Biologische Analogien bei schwimmenden p-Nitrotoluol-Kügelchen.

Von

P. Bachmetjew,

Professor an der Hochschule zu Sophia (Bulgarien).

In meiner Abhandlung: „Ueberkältungs-Erscheinungen bei schwimmenden Nitrotoluol-Kügelchen“ [1]) behielt ich mir das Recht vor, in einer anderen Abhandlung die biologischen Analogien zu betrachten, welche aus Unterkältungs-Erscheinungen der p-Nitrotoluol-Kügelchen hervorgehen.

Indem ich diese biologischen Analogien hier nur bei p-Nitrotoluol betrachte, bin ich weit davon entfernt zu behaupten, daß sie nur bei diesem Stoffe zur Beobachtung gelangen; im Gegenteil, man kann mit großer Sicherheit behaupten, daß auch alle anderen Stoffe, welche Unterkältungs-Erscheinungen zeigen, ähnliche Analogien besitzen. p-Nitrotoluol wurde hier deshalb genommen, weil seine Unterkältungs-Erscheinungen von mir besser studiert worden sind als die anderer Stoffe [2]).

Biologische Analogien, welche bei unorganisierten Körpern, hauptsächlich bei Krystallen, beobachtet werden, bemerkten verschiedene Forscher bereits seit langer Zeit. Ich will hier einige derselben erwähnen, wobei ich mir erlaube, bei der Auseinandersetzung biologische Ausdrücke zu benützen.

---

1) Mémoir. de l'Acad. Imp. des Scien. de St. Pétersbourg, VIII. Sér., T. X, No. 7, 63 pag., 1900. — Auch bulgarisch in: Arbeiten der bulgarischen Naturforscher-Gesellsch., Bd. I, p. 117—173, Sophia 1900.

2) Unterkältung der Flüssigkeiten. In: Journ. russ. phys.-chem. Gesellsch., Bd. XXXII, p. 218—241, 1900. Fortsetzung im Druck (1903).

Erstens werden Krystalle „fortgepflanzt“. Diese Fortpflanzung geschieht auf zwei Weisen: entweder mittelst eines „Embryos“ oder einfach durch „generatio spontanea“.

Die „Fortpflanzung“ der Krystalle mittelst „Embryonen“ beobachtet man folgendermaßen:

In eine unterkühlte Flüssigkeit bringt man ein Krystallstückchen von derselben Substanz; die ganze Flüssigkeit verwandelt sich darauf sehr rasch in eine krystallinische Masse. Die kleinste Menge dieser Substanz, welche noch imstande ist, diesen „Keim“ zu repräsentieren, ist von W. Ostwald [1]) bestimmt worden. Er fand, daß die kleinste Größe dieses „Keims“, welches die Krystallisation einer unterkühlten Flüssigkeit hervorrufen kann, 0,00006 mm^3 beträgt. Bei noch geringeren Dimensionen befindet sich dieser „Keim“ nicht mehr in festem Aggregatzustande und wirkt deshalb nicht.

Wie bei Tieren und Pflanzen kann eine „Befruchtung“ nur zwischen Individuen einer und derselben Art stattfinden, und nur in einigen wenigen Fällen kann die Nachkommenschaft durch die Kreuzung zweier verschiedener Arten entstehen; so krystallisiert eine unterkühlte Flüssigkeit nur durch Berührung mit einem „Embryo“ derselben Substanz. Die der „Kreuzung“ analoge Erscheinung wird zuweilen auch bei der Krystallisation beobachtet. Meta-Chlornitrobenzol verwandelt sich in unterkühltem Zustande in Krystalle, wenn man in diese Flüssigkeit ein Kryställchen von Meta-Bromnitrobenzol bringt; dieses findet aber nicht statt, wenn zu diesem Zwecke Krystalle von Para-Chlornitrobenzol oder Para-Bromnitrobenzol verwendet werden. (Ostwald).

„Generatio spontanea“ der Krystalle findet statt wie folgt: Wenn man irgend eine Flüssigkeit unter ihren Erstarrungspunkt abkühlt oder, wie man sagt, dieselbe unterkühlt, was sehr leicht z. B. in Kapillarröhrchen zu erreichen ist, so erscheinen in dieser Flüssigkeit von selbst mikroskopische Kerne, um welche herum die Krystallisation weiter schreitet (G. Tammann) [2]).

Ich führe hier eine Stelle aus der oben citierten Abhandlung von W. Ostwald an. Nach Erwähnung von stabilen und labilen Krystallformen fährt er fort: „Vielleicht sichert es die Auffassung dieses Unterschiedes, wenn ich die oben gebrauchte biologische

1) Zeitschr. f. physik. Chemie, Bd. XXII, p. 289, 1897.
2) Zeitschr. f. physik. Chemie, Bd. XXV, p. 441, 1898.

Analogie umkehre und die Thatsache, daß unter den Lebewesen keine Generatio spontanea beobachtet ist, dahin kennzeichne, daß die auf der Erde vorkommenden Elemente und Verbindungen sich den lebenden Organismen gegenüber in metastabilem und nicht in labilem Zustande befinden. Sie können sich in diese nur unter der Bedingung umwandeln, daß ein gleichartiges Gebilde mit ihnen in Berührung kommt" (p. 303).

Zweitens, die Krystalle „ernähren sich" und „wachsen".

Wenn man irgend einen Krystall in eine konzentrierte Lösung derselben Substanz bringt, so nimmt sein Volumen zu, indem der Krystall den zu seinem Wachstum nötigen Stoff aus der Lösung entnimmt. Dabei behält er seine Symmetrie, wie es z. B. bei Tieren beobachtet wird.

Die interessanteste Erscheinung, welche bei Krystallen beobachtet wird, ist die „Ausheilung" seiner Wunden.

Ist ein Krystall so abgedreht, daß er die Form einer Kugel bekommt, so erhält er in einer Lösung derselben Substanz wieder die ursprüngliche Form, nur sein Volumen wird dabei natürlich größer. Dieselbe Erscheinung wird auch bei anderen künstlichen Formen, welche dem Krystalle mitgeteilt werden, beobachtet.

Verschiedene Forscher äußern sich über diese Erscheinung wie folgt:

O. Lehmann [1]) sagt: „Es ist merkwürdig, daß hierbei die Bruchflächen mit ihren vertieften Stellen und einspringenden Winkeln weit rascher wachsen als die übrigen Stellen der Krystalloberfläche, so daß man in Versuchung kommen kann, darin einen ähnlichen Prozeß zu finden, wie er beim Ausheilen einer Wunde beim tierischen oder pflanzlichen Organismus stattfindet" (p. 309).

„Der verletzte Teil wächst weit schneller und die ursprüngliche Gestalt, zwar nicht der Größe, aber doch der Lage nach, stellt sich so vollständig wieder her, daß man diesen Prozeß mit der Reproduktion bei organischen Körpern vergleichen und dem Krystall ein unmittelbares Streben, sich zu ergänzen, zugeschrieben hat" (Frankenheim 1860) [2]).

Bemerkenswert sind die Worte von Fr. Scharff [3]) (1876): „Die Krystalle werden noch als unorganische Körper von den organischen geschieden, diesen wird ein eigentümliches Leben zu-

1) Molekularphysik, Bd. I, Leipzig 1888.
2) Ibid., p. 309.
3) Lehmann, Molekularphysik, Bd. I, p. 309.

geschrieben, jene auch als tote Körper bezeichnet. Bei dem langsamen Wachsen derselben ist es sehr schwierig, eine Selbstthätigkeit zu bemerken und nach Erscheinungen, welche bei künstlich gebildeten Krystallen sich ergeben, glauben die meisten Forscher in dem Wachsen der Krystalle nur ein äußerliches Anschießen, Anfügen, Aggregieren von Teilchen erblicken zu dürfen. Wer aber unbefangen das Wachsen der Krystalle studiert, kann sich der Ueberzeugung nicht erwehren, daß auch die Krystalle ein eigentümliches Leben haben, oder — wenn wir diese Bezeichnung lieber vermeiden — daß auch bei den Krystallen eine Selbständigkeit aufzufinden ist."

In der letzten Zeit stellte A. Rauber [1]) umfangreiche experimentelle Untersuchungen über die Regeneration der Krystalle an und kam zu dem Schlusse, daß die Entwickelung der Lebewesen analoge Erscheinungen bei Krystallen hat. Er sagt: „Man darf die Kluft zwischen dem Reiche der Anorganismen und dem der Organismen sich nicht so groß vorstellen, wie zwischen Himmel und Hölle, wo ein Uebertreten von dem einen in das andere Reich unter allen Umständen untersagt ist" (p. 879).

Drittens, die Krystalle führen den „Kampf ums Dasein".

Fr. Scharff sagt: „Haben sich aus der abgelagerten Substanz andere Krystalle entwickelt, Krystalle derselben oder einer verschiedenen Art, so bemerken wir beim Fortwachsen ein wechselseitiges Bedrängen des jüngeren und des älteren Krystalls. Es ist derselbe Kampf, welchen wir auch in anderen Reichen der Natur beobachten können. Allein die Krystalle sitzen fest und müssen es abwarten, ob ihnen und wieviel Nahrung zugeführt wird. Fehlt diese dem aufsitzenden jüngeren Krystalle, so wird er vom älteren, dem besser genährten Stammkrystall, allmählich umschlossen" [2]).

Biologische Analogien sind nicht nur auf dem Gebiete der Krystallographie, sondern überhaupt bei dem unorganisierten Stoff, von Ch. Ed. Guillaume [3]) in der Rede, welche er bei der Eröffnung der schweizerischen Naturforscher-Gesellschaft in Neuen-

---

1) Die Regeneration der Krystalle. Erste Untersuchungsreihe, Leipzig 1895; zweite Untersuchungsreihe, Leipzig 1896. — Ein Résumé findet sich im Biolog. Centralbl., Bd. XVI, p. 865—879, 1896.

2) Lehmann, Molekularphysik, Bd. I, p. 310.

3) La vie de la matière. Arch. scien. phys. et natur., T. IX, No. 2, p. 133—146, 1900.

burg (am 31. Juli 1899) hielt, beschrieben worden. Dieser Physiker setzt die zuweilen sehr beträchtlichen Verschiebungen fester Teilchen in einem festen Körper auseinander, den Kampf der gegebenen Körperform mit der Zugkraft und der Kälte um ihr Dasein, die thermische und mechanische Nachwirkung, die Phosphorescenz, den Kampf des Chlorsilbers mit Licht etc. Zum Schlusse sagt er: „Nous voilà bien loin de la vie de la matière telle que nous l'avions envisagée en débutant. Cependant, le fait que nous avons vu passer, par une pente insensible et sans rencontrer une discontinuité, des propriétés de la matière inorganique isolée, au rôle qu'elle joue dans l'être vivant, nous montre, qu'il n'était pas téméraire, de nous appuyer sur les phénomènes relativement simples, étudiés dans la matière inerte pour mieux comprendre ceux que présente la matière vivante" (p. 146).

Die Erscheinungen der Akkommodation und die elastische Nachwirkung, welche ich längere Zeit untersucht habe[1]), führten mich zu einer Analogie auch in der psychischen Welt[2]).

Ueber die Natur der Kräfte, welche die Krystallisation hervorrufen, sagt J. Bernstein[3]): „Erst wenn eine Substanz, in den festen Zustand übergehend, Krystallform annimmt, findet durch innere Kräfte eine Orientierung der Moleküle nach den drei Ordinaten des Raumes statt. Diese in der toten Natur wirkende formbildende Ursache, die Krystallisation, welche man von jeher als eine Vorstufe des organischen Bildungstriebes angesehen hat, ist aber auf andere als chemische Kräfte zurückzuführen.

Die Erscheinungen bei anorganisierten Körpern, welche denjenigen in Organismen analog sind, wurden anfangs von Materialisten zur mechanischen Erklärung des Lebens verwertet; allein als von anderen Gelehrten wiederholt der Gedanke ausgesprochen wurde, daß physikalische und chemische Kräfte zur Erklärung von Funktionen eines lebenden Organismus nicht ausreichen, bekam

---

1) Die Anpassung der Moleküle. Herold der Physik, No. 191, p. 246—253, 1894 (russisch). — Die Nachwirkung in der physikalischen Welt. Herold der Physik, 8 p., 1894 (russisch). — Die Nachwirkung. Bulgar. Rundschau, Bd. II, No. 2, p. 77—83, 1894 (bulgarisch). — Ueber den Einfluß des umgebenden Mediums auf die elastische Nachwirkung. Journ. russ. phys.-chem. Gesellsch., Bd. XXVIII, p. 217—220, 1896.

2) Wie dressiert man die Moleküle? Physiko-psychisches Studium. Bulgar. Rundschau, Bd. II, No. 1, p. 61—64, 1894.

3) Vortrag a. d. 60. Naturf.-Vers. in Wiesbaden, 1887.

das Aufsuchen biologischer Analogien bei Anorganismen eine andere Bedeutung: auf die Tagesordnung wurde die Frage gestellt, ob eine so schroffe Scheidewand vorhanden sein darf, wie man sie früher zwischen dem Tier- und Pflanzenreiche einerseits und dem Reiche der Anorganismen andererseits annahm, oder ob es nicht rationeller wäre, nicht nur die Einheit des Stoffes und der Kräfte anzunehmen, sondern auch die Einheit des Lebens? Mit anderen Worten, es wurde die Frage aufgeworfen, ob die „lebende Kraft" dem Stoffe nicht gerade so eigen wäre, wie demselben die mechanischen (molekularen) Kräfte eigen und von demselben untrennbar sind? Dann würde jedes Aether-Teilchen noch als Träger einer „Differenzial-Seele" erscheinen, welche in diesem oder jenem Organismus zu einem Integral von großer oder geringer Intensität sich summiert.

Ohne hier auf die Details dieser Fragen einzugehen, welche den Gegenstand einer anderen Abhandlung bilden werden, begnüge ich mich zu sagen, daß bis jetzt noch von Niemandem eine brauchbare Definition des „Lebens" gegeben wurde. Einen besonders starken Schlag erlitt die Definition des Lebens als Gärung (Tarchanow[1]) durch die neulich von E. Buchner[2]) entdeckte Gärung ohne Mikroorganismen.

Allein das Aufsuchen der biologischen Analogien, abgesehen von der Frage über das Vereinigen des Reiches der Organismen mit dem Mineralreiche, hat für uns noch einen anderen Wert: diese Analogien können uns beim Studium sehr komplizierter und verwickelter Erscheinungen der Organismen behülflich sein, indem sie die letzteren auf die einfachste Form zurückführen. Auf diese Weise können sich neue Wege für biologische Forschungen eröffnen.

In der vorliegenden Abhandlung betrachte ich die Individualität, die Erblichkeit erworbener Eigenschaften, das Gesetz des Optimums, die Anabiose und die Begrenzung der Formenanzahl, und hoffe später auch noch andere Analogien zu finden.

Alle hier angeführten Daten sind als Rohmaterial in der oben erwähnten Abhandlung (Mém. d'Acad. St. Pétersbourg) veröffentlicht worden.

---

1) Herold Europas, 1886. [Russisch.]
2) Chem. Berl. Berichte, p. 568, 1898.

Die Bedeutung der hier gebrauchten Ausdrücke und die Untersuchungsmethode.

Um eine klare Vorstellung über die hier abzuleitenden biologischen Analogien zu gewinnen, erlaube ich mir Ausdrücke zu gebrauchen, wie sie in der Biologie eingeführt sind, wobei deren Bedeutung für die untersuchten Kügelchen aus Folgendem zu ersehen ist.

Para-Nitrotoluol ist ein krystallinischer gelblicher Körper mit Schmelzpunkt T = 54°. Wenn aus diesem Stoffe ein flüssiges kleines Kügelchen vorbereitet und in eine darauf chemisch nicht einwirkende Flüssigkeit gebracht wird, so erstarrt es nicht mehr bei 54°, sondern bei einer viel niedrigeren Temperatur (t). Die Größe T-t wird der Unterkältungsgrad genannt.

Wir wollen nun das flüssige Kügelchen betrachten. Sein „Leben", als einer flüssigen Substanz, geht in dem Moment zu Ende, wo es erstarrt (t); als Anfang seines Lebens muß man den Punkt T = 54° rechnen. Obwohl unser Kügelchen in flüssigem Zustande auch bei der Temperatur über 54° bestehen kann, kann dasselbe doch nicht früher als bei 54° erstarren, d. h. „sterben"; was nicht sterben kann, lebt auch nicht. Daraus folgt, daß unser Kügelchen nur solange lebt, als seine Unterkältung dauert und folglich seine Lebensdauer durch seinen Unterkältungsgrad, d. h. durch T-t ausgedrückt wird. Auf diese Weise drückt die Anzahl der Temperaturgrade, um welche das flüssige Kügelchen unter 54° sich abgekühlt hat, das Lebensalter unseres Kügelchens aus.

Der allgemeine Verlauf der Versuche war folgender:

10 gleich große (2r = 3,84 mm bei 54°) flüssige Kügelchen, welche mittelst einer besonders konstruierten Pipette hergestellt wurden, schwammen im Inneren einer heißen wässerigen Chlorcalciumlösung, deren Dichte von oben nach unten allmählich zunahm. Die Temperatur der Lösung und folglich auch der flüssigen Kügelchen wurde mittelst eines Thermometers mit einem kleinen Quecksilberreservoir gemessen, und zwar an der Mitte des mit der Lösung gefüllten Glasgefäßes (2r = 97 mm, h = 50 mm) und in der Ebene der schwimmenden Kügelchen. Die Kügelchen, obwohl im ganzen Gefäße zerstreut, befanden sich jedoch möglichst nahe an dem Thermometer. Nach der Herstellung aller 10 Kügelchen zeigte die Lösung noch die Temperatur von 65°.

Die Temperatur der Lösung wurde jede Minute und außerdem noch im Moment der Erstarrung dieses oder jenes Kügelchens abgelesen.

Individualität.

Bei diesen Versuchen befand sich das Glasgefäß mit der Lösung und den schwimmenden Kügelchen im Zimmer unter gewöhnlicher Temperatur.

Die Erstarrungstemperatur einzelner Kügelchen betrug:

Kügelchen:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Temperatur:	42,4	41,5	40,7	39,6	37,1	34,8	33,6	33,6	32,0	29,2
54 — t:	11,6	12,5	13,3	14,4	16,9	19,2	20,4	20,4	22,0	24,8

Auf diese Weise betrug die Lebensdauer des 1. Kügelchens 11,6°, diejenige des 2. Kügelchens 12,5° etc. und schließlich des 10. 27,8°.

Somit kann die Frage aufgeworfen werden, warum starben die einzelnen Kügelchen nicht bei einem und demselben Lebensalter?

Als die Ursache dieser Erscheinung könnten folgende äußere Umstände vermutet werden:

1) Der Unterschied, wenn auch ein geringer, an den Dimensionen einzelner Kügelchen.

Die Versuche, welche mit verschieden großen Kügelchen angestellt wurden, ergaben, daß, obwohl der Unterkältungsgrad der Kügelchen ihrem Radius umgekehrt proportional ist, dieser Umstand jedoch gering ist. So z. B. wenn ein Kügelchen bei 45,5° erstarrt, erstarrt ein doppelt so großes Kügelchen bei 42°.

2) Der Unterschied in der Temperatur der schwimmenden Kügelchen.

Die Untersuchung auch dieser Ursache verwarf ihre Zulässigkeit. Es ist wahr, daß die Temperatur der Lösung an der Peripherie des Gefäßes etwas tiefer war, als im Centrum desselben, allein diese Differenz erreichte kaum 2°. Außerdem befanden sich die Kügelchen, wie oben erwähnt, nahe dem Centrum des Gefäßes. Es wurde sogar ein Fall beobachtet, in dem 2 sehr nahe beieinander befindliche Kügelchen nicht gleichzeitig erstarrten, sondern das eine bei 38° und das andere bei 31°.

3) Die Diffusionen zwischen verschiedenen Lösungsschichten.

Ich stieß die Kügelchen nach verschiedenen Richtungen und sah sehr klar die „Adern“ (Schlieren) hinter dem sich bewegenden Kügelchen, dasselbe erstarrte jedoch deswegen nicht; es erstarrte nachher entweder später oder früher als ein Kügelchen, welches nicht gestoßen wurde.

4) Die Wechselwirkung zwischen Kügelchen.

Um diese Ursache zu prüfen, brachte ich in 10 gleich große und mit der erwähnten Lösung gefüllte Glasgefäße je ein Kügelchen. Dabei ergab sich, daß das 1. Kügelchen bei 40,5°, das 10. erst bei 31,2° erstarrte. Somit erklärt auch dieser Umstand die individuellen Eigenschaften der Kügelchen nicht.

5) Die Reihenfolge des Herstellens der Kügelchen.

Die Gefäße im Versuch 4 wurden numeriert, wobei das zuerst hergestellte Kügelchen in das Gefäß No. 1, das darauf folgende in No. 2 etc. gebracht wurden. Die erstarrten Kügelchen bildeten dabei folgende Reihenfolge:

3, 6, 4, 1, 2, 7, 9, 8, 5, 10.

Also keine der fünf wahrscheinlichen Ursachen der Ungleichheit der Erstarrungstemperatur der Kügelchen wurde durch diese Versuche bestätigt.

In der physikalischen Sektion der Deutschen Naturforscher- und Aerzte-Versammlung in Hamburg (1901) hielt ich einen Vortrag: „Die Ueberkältung von Flüssigkeiten“. In der Diskussion gab W. Ostwald [1]) der Ansicht Ausdruck, daß die Ungleichheit der Erstarrungstemperaturen der Kügelchen in meinen Versuchen durch die unvermeidlichen Staubteilchen, die für die Bildung des festen Körpers Konzentrationspunkte bilden, erklärt werden müsse. Ich habe bereits damals darauf erwidert, daß ich auch solche Versuche anstellte, in welchen die Kügelchen aus Para-Nitrotoluol, gemischt mit verschiedenen Mengen des im chemischen Laboratorium auf Schränken genommenen Staubes, verfertigt wurden. Trotzdem war der Einfluß des Staubes auf die betrachtete Erscheinung gering [2]).

Daß die Staubteilchen, entgegen der Behauptung von W. Ostwald, keine Konzentrationspunkte für die Bildung des festen Körpers vorstellen, ist aus der Untersuchung von G. Tammann [3]) ersichtlich; er sagt: „Man könnte der Meinung sein, daß die zur

1) Vergl. Chemiker-Zeitung, Bd. XXV, No. 84, p. 920, 1901.
2) Diese letzteren Versuche sind noch nicht veröffentlicht.
3) Zeitschr. f. physik. Chemie, Bd. XXV, p. 441, 1898.

unterkühlten Flüssigkeit zugefügten Pulverkörnchen als Krystallisationskerne wirken, doch scheint diese Vermutung nicht begründet. Die mikroskopische Betrachtung ergab, daß die Kerne durchaus nicht die Pulverkörnchen während ihrer Bildung bevorzugen, sondern die Kernbildung hauptsächlich zwischen denselben vor sich ging" (p. 456).

Man könnte vielleicht vermuten, daß die Differenz des Lebensalters einzelner Kügelchen eine rein zufällige ist. Ich habe jedoch gezeigt [1]), daß dem nicht so ist, da die Lebensdauer des 1. und des 10. Kügelchens in einer gegenseitigen Abhängigkeit steht, welche mathematisch ausgedrückt werden kann.

Alles dies zwingt uns, zuzulassen, daß die Hauptursache der Individualität der Kügelchen in Bezug auf ihre Lebensdauer durch Faktoren bedingt wird, welche im Inneren des Stoffes des Kügelchens selbst liegen. Die theoretische Auseinandersetzung dieser inneren Ursachen wird den Gegenstand einer anderen Abhandlung bilden.

Dieselben individuellen Eigenschaften werden auch im Tier- und Pflanzenreiche bei einer Gruppe von Exemplaren einer und derselben Art unter sonst sichtlich gleichen Umständen beobachtet. Hier werde ich nur einige solcher Thatsachen erwähnen.

M. Standfuss [2]) setzte einige Tausende von Puppen einer und derselben Species und unter sonst gleichen Umständen der Einwirkung der Kälte aus; dabei stellte sich heraus, daß nur 2—15 Proz. aller Puppen aberrative Schmetterlingsformen ergaben; die übrigen waren normal. Er sagt dazu: „Dieses Abweichen von der normalen Form erfolgt, falls wirklich große Individuenmassen untersucht werden, selbst bei dem gleichen Experiment nicht nur in höchst verschiedenem Grade, sondern auch in recht mannigfaltiger Richtung" (p. 10).

J. Roeber [3]) fand 2 Puppen von Arctia villica, welche ihm zur normalen Zeit Schmetterlinge ergaben. Das Weibchen legte eine große Menge Eier ab, aus welchen dann Räupchen sich entwickelten. Bei allen diesen Räupchen schritt die Entwickelung ganz normal vorwärts, nur ihrer 2 wuchsen sehr rasch und ergaben bereits im September Schmetterlinge (♂ und ♀).

---

1) Herold der exp. Physik und der elem. Mathematik, Bd. XXV, No. 9, p. 193—201, 1901. (Russisch.)

2) Experimentelle zoologische Studien mit Lepidopteren. Denkschr. Schweiz. Naturf. Gesell., Bd. XXXVI (1), p. 81, 1898.

3) Ill. Zeitschr. f. Entomol., Neudamm, Bd. V, No. 3, p. 39, 1900.

G. A. Koschewnikow[1]) brachte Bienen in einen Thermostaten und fand, daß starben:

4	Exempl.	bei	30°	R
2	„	„	32°	„
4	„	„	37°	„
2	„	„	38°	„
2	„	„	40°	„
1	„	„	41°	„
1	„	„	44°	„

W. J. Schmujdsinowitsch[2]) ließ soeben ausgeschlüpfte Räupchen von Bombyx mori (französische gelbe Rasse) ohne Futter bei 13° und fand in verschiedenen Versuchen, daß von 17 Räupchen, welche für jeden Versuch benützt wurden, am Leben blieben:

No. des Versuches	Die Anzahl der Räupchen in jedem Versuche	Wie viel Tage dauerte der Versuch	Am Leben blieben
1	17	1	15
2	17	5	14
3	17	7	5
4	17	8	1
5	17	9	0

Daraus ist ersichtlich, daß sogar nach 8-tägigem Hungern eine von 17 Raupen am Leben blieb.

H. Gauckler[3]) brachte 30 Eier von Agrotis dahlii in ein warmes Zimmer, wo alle Räupchen an demselben Tage ausschlüpften. Sowohl die Verpuppung wie auch das Ausschlüpfen der Schmetterlinge fand jedoch nicht regelmäßig statt, obwohl das Füttern normal gewesen war. Er sagt deshalb: „Sonach ergiebt sich die interessante Thatsache, daß die Nachkommen ein und derselben Brut bei ganz gleicher Behandlung in ihrer Entwickelung um 4 Monate differieren!! Ich kann mir nun diese Thatsache nur aus der individuellen Veranlagung der einzelnen Tiere erklären“ (p. 240).

Schon aus diesen Thatsachen ist zu ersehen, daß die Organismen individuelle Eigenschaften besitzen. Wenn wir noch in

1) Russische Bienenzucht-Liste, No. 3, p. 93, 1896. (Russisch).
2) Arbeiten der kaukasischen Station für Seidenzucht, Bd. II, p. 104—107, Tiflis 1891. (Russisch.)
3) Illustr. Wochenschr. f. Entomol., Bd. II, p. 239—240, 1897.

Betracht ziehen, daß z. B. Menschen verschiedene Neigung zur Erkrankung haben, und daß der Ausgang dieser oder jener Krankheit bei sichtlich gleichen Individuen verschieden sein kann — diese Beispiele ließen sich leicht vermehren — so wird es uns klar sein, daß hier, wie auch bei unseren Kügelchen, die Ursache der Individualität im Stoffe selbst, organisiertem oder unorganisiertem, liegt. Diese Ursachen können in dieser oder jener Richtung unter dem Einflusse verschiedener äußerer Faktoren[1]) entwickelt werden, aber ihr Grund liegt seit dem Anfang des Vorhandenseins des gegebenen Organismus in seinem Stoffe selbst, wie wir es an anderen biologischen Analogien später kennen lernen werden.

Die Erblichkeit erworbener Eigenschaften.

Im vorhergehenden Kapitel haben wir gesehen, daß unsere Kügelchen individuelle Eigenschaften besitzen, indem sie unter sonst gleichen Umständen verschiedene Lebensalter erreichen, und daß die Ursache dieser Eigenschaft im Inneren des Stoffes selbst verborgen ist.

Folgende Versuche ergeben, daß die individuellen Eigenschaften der einzelnen Kügelchen auf die Nachkommenschaft übertragen werden können, und bestätigen somit noch einmal, daß die Ursache der Individualität im Stoffe selbst liegt.

Zuerst wurden 12 gleiche Versuche mit je 10 Kügelchen (2r = 3,84 mm) angestellt. Kügelchen, welche zuerst (No. 1) und Kügelchen, welche zuletzt (No. 10) erstarrten, wurden bei jedem Versuche in 2 entsprechenden Schachteln gesammelt. Auf diese Weise wurden nach dem 12. Versuche 12 Kügelchen (No. 1), welche die Lebensdauer von ca. 12° erreichten und 12 Kügelchen (No. 10), welche die Lebensdauer von ca. 29° hatten, erhalten. Die erste Gruppe von Kügelchen wollen wir als minder alte und die zweite Gruppe als sehr alte bezeichnen.

Darauf wurden alle 12 minder alte Kügelchen zu einer Masse geschmolzen, aus welcher dann 10 gleich große Kügelchen (2r = 3,84 mm) hergestellt wurden. Diese flüssigen Kügelchen schwammen sodann im Inneren einer heißen Chlorcalciumlösung

1) Vergl. meine „Experimentelle entomol. Studien, Bd. II: Einfluß der äußeren Faktoren auf Insekten“, Leipzig 1903. (Unter der Presse.)

(also wie früher). Dieser Versuch ergab, daß das 1. Kügelchen im Alter von 11,7 °, das 10. im Alter von 31 ° starben.

Somit ist aus diesem Versuche ersichtlich, daß die geringe Altersdauer auf die Nachkommenschaft nicht übertragen worden ist und die Kügelchen, statt alle im Alter von 12 ° zu sterben, im Alter zwischen **11,7** ° und 31 ° starben, d. h. wie die Kügelchen aus gewöhnlichem Stoffe.

Ganz andere Resultate wurden erhalten, als der Versuch mit sehr altem Stoffe angestellt wurde. Aus diesem Stoffe wurden auch 10 Kügelchen (2r = 3,84 mm) hergestellt, welche alle zusammen in der heißen Chlorcalciumlösung umherschwammen. Es stellte sich heraus, daß das 1. dieser Kügelchen im Alter von **21,2** ° und das 10. im Alter von 33,6 ° starben.

Hier wurde die hohe Altersdauer der Nachkommenschaft mitgeteilt, indem das 1. Kügelchen bei viel höherem Alter (21,2 °) als das 1. Kügelchen aus gewöhnlichem Stoffe (12 °) starb, während das 10. Kügelchen ein noch höheres Alter (33,6 °) erreichte.

Um Mißverständnissen vorzubeugen, will ich sagen, daß ich in meinen zahlreichen Versuchen mit gewöhnlichem Stoffe niemals eine höhere Lebensdauer des 1. von 10 Kügelchen als 15 ° beobachtete; dieselbe schwankte zwischen 15 ° und 8 °. Auf diese Art muß die Lebensdauer (21,2 °) des 1. Kügelchens im Versuche mit sehr altem Stoffe als eine Eigenschaft betrachtet werden, welche die Kügelchen der zweiten (sehr alten) Gruppe auf ihre Nachkommenschaft übertragen haben.

Man könnte vermuten, daß diese bemerkenswerte Erscheinung durch das wiederholte Schmelzen der Kügelchen bedingt wird, bei welchem im Stoffe diese oder jene Veränderungen stattfinden. Ich stellte deshalb Kontrollversuche mit gewöhnlichem Stoffe an, indem ich denselben einige Male (bis zu 10) der Reihe nach schmolz. Obwohl ich bemerkte, daß bei jedem wiederholten Schmelzen aus dem Stoffe die absorbierte Luft entweicht, erstarrten das 1. und das 10. Kügelchen doch im Alter von ca. 12 ° resp. 22 °, d. h. wie gewöhnlich.

Die Vererbung gewisser Eigenschaften ist bei Organismen seit langer Zeit bekannt, aber die Frage über Vererbung der erst vom Vater oder der Mutter erworbenen Eigenschaften für weitere Nachkommenschaft blieb bis vor kurzem streitig; wenigstens war A. Weismann mit seinen Schülern gegen eine solche Annahme, während Lamarck eine solche Vererbung zugelassen hat.

Es genügt, hier nur zwei Versuche anzuführen, um zu zeigen, daß die Vermutung von Lamarck richtiger war.

M. Standfuss[1]) setzte Puppen von Vanessa urticae L. der Kältewirkung aus und erhielt darauf aberrative Schmetterlingsformen. Diese Schmetterlinge legten Eier ab, aus welchen dann Räupchen ausschlüpften. Die darauf erhaltenen Puppen lagen unter normalen Umständen und ergaben dennoch Schmetterlinge, welche nicht den Großeltern, sondern den Eltern ähnlich waren, d. h. sie waren auch aberrativ.

E. Fischer[2]) stellte einen ähnlichen Versuch mit Arctia caja L. an und erhielt dasselbe Resultat wie M. Standfuss. Er sagt: „Die infolge der Einwirkung eines äußeren Faktors entstandenen neuen Eigenschaften wurden auf die Nachkommenschaft vererbt, oder anders gesagt: es mußten sich in den Geschlechtszellen ebenfalls Veränderungen (neue Eigenschaften) eingestellt haben, die alsdann vom kleinen befruchteten Ei aus durch das Raupen- und Puppenstadium hindurch bis auf den fertigen Falter (den Nachkommen) sich übertrugen und auf den Flügeln desselben in einer aberrativen Färbung und Zeichnung zum Austrag gelangten, wie wir sie ähnlich und gleichsinnig bereits auf den Flügeln der Eltern künstlich erzeugt haben“ (p. 50).

Unser Fall mit Kügelchen ist jedoch einfacher: hier wird von der Nachkommenschaft nicht die Eigenschaft vererbt, welche durch künstliche Umstände hervorgerufen ist, sondern nur die individuelle Eigentümlichkeit, welche den Kügelchen eigen ist.

Optimum.

Das Gesetz des Optimums für die Organismen wurde zum ersten Mal von J. Sachs[3]) formuliert und später von L. Errera[4]) entwickelt. Dieses Gesetz lautet, daß zur günstigen Entwickelung eines gegebenen Organismus eine gewisse Quantität oder Intensität eines äußerlichen Agens notwendig ist. J. Sachs formuliert

1) Experimentelle zoologische Studien mit Lepidopteren. Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges., Bd. XXXVI (1), p. 81, 1898.

2) Experiment. Untersuchungen über die Vererbung erworbener Eigenschaften. Allg. Zeitschr. f. Entomol., Bd. VI, No. 4, p. 49 bis 51, 1901.

3) Gesammelte Abhandlungen über Pflanzen-Physiologie, Bd. I, Leipzig 1892.

4) Philosophie botanique.

es folgendermaßen: „Ueberall, wo sich physiologische Wirkungen durch eine zur Abscissenachse zurückkehrende Kurve darstellen lassen, bedeutet Optimum denjenigen Punkt der Abscisse, an welchem die maximale (höchste) Ordinate steht“ (p. 82).

Um die Frage zu lösen, ob auch für Para-Nitrotoluol-Kügelchen ein gewisses Optimum vorhanden ist, stellte ich Versuche an, zu deren jedem 10 gleich große (2r = 3,84 mm) Kügelchen, wie früher, verwendet wurden.

Da verschiedene Versuche bei verschiedener Lufttemperatur angestellt wurden, so war auch die Abkühlungsgeschwindigkeit der Kügelchen verschieden. Die Abkühlungsgeschwindigkeit (v) wurde deshalb in jedem einzelnen Versuche bestimmt, und zwar bei der Temperatur der Chlorcalciumlösung von 50° [1]). Unter dieser Größe (v) verstehe ich die Anzahl der Grade, um welche die Lösung (und folglich auch die Kügelchen) während einer Minute, angefangen von 50° abwärts, sich abkühlt.

Folgende Tabelle enthält die Resultate dieser Versuche, wobei v nach absteigender Reihe geordnet ist:

No. des Versuches	Abkühlungsgeschwindigkeit v	Erstarrungstemperatur des 1. Kügelchens t_1	Lebensdauer des 1. Kügelchens $54-t_1$	Erstarrungstemperatur des 10. Kügelchens t_{10}	Lebensdauer des 10. Kügelchens $54-t_{10}$
1	0,65	42,4	11,6	29,2	24,8
2	0,61	41,7	12,3	27,5 [2])	26,5 [3])
3	0,60	38,3	**15,7**	25,5	28,5
4	0,55	39,9	14,1	24,8	**29,2**
5	0,50	45,1	(8,9)	34,5	19,5
6	0,46	43,5	10,5	34,9	19,1
7	0,30	44,0	10,0	35,3 [2])	18,7 [3])
8	0,21	45,2	8,8	36,3—39,4 [4])	17,7—14,6 [4])
9	0,15	45,5	8,5	39,3 [2])	14,7 [3])

1) Ist willkürlich genommen worden; man könnte auch eine andere Temperatur dazu benützen.

2) Diese Zahl muß in der Wirklichkeit kleiner sein, da bei dieser Temperatur das Kügelchen noch nicht erstarrte.

3) Diese Zahl muß in der Wirklichkeit größer sein, da das Kügelchen noch flüssig blieb.

4) Bei der Temperatur von 36,3° war das Kügelchen flüssig, als aber die Beobachtung bei 39,3° gemacht wurde, war es bereits erstarrt, deshalb ist sein Lebensalter zwischen 17,7° und 14,6° eingeschlossen.

Daraus ist zu ersehen, daß die Lebensdauer sowohl des 1. wie auch des letzten Kügelchens mit der Verminderung der Abkühlungsgeschwindigkeit zuerst zunimmt, dann bei einer gewissen Geschwindigkeit (ca. 0,58 für beide Kügelchenarten) ein Maximum des Lebensalters erreicht (für das 1. 15,7° und für das 10. 29,2°), um darauf allmählich abzunehmen.

Nach der Definition von J. Sachs hat dieses Maximum der „physiologischen Wirkung" zu seinem Optimum die Abkühlungsgeschwindigkeit v = 0,58. Mit anderen Worten, die günstigste Abkühlungsgeschwindigkeit für die Lebensdauer der Para-Nitrotoluol-Kügelchen scheint in unserem Falle die Größe v = 0,58 zu sein.

Eine ähnliche Erscheinung wird nicht nur bei Para-Nitrotoluol beobachtet, sondern, wie ich zeigte[1]), auch bei anderen Stoffen. So z. B. wurde bei Wasser, obwohl nicht in Kugelform, folgende Lebensdauer (o — t) erhalten:

v:	0,35	0,31	0,28	0,27	0,27	0,26	0,20	0,20
o — t:	—5,4	—4,8	**—7,9**	—6,0	—5,6	—6,0	—5,3	—4,3

Wir wollen diese Erscheinung etwas näher betrachten. Wir nennen unser Kügelchen „lebend", wenn es unter 54° noch flüssig ist; das Kügelchen „lebt", wenn es sich unterkühlt, und „stirbt", wenn es erstarrt. Das Kügelchen kann „leben", d. h. sich unterkühlen, mit verschiedener Geschwindigkeit (Intensität). Daraus folgt, daß die Abkühlungsgeschwindigkeit das Lebenstempo des Kügelchens oder seine Lebensthätigkeit ausdrückt.

Bei Organismen und besonders beim Menschen ist die Abhängigkeit der Lebensdauer von Lebensthätigkeit klar zu ersehen. Die Balkanhirten leben 100 und mehr Jahre, während Leute mit stürmischem Leben sehr früh sterben. Daß hier nicht nur die hygienischen Bedingungen eine Rolle spielen, sondern auch die Lebensintensität, braucht man nicht nachzuweisen. Die Nervenkrankheiten unseres Jahrhunderts sind hauptsächlich wegen des intensiveren Lebens zur Entwickelung gelangt.

Anabiose.

Der anabiotische Zustand ist ein solcher, in welchem ein Organismus, obwohl nicht gestorben, dennoch nicht lebt, oder mit

1) Journ. russ. phys.-chem. Gesellsch., Bd. XXXII, p. 218 bis 241, 1900.

anderen Worten: das Leben eines Organismus in diesem Zustande ist stehen geblieben, aber dieser Organismus ist nicht tot und beginnt, unter günstige Umstände gebracht, wieder zu leben. Dieser Zustand darf mit dem lethargischen Schlaf, dem Scheintod etc. nicht verwechselt werden, denn hier giebt es einen, wenn auch schwachen, Stoffwechsel, während dieser im anabiotischen Zustande vollständig fehlt.

Obwohl die Anabiose bereits seit 1719 (Leuwenhoeck) bekannt ist und in der Litteratur eine Masse von Angaben vorhanden sind[1]), daß Organismen nicht nur Jahre, sondern auch Jahrhunderte im Zustande des „latenten Lebens" sich befanden, sind noch nicht alle Gelehrten sich einig, das Vorhandensein eines solchen Zustandes anzuerkennen. Es ist mir in der letzten Zeit gelungen, die Möglichkeit des Vorhandenseins des anabiotischen Zustandes nachzuweisen, indem ich den Verlauf der Temperaturkurve bei Insekten studierte[2]).

Bei Para-Nitrotoluol-Kügelchen ist es nicht schwer, den anabiotischen Zustand zu erzeugen; man muß nur in einem gegebenen Momente die weitere Abkühlung eines unterkühlten Kügelchens aufheben, was ich dadurch erreicht habe, daß die Lösung mit unterkühlten Kügelchen in einen Thermostaten mit passender konstanter Temperatur gebracht wurde. Dabei wurde jedoch eine bemerkenswerte Erscheinung beobachtet.

10 gleich große, flüssige Kügelchen (3,84 mm) wurden in die erwähnte heiße Lösung gebracht und als dieselben bis zu 50° sich

---

1) Leuwenhoeck (1719), Needham (1743), Buffon (1748), Trembley (1750), H. Backer (1754), Ginani (1759), Fontana (1769), Baker und Needham (1771), Roffredi (1775), Spallanzani (1777), Kyber (1815), Gaspard (1822), Franklin (1820), F. Bauer (1823), C. A. S. Schultze (1834—1861), Creplin (1837), Pierret (1844), Duméril (1852), Justi (1854), J. Kühn (1858), Davaine (1859), M. Schulze (1863), Preyer (1864—1891), Greeff (1865), Pouchet (1866), Heinzmann (1872), Kalender (1872), Horvath (1873), H. Schulz (1877), H. Rödel (1886), Zacharias (1886), Saint-Martini (1887), Merriefild (1889), Schmuidsinowitsch (1889), Loeb (1891), Vries (1891), Kochs (1890—1894), Selmons (1894), O. Hertwig (1894), Meehan (1894), Peter (1894), Barnes (1895), Burgerstein (1895), Candoll (1895), Bureau (1890), Wittroch (1891), Faggioli (1891), Müller-Erzbach (1891), Knauthe (1892), Mattrolo (1894) etc.

2) Die Lage des anabiotischen Zustandes auf der Temperaturkurve der Insekten. Biolog. Centralbl., Bd. XXI, p. 672—675, 1901.

unterkühlten, d. h. als ihr Alter 4° betrug, wurde das Gefäß mit Kügelchen in einen Thermostaten gebracht, wo die Kügelchen sich weiter nicht abkühlen konnten[1]). Trotzdem das „Leben" der Kügelchen dadurch während 10 Stunden zum Stillstand gebracht wurde, starben sie nicht und setzten ihr Leben fort, nachdem sie wieder bei gewöhnlicher Zimmertemperatur stehen gelassen wurden, bis sie schließlich, wie in früheren Versuchen, starben.

Darauf wurde der Versuch mit Kügelchen von sechsgradigem Alter angestellt. Dieselben starben nach dem Aufheben der weiteren Abkühlung während 10 Stunden auch nicht.

Als aber der Versuch mit Kügelchen von acht-gradigem Alter angestellt wurde, starb nach 9 Stunden eines von 10 Kügelchen.

Die weiteren Versuche ergaben folgendes: zehn-gradige Kügelchen ergaben nach 10 Stunden (ohne sich dabei weiter abzukühlen) 2 Tote, zwölf-gradige 3 Tote, vierzehn-gradige 4 Tote, sechzehn-gradige 5 Tote.

Somit ergiebt sich, daß entsprechend dem höheren Alter, in welchem das Leben der Kügelchen zum Stillstand gebracht wurde, eine um so größere Anzahl von Individuen bei diesem Prozesse starb.

Eine ähnliche Erscheinung beobachtete ich bei der Unterkältung der Puppensäfte[2]) und kam damals zu dem Resultate: „Der Einfluß der Zeit, als einer der Faktoren, welche die Erstarrung der unterkühlten Flüssigkeit bedingen, ist unzweifelhaft vorhanden. Diese Zeit ist desto länger, je größer die Differenz zwischen der Temperatur, welche das Insekt im Versuche erreichte, und der Temperatur, bei welcher die unterkühlte Flüssigkeit bei fortschreitender Unterkältung erstarren würde, ist" (p. 258).

Die Thatsachen aus dem Organismenreiche bestätigen diese Regel auch dort.

In dieser Beziehung sind die Versuche von S. Kaestner[3])

---

1) Die Temperatur im Thermostaten war gewöhnlich 3—4° über der Temperatur der Lösung, sonst kühlte sich die Lösung infolge der Wasserverdampfung weiter ab.

2) Das vitale Temperaturminimum der Tiere mit wechselnder Temperatur des Blutes. Arch. Sciec. biol., T. VIII, No. 3, p. 239—260, St. Pétersbourg 1890. (Russische Ausgabe.)

3) Arch. f. Anat. und Physiol., Anat. Abt., 1895, p. 319.

über den künstlichen Ruhezustand der Hühnereier während ihres Ausbrütens von Bedeutung.

Diese Versuche bestanden darin, daß die Eier aus dem Brutofen in verschiedenen Entwickelungsstadien herausgenommen und darauf der Einwirkung der tiefen Temperatur (21°, 10° oder 5°) während verschiedener Zeitintervalle ausgesetzt wurden. Es handelte sich um die Zeitbestimmung, während welcher bei einer der erwähnten niederen Temperaturen das Ei den Ruhezustand aushalten kann, ohne dadurch seine Entwickelungsfähigkeit im Brutofen einzubüßen.

Ich führe hier die Versuche von Kaestner über das Unterbrechen der Entwickelung unter dem Einfluß nur einer Temperatur an und zwar von 21°.

Das Ei befand sich im Brutofen 6 Stunden lang und wurde darauf in einem Thermostaten bei 21° während 16 Tage liegen gelassen. Als dasselbe wieder in den Brutofen gebracht wurde, entwickelte sich daraus nach einer gewissen Zeit ein Hühnchen. Das Hühnchen schlüpfte nur dann nicht aus, wenn das Ei der Einwirkung der Temperatur von 21° während 18 Tage ausgesetzt wurde. Das Ei, welches im Brutofen 12 Stunden lag, behielt sein Leben bei 21° während 13 Tage bei, während ein solches, welches im Ofen 18 Stunden zugebracht hatte, die Einwirkung der Temperatur von 21° nicht mehr als 9 Tage ohne Schaden aushalten konnte. Ich stelle weitere Versuche von Kaestner in folgender Tabelle zusammen:

Im	Brutofen	6	Stunden.	Gestorben	bei	21°	nach	18	Tagen
„	„	12	„	„	„	21°	„	13	„
„	„	18	„	„	„	21°	„	9	„
„	„	24	„	„	„	21°	„	6	„
„	„	36	„	„	„	21°	„	5	„
„	„	42	„	„	„	21°	„	3	„
„	„	6	Tage	„	„	21°	„	3	„
„	„	9	„	„	„	21°	„	2	„
„	„	fast bis zum Ausbrüten		„	„	21°	„	1	„

Kaestner kommt, gestützt auf die Untersuchung des Embryos, zu dem Schlusse, daß die Entwickelung des Embryos während der Einwirkung der benützten niederen Temperaturen stillsteht.

Aus diesen Versuchen folgt, daß, je entwickelter ein Embryo im Ei ist, desto schwerer seine Entwickelung ohne Schaden unterbrochen werden kann.

Diese Erscheinung hat, wie wir gesehen heben, ein Analogon auch bei unseren Kügelchen.

Die Begrenzung der Formenanzahl.

Wenn wir die Formen betrachten, in welchen verschiedene Organismen erscheinen, so bemerken wir, daß sie keinen ununterbrochenen Uebergang von einer zur anderen vorstellen, sondern daß zwischen einer und einer anderen ihr verwandten Form ein quasi Zwischenraum besteht — es fehlt ein Kettenglied.

C. von Nägeli [1]) war der erste, welcher bemerkte, daß bei Pflanzen und Tieren nicht alle möglichen Variationen beobachtet werden, sondern daß dieselben nach einer oder einigen begrenzten und ganz bestimmten Richtungen entstehen. Die Erklärung dieser Erscheinung erblickt er in der chemisch-physikalischen Konstitution des Organismus, welche nur ganz bestimmte Modifikationen zuläßt.

Auch A. Weismann [2]) erklärt sich damit einverstanden, indem er sagt: „Man darf nicht vergessen, wie die Produkte der Naturzüchtung in erster Instanz von den Variationen abhängen, welche der betreffende Organismus der Naturzüchtung bietet, daß die Zahl der möglichen Variationen für jede Art zwar sehr groß sein mag, keineswegs aber unbegrenzt ist. Es muß für jede Art auch unmögliche Variationen geben“ (p. 119).

Th. Eimer [3]) läßt auch die bestimmten Richtungen der Variation zu, aber nicht so weit wie A. Weismann.

Die Versuche mit schwimmenden Para-Nitrotoluol-Kügelchen führten mich zu folgendem Resultate:

Die Versuche wurden mit Kügelchen von drei verschiedenen Dimensionen angestellt, wobei ihre Anzahl in jedem Versuche verschieden war. Die Erstarrungstemperatur wurde für jedes einzelne Kügelchen bestimmt. Dabei stellte sich heraus, daß die Kügelchen nicht bei allen möglichen Temperaturen erstarrten: es giebt Temperaturen, bei welchen die Kügelchen gruppenweise erstarren, während bei Zwischentemperaturen kein einziges Kügelchen erstarrt.

Folgende Tabelle enthält die Temperaturen, bei welchen die Kügelchen gruppenweise erstarrten:

---

1) Entstehung und Begriff der naturhistorischen Art, München 1865.

2) Studien zur Descendenz-Theorie, II. Auch: Ueber die Berechtigung der Darwin'schen Theorie, Leipzig 1868.

3) Entstehung der Arten, Jena 1888.

Durchmesser der Kügelchen in mm	Anzahl der Kügelchen im Versuche	Erstarrungstemperatur der Kügelchen bei folgenden Gruppen:					
		I	II	III	IV	V	VI
	7	—	—	40	—	—	—
	10	44,5	42	40	37,5	35	—
	13	—	—	—	38,2	33,5	—
	15	—	42	39,5	—	—	—
	25	—	—	—	38,5	35,5	—
	45	—	41	—	38	33	—
	20	—	—	40	—	35	27,5
	100	—	—	—	—	33,5	29
	10	43,7	—	40,5	—	—	—
	Mittel:	44	42	40	38	34	28

Daraus ist ersichtlich, daß die Erstarrung der Kügelchen gruppenweise nur bei bestimmten Temperaturen stattfindet, und zwar im Durchschnitt bei: 44, 42, 40, 38, 34, 28, wobei diese Temperaturen voneinander zuerst um 2 °, dann um 4 ° und schließlich um 6 ° differieren, d. h. es giebt Perioden, deren Differenzen unter sich eine arithmetische Progression bilden und zwar:

I. Periode: 44, 42, 40, 38. Differenz = 2 °
II. „ 38, 34 „ = 4 °
III. „ 34, 28 „ = 6 °

Daraus geht hervor, daß, da die erstarrten Kügelchen eine krystallinische Masse vorstellen, diese Krystalle periodisch entstehen, wobei die Pausen zwischen diesen Perioden nach einer arithmetischen Progression zunehmen.

Wir wollen nun sehen, was diese Gruppen vom krystallographischen Standpunkt aus darstellen.

G. Tammann [1]) studierte die Krystallisationsgeschwindigkeit und kam zu dem Schlusse, daß die Erscheinung des Polymorphismus allen Stoffen eigentümlich ist. Er sagt: „Läßt man eine Flüssigkeit erheblich unterkühlen, so kann man mit großer Wahrscheinlichkeit darauf rechnen, daß in verschiedenen Temperatur- und Druckgebieten verschiedene polymorphe Krystalle spontan auftreten werden“ (p. 66). In einer anderen Abhandlung [2]) sagt

1) Ueber die Krystallisationsgeschwindigkeit, III. Zeitschr. für physik. Chemie, Bd. XXIX, No. 1, p. 51—76, 1899.

2) Ueber die Abhängigkeit der Zahl der Kerne, welche sich in verschiedenen unterkühlten Flüssigkeiten bilden, von der Temperatur. Zeitschr. f. phys. Chemie, Bd. XXV, No. 3, p. 441, 1898.

er, daß die Frage, in welchen Formen im Maximum irgend ein Stoff krystallisiert, vorläufig noch nicht entschieden ist.

W. Ostwald [1]) studierte die Entstehung fester Körper und sagt unter anderem: „Es wird unzweifelhaft Fälle geben, wo bei einer gegebenen Umwandlung eine weniger stabile Zwischenform zwar vorhanden ist, aber nicht beobachtet wird. In solchen Fällen kann immer angenommen werden, daß diese Zwischenform zwar entsteht, sich aber augenblicklich weiter verwandelt" (p. 309).

Die Para-Nitrotoluol-Kügelchen geben also, indem sie erstarren, polymorphe Formen; die Zwischenräume zwischen den Gruppen finden deshalb statt, weil während dieser Zeit im Kügelchen ein Krystallembryo entsteht, aber von der labilen Form, welche nach Ostwald sofort zerfällt; seine Umwandlung in eine stabile Form kann aber nur bei einer anderen tieferen Temperatur statthaben.

Da die Zwischenräume zwischen den Bildungsperioden der polymorphen Krystalle unserer Substanz nach arithmetischer Progression wachsen, während die Unterkältung der Flüssigkeit eine Grenze hat, welche im Maximum nur -273^{0} betragen kann (absoluter Nullpunkt), so kann man leicht voraussehen, daß die Anzahl der polymorphen Form irgend einer Substanz eine begrenzte ist. Bei Para-Nitrotoluol sind sechs solcher polymorphen Formen entstanden (wie es aus der oben angeführten Tabelle zu ersehen ist). Wenn die Regelmäßigkeit ihrer Entstehung auch weiter so erfolgt, so erhalten wir noch folgende Temperaturen, bei welchen die Krystallformen entstehen würden:

$28-8=20$; $20-10=10$; $10-12=-2$; $-2-14=-16$; $-16-16=-32$; $-32-18=-50$; $-50-20=-70$; $-70-22=-92$; $-92-24=-116$; $-116-26=-142$; $-142-28=-170$; $-170-30=-200$; $-200-232=-232$; $-232-34=-266$, d. h. noch 14 Formen und zusammen 20 stabile polymorphe Formen.

Wir werden in der zweiten Abhandlung sehen, daß Para-Nitrotoluol viel früher aufhört, neue Krystallformen zu bilden, als bei dem absoluten Nullpunkt, und folglich viel weniger Formen besitzt als 20.

Wenn wir einen anderen Stoff nehmen würden, so hätten wir

---

1) Studien über die Bildung und Umwandlung fester Körper. I: Uebersättigung und Ueberkaltung. Zeitschr. f. phys. Chemie, Bd. XXII, Nr. 3, p. 289—330, 1897.

bei ihm, wenn nicht die identische, so wenigstens eine ähnliche Erscheinung erhalten, wie es die Versuche von Ostwald und hauptsächlich von Tammann über die Unterkältung der Flüssigkeiten ergeben.

Somit kommen wir zu dem Schlusse, daß sowohl in der organisierten, wie auch in der anorganisierten Welt die Formbildung nach begrenzten und ganz bestimmten Richtungen vor sich geht, wobei die Anzahl der Formen von physiko-chemischen Eigenschaften des Stoffes abhängt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft

Jahr/Year: 1903

Band/Volume: NF_30

Autor(en)/Author(s): Bachmetjew P.J.

Artikel/Article: Biologische Analogien bei schwimmenden p-Nitrotoluol-Kügelchen. 521-543