

barten Nervenkerneln im verlängerten Marke, sowie durch den inneren Abschnitt des Kleinhirnschenkels zieht die direkte sensorielle Bahn zum Dachkerne des Kleinhirns. Damit vereinigen sich Fasern vom 5., 10. und 11. Hirnnerven. Da nur im Hauptkerne des 8. Nerven (*Acusticus*) die Fasern des Vorhofs-zweiges dieses Nerven endigen, so steht das Kleinhirn mit dem Ohre in Verbindung. *Luciani* hebt hervor, daß die Folgen von Zerstörung der inneren Teile des Ohrs ähnlich sind den von Verletzungen des Kleinhirns herrührenden.

Ewald gibt als Folgen von Verletzungen des Orlabyrinths an: abnorme Schläffheit der ruhenden Muskeln, geringe Kraft und verminderte Präzision der tätigen. Diese Änderungen entsprechen der Atonie, Asthenie und Astasie nach Kleinhirnverletzungen. *Luciani* zieht den Schluß, daß das Orlabyrinth die Muskulatur vermittelt des Kleinhirns beeinflusse. *Stefani* fand bei Tauben schon 1877, daß die Purkinjeschen Ganglienzellen im Kleinhirne entarten, nachdem man die halbzirkelförmigen Kanäle des inneren Ohrs zerstört hat.

Das Kleinhirn reguliert alle Bewegungen: sowohl in bezug auf Energie, als in bezug auf die Kombination. *Luciani* weist energisch viele unpräzise, sachlich unbegründete Erklärungen der Kleinhirnfunktionen zurück. Das Wesen der Kleinhirnfunktionen wird durch seine Beziehungen zum Großhirne erhellt: Wenn man Kleinhirnteile ausschaltet, so werden die Störungen vermittelt Innervation seitens des Großhirns großenteils ausgeglichen. Wenn aber die S-förmige Windung der Großhirnrinde, mit ihren vielen Bewegungszentren zuvor entfernt war, so ist die Körperhaltung oder der Gang des kleinhirnlosen Tieres gänzlich oder größtenteils gestört. Wenn das halbe Kleinhirn abgetragen war, so sind die anderseitigen Großhirnzentren zunächst weniger erregbar. Nachdem die Lähmungerscheinungen gemindert waren, zeigten sich die entsprechenden Großhirnzentren erregbar. *van Rynberk* fand, daß schon das ruhende Kleinhirn normalerweise reflektorisch alle willkürlichen Muskeln tonisiert. Die Hauptsinnesapparate verstärken den Tonus mittels der motorischen Nervenzentren. Während der Bewegungen ist die Hilfe des Kleinhirns zu den cerebralen sthenischen und statischen Impulsen unentbehrlich für die normale Bewegungswirkung und daher auch für das exakte Zusammenwirken der einzelnen Muskeln der Bewegungsapparate. Die Beeinträchtigung oder völlige Vernichtung dieser Einflüsse erklären sämtliche, in ihrer Deutung so sehr bestrittenen, sogenannten cerebellären Ataxie-Erscheinungen. Während man irgend einen Ort der Kleinhirnrinde reizt, bedarf man zur Erregung der motorischen Großhirnzentren milderer Reize. Das Kleinhirn verstärkt also die Erregungen des Großhirns.

Die Bedeutung der Elektrolyte für Lebewesen.

Von Dr. Emil Lenk, Darmstadt.

Die Nahrungstoffe bestehen aus organischen und anorganischen Substanzen. Durch Ver-

brennung des organischen Materials im Organismus schafft sich der Körper seine freie und gebundene Energie. Das Wasser ist das Reaktionsmedium, ohne das kein Lebensprozeß möglich ist. Die Aufrechterhaltung einer konstanten Wassermenge wird vom Organismus ängstlich überwacht. Die Bedeutung der anorganischen Salze für Lebensprozesse erscheint zunächst fraglich. Durch die Abgabe der Salze durch verschiedene Sekrete und Exkrete, sowie durch die „Gewöhnung der Zellen an Salze von Jugend auf“, ist ihre Notwendigkeit nicht erklärt. Denn wir besitzen zahlreiche Beispiele, die für das unbedingte Bedürfnis der Zellen für anorganische Salze sprechen. Ich erwähne nur, mit welcher Anstrengung und Anwendung aller Kräfte Genssen und Rehe die steilsten Klippen erklimmen, um nur zu Kochsalz zu gelangen und vor vielleicht 40 Jahren hat *Forster* in einem berühmten Versuche gezeigt, daß Hunde, die mit salzarmem Fleisch genährt wurden, zugrunde gingen. Die Natur sorgt also nicht nur für die Aufrechterhaltung einer konstanten Wassermenge, sondern auch für eine relativ und absolut stets gleiche Salzzusammensetzung der einzelnen Organe und Zellen. Die Lebensprozesse spielen sich in einem kolloidalen Material ab. Die Bedeutung der Salze für Lebensprozesse ist in der Einwirkung auf die Zellkolloide zu suchen.

Ehe man an das Studium der Einwirkung anorganischer Stoffe auf die Zellkolloide herantreten konnte, mußten erst die Beziehungen der Elektrolytlösungen auf einfache Kolloide untersucht werden. Systematische Untersuchungen wurden zuerst von *Franz Hofmeister* und seinen Schülern, sowie von *Wolfgang Ostwald* in Angriff genommen, indem sie Gelatineplatten in Elektrolytlösungen legten und das Gewicht der aufgenommenen Flüssigkeit durch Wägung der Gelatine von Zeit zu Zeit bestimmten. Diese Untersuchungen wurden zwar früh von Botanikern eingeleitet, aber erst spät schlossen sich die Tierphysiologen, durch die Versuche *Hofmeisters* angeregt, diesen Untersuchungen an.

Die Zelle wird aber nicht von der Lösung eines einzelnen Salzes umflossen, sie steht vielmehr unter dem gleichzeitigen Einfluß mehrerer Elektrolyte. Seit langem weiß man, daß eine 1 proz., „physiologische“ Kochsalzlösung dem osmotischen Drucke des Zellsaftes gleichkommt und daß diese Lösung die Muskel-beziehungswise Organtätigkeit längere Zeit erhält; auch als Ersatzflüssigkeit für das Blut kann eine physiologische Kochsalzlösung dienen. Ein weit besseres Ersatzmittel für das Blut als die physiologische Kochsalzlösung haben wir in der Locke- und Ringerschen Lösung kennen gelernt, die alle Blutsalze in ihrer relativen Zusammensetzung enthält. Je nachdem man es mit Kalt- oder Warmblüterorganen zu tun hat, erzeugt man sich eine Lösung, die im Liter 6,5—9,5 g Kochsalz, 0,2 g Kaliumchlorid und 0,2 g Calciumchlorid enthält. Man sieht also schon aus diesem Beispiele, daß die „giftige Kochsalzlösung“ durch eine kleine Menge anderer Salze entgiftet werden kann. Schon vor einem Jahrzehnt hat *Jacques Loeb* auf die Bedeutung der Elektrolytkombinationen für Meerwassertiere hingewiesen und *Wolfgang Ostwald* hat diese

Versuche auf Süßwassertiere ausgedehnt. Es ist sehr merkwürdig, daß der Ozean, der eine unendliche Zahl von Tier- und Pflanzenformen birgt — die unvergleichlich reichhaltiger ist als im Süßwasser — die Salze in derselben Relation enthält als sie in der Ringer-Lockeschen Lösung vorkommen. *Loeb* hat seine Versuche an einem marinen Fisch, *Fundulus heteroclitus*, und dessen Eiern angestellt. Der Fisch legt die Eier ins Seewasser ab, die dort befruchtet werden. *Loeb* zeigte nun, daß die frischbefruchteten Eier sowohl, wie die Fische in doppelt destilliertem Wasser leben können, womit der Beweis erbracht ist, daß das Fischei für seine Entwicklung keinen Seewasserbestandteil braucht. Bringt man aber ein frischbefruchtetes *Fundulus*-Ei in eine reine Kochsalzlösung von derselben Konzentration, wie dieses im Seewasser vorkommt, so entwickeln sich die Eier nicht. Fügt man aber dieser Kochsalzlösung etwas Calciumchlorid zu, so können die Eier Embryonen bilden. Ein weiterer Zusatz von Kaliumchlorid genügt auch für ein längeres Leben des jungen Fisches.

Diese sowie die Versuche an Pflanzen, die *Osterhout* ausführte, und die den gleichen Charakter wie die von *Loeb* annehmen, konnten auf keinerlei Weise erklärt werden, da bisher die nötigen Untersuchungen von Elektrolytkombinationen auf einfache Kolloide fehlten.

Hier setzen die Untersuchungen ein, die *Lenk* in Gemeinschaft mit *Hugo Brach* ausführte. Wir untersuchten zunächst die Wasseraufnahme, also die Quellung von Gelatineplatten, indem wir sie in bestimmte Salzlösungen legten. Zur Untersuchung kamen zunächst neutrale Chloride, wie Natrium, Kalium, Lithium, Calcium, Magnesium, Bariumchlorid und außerdem Manganchlorür, Quecksilber- und Eisenchlorid. Jedes dieser Salze gelangte in verschiedenen Konzentrationen zur Untersuchung, in $\frac{m}{1}$, $\frac{m}{5}$, $\frac{m}{10}$, $\frac{m}{20}$, $\frac{m}{50}$, $\frac{m}{100}$, $\frac{m}{1000}$. Dabei stellte es sich heraus, daß die zur Untersuchung verwendete 20 proz. Gelatine in den konzentrierten Salzlösungen stärker quoll als in verdünnten. Die Figuren in Tabelle I geben ein Beispiel dafür, wie Gelatineplatten in den betreffenden Kochsalzlösungen quellen. Dieses Resultat steht im Widerspruch zu Versuchen von *Wolfgang Ostwald*, der mit trockener Gelatine arbeitete. Die Abhängigkeit der Wasseraufnahme von der Konzentration des Außenmediums ist nach den Ostwaldschen Versuchen viel verwickelter als nach unseren, die aber weit besser den Lebensvorgängen entsprechen, da sich auch die Biokolloide bereits im gequollenen Zustande befinden.

Die weiteren Versuche führten uns dazu, diese Untersuchungen parallel auch aufs lebende Objekt auszudehnen, und zwar einerseits auf verschiedene Süßwassertiere, wie auf Fische, Schnecken, Blutegel, Planarien usw., andererseits auf die Samen von *Phaseolus vulgaris*. Eine günstige Gelegenheit bot sich zu dieser Untersuchung, als wir einer überaus freundlichen Einladung des Herrn Dozenten *Kupelwieser* (München) Folge leisten konnten, die

uns in die biologische Süßwasserstation nach Lunz in Nieder-Österreich führte. Der nahe Lunzer See birgt eine schier unendliche Menge von zu dieser Untersuchung geeigneten Tieren, so daß wir gleichsam zu einer Massenuntersuchung schreiten konnten und nicht befürchten mußten, daß durch die stete Wiederholung der Versuche, die ja selbstverständlich nötig war, ein Mangel am Versuchsmaterial eintreten würde. Am geeignetsten erschienen uns ausgesuchte Exemplare von *Phoxinus laevis*. Während der Versuche kamen sie zu je fünf in Glasaquarien,

Tabelle I.

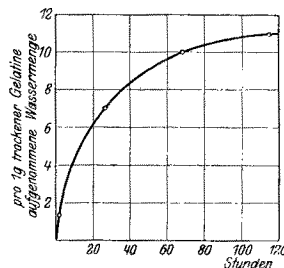
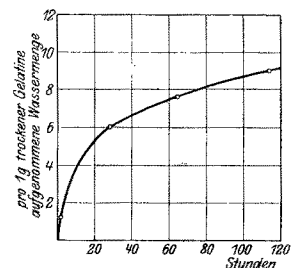
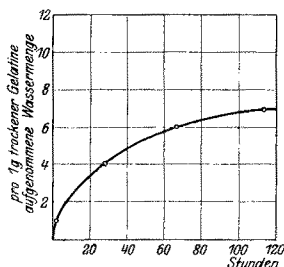
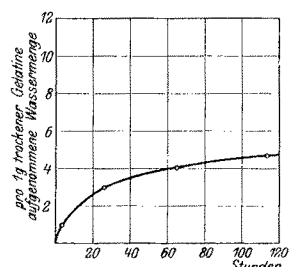
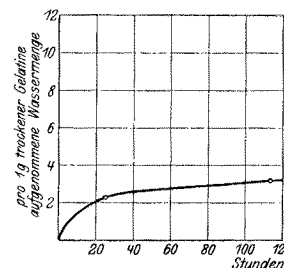
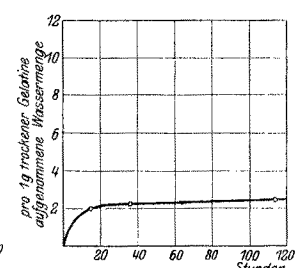
Fig. 1. NaCl $\frac{m}{1}$.Fig. 2. NaCl $\frac{m}{5}$.Fig. 3. NaCl $\frac{m}{10}$.Fig. 4. NaCl $\frac{m}{100}$.Fig. 5. NaCl $\frac{m}{1000}$.

Fig. 6. Dest. Wasser.

die sämtlich zugleich gleichmäßig durchlüftet wurden. Immer wurde ein Doppelversuch ausgeführt. Das Endresultat der ersten Versuche war, daß die Fische in den verdünnten Lösungen länger lebten als in den konzentrierten. Mit den Versuchen an Gelatineplatten verglichen, ergab sich das merkwürdige Ergebnis, daß die Lebensdauer quasi mit der Quellung der Gelatine zu vergleichen wäre, d. h. derart, daß die Lebensdauer von der Wasseraufnahme abhängig wäre. Ein Extrem der Versuchsbedingungen ist im destillierten Wasser gegeben. Und auch hier stimmen unsere Folgerungen, denn

im destillierten Wasser nehmen Gelatineplatten weniger Wasser auf als in Salzlösungen und auch die Lebensdauer der Fische in diesem Medium war eine überaus große. Tabelle II zeigt die Lebensdauer der Fische in verschiedenen Salzlösungen.

Tabelle II
Natriumchlorid.

Konzentration	$\frac{m}{5}$	$\frac{m}{10}$	$\frac{m}{20}$	$\frac{m}{50}$	$\frac{m}{100}$
Lebensdauer . . .	8 St. ¹⁾	∞	∞	∞	∞

Kaliumchlorid.

Konzentration	$\frac{m}{5}$	$\frac{m}{10}$	$\frac{m}{20}$	$\frac{m}{50}$	$\frac{m}{100}$
Lebensdauer . . .	1 St.	5 1/3 St.	27 St.	∞	∞

Magnesiumchlorid.

Konzentration	$\frac{m}{5}$	$\frac{m}{10}$	$\frac{m}{20}$	$\frac{m}{50}$	$\frac{m}{100}$
Lebensdauer . . .	18 Min. ¹⁾	1 1/2 St.	18 1/2 St.	∞	∞

Calciumchlorid.

Konzentration	$\frac{m}{5}$	$\frac{m}{10}$	$\frac{m}{20}$	$\frac{m}{50}$	$\frac{m}{100}$
Lebensdauer . . .	1 St.	∞	∞	∞	∞

Bariumchlorid.

Konzentration	$\frac{m}{5}$	$\frac{m}{10}$	$\frac{m}{20}$	$\frac{m}{50}$	$\frac{m}{100}$
Lebensdauer . . .	1/2 St.	2 St.	10 St.	55 St.	∞

Wir setzten dann diese Untersuchungsreihen weiter fort und gingen zu Salzkombinationen über. In Tabelle III wird durch die Kurven angedeutet,

Tabelle III.

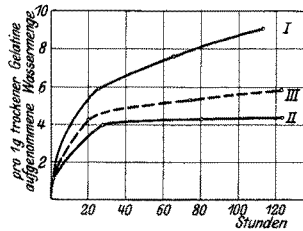


Fig. 7.

Kurve I. NaCl $\frac{m}{5}$.
 „ II. MgCl₂ $\frac{m}{100}$.
 „ III. NaCl $\frac{m}{5}$
 + MgCl₂ $\frac{m}{100}$.

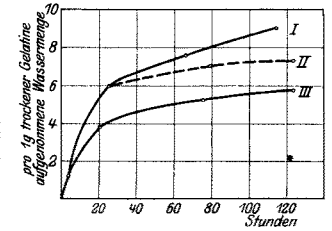
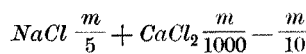


Fig. 8.

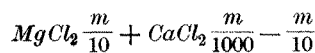
Kurve I. NaCl $\frac{m}{5}$.
 „ II. CaCl₂ $\frac{m}{50}$.
 „ III. NaCl $\frac{m}{5}$
 + CaCl₂ $\frac{m}{50}$.

wie durch das Hinzufügen eines anderen Salzes die Wasseraufnahme der Gelatine herabgedrückt wird. Es war aber nach physikalischen Gesetzen direkt das Gegenteil zu vermuten, da sich ja der osmotische Druck, Gasdruck usw. additiv zusammensetzt. Man hat ja auch früher mit Unrecht immer vermutet, daß die Lebensdauer der Wassertiere vom osmotischen Druck abhängig sei. Unsere Versuche zeigen aber zum ersten Male, daß zwischen Quellung und Osmose eine Parallelität ganz und gar nicht besteht. Die Versuche an Fischen wären auch hier für die früher erwähnten Folgerungen beweisend, da diese Tiere in bestimmten Salzkombinationen länger lebten als in einfachen Elektrolyten. Die Tabelle IV zeigt die Abhängigkeit der Lebensdauer der Fische in einigen Elektrolytkombinationen. Während also die Fische, um nur ein Beispiel herauszugreifen,

Tabelle IV.



Konzentration	NaCl $\frac{m}{5}$ + CaCl ₂ $\frac{m}{1000}$	NaCl $\frac{m}{5}$ + CaCl ₂ $\frac{m}{200}$	NaCl $\frac{m}{5}$ + CaCl ₂ $\frac{m}{100}$	NaCl $\frac{m}{5}$ + CaCl ₂ $\frac{m}{50}$	NaCl $\frac{m}{5}$ + CaCl ₂ $\frac{m}{20}$	NaCl $\frac{m}{5}$ + CaCl ₂ $\frac{m}{10}$
Lebensdauer	3 1/2 T. ¹⁾	2 1/2 T.	2 1/2 T.	22 St. ¹⁾	4 St.	1 St.



Konzentration	MgCl ₂ $\frac{m}{10}$ + CaCl ₂ $\frac{m}{1000}$	MgCl ₂ $\frac{m}{10}$ + CaCl ₂ $\frac{m}{200}$	MgCl ₂ $\frac{m}{10}$ + CaCl ₂ $\frac{m}{100}$	MgCl ₂ $\frac{m}{10}$ + CaCl ₂ $\frac{m}{50}$	MgCl ₂ $\frac{m}{10}$ + CaCl ₂ $\frac{m}{20}$	MgCl ₂ $\frac{m}{10}$ + CaCl ₂ $\frac{m}{10}$
Lebensdauer	2 1/2 St.	14 St.	25 St.	5 St.	5 St.	1 3/4 St.

¹⁾ St. = Stunden, Min. = Minuten, T. = Tage.

in einer $\frac{m}{5}$ -Kochsalzlösung in acht Stunden starben, genügt eine Kombination von $\frac{m}{5}$ -Kochsalzlösung und $\frac{m}{1000}$ -Chlorcalciumlösung, um die Fische drei Tage am Leben zu erhalten. Diese winzige Menge Calciumchlorid im Vergleich zu der relativ gleichsam unendlichen Konzentration der Kochsalzlösung genügt zu deren Entgiftung. Die Entgiftung fällt mit steigender Calciumchloridkonzentration, während bei anderen Elektrolytkombinationen ein Optimum der Entgiftung zu bemerken ist, wie die Kombination $MgCl_2 + CaCl_2$ (Tab. IV) beweist.

Es liegt also ein unverkennbarer Zusammenhang zwischen Quellung und Giftigkeit vor, der besagt, daß die Lebensdauer desto kürzer ist, je mehr Wasser die Biokolloide aufnehmen. Die Bedeutung der Elektrolytkombinationen für Lebensprozesse ist durch die gegenseitige Entgiftung der Elektrolyte gegeben, die auf die einfache Weise einer Wasseraufnahme erklärt werden kann. Selbstverständlich ist die Zurückführung der Entgiftungsprozesse im Organismus auf Quellungsvorgänge der Zellkolloide nicht die einzige Ursache.

Die Versuche wurden auch auf pflanzliche Kolloide ausgedehnt. Die Samen von Phaseolus vulgaris wurden in denselben Lösungen untersucht wie bei der Gelatine oder den Fischen. Hier ist eine Gesetzmäßigkeit viel schwerer zu konstatieren als bei dem nichtorganisierten Material oder dem organisierten tierischen Kolloid. Äußerst interessant ist allgemein die zeitliche Wasseraufnahme einer Bohne. Die Tabelle V bringt einen Typus von

Tabelle V.

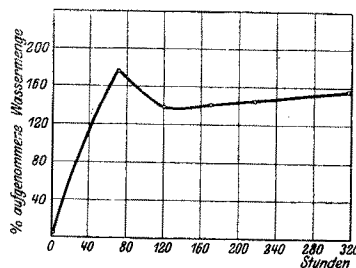


Fig. 9.

Kurven, die den Zusammenhang zwischen Konzentration und zeitlicher Wasseraufnahme zeigt. Dabei ist aber, wie auf den ersten Blick zu ersehen ist, zu bemerken, daß eine Gelatineplatte stets Wasser aufnimmt, während bei einer Bohne die Wasseraufnahme ein Optimum erfährt. Hierauf senkt sich die Kurve und steigt nach einer längeren Zeit wieder auf. Die weitere Verfolgung dieser merkwürdigen Kurve brachte mich auf den Gedanken, daß auch hier ähnliche Prozesse vor sich gehen wie bei der Totenstarre und deren Lösung¹⁾. Sie verlaufen aber noch komplizierter. Während das Optimum einer Quellungskurve, die vom Fleisch aufgenommen wurde, mit dem tatsächlichen Tode des

¹⁾ Im Heft 4 d. J. dieser Zeitschrift ist die Totenstarre als Kolloidproblem erläutert.

Muskels im Zusammenhange steht, worauf die irreversible Gerinnung der Eiweißkörper und damit die Lösung der Totenstarre erfolgt, so war auch hier zu vermuten, daß das Optimum der Wasseraufnahme bei einer Bohne ihrem Tode entspricht. Es wurde also die Keimfähigkeit von Bohnen untersucht und parallel hierzu ihre Wasseraufnahme. Es stellte sich nun tatsächlich heraus, daß, während sich die Bohnen auf dem ersten aufsteigenden Zweige ihrer Wasseraufnahmekurve bewegten, sie noch keimfähig waren, daß aber beim Überschreiten dieses Optimums ihre Keimfähigkeit erlosch. Den absteigenden Zweig müssen wir uns als einen Entquellungsvorgang vorstellen und der nochmalige Aufstieg der Quellungskurve entspricht dem Aufquellen eines zweiten Kolloids. Höchstwahrscheinlich ist es so, daß die Samenschale den Grund zur zweiten Quellung darstellt, da samenlose Bohnen einen zweiten Aufstieg der Kurve nicht zeigen. Versuche mit Elektrolytkombinationen an Bohnen führten zu äußerst komplizierten Resultaten, die wegen des doppelten Kolloids vorläufig eindeutig nicht zu erklären sind. Sicher ist es aber, daß man auch bei Bohnen den Tod mit Hilfe ihres Quellungsoptimums bestimmen kann.

Die giftigen Wirkungen einfacher Elektrolyte sind durch allzustarke Quellung der Biokolloide verursacht, die Entgiftung der neutralen Salze durch den Zusatz kleiner anderer neutraler Salzmengen ist durch eine verminderte Quellung der Zellkolloide bedingt. Die Wirkung der rätselhaften, antagonistischen, äquilibrierten Salzlösungen der Tier- und Pflanzenphysiologie kann durch Quellungsvorgänge erklärt werden.

Allgemeine Prinzipien der Entwicklung und Vererbung.

Von Prof. Dr. A. Greil, Innsbruck.

(Schluß.)

Aus der Erkenntnis des epigenetischen Charakters der Erwerbungen des ungleichen Teilungswachstums und der Produktivität des Zellplasmas der Abkömmlinge der Keimzellen ergeben sich, wie wir an anderer Stelle¹⁾ ausführlicher erörtert haben, die Prinzipien der Vererbung. Wenn die Formgestaltung sich allmählich als Erfolg des mit der Ausgangssituation des polar-bilateralen Eibaues eingeleiteten Ringens ungleichen Wachstums einstellt, welches vom Einflusse aller äußeren und inneren Ausgangsbedingungen und den sich erst während der Entwicklung epigenetisch ergebenden Bedingungen abhängt, wenn die Differenzierungsweisen, die inneren Anpassungen und geweblichen Sonderungen ganz unter dem Zwange der jeweilig epigenetisch gewonnenen Situationen zustande kommen, dann muß jede, auch die unscheinbarste graduelle Abänderung jener Befähigung und Eigenart der erwerbenden essentiellen Zellbestandteile,

¹⁾ Richtlinien des Entwicklungs- und Vererbungsproblems. Grundzüge der Morphobiologie und Entwicklungsdynamik. Jena, Gustav Fischer, 1912.