

Westens bereichern. In diesem Sinne hat die Pflanzengeographie ein wachsendes Interesse daran, daß Naturschutzgebiete geschaffen werden und Naturdenkmäler erhalten bleiben. Und andererseits muß sie mit Ausdauer dahin streben, wenigstens an einzelnen geeigneten Stellen Versuche größeren Stiles anstellen zu können, um künstliche Eingriffe in ihrer Wirkung auf die Bestände zu verfolgen.

So würde durch Vergleich und Experiment zu ermitteln sein, wie das soziale Gefüge der Vegetation sich bei Verschiebungen umstellt, wie der Wettbewerb neue Gestalten annimmt, wie die einzelnen Arten als Verbandsteilhaber sich mit dem Wandel abfinden, ob sie dabei gewinnen oder Verlust erleiden. Die Faktoren, die hier eingreifen, sind überaus zahlreich und verschieden geartet. Bei ihrer Untersuchung tritt die Pflanzengeographie in fruchtbare Fühlung mit vielen Zweigen der Erdkunde und leistet ihnen wertvollen Gegenstand, indem sie die Veränderungen der Vegetation der Erde verstehen lehrt, von denen so viele erdkundlichen Vorgänge abhängig sind.

Deszendenzprobleme im Lichte der Biologie und der Thermodynamik.

Von Dr. Kurt Stern, Berlin.

Die Mehrzahl der kritischen Biologen ist heute mit *Johannsen* der Ansicht, „daß das Evolutionsproblem eine ganz offene Frage sei,“ und daß all seine bisherigen Lösungsversuche: *Lamarckismus*, *Mutationstheorie* und *Darwinismus* fehlgeschlagen seien.

Lamarck entwickelte in seiner „Philosophie zoologique“ (1809) etwa folgende Anschauung: Es ist eine Erfahrungstatsache, daß Gebrauch die einzelnen Körperteile, z. B. die Muskeln stärkt, Nichtgebrauch sie verkümmern läßt. Im Laufe der Entwicklung werden ursprünglich gleiche Formen unter verschiedene Bedingungen kommen, die verschiedene Beanspruchung und Bedürfnisse und damit verschiedene Gewohnheiten und Ausgestaltung der einzelnen Teile zur Folge haben werden. So mag der lange Hals der Giraffe durch ständiges Strecken beim Nahrungsuchen entstanden sein. Diese erworbenen Eigenschaften sollen sich vererben und so neue Formen bilden. — Die Erfahrung hat aber gezeigt, daß eine Vererbung solcher erworbener Eigenschaften nicht oder höchstens vereinzelt besteht. Damit ist der Erklärungswert des Lamarckismus bestenfalls ein recht unbeträchtlicher geworden.

De Vries nahm in seiner Mutationstheorie an, daß neue Arten durch plötzliche, sprungartige, erblich konstante Abänderungen entstehen, die keine unmittelbare Verursachung durch äußere Einflüsse erkennen lassen. — Die Formen, die er als Beispiele anführte, vor allem die *Oenothera*-mutanten, haben sich aber zumeist als durch Mendelspaltungen ihrer hybriden Eltern hervorgerufen erwiesen. Die Entwicklung der Organismen

können sie nicht erklären, denn diese hat das Auftreten neuer Merkmale zur Voraussetzung.

Darwin geht davon aus, daß überall zwischen den einzelnen Individuen erbliche Unterschiede bestehen, läßt aber die Frage nach ihren Ursachen offen. Die ständige Überproduktion der Natur führt zum Kampf ums Dasein, der ein Überleben der best angepaßten Varianten zur Folge hat. Die nächste Generation variiert wieder erblich, wird wieder ausgelesen, und so findet eine ständige Vergrößerung der Unterschiede statt. *Darwins* Voraussetzung einer allgemeinen erblichen Variabilität wurde gestützt durch Untersuchungen *Galtons*. *Galton* prüfte z. B. die Erblichkeitsverhältnisse der Samengröße der Platterbse. Er teilte eine beliebige Samenportion der Größe nach in Klassen und maß die Samengröße der Nachkommen. Es zeigte sich eine gewisse Erblichkeit; denn die Pflanzen aus größeren Samen hatten durchschnittlich wieder größere Samen.

Da zeigte *Johannsen* (1903), daß *Darwins* Grundvoraussetzung einer allgemeinen erblichen Variabilität nicht zutrifft, sondern, daß man bei Verfolgung „reiner Linien“, d. h. der Nachkommen eines einzelnen selbstbefruchtenden Individuums, das in männlichen und weiblichen Geschlechtszellen gleiche Anlagen hat, eine Erblichkeit individueller Merkmale nicht findet. Innerhalb einer reinen Linie ist es völlig gleichgültig, ob man von einer Pflanze mit großen oder kleinen Samen ausgeht, man hat in beiden Fällen die gleiche Aussicht, eine bestimmte innerhalb des Abänderungsspielraums der Linie liegende durchschnittliche Samengröße der Tochterpflanzen zu erhalten. Der bei früheren Züchtungsversuchen gefundene Rückschlag der Kinder auf die Elternform in bezug auf individuelle Merkmale beruht nur scheinbar auf Vererbung dieser Merkmale; denn man arbeitete — ohne es zu wissen — bei derartigen Versuchen, z. B. *Galtons*, mit einem Gemenge von verschiedenen erblich konstanten Typen als Ausgangsgeneration, weil man ein solches Gemenge (wegen der geringen, noch dazu durch Variabilität verdeckten Unterschiede der einzelnen Typen) für eine einheitliche Rasse hielt. Aus solchen Gemengen züchtete man in Wirklichkeit unbewußt die größeren oder kleineren Typen heraus, da ja die ausgewählten großen oder kleinen Individuen hauptsächlich großen oder kleinen Typen angehörten, während man fälschlich glaubte, den Züchterfolg auf eine Vererbung individueller Merkmale zurückführen zu dürfen. So kommt *Johannsen* zu dem Schluß, daß zur Lösung des Deszendenzproblems ein neuer Faktor im Entwicklungsgeschehen aufgefunden werden müsse.

Demgegenüber vertreten die folgenden Zeilen den Standpunkt, daß man mit den bekannten Tatsachen eine ausreichende Erklärung der Entwicklung geben kann, daß nämlich die Entstehung der Arten auf Häufung von erblichen Veränderungen beruht, die die Folge allseits ge-

richteter, zufälliger und ungeordneter, erblicher Einwirkungen der Außenwelt auf die Organismen sind.

Das Auftreten solcher erblicher Variationen infolge von Umweltseinflüssen gibt auch *Johannsen* zu. Er selbst führt die Versuche *Hansens* an, der fand, daß gewissen Heferassen durch hohe Temperaturen das Vermögen, Sporen zu bilden, dauernd verloren geht. Er selbst führt die Versuche *Schiemanns* an, die erbliche Veränderungen beim Schimmelpilz durch $K_2Cr_2O_7$ fand. Er selbst führt die erblichen Farbvariationen an, die *Fischer* und *Standfuß* durch hohe und tiefe Temperaturen bei Schmetterlingen erzielten. Und er bespricht ausführlich die erblichen Abänderungen, die *Tower* hervorrief, als er eben ausgeschlüpfte Kartoffelkäfer teils extremen, teils von der Normaltemperatur nur 5°–6° abweichenden Temperaturen aussetzte. Diesen Beispielen ließen sich noch einige weitere anreihen, wie die erblichen Abänderungen, die *Haenicke* bei Schimmelpilzen durch oft ganz geringe Giftmengen hervorrief. Wenn trotz dieser experimentell festgestellten Tatsachen *Johannsen* die erblichen Variationen infolge von Umweltsveränderungen für *seltene Ausnahmefälle* ohne größere deszendenztheoretische Bedeutung ansieht, so erklärt sich dies daraus, daß die Annahme einer *weiten* Verbreitung solcher erblicher Abänderungen in der Natur scheinbar im Gegensatz zu dem Hauptergebnis seiner Versuche mit reinen Linien steht: zur Konstanz der reinen Linien. Denn dann müßte man nämlich erwarten, daß auch in reinen Linien einzelne Individuen durch Umweltseinflüsse erblich verändert würden und daß dadurch die Konstanz der reinen Linien aufgehoben würde. Das wird aber *selten* beobachtet.

Indessen: im Experiment des Züchters sind sowohl die Aussichten des Beobachtetwerdens wie auch des Auftretens erblicher Variationen viel geringer als in der freien Natur. Im experimentellen Material gelangen vorhandene erbliche Variationen nicht immer zur Beobachtung, weil

1. nur *wenige* Merkmale *beobachtet* werden können, aber nicht *alle* Merkmale *stark* variieren,
2. vorhandene *geringfügige* erbliche Variationen durch beträchtliche, aber nichterbliche leicht *verdeckt* werden können,
3. relativ konstante Bedingungen herrschen,
4. meist nicht gerade diejenigen Umweltsveränderungen gegeben sein werden, auf die die beobachteten Organe mit erblichen Veränderungen reagieren.

Z. B. fand *Tower* in einigen Fällen schon bei 5°–6° Abweichung von der Normaltemperatur erbliche Veränderungen, in anderen Fällen trifft man solche erst bei 20° und mehr und in anderen gar nicht. Die Reizschwelle des erblichen Veränderungsreizes liegt also sehr verschieden. Aber die Natur „experimentiert“ nicht mit Tausenden, sondern mit Millionen und Milliarden

von Individuen, nicht mit Generationen, sondern mit Tausenden von Generationen, nicht mit zahlreichen, sondern mit unendlich vielen, auch ganz extremen und ganz unwahrscheinlichen Bedingungskonstellationen. Also ist auch in der Natur die Wahrscheinlichkeit erblicher Abänderungen viel größer als im Experiment des Züchters, und es ist demnach nicht nur sehr wohl möglich, sondern vielmehr unbedingt zu erwarten, daß in der freien Natur die erblichen Abänderungen infolge von Umweltseinflüssen *eine ungleich bedeutsamere Rolle* spielen werden als in Experimenten mit reinen Linien.

Betrachten wir die Nachkommen eines Individuums in der freien Natur. Ihre Unterschiede werden doppelter Art sein. Erstens gibt es Unterschiede, die auf der Verschiedenheit der Keimzellen des Ausgangsindividuums beruhen. Sie sind durch Umweltseinflüsse *auf die Keimzellen* hervorgerufen, die über der Reizschwelle für deren bleibende Veränderung lagen — wie die Temperaturerhöhung in *Towers* Versuchen mit Kartoffelkäfern. Zweitens werden die von Individuum zu Individuum wechselnden Umweltseinflüsse Verschiedenheiten der sich *entwickelnden* Tier- und Pflanzenkörper hervorrufen. Diese zweiten Verschiedenheiten werden jene ersten bei weitem überwiegen. *Größtenteils* werden sie keine bleibenden Veränderungen der Keimzellen, aus denen die Tochtergeneration hervorgehen wird, bedingen. Aber ein *kleiner* Teil von ihnen oder der sie hervorbringenden Umweltseinflüsse wird auch diese Keimzellen dauernd verändern. Dadurch werden neue erbliche Verschiedenheiten geschaffen und so fort. Wenn also auch entgegen *Darwins* Meinung der *größte* Teil der individuellen Unterschiede nichterblich sein wird, so wird doch durch immer weitere Häufung erblicher Unterschiede eine *kleine* Zahl der zahllosen Nachkommen eines Stammes schließlich selektionswertige Unterschiede aufweisen, was je nach deren Zweckmäßigkeitsgrad zur Verdrängung der Stammform, zum eigenen Wiederverschwinden oder — der häufigste Fall — zum Auftreten zahlreicher verwandter Formen führen wird. Letzteres muß vornehmlich auch eintreten, wenn die entstandenen Formen zweckindifferent sind. So erklärt es sich, daß gerade dort, wo eine Art die besten Lebensbedingungen findet, d. h. in sehr zahlreichen Individuen auftritt, auch die größten Formverschiedenheiten innerhalb der Art auftreten, sind ja dort auch die verschiedensten Lebensbedingungen gegeben. Und so erklärt sich, daß mit großen geologischen Umwälzungen auch große organische Entwicklungen zusammenfallen.

Unsere Anschauung ist eine im wesentlichen darwinistische. Drei Punkte sind wesentlich verschieden. *Erstens* hielt *Darwin*, der freilich auch nichterbliche Veränderungen kannte, die meisten individuellen Unterschiede für erblich und überschätzte damit bei weitem die Häufigkeit erblicher

Abänderungen. *Zweitens* sah Darwin von einer bestimmten Erklärung über die Ursachen der erblichen Abänderungen ab. Damit ließ er freilich den eigentlichen Grund der Entwicklung offen. *Drittens* beruht nach Darwin der Aufbau größerer Differenzen nur auf Häufung infolge Auslese, ist also nur bei zweckmäßigen Veränderungen möglich. *Ihm* sind die Anpassungen Hauptsache, die indifferenten Merkmale, wie Zahl der Blüten-, Staubblätter, Wirbel, radiärer oder symmetrischer Bau, Nebensache der Entwicklung, deren Entstehung er durch Hinweis auf unsere Unkenntnis der Funktionen und auf die gegenseitige Verknüpfung aller Teile im Organismus zu erklären sucht. *Uns* sind die zweckindifferenten, systematisch wichtigen, sogenannten Organisationsmerkmale und ihre naturnotwendige Weiterbildung durch die Häufung erblicher Veränderungen, die Umwelteinflüssen ihre Entstehung verdanken, das Primäre der Entwicklung. Die Auslese erklärt nur bedeutungsvolle Spezialfälle: die Anpassungen. Entgegen Darwins Anschauung wären also nach unserer auch ohne Kampf ums Dasein fortschreitende Entwicklung und Differenzierung aufgetreten. Der Kampf ums Dasein schafft nicht die Bedingungen der *Entwicklung* überhaupt, die schafft die Umwelt durch ihre Einwirkung auf die Organismen, er schafft nur die Bedingungen für eine *möglichst große Wahrscheinlichkeit* des Vorhandenseins, der Fortpflanzung und Steigerung *zweckmäßiger* Variationen, wie etwa die Verschiebung des Schwerpunktes eines Würfels aus dem geometrischen Mittelpunkt eine größere Wahrscheinlichkeit seines Falles auf die dem Schwerpunkt nächst gelegene Seite schafft.

Ein konkretes Beispiel möge noch einmal den Unterschied der geschilderten Deszendenztheorien erläutern: die Bildung des Giraffenhalses:

Lamarck läßt die Giraffe ihren Hals recken zur Befriedigung ihres Nahrungsbedürfnisses, findet, daß der Hals sich durch ständiges Strecken verlängert und nimmt an, daß sich diese Verlängerung vererbt. Die Erfahrung hat aber in analogen Fällen gezeigt, daß sich eine solche erworbene Eigenschaft nicht vererbt.

De Vries nimmt an, daß unter den kurzhalsigen Individuen plötzlich ein oder mehrere erblich langhalsige entstehen ohne sichtbare Ursache in der Umwelt. Die Erfahrung hat gezeigt, daß, wo derartige erbliche Veränderungen aufgetreten sind, sie sich zumeist in Merkmalen äußern, die bereits in den Ahnen vorhanden, bei den Eltern aber wegen deren Bastardnatur verdeckt waren, und die in den Kindern nunmehr wieder abgespalten werden. Neue Eigenschaften stellen sie nicht dar. Für Einzelfälle mag die Mutationstheorie wie der Lamarckismus zutreffen.

Darwin ging davon aus, daß es unter den einzelnen Giraffen solche mit kürzerem und längerem Hals gab, und daß letztere, wenn sie zweckmäßiger waren, ausgelesen wurden. In der nächsten Generation lag das Mittel der Hälse

höher, in der folgenden wieder, bis sich eine Rasse gebildet hatte, deren Hals so lang war, daß eine weitere Verlängerung direkt oder indirekt durch Wachstumsverknüpfung mit anderen Organen zu geringerer Tüchtigkeit der Rasse geführt hätte. Die Erfahrungen *Johannsens* haben aber gezeigt, daß Selektion den Mittelwert eines Rassemerkmals nicht verschieben kann und daß, wo eine solche Verschiebung beobachtet wird, sie auf dem Herauszüchten einer Rasse aus einem Rassengemenge beruht, daß also nichts Neues durch Auslese geschaffen wird.

Nach unserer Anschauung werden unter den zahllosen Individuen im Laufe der Generationen auch einige unter äußere Bedingungen gekommen sein, die ihre Keimzellen so verändert haben, daß die Nachkommen erblich längere Hälse hatten. Die neue Halsform wird sich, wenn nicht gerade unzweckmäßig, erhalten können und in den nächsten Generationen weiter verlängern, dadurch, daß irgendwo wieder die Umweltsverhältnisse so liegen, daß der Schwellenwert eines erblichen Reizes für „langen Hals“ — verschiedene Reize auf die Keimzelle werden erbliche Langhalsigkeit bewirken — überschritten wird. Eine zweckmäßige wie zweckindifferente Abweichung kann allmählich gesteigert werden, wenn sie sich nur im Kampf ums Dasein erhält.

Die vorstehend nur in den allergrößten Umrissen¹⁾ skizzierte Theorie ist eine in sich abgeschlossene biologische Theorie, die zwar durch die Erfahrung noch ungenügend gestützt ist, dennoch lediglich auf Grund biologischer Tatsachen und Beobachtungen einige Wahrscheinlichkeit für sich hat. Sie gewinnt an Wahrscheinlichkeit, wenn man sie nicht nur vom Standpunkt des Biologen aus, sondern auch von dem des Physikers her beleuchtet. Wie im Organischen das Deszendenzgesetz, so herrscht auch im Anorganischen ein Entwicklungsprinzip, das die *Geschehensrichtung* bestimmt: der zweite Hauptsatz der Thermodynamik; er besagt, daß in einem abgeschlossenen System alle Veränderungen irreversibel sind²⁾. Nach der kinetischen Theorie denkt man sich die Moleküle eines Gases in ungeordneter Bewegung etwa wie die Mücken in einem Mückenschwarm. Denkt man sich in einem abgegrenzten Volumen Gas die einzelnen Moleküle sichtbar, so findet man, daß sich im Laufe der Zeit alle möglichen Verteilungen der Moleküle einstellen und daß jeder einzelne Verteilungszustand *gleichwahrscheinlich* ist. Einer großen Anzahl solcher *verschiedener* molekularer „mikroskopischer“ Zustände entspricht ein und

¹⁾ Eine ausführliche Darstellung und Begründung unter Diskussion der gesamten in Frage kommenden Tatsachen- und Problemkreise ist mir zurzeit aus Raumangel nicht möglich.

²⁾ „Mit jedem einzelnen Prozeß macht die Welt einen Schritt vorwärts, dessen Spuren unter keinen Umständen vollständig zu verwischen sind.“ (Planck.) — Siehe auch Literaturverzeichnis am Schlusse des Aufsatzes.

derselbe „makroskopische“ wahrnehmbare Zustand, und zwar gibt es makroskopische Zustände, denen verhältnismäßig wenige und solche, denen eine überwiegende Mehrheit aller möglichen Mikrozustände entspricht. Letztere werden also viel häufiger realisiert, werden viel wahrscheinlicher sein als erstere. Wenn bei gegebenen Bedingungen verschiedene Makrozustände möglich sind, so wird sich schließlich derjenige als der wahrscheinlichste bilden, dem die überwiegende Mehrzahl der Mikrozustände entspricht. Daraus folgt die Irreversibilität der natürlichen Prozesse und damit eine bestimmte Entwicklungsrichtung in der anorganischen Welt.

Auch den erblichen Veränderungen liegen unbestreitbar irreversible Prozesse zu Grunde. Da aber die Irreversibilität auf dem Naturprinzip der Bildung aller möglichen Zustände beruht, muß man erwarten, daß, wenn die organische Entwicklung sich auf Häufung irreversibler Prozesse aufbaut, dies Prinzip auch in ihr in irgend einer Form zum Ausdruck kommt. Das ist in der Tat der Fall. Wie in der anorganischen Entwicklung alle möglichen Zustände nach Wahrscheinlichkeit und Zufall durchlaufen werden, so werden auch im Organischen alle Themen, Ideen und Aufgaben der Natur nach allen Richtungen hin variiert. So wird das Flugproblem, auf die verschiedensten Weisen zu lösen versucht bei den Insekten, den fliegenden Fischen, Flugechsen, Fledermäusen und Vögeln. Ebenso die Fortpflanzung oder, um nur einen kleinen Ausschnitt aus diesem Riesenkomplex zu wählen, die Insektenbestäubung der Blüten. Bald ist es die Farbe, bald der Duft, bald Nektar, bald Futterhaare, bald Wärmeproduktion usw., die die Insekten anlocken, bald einzelne Blüten, bald Blütenteile, bald Blütenstände oder extraflorale Organe. Die ganze Mannigfaltigkeit der organischen Natur, die ja der Wissenschaft das Deszendenzproblem stellt, ist Beweis hierfür. Und diese *allseits* gerichtete Mannigfaltigkeit erklärt sich aufs beste als Folge *allseits* gerichteter, zufälliger und ungeordneter, erblicher Einwirkungen der Außenwelt auf die Organismen, wie wir dies bereits aus rein biologischen Gründen angenommen hatten. So weist uns die Analogiebetrachtung von der Physik ebendorthin, wohin uns die Biologie geführt hatte. Aber die Analogie geht noch weiter. Nicht nur das Grundprinzip der Bildung aller möglichen Formen wird in der toten wie lebenden Natur verwirklicht. Wie in der anorganischen Natur aus diesem Prinzip die Irreversibilität des Geschehens folgt, so hat sich auch in der organischen Natur für die stammesgeschichtliche Entwicklung ein entsprechendes Gesetz ergeben, das Dollosche Gesetz der Nichtumkehrbarkeit der stammesgeschichtlichen Entwicklung, über das *Abel* hier kürzlich berichtet hat, und auf dessen Ausführungen verwiesen sei¹⁾. Würde in der Natur

eine bestimmte *Vervollkommnungstendenz* ruhen, wie *Nägeli* und viele andere Biologen und Naturphilosophen meinten, so müßte man annehmen, daß die Natur eine geradlinig aufsteigende Entwicklungslinie bilden würde. Gerade das Gegenteil ist der Fall. Alle Möglichkeiten ausschöpfend, zahllose Sackgassen betretend, klettert die Natur allmählich zu immer höheren Stufen. Genau so wie in der anorganischen Natur alle möglichen Zustände verwirklicht werden, so auch in der organischen. Gerade deshalb schafft die Natur in beiden Reichen alle möglichen Variationen eines Themas, weil sie *alle, die möglich sind*, schafft, weil sie nicht von einem Vervollkommnungsprinzip beherrscht wird, sondern einzig und allein den Gesetzen des Zufalls, der Wahrscheinlichkeit folgend schafft. Dasselbe Grundprinzip der Bildung aller möglichen Zustände beherrscht die Entwicklung im Reiche des Anorganischen und des Organischen und verknüpft so *alles* Werden in der Natur mit einem einheitlichen umfassenden Bande.

Literatur:

- Abel, O.*, Methoden und Ziele der Paläobiologie. Naturwissenschaften Jahrg. 6, Heft 34/35. 1918.
Boltzmann, L., Populäre Schriften. 3. 1905.
Haenicke, A., Vererbungsphysiologische Untersuchungen. Zeitschrift für Botanik. 8. 1916.
Johannsen, W., Elemente der exakten Erblichkeitslehre. 1913.
Johannsen, W., Die experimentellen Grundlagen der Deszendenztheorie. Kultur der Gegenwart IV, 1. 1915.
Planck, M., 8 Vorlesungen über theoretische Physik. 1. und 3. Vorles. 1910.
Smoluchowski, M. v., Über den Begriff des Zufalls und den Ursprung der Wahrscheinlichkeitsgesetze in der Physik. Planck-Heft der „Naturwissenschaften“. 1918.

Besprechungen.

Tomor, Ernst, Neubegründung der Bevölkerungspolitik. Würzburg, Curt Kabitsch, 1918. III, 115 S. Preis geh. M. 3,—.

Während in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts unter dem Einfluß der Darwin-Malthusschen Lehre die Furcht vor einer möglichen Übervölkerung die Gemüter allgemein beherrschte, ist gegen die Jahrhundertwende ein völliger Umschwung eingetreten: das nicht bloß in Deutschland, sondern in allen europäischen Kulturländern wie auch in Nordamerika gefürchtete Gespenst heißt jetzt Geburten- und Bevölkerungsabnahme. Für den in der Tat ganz auffälligen und immer noch rapide zunehmenden Geburtenabfall hat man in einer ungeheuren Literatur die verschiedensten Gründe geltend gemacht und gegen ihn ebenso viele Heilmittel vorgeschlagen.

stammesgeschichtlichen Entwicklung — z. B. die Rückbildung eines Organs und seine Wiederbildung durch Wiederentwicklung der Organreste — widerspricht einerseits nicht dem 2. Hauptsatz; denn die Begriffe „umkehrbar“ und „nichtumkehrbar“ im biologischen Sinne entsprechen nicht den gleichlautenden physikalischen Begriffen. Andererseits ergibt sie sich, wenn auch als unwahrscheinlicher Fall, als Folgerung aus dem Prinzip der Bildung *aller* möglicher organischer Formen.

¹⁾ Allgemeingültigkeit kann es freilich keineswegs beanspruchen. Die Möglichkeit einer umkehrbaren