls befinden sich die fraglichen Erbanlagen nicht einfach in dem latenten Zustande, wie z. B. die Kurzgriffligkeit, denn sie werden nach Kreuzungen gar nicht nach den für die Bastarde geltenden Regeln abgespalten. Demgegenüber sind sie offenbar an andere Eigenschaften gebunden,

mit denen zusammen sie ans Licht zu treten pflegen. Zu dieser gehören für die Zwerge die Empfindlichkeit für die oben besprochene Krankheit und für die Sprödigkeit die niedrige Gestalt, die mehr gerundeten, fast schüsselförmigen Blumenkronen sowie die eigentümliche Belaubung. Daneben aber auch die unten zu besprechenden letalen Faktoren. Welcher Art diese Bindungen sind, weiß man noch gar nicht. Für die Bananenfliege wird allgemein angenommen, daß die Nachbarschaft der betreffenden Anlagen in den Chromosomen dazu genügt. Aber bei den Oenotheren sind die Verhältnisse viel komplizierter und reicht jene Annahme offenbar nicht aus.

Einen ganz merkwürdigen Fall von Verlustmutationen bietet uns die Verdoppelung der Chromosomen in den Kernen. Sie kommt, wie jetzt allgemein anerkannt wird, dadurch zustande, daß bei der Entstehung der Sexualzellen, im Momente der Reduktionsteilung diese Teilung unterbleibt. Die beiden sonst sich trennenden Fäden bleiben dann aneinander haften und gehen zusammen nach demselben Pol. Der eine Tochterkern enthält dadurch ein Chromosom zu viel, der andere eins zu wenig. Der letztere muß zugrunde gehen, da jedes Chromosom eine Anzahl von Erbanlagen für unentbehrliche Eigenschaften enthält. Der erstere aber empfindet von der Überbelastung in der Regel nur geringe Schädlichkeiten. Das Unterbleiben der Trennung kann entweder in einem einzelnen Chromosom stattfinden oder in allen. Zwischenstufen scheinen ganz selten zu sein und brauchen hier nicht berücksichtigt zu werden. Den Ausfall der Spaltung kann man nur dadurch erklären, daß man annimmt, daß der Faktor, der sonst die Trennung bewirkt, inaktiv geworden ist, und deshalb ist der Vorgang als eine Verlustmutation zu betrachten. Bei den Oenotheren ist er aber wohl stets an andere oft zahlreiche Mutationen gebunden, wie wir unten noch zu besprechen haben werden. Ob die Vermehrung der Zahl der Chromosomen je unabhängig von solchen vorkommt, weiß man nicht, einfach aus dem Grunde, daß, wenn keine sichtbare Veränderung sie verrät, kein Grund für eine zytologische Prüfung vorliegt.

Von manchen Forschern wurde die Verdoppelung eines oder aller Chromosomen als die Ursache der sie begleitenden Mutationen in den sichtbaren Merkmalen betrachtet. Es blieb dabei allerdings stets eine offene Frage, wie man sich dabei den Einfluß der Verdoppelung zu denken habe. Dennoch hat sich die Meinung aufrechterhalten, solange man nur eine geringe Anzahl von Mutationen mit einem Extrachromosom kannte. Die Oenotheren führen in den Kernen ihrer Sexualzellen je sieben Chromosome, und die erwähnte Hypothese hatte somit Anspruch auf Anerkennung, solange man nicht mehr als sieben Mutanten mit fünfzehn Keimstäbchen in den vegetativen Zellen kannte. Jetzt sind aber deren

etwa 20 bis 30 und wohl noch mehr beobachtet worden und die alte Vorstellung kann den ganzen Umfang der Abänderungen somit nicht erklären. Offenbar ist die Vermehrung der Chromosomenzahl nicht die Ursache, sondern nur eine Begleiterscheinung der betreffenden Mutationen.

Jetzt wollen wir die beiden Hauptfälle getrennt betrachten. Unterbleibt die Spaltung während der Reduktionsteilung gleichzeitig in allen sieben Kernfäden, so müssen Sexualzellen mit vierzehn Chromosomen entstehen. Verbinden sich diese dann nachher, bei der Befruchtung, mit einem normalen Kerne, so werden Pflanzen mit 21 Chromosomen in ihren Kernen auftreten. Solche pflegt man bei den Oenotheren als *Semigigas* zu bezeichnen. Sie sind gar nicht selten, indem sie fast alljährlich beobachtet werden, sowohl in den reinen Linien als nach Kreuzungen. Man kann ihre Häufigkeit auf etwa eine Pflanze unter tausend schätzen. Sie sind mit dem eigenen Blütenstaube nur in äußerst geringem Grade fruchtbar, mutieren dabei stark und bilden keine Rasse. Nur wenn zwei Kerne mit je 14 Chromosomen sich miteinander verbinden, verhält sich die Sache anders. Denn dadurch erhält man Individuen mit der vierfachen Anzahl, d. h. 28 Kernstäben. Diese nennt man *Gigas*, sie bilden konstante Rassen mit dichter Belaubung, stark gefüllten Trauben und großen, sehr schönen Blüten.

Weitaus die meisten Mutanten von *Oenothera Lamarckiana* haben je ein Chromosom verdoppelt. Es liegt auf der Hand anzunehmen, daß die einzelnen Chromosomen dabei verschiedenen Mutationsformen entsprechen werden und daß die letzteren somit gruppenweise ihre Repräsentanten in ihnen finden müssen. Bisweilen beobachtet man dabei deutliche Beziehungen. So bildet *O. mut. lata* so häufig *Albida*-Mutanten, daß beide Typen offenbar demselben Chromosom angehören. Dasselbe gilt für *O. mut. scintillans* in bezug auf die *Oblonga*. In anderen Fällen muß das Zusammengehören aus Übereinstimmungen in den äußeren Eigenschaften abgeleitet werden.

Die berühmten Untersuchungen von *Morgan* und seinen Schülern haben für die Bananenfliege die Existenz von letalen Faktoren ans Licht gebracht, d. h. von solchen, deren Mitwirkung für die Entwicklung des Individuums unerläßlich ist, deren Unwirksamkeit somit einen frühzeitigen Tod herbeiführt. Ich habe dann diese Entdeckung auf die Oenotheren übertragen, um dadurch das Vorkommen der tauben Samen zu erklären, in denen *Renner* ganz kleine, aber dennoch befruchtete Keime nachgewiesen hatte. *Renner* war es dadurch gelungen, zu zeigen, daß die tauben Samen nach den für Bastarde geltenden Regeln abgespalten werden. Wichtig ist es dabei, daß die fraglichen letalen Faktoren bei bestimmten Mutationen verschwinden: indem Rassen entstehen, welche keine tauben Samen hervorbringen; wie z. B. *Oen. blandina* und *O. decipiens*. Hier sind alle oder doch nahezu alle

Samen keimfähig und sind die Sexualzellen ebenso einheitlich wie bei gewöhnlichen hermaphroditen Pflanzenarten. In Kreuzungen verhalten sich übrigens die tauben Samen als rezessive Eigenschaften und ihr Verschwinden darf somit als eine atavistische Mutationserscheinung, im oben gewählten Sinne, betrachtet werden.

Überblicken wir jetzt die angeführten Beispiele von regressiven und degressiven Eigenschaften bei den Oenotheren und vergleichen wir sie mit den entsprechenden Erscheinungen bei anderen Pflanzen und bei Tieren, so finden wir neben wichtigen Unterschieden im großen und ganzen eine klare Übereinstimmung. Die Unterschiede aber rühren wohl hauptsächlich von den eigentümlichen Koppelungen der Faktoren her, welche ja im vorliegenden Falle eine ganz besondere Bedeutung erworben haben.

Weitaus die größte Anzahl der Mutationen von *Oenothera Lamarckiana* verhält sich aber ganz anders. Hier handelt es sich um größere Gruppen von Eigenschaften, welche in der Regel fest zusammenhalten und nur sehr selten voneinander getrennt auftreten. Die wichtigsten Eigenschaften in jeder Gruppe sind dabei dominant, d. h. daß die Merkmale nur von solchen Individuen vererbt werden, welche sie selber zur Schau tragen. Dazu kommt, daß die betreffenden Eigenschaften eine große Übereinstimmung zeigen mit den Differenzen der Arten des natürlichen Systems. Offenbar handelt es sich hier nicht um rezessive und ebenso wenig um atavistische Mutationen, denn die fraglichen Neubildungen sind weitaus zu zahlreich, um unter den Vorfahren der Mutterpflanze je ihre Vertreter gehabt haben zu können. Es erhebt sich somit die Frage, ob sie als progressive Mutationen aufgefaßt und inwieweit sie mit den artbildenden Prozessen in der Natur auf eine Linie gestellt werden dürfen. Diese Frage wurde vom Anfange an als eine der wichtigsten für die Anwendung der Mutationstheorie auf spezielle Fälle betrachtet, konnte aber bis jetzt keinem ausgedehnteren Studium unterworfen werden, weil entsprechende Vorgänge bei andern Organismen noch nicht entdeckt worden sind.

Aus diesen Gründen scheint es mir wichtig, hier zunächst zu untersuchen, wie man sich den Vorgang der Artbildung in der freien Natur vorzustellen pflegt. Viele Forscher vertreten die Ansicht, daß diese Prozesse auf den großen Linien des phylogenetischen Stammbaumes andere gewesen sind als auf dessen letzten Abzweigungen. Die Entwicklung des Pflanzen- und Tierreichs im Laufe der geologischen Perioden macht vielfach den Eindruck eines auf bestimmte Ziele gerichteten Fortschreitens, und man wünscht diese Erscheinung, als die wichtigste, in erster Linie zu erklären. *Darwin* fand diese Erklärung in einer allseitig gerichteten Ausbildung, verbunden mit einer natürlichen Zuchtwahl, welche bei

annähernd gleichbleibenden äußeren Bedingungen stetig in derselben Richtung auslesen konnte. Demgegenüber stellten andere hervorragende Untersucher die Meinung auf, daß die fragliche Erscheinung wesentlich durch innere, im Bau des Organismus begründete Ursachen bedingt sein müsse, weil sonst ihre auffallende Zweckmäßigkeit nicht zu verstehen sei. Diese Theorie führt den Namen der *Orthogenesis*, d. h. einer in bestimmter Richtung treibenden inneren Ursache. Diese soll die Anpassungen erklären. Sie wird vielfach als der Mutationstheorie entgegengesetzt beschrieben, doch ist es klar, daß Mutationen ebensowohl bestimmt gerichtet sein könnten, wie sonstige kleine Veränderungen, und daß somit die Orthogenesislehre keineswegs die Beteiligung der fluktuierenden Variabilität an der stammesgeschichtlichen Entwicklung voraussetzen braucht. Die Anhänger der Orthogenesis geben vielfach zu, daß die Fortschritte auf den feineren Verzweigungen des Stammbaumes durch Mutationen bewirkt werden. Auf diesem Felde stützen sich die Theorie und die experimentellen Erfahrungen durchaus. Fast ohne Ausnahme beruhen die Kulturrassen der Pflanzen und Tiere auf Eigenschaften vom Range der sichtbaren Mutationen. In experimentellen Kulturen kann man durch geeignete Kreuzungen solche Verschiedenheiten derart häufen, daß sie systematischen Artwert zu erlangen scheinen, und manche Mutanten der Oenotheren würden gewiß ohne weiteres als Arten beschrieben worden sein, falls sie im Freien und weit von ihrer Mutterart aufgefunden wären. Für solche Ausläufer des großen Stammbaumes könnte man jetzt die Theorie in wesentlichen Zügen auf den experimentellen Erfahrungen aufbauen, und Versuche in dieser Richtung sind bereits wiederholt gemacht worden. Nur darf man dabei nicht vergessen, daß die Erfahrungstatsachen sich nur auf rezessive und atavistische Mutationen beziehen und uns somit im Stich lassen, sobald wir die Erklärung auf die Hauptlinien des Stammbaumes anwenden wollen. Hier bleiben die allgemeinen Betrachtungen, welche ursprünglich die Grundlage der Theorie bildeten, in voller Kraft, um so mehr, als sie kaum je einer eingehenden Kritik ausgesetzt worden sind.

Die Vergleichung experimenteller Mutationen mit den Vorgängen der Artbildung in der Natur wird aber am meisten dadurch erschwert, daß unsere Kenntnisse über die letztere durchaus ungenügend sind. Man begnügt sich mit dem Studium der Arten und ihrer auffallenden Varietäten. Über individuelle Abweichungen weiß man sehr wenig. Der Theorie nach muß die Entstehung einer neuen Art ein ganz seltener Prozeß sein, der auf großen Gebieten wohl kaum einmal in einem Jahrtausend stattfindet. Dennoch sollten solche Fälle aufgesucht werden. Es liegt auf der Hand, anzunehmen, daß die Natur zeitweise Gruppen von Mutanten hervorbringt, und daß es der natürlichen Zuchtwahl überlassen bleibt, daraus die tauglichen auszuwählen. Weit-

aus die meisten werden den Lebensbedingungen nicht oder doch nicht besser entsprechen als ihre Mutterart. Sie müssen früh oder spät, und wahrscheinlich an Ort und Stelle, zugrunde gehen. Nur wenige werden vorzüglich ausgestattet sein, und nur diese werden sich verbreiten, bis sie den gleichen Anspruch auf den Wert einer Art erleben können wie ihre Vorfahren.

Diese Erwägungen leiten zu der Ansicht, daß man in experimentellen Kulturen zunächst nur Neubildungen vom Range untauglicher Arten erwarten darf, diese aber in beträchtlich großer Zahl. Floristische Arten, d. h. solche, welche befähigt sind, einen Anteil an irgendeiner Flora zu bilden, müssen weit zu selten sein; auch könnte der fragliche Beweis nur durch die Ausbreitung im Freien gegeben werden. Wer nur solche Formen als wirkliche Arten betrachten will, verzichtet von vornherein auf das experimentelle Studium der Artbildung.

Andererseits können unter den für die freie Natur untauglichen Arten ganz gut solche erwartet werden, welche für die Landwirtschaft und für den Gartenbau hohen Wert haben. Sind doch die meisten unserer veredelten Rassen nicht imstande, sich im Freien zu behaupten. Gerade aus diesem Grunde sollte die Nachahmung des natürlichen Prozesses der Artbildung ein viel höheres Interesse verdienen als ihm bis jetzt zuteil geworden ist. Wenn nach Jahrzehnten die Neubildung von Kulturrassen durch Isolierung aus den jetzt noch kultivierten Gemischen sowie durch zweckmäßige Kreuzungen erschöpft sein wird, wird die Praxis um andere Methoden der Veredelung fragen, und nur jene Nachahmung wird diese bieten können. Das Studium der Nachtkerzen ist von Anfang an diesem Ziele gewidmet gewesen; die zu überwindenden Schwierigkeiten haben sich aber als so groß erwiesen, daß wir dem Ziele nur ganz unmerklich genähert sind. Aber das Material ist gewachsen, d. h. die Anzahl der betreffenden Mutationen hat ganz bedeutend zugenommen. Was heute auf diesem Gebiete bekannt ist, ist nichts im Vergleich mit dem zu lösenden Problem. Das ist aber kein Grund, um nicht auf dem eingeschlagenen Wege weiter zu gehen. Nur sollte das Studium anderer Arten helfend eingreifen.

Augenblicklich sind wir auf die Frage beschränkt, inwieweit die Mutationen der *Oenothera Lamarckiana* mit den artbildenden Prozessen in der Natur verglichen werden können. Es handelt sich dabei nicht um die oben besprochenen rezessiven und atavistischen Erscheinungen, sondern um die wirklichen Neubildungen. Diese stimmen in den Hauptzügen überein, weichen aber in manchen Einzelheiten noch bedeutend ab. Als Hauptzüge betrachte ich, daß die sichtbaren Eigenschaften dominant sind, daß sie feste Komplexe bilden und daß diese Komplexe auch rezessive Eigenschaften umfassen

können. Das sind auch in der Natur wohl die wesentlichen Züge der Artunterschiede.

Die Neubildungen sind dominant. Sie bilden gute Rassen, welche ihrem Typus im Laufe der Jahre treu bleiben. Für *O. mut. lata* sind mehr als zehn, für *O. mut. scintillans*, *O. mut. cana* und einige andere etwa fünf Generationen geprüft worden. Auch sind sie komplex, d. h. von den anderen durch eine Reihe von Merkmalen unterschieden. Anfangs habe ich allerdings geglaubt, daß ihre Eigenschaften je auf einen Faktor zurückgeführt werden konnten. Aber genau wie beim Studium der Blütenfarben die Anzahl der beteiligten Faktoren anfangs klein schien, sich aber später als immer größer herausstellte, so hat man auch jetzt bei den Oenotheren wohl zahlreiche Faktoren für jede einzelne Mutante anzunehmen. *O. lata* hat schwache Stengel, rundliche Blätter, schüsselförmige Blüten, fast keinen guten Blütenstaub, verwachsene, oft handförmige Narben, kurze Früchte usw. *O. cana* hat verlängerte Trauben, schmale graufilzige Belaubung, dünne fast zylindrische Früchte usw. Die meisten Typen sind bereits an den Wurzelblättern kenntlich und diese weisen in Form, Größe, Behaarung und Farbe deutliche Merkmale auf. Man wird wohl nicht zu weit gehen, wenn man die Faktoren eines einzelnen Komplexes zumeist auf zehn oder mehr schätzt.

Leider gelang es bis jetzt nicht, sie zu isolieren und zu zählen, dazu scheinen die Komplexe viel zu fest zu sein. Doch deuten bereits manche Erscheinungen auf die endgültige Möglichkeit einer solchen Spaltung hin, wie z. B. *O. mut. delata* als Nebenform von *Lata* und *O. mut. nitens* als Nebenform von *Scintillans*.

Die fraglichen Rassen sind teilweise nur permanent, teilweise anscheinend völlig konstant. In beiden Fällen haben sie, wie die Mutterart, etwa zur Hälfte taube Samen, welche kleine abgestorbene, aber befruchtete Keime enthalten und damit auf innere Spaltungen hindeuten. Äußerlich konstant sind z. B. *O. mut. oblonga*, *albida*, *candicans* und mehrere andere. Die permanenten, aber nicht uniformen Rassen sind dimorph, indem sie alljährlich Individuen abspalten, welche den Typus der Mutterart wiederholen. Von den letzteren werden dann aber die Merkmale der Rasse nicht vererbt, wie man es etwa im Falle von rezessiven Mutationen erwarten würde.

Die fraglichen Spaltungen werden von unsichtbaren, mit den sichtbaren Eigenschaften fest verbundenen Faktoren bedingt. Unter diesen ist namentlich einer hervorzuheben, und zwar der sogenannte androletale Faktor, der einen bedeutenden Teil, wohl zumeist etwa die Hälfte des Blütenstaubes tötet. Und zwar gerade jene Hälfte, in der die Träger der Merkmale der betreffenden Rasse vertreten sind. Man sieht dieses daraus, daß der Blütenstaub die Eigentümlichkeiten der Rasse in Kreuzungen nicht überträgt,

er gleicht in diesem Punkte dem Pollen der unveränderten Mutterart. Bei der Selbstbefruchtung muß dann offenbar der Pollen Nachkommen liefern, welche die Spaltungen in jeder Generation wiederholen können.

Eine ganz merkwürdige Erscheinung ist ferner die Verbindung der sichtbaren Eigenschaften mit dem oben besprochenen Faktor der Nicht-Spaltung der Chromosomen während der Reduktionsteilung. Fast stets beobachtet man 15 Kernstäbe anstatt 14 und folgert daraus, daß in einem Paare die übliche Trennung unterblieben ist. Weshalb diese Erscheinung die Neubildungen so regelmäßig begleitet, wissen wir nicht, wie oben schon betont wurde. Sie weist aber darauf hin, daß die einzelnen Mutationskomplexe wohl von verschiedenen Chromosomen getragen werden, denn offenbar muß jedes der sieben Chromosomenpaare bei der Reduktionsteilung die Aussicht haben, einmal nicht gespalten zu werden. Das deutet auf wenigstens sieben Typen von Neubildungen und vielleicht auf mehrere, wenn dasselbe Chromosom z. B. zwei Komplexe von muta-

belen Eigenschaften enthält. Das letztere ist u. a. der Fall für *O. lata* und *O. albida*, deren Träger zusammen einem Chromosom angehören müssen, und für *O. scintillans* und *O. oblonga*, deren Vertreter in einem zweiten Kernstabe angenommen werden.

Androletale Faktoren und Verdoppelungen von Chromosomen kommen in der Natur in Verbindung mit Artunterschieden vielfach vor, spielen aber bei weitem nicht eine so hervorragende Rolle wie die Komplexe dominanter Eigenschaften. Auf die letzteren fällt daher das Hauptgewicht bei der Vergleichung der Neubildungen der Oenotheren mit der Artbildung im allgemeinen.

Dieser Vergleich wird später hoffentlich auch hier einmal ein festes Band zwischen der Theorie und der experimentellen Forschung legen. Dazu ist aber auf beiden Seiten noch sehr viele Arbeit erforderlich. Denn, wie bereits gesagt, was wir jetzt wissen, ist so gut wie nichts im Vergleich mit dem Umfange des zu lösenden Problems.

Zur pathologischen Physiologie der Ataxie.

Von Karl Hansen, Heidelberg.

(Schluß¹⁾.)

II. Die physiologische Analyse.

d) Die reflektorische Selbststeuerung der Bewegungen.

Was die Genese des eigentümlichen schleudernden Ganges des Tabikers angeht, so konnte gezeigt werden, wie bedeutungsvoll für diese Gangart der Ausfall von Erregungen des Druck- und Kraftsinns ist. Wieweit auch der Ausfall von Eigenreflexen als solchen hier verantwortlich zu machen ist, kann vorerst nicht sicher entschieden werden; doch glaube ich, die Bedeutung der Eigenreflexe für den Ablauf der Bewegungen und insbesondere die rhythmische Form der Fortbewegung durch eine Hypothese verdeutlichen zu können, die — wenn auch noch nicht verifiziert — so doch durch die voraufgegangenen Experimentaluntersuchungen sehr nahegelegt ist: Gesetzt, im Verlauf einer eingeübten, „mechanischen“, d. h. weitgehend spinal beherrschten Bewegung rhythmischen Charakters regelt sich die Impulsfolge der Innervation von Prot- und Antagonist ähnlich der von *Breuer* und *Hering* nachgewiesenen reflektorischen Selbststeuerung der Aus- und Einatmung, so bedeutet das im vorliegenden Fall: Mit der Kontraktionszunahme

des Agonisten erfährt der erschlafte Antagonist eine fortschreitende Dehnung, die bei einem bestimmten — optimalen — Dehnungszustand als Zerrung den adäquaten Reiz zur Auslösung eines Eigenreflexes im selben Antagonisten abgibt: es setzt die Kontraktion des Antagonisten ein und mit ihr — gemäß *Sherringtons* Prinzip der reziproken Innervation — die Denervation des Agonisten, bis eben die Erreichung eines bestimmten Dehnungszustandes des letzteren in ihm wieder einen Eigenreflex auslöst. In welchem Zeitpunkt der „optimale Dehnungsgrad“ erreicht ist, d. h. wann auf die Zerrung der Eigenreflex erfolgt, hängt einmal von Bedingungen der peripheren Erregbarkeit ab; zum zweiten von dem Wiedereintritt der Reflexerregbarkeit des Rückenmarks, das, wie weiter unten noch gezeigt wird, unmittelbar nach einer motorischen Entladung ein Refraktärstadium hat, während dessen es unerregbar ist. Der Dehnungsgrad, bei dessen Erreichung der Eigenreflex einsetzt und damit den Fortschritt der Kontraktion im Gegenspieler hemmt, bestimmt also auch das begrenzte Ausmaß jeder normalen Bewegung²⁾.

1) I. Einführung.

- a) Begriff der Ataxie.
- b) Klinische Klassifizierungsversuche und Notwendigkeit einer physiologischen Analyse.

II. Die physiologische Analyse.

- a) Der Drucksinn der Haut.
- b) Der Kraftsinn.
- c) Die Eigenreflexe.

²⁾ Es liegt nahe, in diesem Zusammenhang an *Uexkülls* Erregungslehre zu erinnern, wonach „die Erregung immer den gedehnten Muskeln zufließt“. — „Auf diese Weise lassen sich die rhythmischen Reflexbewegungen, wie sie viele Gehbewegungen der Tiere charakterisieren, ableiten.“ Doch dürfte die Zuordnung der Erregung nicht allein abhängig sein von den Zuständen des übergeordneten Zentralorgans, vielmehr durch rein peripher veränderte Erregbarkeitsbedingungen mitbestimmt sein (s. folgende Fußnote).

Für die gegebene Auffassung über die Bedingungen der rhythmischen Bewegungsfolge sind die Sherringtonschen Befunde über die „Reflexinduktion“ von Bedeutung: „Die verlängerte Tätigkeit eines Reflexes führt . . . zu erhöhter Erleichterung und Kraft des ihm diametral antagonistischen Reflexes. So führt eine lange und intensive Reflexbeugung des Beines (Rückenmarkshund) zur Erniedrigung der Schwelle, sowie größerer Intensität und Dauer des nachfolgenden Extensionsreflexes desselben Gliedes“ (Ergebnisse d. Physiologie, Bd. 4, S. 797, 1905). Ob es sich hier wirklich ausschließlich um eine „spinale Induktion“ handelt oder ob an der Erleichterung des Antagonistenreflexes Veränderungen in der peripheren Erregbarkeit im gedehnten Muskel Anteil haben, kann hier noch nicht erörtert werden³⁾. Beim areflektorischen Patienten kann, da ihm ja die Reflexe fehlen, diese Bremsung, welche die Bewegung in einem bestimmten mittleren Maß hält, nicht auftreten; die einmal eingeleitete Kontraktion wird sich soweit fortsetzen, bis durch einen mechanischen Widerstand oder die überschwellige Erregung von Haut- und Kraftsinn der Bewegung Halt geboten wird. Darum also ist die Bewegungsform bei der Tabesataxie ausfahrend, schleudernd, jedenfalls irgendwie ungehemmt und über das Ziel hinausschießend.

Der areflektorischen Ataxie gegenüber — wie sie als Typus bei der Tabes dorsalis auftritt — ist die sogenannte *spastische Ataxie* gekennzeichnet durch eine Steigerung der Sehnenreflexe, vermehrten Spannungszustand in der Muskulatur, zähe, als ob gegen Widerstände ausgeführte, und ebenfalls unkoordinierte Bewegungen. Dieser ganze Symptomenkomplex läßt sich weitgehend aus der Eigenart der Reflexveränderungen ableiten. Bei der gebräuchlichen Beurteilung der Reflexe nach dem mechanischen Effekt der Muskelkontraktion muß man jedoch sehr vorsichtig sein: diese kann nämlich nicht immer als Maß der Stärke eines Reflexes gelten. Der größere mechanische Effekt, die „Stärke“ eines Reflexes bei echtem Spasmus und bei Neurasthenie etwa unterscheiden sich oft gar nicht oder kaum. Das *Wesen der Reflexsteigerung besteht vielmehr in einer Veränderung der der Reflexzuckung folgenden Refraktärphase im Rückenmark*: Versucht man in einem normalen, nicht kontrahierten Muskel durch zeitlich kurz aufeinanderfolgende Zerrungen — die Stärke der Reize sei hier nicht berücksichtigt — Reflexe auszulösen, so treten etwa 2 bis 4 Reflexzuckungen in der Sekunde auf; die übrigen Reize bleiben erfolglos, da sie in die Refraktärphase der abgelau-

fenen Reflexe fallen. Kontrahiert man aber den fraglichen Muskel willkürlich, so können mit dem Vibrationsapparat leicht bis zu 50, bei sehr starker Innervation sogar bis zu 120 Reflexen in der Sekunde ausgelöst werden; die — früher bereits erwähnte — Bahnung des Reflexbogens durch Willkürkontraktion äußert sich in einer Verkürzung der Refraktärphase der Eigenreflexe. Demgegenüber zeigt nun *der Spastiker* auch *ohne jede Willkürkontraktion* eine Reflexerregbarkeit bis zu 120 Reflexen in der Sekunde. Die Verkürzung der Refraktärphase ist bei ihm das Gewöhnliche; in ihr ist das Wesen der Reflexsteigerung zu sehen. Der Neurastheniker mit hohem mechanischem Effekt der Eigenreflexe zeigt aber keine Verkürzung der Refraktärphase und läßt sich so leicht vom echten Spastiker unterscheiden.

Die mit spastischer Reflexsteigerung einhergehenden Kloni müssen wir demgemäß vorerst auffassen als einen direkten Ausdruck der verkürzten Refraktärphase. Bei der in der Klinik üblichen Prüfung des Klonus z. B. stößt die infolge der Zerrung auftretende Kontraktion des Muskels auf den Widerstand der Hand des Arztes, der den Klonus prüft; beim Normalen fällt dieser zweite Reiz in die Refraktärphase des eben abgelaufenen Eigenreflexes und bleibt darum wirkungslos; beim Spastiker findet der zweite Reiz das Refraktärstadium bereits beendet und ruft nun eine zweite reflektorische Kontraktion hervor, und so fort, „unerschöpflich“, wie es für den echten Spasmus verlangt wird. Dem Spasmus, der Hypertonie, dem Klonus liegen — allen gemeinsam — u. a. ein und derselbe Vorgang zugrunde: die Reflexsteigerung. Und ebenso erklären sich die Eigentümlichkeiten des spastisch-ataktischen Ganges: die Steifigkeit, Unausgiebigkeit usw. der Bewegungen aus der Reflexsteigerung.

Um das zu verdeutlichen, sei auf die oben gegebene Hypothese zurückgegriffen: Wir nahmen eine reflektorische Selbststeuerung im Bewegungsspiel von Agonist und Antagonist an; auslösend für die Kontraktion sollte danach wirken jedesmal ein gewisser Spannungszustand des erschlafften Antagonisten; nach den letzten Ausführungen über die Refraktärphase wird der Augenblick des Wirksamwerdens dieses Spannungszustandes (der „optimale Dehnungsgrad“, wie wir oben sagten) auch abhängig sein von der Dauer der Refraktärphase. Beim Normalen ist auch bei einem Maximum von Erregungen nur eine Reflexbereitschaft von 2 bis 3 in der Sekunde möglich. Beim Spastiker mit verkürzter Refraktärphase ist die Fähigkeit zu einer reflektorischen Gegenwirkung 50- bis 80mal so häufig, d. h. die Reflexfähigkeit ist in einem 50- bis 80mal kürzeren Stadium des Bewegungsablaufs wiederhergestellt. Die Zerrung des Antagonisten kann darum auch in einem viel früheren Zeitpunkt einen Reflex hervorrufen,

³⁾ Für die letztere Möglichkeit sprechen u. a. eigene Befunde und die Ergebnisse *Baileys* (Arch. of neurol. u. psychiat. 9, S. 436, 1923), wonach im gespannten bzw. hypertontischen Muskel die Kennzeit (Chronaxie) geringer ist als im nicht gespannten Muskel!

der dann bremsend auf die Bewegung wirkt. Um die angelegte Bewegung durchzuführen, sind neue Innervationen — ob willkürlich oder ebenfalls reflektorisch erfolgend, ist noch nicht geklärt — erforderlich. In der so bedingten Hemmung des Bewegungsablaufs durch die Steigerung der Eigenreflexe wäre eine Ursache für den eigentümlichen Charakter der spastischen Bewegung zu sehen. —

Wie kompliziert die Innervationsverteilung in ihrem zeitlichen Ablauf auf Prot- und Antagonisten ist, welche Veränderung sie bei verschiedenen Krankheiten erfährt und wie dadurch das Bewegungsbild bestimmt wird, haben in letzter Zeit die interessanten Analysen der Bewegungskurve von *Isserlin* und *F. H. Lewy* gezeigt. Soweit sich die wichtigen Einzeldaten in ihrer Bedeutung für den Bewegungsablauf übersehen lassen, passen sie ganz zu den vorausgegangenen Auseinandersetzungen: *Lewy* und *Isserlin* konnten nämlich zeigen, daß beim normalen Bewegungsablauf der Agonistenkontraktion die Antagonistenkontraktion sehr schnell und zwar schon nach $\frac{4}{100}$ bis $\frac{8}{100}$ sec folgt, dadurch bremsend auf den Agonisten wirkt und so zum Rückstoß überführt. Beim Tabiker fehlt mit den Reflexen auch diese Antagonisteninnervation, fehlen Bremsung und Rückstoß; die Rückbewegung setzt erst nach einem etwa $\frac{16}{100}$ bis $\frac{18}{100}$ sec dauernden Bewegungsstillstand ein. Und umgekehrt zeigen die Kurven spastischer Muskeln „eine zu große Spannungsneigung im Antagonisten, die ihn zu frühzeitiger und unnötig starker Kontraktion bringt und so schon bei verhältnismäßig niedrigen, flachliegenden Kurven zu ausgeprägtem Rückstoß führen kann, der seinerseits wiederum nach kurzer Zeit durch einen neuen spastischen Rückstoß abgelöst werden kann, bis nach einer Reihe solcher Stöße die Bewegung zur Ruhe kommt“ (*Lewy, Tonus*). — Die Forscher haben sicher Recht mit der Annahme, daß dieser Koppelung von Agonisten- und Antagonisteninnervation ein zentraler Bewegungsentwurf zugrunde liegt; sie schließen das aus der Tatsache, daß bei Oberarmamputierten mit Sauerbruchschem Stumpf auch nach weitgehender Ausschaltung der (Bänder- und) Muskelempfindung die gleiche Koppelung sich nachweisen läßt. Ihr eigener Gegenbefund, daß andererseits aber auch gerade häufig bei Sauerbruchoperierten — und nur bei solchen — eine völlige Unabhängigkeit von Agonisten- und Antagonistenkontraktion beobachtet werden kann, widerspricht ihrer Annahme nicht; denn es handelte sich, wenn solche Unabhängigkeit beobachtet werden konnte, stets um Leute, die systematisch auf eine unabhängige Kontraktion der einzelnen Muskeln monatelang trainiert hatten. Gleichwohl löst die Annahme eines „zentralen Bewegungsentwurfes“ nicht die uns interessierende Frage, wie derselbe sich denn auswirke; und da haben ja die Verfasser bei nicht

verstümmelten Personen selbst hinlänglich Beispiele beigebracht, welche die oben gegebene Theorie der „reflektorischen Selbststeuerung der Bewegungen“, insbesondere der rhythmischen, stützen.

Hier muß nun angefügt werden, daß sowohl *Sherrington* wie *Graham Brown* dadurch, daß sie rhythmische Bewegungen beobachteten bei Tieren, die durch Hinterwurzdurchschneidung der afferenten Reize beraubt waren, zu der Meinung geführt worden sind, daß der Koordinationsmechanismus zentral vorgebildet und von peripheren Erregungen relativ unabhängig sei; und *Camis* (*Arch. internat. de physiol.* Bd. 20, pag. 340, 1922) hat diese Meinung in gewissem Sinne in einer neuen Arbeit bestätigen können, indem er rhythmische Extremitätenbewegungen durch Reizung einer Stelle des Kleinhirns in der Nähe des nucleus dentatus auslösen konnte. Diese Befunde sind sehr wichtig und zeigen, welche Kompliziertheit von Vorgängen dem Bewegungsmechanismus zugrunde liegt. Doch ist zu bedenken, daß die genannten Beobachtungen immer nur an geschädigten Versuchstieren möglich waren und daß die Zahl der Phasen bei hinterwurzdurchtrennten Tieren „äußerst beschränkt“ war, jedenfalls kein konkurrentes Bild zu den beim Normalen gewöhnlichen Ablaufsformen der Bewegungen boten.

Man kann eine Besprechung über die physiologischen Grundlagen der Ataxie nicht abschließen, ohne eine Gruppe von Reflexen zu erwähnen, deren Erforschung erstaunlich reichhaltige Ergebnisse geliefert hat, denen sicher eine ausgedehnte Beziehung zu den Bewegungen zukommt; leider ist die klinische Beziehung der genannten experimentellen Arbeiten bis heute noch wenig erforscht; immerhin sind von einer Kenntnis der *Magnusschen* Arbeiten Ausblicke möglich auf normale und pathologische Bewegungsabläufe; jedenfalls ist hier u. a. der Weg zu einem Verständnis der Physiologie des sog. extrapyramidalen Symptomenkomplexes angebahnt.

Was beim Lokomotionsakt etwa an Beinbewegungen geschieht, was an Bewegungen der Hände beim Ergreifen und Abtasten eines Gegenstandes, kurz, was bei der Ausführung jeglicher Bewegung, — das alles setzt ja voraus eine kompensierende mannigfaltige Erregung primär unbeteiligt erscheinender Körperteile: Wahrung des Gleichgewichts durch Schwerpunktsbalance, durch dauernd erfolgende Veränderungen der Gliedstellungen, der Haltung des Stammes; Daueranspannung (Tonus) benachbarter, sozusagen einen Haltepunkt gebender Muskeln usw. Ueber die Beziehungen von „statischem Tonus und rhythmischen Reflexen der Extremitäten“ hat *Beritoff* Untersuchungen angestellt, deren Ergebnisse hier noch anzuführen sind; sie setzen aber auch wieder voraus eine Kenntnis jener vorher erwähnten mannigfaltigen Mechanismen über Körperstellung usw., deren Erforschung wir fast

ganz Magnus und seinen Mitarbeitern verdanken. Eine ausführlichere Wiedergabe dieser Arbeiten erübrigt sich — an diesem Platze um so mehr, als Magnus selbst eine zusammenfassende Darstellung gerade in dieser Zeitschrift (1922, S. 927 ff.) gegeben hat. Darum möge hier nur eine Skizzierung seiner Ergebnisse genügen (vgl. d. med. Wo. 1923, S. 501 ff.):

e) Die tonischen Reflexe.

Durchtrennt man einem Tier (Katze, Kaninchen usw.) das oberste Halsmark, so kann das Tier, wenn man es in geeigneter Weise stützt, noch rhythmische Bewegungen der Extremitäten ausführen; nicht mehr jedoch ist es in der Lage, sich selbst aufrechtzuerhalten. Damit dies möglich sei, ist die Unversehrtheit von Zentren und Bahnen nötig, die proximaler, im Hirnstamm gelegen sind. Durchtrennung in Höhe des Tentorium cerebelli ruft die seit Sherrington so benannte „decerebrate rigidity“ hervor, eine starre Haltung des Körpers mit übertriebenem Strecker- und vermindertem Beugertonus. Zur Aufrechterhaltung dieser Starre sind afferente Erregungen nötig. Die Kerne, von deren Unversehrtheit als Zentral- oder Durchgangsstation die Starre abhängt, liegen im kaudalen Teil der medulla oblongata, oberhalb des calamus scriptorius; das Kleinhirn ist für die Starre ohne jede Bedeutung. Die afferenten Erregungen selbst, an deren Unversehrtheit die Haltung gebunden ist, entstammen zwei rezeptorischen Feldern: 1. dem Labyrinth und 2. der Haut und den Muskeln des Halses. Die Erregungen wirken so, daß sie reflektorisch gesetzmäßig die Haltung von Gliedmaßen, Kopf und Körper durch verschiedene Verteilung des Tonus auf Strecker und Beuger beherrschen. Die von beiden Feldern zufließenden und normalerweise zusammenwirkenden Erregungen lassen sich experimentell trennen: Wir unterscheiden also zwei große Gruppen von „tonischen Reflexen“: 1. die tonischen Labyrinthreflexe und 2. die tonischen Halsreflexe.

Ad 1. Die tonischen Labyrinthreflexe. Wenn man durch Hinterwurzdurchschneidung der Zervikalnerven oder durch einen, Kopf und Körper fixierenden Gipsverband die von der Haut und den Muskeln des Halses einströmenden Erregungen ausschaltet, so zeigen sich die eben erwähnten Haltungen der Glieder, des Kopfes, des Körpers lediglich abhängig von der Lage des Kopfes im Raum. Die durch Veränderung der Lage des Kopfes zur Horizontalen gesetzten Erregungen sind Erregungen des Labyrinthes; sie äußern sich in einer Einwirkung a) auf die Extremitäten, b) auf die Stammuskulatur, besonders des Halses.

Ad a): O-Lage (Rückenlage des Tieres mit angehobener Schnauze): Strecktonus aller vier Extremitäten im Maximum. 180°-Lage (Normalstellung des Kopfes mit etwas gesenkter Schnauze): Strecktonus aller vier Extremitäten im Minimum. Zwischen 0° = und 180° = Lage:

alle entsprechenden Zwischenstärken des Strecktonus. Rezeptorisches Feld: maculae der Utriculusotolithen: jede macula ist verbunden mit beiden Körperhälften.

Ad b) 0°-Lage (s. o.): Tonus der Nackenheber im Maximum. 180°-Lage (s. o.): Tonus der Nackenbeuger im Maximum. Zwischen 0°-Lage und 180°-Lage: alle Zwischengrade der Tonusverteilung. Rezeptorisches Feld: Utriculusotolithen, jedoch ist jede macula nur mit den Muskeln der gleichen Körperseite verbunden.

Ad 2). Die tonischen Halsreflexe lassen sich isolieren nach Ausschaltung der tonischen Labyrinthreflexe durch Labyrinthexstirpation oder durch Abschleudern der Otolithen (nach Wittmaack). Die afferenten Erregungen entstammen der Nackenmuskulatur, und zwar werden die tonischen Halsreflexe bestimmt durch die Haltung des Kopfes zum Körper; bei Änderung der Kopf- zur Körperhaltung reagiert ein Extremitätenpaar immer gegensinnig zum anderen:

Ventralbewegung des Kopfes: Erschlaffung der Vorder-, Streckung der Hinterbeine. Heben des Kopfes: Erschlaffung der Hinter-, Streckung der Vorderbeine. Drehen und Wenden des Kopfes nach links: Streckung beider linker, Beugung beider rechter Extremitäten. Drehen und Wenden des Kopfes nach rechts: Streckung beider rechter, Beugung beider linker Extremitäten.

Inwieweit diese beim dezerebrierten Tier analysierten Reflexe als Grundlage auch der Normalbewegungen gelten dürfen, darüber wird noch gehandelt werden. Deutlich sind die tonischen Reflexe jedenfalls nur bei enthirnten Tieren, und zwar bei solchen, bei denen die Durchtrennung in einem Bereich erfolgte, der begrenzt ist kranial durch die Mitte der corpora quadrigemina anteriora, kaudal durch die hintere Grenze des Okulomotoriusaustritts. Legt man die Durchtrennung weiter kranialwärts, etwa so hoch hinauf, daß noch das Mittelhirn oder gar der Thalamus erhalten sind, so schwindet die Starre, und die Tiere sind wieder in der Lage, sich, wenn umgelegt, reflektorisch in die Normalstellung zurückzubringen. Die Reflexe, vermittelt deren dies geschieht, werden von Magnus Stellreflexe genannt.

f. Die Stellreflexe.

Nach der Art der afferenten Erregungen, durch welche die Stellreflexe ausgelöst werden, und nach der Form ihrer Auswirkung unterscheidet Magnus fünf Gruppen:

1. Labyrinthstellreflexe: Der Kopf wird bei jeder beliebigen Körperlage des Tieres in die Normalstellung gebracht. Nach Labyrinthzerstörung schwinden diese Reflexe. Das rezeptorische Feld sind die maculae der Sacculusotolithen.

2. Körperstellreflexe auf den Kopf: Die Kopfhaltung eines frei in die Luft gehaltenen labyrinthlosen Thalamustieres ist desorientiert. Die normale Kopfstellung wird aber sofort wieder-

hergestellt, wenn das Tier auf eine Unterlage gesetzt wird. Receptorisches Feld: Drucksinnorgane der Haut.

3. Halsstellreflexe: In Abhängigkeit von 1 und 2 folgt dem Stellen des Kopfes das Stellen des Halses und in Abhängigkeit von ihm das Stellen des Körpers; Typus des „Kettenreflexes“.

4. Körperstellreflexe auf den Körper: Auch wenn der Kopf in Seitenlage gehalten wird und sich dieser Lage entsprechend konsekutiv eine durch Halsstellreflex bedingte Körperstellung herausgebildet hat, kann der Körper reflektorisch zur Aufrechtstellung gebracht werden, wenn man ihn in Berührung mit einer Unterlage bringt. Receptorisches Feld: Drucksinn der Haut.

5. Optische Stellreflexe: Ein labyrinthloses Tier bringt, frei in die Luft gehalten, sofort seinen Kopf in die Normalstellung, wenn ihm ein optischer Fixationspunkt gestattet wird.

Während das Zentrum für Stellreflex 5 wahrscheinlich im Großhirn anzusetzen ist, sind die Zentren für Stellreflexe 1—4 mit großer Genauigkeit im Hirnstamm und zwar spezifiziert zu lokalisieren. Davon soll hier jedoch nicht mehr gehandelt werden.

Bei der ungeheuren Mannigfaltigkeit von Erregungen, die das Zentralnervensystem dauernd treffen, und bei der Kompliziertheit der reaktiven und autonomen Erregungen, die — oft sich überkreuzend und kompensierend — von ihm ausgehen, besteht natürlich ein großer Unterschied im funktionellen Aufbau seiner Leistungen beim dezerebrierten Tier, beim „Thalamus- und Mittelhirntier“ und beim unversehrten Menschen. Die geschilderten, beim dezerebrierten Tier in so klassischer Form nachgewiesenen *tonischen Reflexe* haben beim unversehrten Menschen bisher nicht isoliert werden können. Gleichwohl erscheint es undenkbar, daß die tonischen Reflexe hier nicht vorhanden sein oder etwa keine Rolle im Ablauf und der Regulierung seiner Bewegungen spielen sollten. Die Brücke vom Versuchstier herüber ist nun auch insofern geschlagen, als *Magnus* selbst die Reflexe auch bei nicht dezerebrierten Affen, allerdings erst nach Ausschaltung des Großhirns durch Narkose, nachweisen konnte. Und *Simons* ist es in zahlreichen klinischen Beobachtungen am Menschen gelungen, zu zeigen, daß die Verschleierung der Reflexe beim Menschen nicht so sehr von der Intaktheit des Großhirns, sondern vielmehr von der Unversehrtheit des sog. „extrapyramidalen“ Systems abhängt. Treten hier Schädigungen ein, so kommen die tonischen Reflexe, d. h. die tonischen Halsreflexe, deutlich heraus. Zahlreiche, bisher völlig unverständliche Mitbewegungen bei Hemiplegikern zum Beispiel werden nach der *Simons*-schen Arbeit verständlich als Äußerung der Halsreflexe im *Magnus*-schen Sinn. Wichtige Beobachtungen von *Böhme* und *Weiland* weisen in der gleichen Richtung. Damit ist viel gewonnen; jedenfalls ist nun sicher, daß die toni-

schen Halsreflexe auch beim Menschen vorhanden sind. Wie sie sich beim Normalen zur Geltung bringen, ist noch nicht klar zu zeigen. *Goldsteins* Nachweis der Reflexe in seiner viel diskutierten Untersuchung über die wechselseitigen induzierten Mitbewegungen und Lageveränderungen von Kopf und Extremitäten hat sehr viel mehr Wahrscheinlichkeit für sich, als die Opponenten zugestehen wollen; jedenfalls ist hier noch viel diskutabel, ein Weg und eine Richtung des Fortschreitens aber gewiß und hoffnungsvoll.

Auf Beziehungen der tonischen Reflexe zu den Normalbewegungen hat *Beritoff* in einer neuen Arbeit (*Pflüg. Arch.* Bd. 199, S. 248, 1923; *Ergebnisse der Physiol.* Bd. 20, S. 407, 1922) über „den statischen Tonus und die rhythmischen Reflexe der Extremitäten usw.“ hinweisen können; seine eindeutigen Versuche zeigen, daß „die Erscheinungen der Lokomotion — das verbundene Auftreten des phasischen Reflexes und des Strecktonus — demnach das Resultat der gegenseitigen Beeinflussung des einen Reflexes mit dem anderen ist . . .“ und ferner, daß „der phasische Reflex nicht ohne den statischen Tonus hervorgerufen werden kann“, d. h. also, daß eine direkte Koppelung beider Arten von Reflexen — wenigstens für die phasischen Bewegungen — nötig ist.

Bei der Analyse der tonischen Reflexe zeigte *Raademakers*, ein Schüler von *Magnus*, daß das Zentrum, an dessen Unversehrtheit die normale Tonusverteilung auf Streck- und Beugemuskulatur gebunden ist, unzweifelhaft im *nucleus ruber* zu suchen ist, und daß der von diesem Kern ausgehende *tractus rubrospinalis* die einzige Bahn ist, durch welche der Einfluß des roten Kerns auf die motorischen Rückenmarkkerne geltend gemacht werden kann. Durch diese ungemein wichtige Feststellung ist nun endlich eine physiologische Grundlage gewonnen, den sog. extrapyramidalen Symptomenkomplex verstehbar zu machen; soweit sich das Bild heute übersehen läßt, ist jedenfalls die Starre im Zusammenhang mit einer Schädigung des roten Kerns oder des *tractus rubrospinalis*; eine physiologisch fundierte Einsicht in die Bedeutung der immer und immer wieder genannten Stammganglien, Striatum usw. fehlt uns jedoch vollständig. Die klinischen Beziehungen der *tonischen Labyrinthreflexe* sowie der *Stellreflexe* sind noch dunkel, ihre prinzipielle Bedeutung aber außer allem Zweifel.

III. Klassifizierung der Ataxieformen nach physiologischen Gesichtspunkten.

Versucht man aus den vorliegenden physiologischen Arbeiten eine Einteilung der Ataxie herauszuformen, so dürfte sich folgendes Schema ergeben, in das allerdings auch noch einige Grundlagen miteinbezogen sind, die in der vorliegenden Abhandlung keine ausführliche Darstellung fanden, deren Berechtigung und Notwendigkeit aber zwanglos verständlich ist:

I. Ataxie durch Störung der *afferenten* Erregungen: a) des Gesichtsinns (Auge), b) des

Lagesinns (Labyrinth), c) des Drucksinns (Haut), d) des Kraftsinns (Muskel) bzw. der entsprechenden zentripetalen Bahnen.

II. Ataxie durch Störung der *efferenten* Erregungen: a) durch verfehlte Bewegungsanlage (Cortex), b) durch Tonusverschiebung (nucleus ruber oder Traktus rubrospinalis), c) durch Areflexie ([sens. spin. Bahnen], moto. Vorderhornzellen), d) durch Hyperreflexie (Pyramidenbahn, moto. Vorderhornzellen), e) (durch Kleinhirnveränderungen?, teilweise zu I, b, I, d und II, b gehörend).

Aus der umfangreichen Literatur sei hingewiesen auf:
Sherrington, C. S., The integrative action of nervous system.
—, zahlreiche Arbeiten in Proc. of the Royal Society of London, Vol. 60 ff.; Journal of physiol., Vol. 17 ff.
v. Frey, M., zahlreiche Arbeiten in Z. f. Biol. Bd. 68 ff.
—, Sitzungsbericht d. Kgl. bayer. Akad. d. Wissenschaft., math.-physikal. Klasse, 1918.
Magnus, R., und Mitarbeiter, zahlreiche Arbeiten in Pflug. Archiv Bd. 130 ff.
Hoffmann, P., und Mitarbeiter, zahlreiche Arbeiten in Z. f. Biol. Bd. 68 ff.
—, Eigenreflexe menschl. Muskeln, Berlin 1922, Springer.

Besprechungen.

Chemiker-Kalender 1924. Ein Hilfsbuch für Chemiker, Physiker, Mineralogen, Industrielle, Pharmazeuten, Hüttenmänner usw. Begründet von *E. Biedermann*. Neubearbeitet von *W. Roth* (Braunschweig). 45. Jahrgang. Zwei Bände. Berlin, Julius Springer, 1924. Schreibkalender, XIII, 520 S., XII, 644 S. Preis geb. 9,— Goldmark.

Dem Herausgeber des Chemiker-Kalenders, der zugleich auch (mit *K. Scheel*) Herausgeber der *Landolt-Börnstein*-Tabellen ist, wurde in diesem Jahre mit der Fertigstellung der fünften Auflage des letztgenannten Werkes eine schwere Last von den Schultern genommen. Mit einer höchst anerkanntesten Arbeitsfreudigkeit und Energie hat Herr *Roth* sich nun der weiteren Umgestaltung des Chemiker-Kalenders gewidmet und recht erhebliche Fortschritte erzielt. Die Ausgabe von 1924 ist gegenüber der vorjährigen von 1183 auf 1264 S. Text und Tabellen angewachsen; berücksichtigt man, daß auch verschiedene Teile fortgelassen sind, so erscheint der Zuwachs noch beträchtlicher. In beiden Bänden wurden sämtliche Tabellen — mit Ausnahme des Abschnittes Thermochemie — durchgesehen, an Hand der neuesten Auflage des *Landolt-Börnstein* ergänzt und, soweit erforderlich, mit den neuerdings festgesetzten Atomgewichtswerten der Deutschen Kommission umgerechnet. *W. Roth* selbst hat den von ihm verfaßten Abschnitt „Kolloidchemie“ erweitert und eine sehr nützliche neue Tabelle „Chemisch-Technische Produkte mit Vulgär- oder Decknamen“ aufgestellt, deren Ergänzung aus dem Leserkreis erwünscht wäre. Recht beherzigenswert sind seine temperamentvollen Worte über den scheinbar unausrottbaren Gebrauch der Bauméskala in der Technik, die er dem umgearbeiteten Abschnitt „Aräometer-Einteilungen“ vorausschickt. — Den Wünschen vieler Benutzer entspricht die Wiederaufnahme der umfangreichen „Tabelle der wichtigsten Mineralien“ (58 S.), die von *H. Philipp*-Köln neu bearbeitet worden ist.

Eine besondere Bereicherung hat der Chemiker-Kalender erfahren durch zwei Beiträge von *G. Grimm*-München „Der Aufbau der Materie“ (S. 9—39) und „Der Aufbau der Kristalle“ (S. 298—319). Der Verfasser, der selbst an der Entwicklung dieser jüngsten höchst erfolgreichen Forschungsrichtung teilgenommen hat, schildert in sehr knapper, gut verständlicher Form die heute geltenden Anschauungen über den Bau der Atome und Kristalle, welche durch die experimentellen Arbeiten auf den Gebieten der Radioaktivität, der Spektralanalyse, der Röntgen-, Kathoden- und Kanalstrahlen in Verbindung mit den Theorien von *Bohr* u. a. entstanden sind. Wie es sich in einem für Chemiker bestimmten Werke gebührt, werden die Be-

ziehungen von Atombau und periodischem System besonders hervorgehoben, während die mathematisch-physikalischen Teile kürzer behandelt sind. Beide Abhandlungen sind durch Figuren im Text und auf Tafeln erläutert; an die zweite schließt sich ein umfangreicher „Überblick über die erforschten Kristallstrukturen“ an, der die intensive Tätigkeit zahlreicher Forscher bewundern läßt. Die sich aus der Theorie des Atom- und Kristallbaues ergebenden Folgerungen über den Bau der chemischen Verbindungen sollen von *Grimm* im kommenden Jahre in einem dritten Aufsatz behandelt werden. Es ist nicht zu bezweifeln, daß viele Fachgenossen, die nicht in der Lage sind, die physikalische Literatur zu verfolgen oder die umfangreicheren Werke zu studieren, sich freuen werden, aus den Grimmschen Aufsätzen des Chemiker-Kalenders ihre Kenntnisse ergänzen und vertiefen zu können. — Für den folgenden Jahrgang wird auch eine Neubearbeitung der Thermochemie und des analytischen Teiles in Aussicht gestellt; vielleicht könnte bei dieser Gelegenheit der mikrochemischen Analyse ein Plätzchen eingeräumt werden.

I. Koppel, Berlin-Pankow.

Zietzschmann, O., Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte der Haustiere. Erste Abteilung. Berlin, Richard Schoetz, 1923. 182 S. und 154 Abb. Preis 5,— Goldmark.

Die Absicht des Verfassers ist „dem Studierenden der Veterinärmedizin mit diesem Buche ein Lehrmittel an die Hand zu geben, das in knapper Form alle wichtigen Ergebnisse der embryologischen Forschung zusammenfaßt“. Es sei von vornherein bemerkt, daß dieser Zweck des Buches vollständig erreicht wird, ja noch mehr: das Werk verspricht nicht nur ein wertvolles Lehrbuch für den Studierenden, sondern auch ein brauchbares Nachschlagewerk für den auf Nachbargebieten arbeitenden Forscher zu werden, der nicht in der Lage ist, immer bis zu den Quellen vorzudringen. Der Text ist klar, leichtfaßlich und frei von jeder „lehrbuchmäßigen“ Trockenheit, die zahlreichen Abbildungen, z. T. vom Verfasser selbst gezeichnet, sind instruktiv und vollkommen zweckentsprechend. Der erste Abschnitt bespricht Bau, Entwicklung und Reifung der weiblichen und männlichen Geschlechtszellen, der zweite die Befruchtung und die mit ihr in engerem Zusammenhang stehenden Vorgänge (Sexualzyklus, Begattung), während der größte Teil des Heftes der Entwicklung in engerem Sinne (Furchung, Keimblattbildung, Entwicklung der Körperform, Entwicklung der Hüllen und Anhänges des Embryo) gewidmet ist. Man darf den weiteren Abteilungen des Werkes, das auf etwa 500 Seiten geplant ist, mit Interesse entgegensehen.

O. Antonius, Wien.

Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften. 1923.

[Gesamtsitzung = (G.). Sitzung der Physikalisch-mathematischen Klasse = (Phys.-math. Kl.).]

18. Januar (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr.: Hr. *Roethe*.

Herr *Hellmann* sprach über **Störungen im jährlichen Gange der Temperatur in Deutschland**. Fünftägige Mittel der Temperatur aus 60 gleichzeitigen Beobachtungsjahren (1851—1910) von 30 deutschen Stationen lassen typische Störungen im Jahresverlauf erkennen: Mitte Februar, Mitte Juni, Ende September, Mitte Dezember, nicht aber Mitte Mai, dessen Kälterückfälle im Volksglauben tief eingewurzelt sind. Auch die 150-jährige Reihe (1766—1915) von Berlin, das wegen des gleichartigen Verhaltens aller Stationen als Repräsentant von ganz Deutschland dienen kann, zeigt nichts von ihnen. Zerlegt man aber die ganze Reihe in 15 zehnjährige, so sieht man, daß gegen das Jahr 1845 ein Wendepunkt im Auftreten der Maistörung eingetreten ist: von 1766—1845 sind die Kälterückfälle im Pentade vom 11. bis 15. Mai in sieben von den acht Jahrzehntmitteln nachweisbar, seitdem in keinem einzigen. Die Zeit ihres Eintretens ist somit unbestimmt geworden.

Es wird noch nachgewiesen, daß alle diese Störungen nicht auf kosmische Ursachen zurückzuführen, sondern daß sie regionaler Natur sind.

1. Februar (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr.: Hr. *Rubner*.

Herr *Fick* sprach über die **Atemwirkung der Zwischenrippenmuskeln**. (Ersch. später.) Die neuerdings von *Chr. van Gelderen* dagegen vorgebrachten Einwände werden widerlegt. Er ist der Meinung, daß durch seine früher beschriebenen Versuche an Hunden, bei denen der Brustkorb nur noch der Wirkung der Zwischenrippenmuskeln überlassen war, jeder Zweifel an der Lehre *Hambergers* verstummen müßte.

Herr *Zimmermann* überreichte sein Werk: „Rechen-tafel nebst Sammlung häufig gebrauchter Zahlenwerte“, 9. Aufl. (Ausgabe A und B) (Berlin 1922).

8. Februar (G.). Vors. Sekr.: Hr. *Roethe*.

Herr *Schlenk* sprach über den **Chemismus der katalytischen Hydrierung mittels Wasserstoff und Nickel**. Es wurde gefunden, daß Nickel in kolloidaler Lösung erhalten werden kann durch Umsetzung von wasserfreiem Nickelchlorid mit Lithiumalkylen oder Grignard-schen Magnesiumverbindungen. Im kolloidalen Zustand nimmt das Nickel begierig Wasserstoff auf. Die Zusammensetzung des gebildeten Produktes entspricht der Formel NiH_2 . Da dieser Nickelwasserstoff energisch hydrierend wirkt und sich nach Ablauf der Hydrierung regeneriert, hat man in seiner Bildung die Ursache der katalytischen Wirksamkeit von Nickel bei Hydrierungen im allgemeinen zu erblicken.

15. Februar (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr.: Hr. *Rubner*.

Herr *von Laue* sprach über die **Lösungen der Feldgleichungen der Schwere von Schwarzschild, Einstein und Trefftz und ihre Vereinigung**. Er gab eine Übersicht über die strengen, statischen und zentralsymmetrischen Lösungen der Differentialgleichungen des Schwerfeldes und sprach über ihre Zusammensetzung zu einem neuen Lösungssystem, bei welchem der sphärisch geschlossene Raum *Einsteins* in sehr willkürlicher Weise mit Sternen besetzt werden kann.

Herr *Einstein* überreichte durch Herrn *Planck* eine Arbeit **Zur allgemeinen Relativitätstheorie**. Es wird gezeigt, wie man durch Anwendung des Hamiltonschen

Prinzips auf Grund der Eddingtonschen Auffassung zu einer vollständigen Theorie von Gravitation und Elektrizität gelangen kann, welche unserem bisherigen Wissen gerecht wird. Diese Theorie ist dadurch gegenüber den bisherigen Theorien ausgezeichnet, daß ihre Hamiltonsche Funktion nicht aus logisch voneinander unabhängigen Summanden besteht.

8. März (G.).

Vors. Sekr.: Hr. *Roethe*.

Herr *Haber* sprach über die **Hydratation des Malachitgrüns in Säuren und sauren Salzlösungen**. Die Annahme, daß die verhältnismäßige Änderung der Aktivität des Wassers bei Änderung der Salz- oder Säurekonzentration eine Konstante ist, die von der Natur des Salzes und der Säure abhängt, führt zu einer quantitativen Darstellung der Beobachtungen und liefert Zahlenwerte für die lyotrope Folge Salzsäure, Lithiumchlorid, Natriumchlorid, Kaliumchlorid usw. und ebenso für die Folge der Anionen, die mit anderweitigen qualitativen Kenntnissen gut stimmen.

15. März (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr.: Hr. *Rubner*.

Herr *Ludendorff* sprach über seine **Untersuchungen über veränderliche Sterne**. (Ersch. später.) Es wird zunächst die Klassifizierung der veränderlichen Sterne besprochen. Alsdann wird erörtert, inwiefern sich in den Spektralklassen N, K, Ma, Mb, Mc angehörigen Mira-Sterne in ihrem Lichtwechsel von den typischen Mira-Sternen (Spektralklasse Md) unterscheiden. Ferner werden die Mira-Sterne der Spektralklasse Md einer statistischen Untersuchung unterworfen, und es wird besonders die Abhängigkeit der Periodenlänge dieser Sterne von ihren spektralen Eigentümlichkeiten diskutiert. Zum Schluß wird auf eine merkwürdige Ähnlichkeit zwischen den Mira-Sternen sehr langer Periode und den δ -Cephei-Sternen sehr langer Periode hingewiesen.

Herr *Zimmermann* legte eine Arbeit vor über die **Größen s und t der Knicktheorie**. Darin werden diese Größen näher untersucht und werden mehrere Verfahren zu ihrer genauen Berechnung angegeben. Eine Zahlentafel und ein Kurvenbild sind beigelegt.

5. April (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr.: i. V. Hr. *Planck*.

Herr *v. Laue* trägt über eine Untersuchung von *W. Radt* vor: **Die Bremsung bewegter Ladungen beim Überfliegen leitender Körper**. Aus den Maxwell'schen Gleichungen wird das elektromagnetische Feld ermittelt, welches eine bewegte Ladung hervorruft, wenn sie über eine leitende Oberfläche dahinfliegt. Die Kraft, die sich dabei ergibt, ist zu gering, um bei den Versuchen mit Kathoden- oder anderen korpuskularen Strahlen bemerkt zu werden.

12. April (G.).

Vors. Sekr.: Hr. *Roethe*.

Herr *Einstein* legte eine weitere Mitteilung **Zur allgemeinen Relativitätstheorie** vor. Beweislose Zusammenfassung der mathematischen Grundrelationen, auf denen die neue, nur auf die Theorie des affinen Zusammenhanges gegründete Theorie der Gravitation und Elektrizität beruht.

3. Mai (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr.: Hr. *Planck*.

Herr *Nernst* las über die **Theorie photochemischer Vorgänge** und legte eine von Herrn *Noddack* und ihm verfaßte Arbeit über diesen Gegenstand vor. Das so-

genannte „photochemische Äquivalentgesetz“ läßt sich mit allen bisher gefundenen experimentellen Konsequenzen lediglich auf die allgemein anerkannte Tatsache zurückführen, daß ein „gefärbtes Molekül“ das Licht quantenmäßig absorbiert. Reagiert das so entstandene energiereiche Molekül einfach nach dem Gesetze der konstanten und multiplen Proportionen, so stößt man auf die Beziehungen, die aus dem Äquivalentgesetz folgen. In den seltensten Fällen trifft dies aber zu. Ist die absorbierte Energie sehr groß, so läßt sich (mindestens annähernd) die photochemische Ausbeute thermochemisch abschätzen, ganz im Gegensatz zum Äquivalentgesetz.

Herr *Nernst* legte eine Arbeit von *J. Eggert* und *W. Noddack* **Photochemische Ausbeute bei Trockenplatten** vor. Es wird im Anschluß an eine frühere Arbeit das photochemische Äquivalentgesetz an photographischen Bromsilberplatten für die Wellenlängen 436, 405 und 363 geprüft und unter Berücksichtigung der wahren Bromsilberabsorption, die man aus der Gesamtabsorption der Platte, vermindert um die Gelatineabsorption, erhält, exakt bestätigt.

17. Mai (G.).

Vors. Sekr.: Hr. *Lüders*.

Herr *Haberlandt* las über **Goethe und die Pflanzenphysiologie**. In *Goethes* botanischen Schriften, insbesondere in der Metamorphose der Pflanzen, kombinieren sich entwicklungsphysiologische mit rein naturphilosophischen Erklärungsversuchen. Es wird gezeigt, daß die ersteren in verschiedener Hinsicht als Vordäufel moderner Anschauungen über entwicklungs-geschichtliches Geschehen zu betrachten sind. In der Geschichte der Botanik ist aber der naturphilosophische Inhalt der Metamorphosenlehre so sehr in den Vordergrund gerückt worden, daß die Beurteilung *Goethes* als Botaniker zu einseitig ausfiel.

31. Mai (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr.: Hr. *Planck*.

Herr *Penck* sprach über **die schwäbisch-fränkische Alb**. (Ersch. später.) Die Hochfläche ist eine Abtragungsfäche, welche Oberflächenstücke aus der Kreide-, Eozän- und Miozänzeit enthält. Sie hat in Schwaben während der Miozänepoche erst eine Senkung, dann eine Hebung, in Franken nur Senkung erfahren. Dadurch sind Gefällsverhältnisse entstanden, die nicht immer in der großen Struktur Süddeutschlands erkennbar sind, aber den Lauf von Flüssen bestimmen. Die Stirn der Alb ist in Schwaben seit dem Miozän nicht unbeträchtlich, in Mittelfranken fast gar nicht zurückgegangen. Die Auslieger, die von ihrer früheren größeren Ausdehnung zeugen, lassen sich in Stirn-, Zwiesel- und Riedelberge trennen. Im Innern der Alb gibt es Umlaufberge; die jähren Erhebungen auf der Höhe der fränkischen Alb sind teilweise zwischen Einsackungen stehengebliebene Pfeiler.

Herr *Einstein* legte eine Arbeit vor **Zur affinen Feldtheorie**. Auf Grund der Weyl-Eddingtonschen Idee, die Feldtheorie allein auf den affinen Zusammenhang zu gründen, gelangt man zu einer logisch einheitlichen Theorie von Gravitation und Elektrizität, deren Feldgleichungen sich im wesentlichen mit denjenigen decken, welche die allgemeine Relativitätstheorie ursprünglich aufgestellt hat. Das Elektronproblem bleibt hierbei ungelöst.

14. Juni (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr.: Hr. *Planck*.

Herr *Rubner* sprach über **die Beziehung zwischen Kolloidalzustand der Gewebe und Wachstum**. (Ersch. später.) Der Vortragende berührt die bisher gemachten Untersuchungen zur Aufklärung des Wachstums der

Säuger, eine Fortführung derselben im Hinblick auf die Veränderungen des kolloidalen Zustandes der Zellen sei notwendig. Die kolloidalen Verhältnisse werden für die ausgewachsenen Tiere, für das intra- und extrauterine Wachstum an der Hand eigener Untersuchungen dargelegt und gezeigt, daß wenigstens der Betriebsstoffwechsel von den Änderungen des kolloidalen Aufbaues nicht berührt wird. Wie aber dieser auf das Wachstum selbst einwirkt, läßt sich am Säuger selbst nicht zeigen, weshalb Versuche an Hefezellen bei künstlicher Variation ihres Wassergehaltes angestellt worden sind. Innerhalb sehr weiter Grenzen ist die Gärung unabhängig von der Variation des Wassergehaltes der Zellen, während das Wachstum mit abnehmendem Wassergehalt sofort herabgesetzt wird. Die Ergebnisse klären die Wachstumsverhältnisse bei den Säugern völlig auf. Mit fortschreitender Abnahme der Quellung der Zellen, die schon im intrauterinen Leben beginnt, schränkt sich die Wachstumsgeschwindigkeit immer mehr ein, bis schließlich die Wachstumsfähigkeit überhaupt erlischt, wenn ein Organismus den für alle Erwachsenen nahezu gemeinsamen Grenzgehalt an Trockensubstanz und Wasser erreicht hat.

21. Juni (G.).

Vors. Sekr.: Hr. *Lüders*.

Herr *Hellmann* las über **den Ursprung der volkstümlichen Wetterregeln (Bauernregeln)**. Die frühesten bekannten Zeugnisse für das Vorhandensein der Bauernregeln (*regulae rusticorum*) stammen aus der Mitte des 13. Jahrhunderts. Die Regeln sind aber viel älter und können als ein uraltes Erb- und Wandergut angesprochen werden. Ihr Inhalt stammt zu einem großen Teil aus dem Altertum, zum Teil auch ihre Fassung, doch ist diese durch die christliche Kirche stark beeinflusst worden.

5. Juli (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr.: Hr. *Planck*.

Herr *Keibel* sprach über **die Kiemenbogen, Kiementaschen und Kiemenderivate**. Groß angelegte Untersuchungen sind durch seine Vertreibung aus Straßburg unterbrochen worden. Die Protokolle sind verlorengegangen, viele Präparate und viel Material sind zugrunde gegangen, so daß sich die Arbeit jetzt nicht weiterführen läßt. Festgestellt konnte bereits werden, daß für *Axolotl*, *Necturus* und *Alytes* die entodermale Anlage nur das Gerüstwerk der Thymusdrüse bildet, die kleinen Rundzellen sind sehr frühzeitig eingewanderte Lymphozyten. *Keibel* stimmt also in seinen Ergebnissen durchaus mit *Hammar* und seiner Schule, mit *Maximow* und Frau *Dantschakoff* überein, deren auf ausgedehnten Untersuchungen begründete Resultate durch die neuliche Mitteilung von *Schridde* „Die Zellen der Thymusrinde“ (*Centralblatt für allg. Pathologie* usw. Bd. 33, 1923) seines Erachtens in keiner Weise widerlegt werden.

Er verweist hierfür auch auf die Antwort, welche *Hammar* auf die *Schriddesche* Veröffentlichung gegeben hat, und die er vor wenigen Tagen durch die Freundlichkeit des Autors erhielt (*J. Aug. Hammar*, *Zur Frage der Histogenese der Thymusdrüse*. *Centralblatt f. allg. Pathologie* usw. Bd. 33, 1923).

19. Juli (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr.: Hr. *Planck*.

Herr *Müller* (Breslau) sprach über **Knickfestigkeit gegliederter Stäbe**. Die vom Vortragenden entwickelten Formeln über exzentrisch gedrückte gegliederte Stäbe werden weiter ausgebaut und erheblich vereinfacht.

Herr *Zimmermann* legte eine Arbeit vor über **die Formänderungen gekrümmter Stäbe durch Druck**.

Darin wird die Gleichung der Biegelinie auf Druck beanspruchter Stäbe für den Fall abgeleitet, daß die Stäbe schon vor der Belastung nicht ganz gerade sind. Die Integration der zugehörigen Differentialgleichung ist selbst bei einer großen Mannigfaltigkeit solcher Anfangsformen ausführbar; sie liefert geschlossene Formeln, die den Einfluß der Krümmungen sowohl bei achsrechter Belastung wie auch beim Vorhandensein von Fehlerhebeln erkennen lassen.

Herr *Nernst* legte eine Mitteilung von Prof. Dr. *E. Gehrcke* und Dr. *E. Lau* in Charlottenburg vor **Das Viellinienspektrum des Wasserstoffs**, zweite Mitteilung, mit Zusatz: Das kontinuierliche Spektrum. (Ersch. später.) Das Spektrum eines gebremsten Kathodenstrahles in Wasserstoff zeigt eine neue Bande im Blau, die mit den Fulcherbanden Ähnlichkeit besitzt. Gasdruck und Entladungsbedingungen ändern die relative Intensität der Linien. Die Anregungsspannung aller Bandenlinien wird unabhängig von der Wellenlänge gefunden; das gleiche gilt für das kontinuierliche Spektrum.

18. Oktober (Phys.-math. Kl.). Vors. Sekr.: Hr. *Rubner*.

Herr *Correns* sprach über **lang- und kurzgrifflige Sippen bei *Veronica gentianoides***. Es wird für die genannte selbststerile Zierpflanze aus Kleinasien und dem Kaukasus das Vorkommen zweier Sippen nachgewiesen, die sich durch die Länge der Griffel unterscheiden. Bei der einen sind sie etwa doppelt so lang als bei der andern. Die Länge der Staubgefäße, die Größe der Pollenkörner und der Narbenpapillen ist dagegen nicht wesentlich verschieden. Die Anlage für kurze Griffel dominiert über die für lange, und es tritt bei der Keimzellbildung einfaches Spalten ein. Ein Unterschied im Erfolg der legitimen und illegitimen Bestäubung ist nicht sicher nachgewiesen. Dadurch unterscheidet sich *Veronica gentianoides* von einer heterostylen Pflanze vom *Linum*-Typus; sie kann aber als eine phylogenetische Vorstufe aufgefaßt werden.

Herr *Zimmermann* legte eine Arbeit vor über **die Knickfestigkeit von Stäben mit nicht gerader Achse**. Darin wird gezeigt, daß die bisher stets gemachte Annahme, als könnten nur Stäbe mit vollkommen gerader Achse und genau achsrechter Belastung die Eulersche Knickgrenze erreichen, irrig ist. Es läßt sich im Gegenteil beweisen, daß jeder schwach gekrümmte oder eckig gebogene Stab bei der Eulerlast knickt, wenn sie an einem bestimmten Hebel angreift, dessen Größe und Lage vorausberechnet werden kann. Durch diese Ergebnisse wird die Eulersche Knicktheorie auf eine ganz neue, bedeutend erweiterte Grundlage gestellt.

Herr *Haberlandt* legte eine Mitteilung vor über **die Ursache des Ausbleibens der Reduktionsteilung in den Samenanlagen einiger parthenogenetischer Angiospermen**. Es wird gezeigt, daß in den Samenanlagen verschiedener somatisch-parthenogenetischer Angiospermen in der unmittelbaren Umgebung der Embryosackmutterzelle schon vor Eintritt der Reduktionsteilung Absterbeerscheinungen eintreten. Die dabei entstehenden Nekrohormone dürften die Ursache sein, daß die Reduktionsteilung sistiert und in die gewöhnliche, typische Kernteilung übergeführt oder auch von vornherein schon ausgeschaltet wird.

25. Oktober (G.).

Vors. Sekr.: Hr. *Rubner*.

Herr *Nernst* legte eine Mitteilung des Studienrats Herrn Dr. *Werner Kolkhörster* in Berlin (z. T. gemein-

schaftlich mit *G. v. Salis*) vor **Intensitäts- und Richtungsmessungen der durchdringenden Strahlung**. (Erscheint später.) Dank dem Entgegenkommen der Leitung der Jungfraubahn und anderer Donatoren war es nach eingehenden Vorarbeiten, die in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ausgeführt wurden, möglich, die bisher noch ganz rätselhafte, wahrscheinlich kosmische durchdringende Strahlung unter besonders günstigen Umständen, nämlich im Gletschereise und in großer Höhe, messend zu verfolgen. Es ergab sich mit Sicherheit, daß es sich um eine sehr harte Gammastrahlung handelt, wie sie den uns bekannten Radioelementen nicht zukommt, und außerdem eine Andeutung dafür, daß sie vorwiegend aus dem Gebiete der Milchstraße, also von einer Stelle zu uns gelangt, woselbst die (jungen) roten Riesensterne (bzw. Nebelmassen) besonders zahlreich versammelt sind.

6. Dezember (G.).

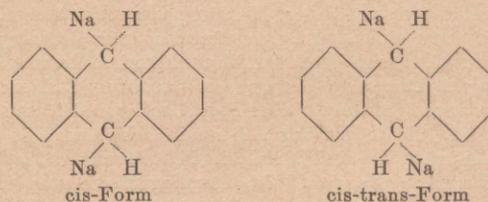
Vors. Sekr.: Hr. *Rubner*.

Herr *v. Laue* sprach über **die von glühenden Metallen ausgesandten positiven Ionen und Elektronen**. (Ersch. später.) Es handelt sich um das thermodynamische Gleichgewicht zwischen Metall und dem über ihm liegenden, ionisierten Dampf und um die Schlüsse, die man daraus auf die positiven und negativen Sättigungsströme ziehen kann.

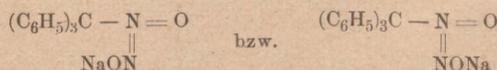
20. Dezember (G.).

Vors. Sekr.: Hr. *Rubner*.

Herr *Schlenk* sprach über **alkaliorganische Verbindungen**. Der Vortragende berichtete in zusammenfassender Weise über seine Arbeiten auf dem Gebiet der alkaliorganischen Verbindungen. Von Synthesen, welche mit Hilfe alkaliorganischer Verbindungen ausgeführt worden sind, wurden speziell zwei solche eingehender besprochen, welche zu stereochemisch interessierenden Produkten führten. In dem einen Falle handelte es sich um ein Derivat des Anthracens. Die Addition von Natrium an Anthracen läßt die Entstehung zweier isomerer Produkte möglich erscheinen, welche sich im Verhältnis von cis-trans-Isomeren befinden:



Tatsächlich konnte das Auftreten dieser beiden Isomeren nachgewiesen werden. Denn die Behandlung von Dinatriumdihydroanthracen mit Kohlendioxyd führte zu zwei Dihydroanthracendicarbonsäuren, welche sich in Löslichkeit und Kristallform unterscheiden und von denen die eine (leicht lösliche) durch kurzes Erhitzen in die andere (schwer lösliche) übergeht. Im zweiten Fall handelt es sich um Einwirkungsprodukte von Stickoxyd auf Triphenylmethylnatrium, denen auf Grund ihrer Zusammensetzung und ihres Verhaltens die Formeln:



zukommen.