

(Aus der Abteilung der Mechanik der postembryonalen Entwicklung des Instituts für experimentelle Morphogenese und aus der КРОПОТОВСЧЕН biologischen Station, Moskau.)

ÜBER DEN EINFLUSS DES REGENERATIONSPROZESSES EINES TEILES DES ORGANISMUS AUF DIE GESCHWINDIGKEIT DER REGENERATION EINES ANDEREN TEILES.

Von

L. J. BLACHER, A. I. IRICHIMOWITSCH, L. D. LIOSNER und
M. A. WORONZOWA.

Mit 7 Textabbildungen.

(Eingegangen am 28. Februar 1932).

Einleitung.

Der Zweck dieser Arbeit ist die Ermittlung der Wechselbeziehung zwischen zwei im Organismus gleichzeitig stattfindenden Prozessen der Regeneration. Die Bedeutung einer solchen Untersuchung besteht hauptsächlich darin, daß der Regenerationsprozeß nicht als ein lokaler, sondern als ein mit dem allgemeinen Zustande des Organismus zusammenhängender Prozeß betrachtet wird. Wenn im Laufe einer normalen Entwicklung solch ein Moment, wie die Amputation eines Organs mit allen sie begleitenden Erscheinungen eintritt, so werden in dem Organismus große Veränderungen hervorgerufen, die auf seine verschiedensten Funktionen einwirken. In erster Reihe interessierte uns der Einfluß solcher Veränderungen auf den anderen Regenerationsprozeß. Die andere Seite der wechselseitigen Beziehung des Regenerationsprozesses und anderer im Organismus stattfindender Prozesse besteht in einer bestimmten Regulierung, welcher sie unterworfen sind. Es handelt sich darum, daß das Verhalten, das zwischen zwei gleichzeitig stattfindenden Prozessen entsteht, durch die für den gegebenen Organismus eigenartige Gesetzmäßigkeit bedingt wird. Demgemäß bildet der Organismus ein Ganzes, unter dessen Einfluß verschiedene Prozesse, die Regenerationsprozesse eingeschlossen, stehen.

In welchen Richtungen soll nun die Untersuchung der hier betrachteten wechselseitigen Beziehungen verlaufen? — Selbstverständlich ist es vor allem nötig, das tatsächliche Vorhandensein des wechselseitigen Einflusses, sowie seine Äußerung, wenn möglich in quantitativem Ausdruck, festzustellen. Im Falle, daß dieser Einfluß tatsächlich vorhanden

ist, entsteht die Frage, welche Bedingungen zum Hervorrufen dieser Erscheinungen nötig sind. Die den Forscher am meisten interessierenden Bedingungen sind solche, die für die gegebene Erscheinung spezifisch sind. Ferner wird eine Reihe solcher Bedingungen, deren Fehlen das normale Leben des Organismus unmöglich macht, berücksichtigt. Es handelt sich folglich um solche Bedingungen, wie zum Beispiel die zum Erhalten des Endresultats unentbehrliche Menge des aktiven Faktors, als auch um die Wege der Verwirklichung der Beziehungen zwischen den Erscheinungskomponenten. Dazu gehören auch die Fragen der latenten Periode, der Wirkungsdauer usw. Die Lösung aller dieser Fragen führt dennoch nicht zur Erkenntnis solch einer Erscheinung. Es besteht die Notwendigkeit, das Wesen der Wechselwirkung zwischen den untersuchenden Prozessen, als auch die Momente, welche die gegebene Erscheinung bestimmen, aufzuklären.

Es muß bemerkt werden, daß die von uns erhaltenen Ergebnisse keinesfalls als eine weitgehende Aufklärung des zu untersuchenden Problems, sondern nur als die ersten Schritte auf dem hier vorgezeichneten Wege angesehen werden können.

Kinetik der Wirkung der Amputation eines Organs auf die Regeneration des anderen.

Die Tatsache, daß die Amputation eines Organs den Regenerationsprozeß eines anderen beeinflußt, ist aus einer Reihe Arbeiten mit ziemlich verschiedenartigem Versuchsmaterial [ZELENY (6), STOCKARD (4), MEĀGUŠAR (3)] ersichtlich. ZELENY und HILLER (1) liefern uns sehr interessante Angaben über Amphibien, die als Versuchsmaterial für unsere Untersuchungen dienten. ZELENY (7) stellte fest, daß bei Larven von *Amblystoma opacum* die Regeneration des Schwanzes viel schneller verlaufe, falls sie durch eine Amputation der Extremitäten ergänzt werde. Was die Regeneration des Beines anbetrifft, so regeneriert dasselbe viel schneller, wenn gleichzeitig andere Beine amputiert werden. Je größer die Beschädigung, um so ausgesprochener die Stimulierung der Regeneration der Organe. So z. B. bei der Amputation beider Beine regeneriert der Schwanz viel schneller als bei der Amputation eines Beines. Anders verhält es sich mit Kaulquappen (*Rana clamitans*). Während die Amputation nur eines linken Hinterbeines eine stark stimulierende Wirkung auf die Regeneration des Schwanzes ausübt, führt die ergänzende Amputation der beiden Hinterbeine zu einer schwächer ausgeprägten Stimulation. ZELENY macht daraus folgenden Schluß: Es gibt einen optimalen Grad der Beschädigung, der die Regeneration stimuliert; beim weiteren Vorschreiten der Beschädigung beobachtet man das Verschwinden der Stimulation. Im Jahre 1926 wiederholte HILLER diese Versuche mit Axolotl, wobei er etwas andere Resultate erzielte. Falls außer der Amputation des Schwanzes auch eine Amputation der Extremitäten erfolgt, kann man zunächst eine Beschleunigung der Regeneration des

Schwanzes im Vergleiche mit Tieren, bei denen nur der Schwanz amputiert wurde, feststellen. Anstatt dieser Beschleunigung tritt aber bald eine Verzögerung ein, so daß das Regenerat des Schwanzes, 66 Tage nach der Amputation gemessen, bei Versuchstieren (bei denen die ergänzende Amputation vorgenommen wurde) im Vergleich mit den Kontrolltieren etwas kleiner war. Unterdessen stellte ZELENY beim Untersuchen der Kaulquappen 100 und 149 Tage nach der Amputation dennoch eine Überschreitung der Regeneratsgröße im Falle einer weiteren Beschädigung fest.

Jedenfalls, was die ersten Tage der Regeneration anbetrifft, so kann man mit Bestimmtheit behaupten, daß die Ergebnisse beider Forscher im Einklang stehen. Unsere Aufgabe besteht zunächst in der Bestätigung der von den obenerwähnten Forschern festgestellten Tatsachen. Dabei war unser Hauptinteresse auf die Anfangsperiode der Regeneration, und zwar auf die ersten 2—3 Tage nach der Amputation gerichtet.

Als Versuchsmaterial wurden folgende Kaulquappen aus der Umgebung der KROPPOWschen biologischen Station benutzt: *Rana temporaria*, *Rana ridibunda*, *Bufo viridis* und *Pelobates fuscus*. Die Messungen des Regenerats des Organs (Schwanz) wurden unter Binokularlupe mit Hilfe eines Okularmikrometers vorgenommen (eine Teilung = 30 μ). In den meisten Fällen konnte man die Grenze zwischen alten und neuen Geweben ziemlich deutlich wahrnehmen. Als hinderlich für das Erhalten genauer Ergebnisse kann die Verschiedenartigkeit des Versuchsmaterials bezeichnet werden. Obgleich die Kaulquappen jeder Versuchsserie in ein und demselben Entwicklungsstadium standen, war die Verschiedenheit der Körpergröße doch zu groß. Leider konnten wir nicht immer aus der uns zur Verfügung gestellten Kaulquappenmenge die erforderliche Anzahl gleichartiger Kaulquappen auswählen. Dessen ungeachtet wurde eine Reihe von Versuchsserien mit Kaulquappen mit Schwankungen von 2—3 mm ausgeführt, die nach bestimmter Körperlänge ausgewählt waren.

Die Resultate dieser Serien waren, wie man aus der Tabelle ersieht, günstiger als in manchen anderen Fällen. Die ersten von uns durchgeführten Versuche beschränkten sich auf die Amputation des Schwanzes bei einer Gruppe der Kaulquappen (Kontrollgruppe) und außerdem

Tabelle 1. *Amputation eines Beines und Regeneration des Schwanzes.*

Spezies	Regenerationsdauer (Tage)	Kontrolle		Versuch		Differenz D \pm md	Ratio R = $\frac{D}{m_d}$	Serie
		n	Regenerationslänge	n	Regenerationslänge			
R. temp.	1	25	4,8 \pm 0,2	24	6,3 \pm 0,8	+ 1,5 \pm 0,4	+ 3,8	1
	1 $\frac{1}{2}$	16	8,4 \pm 0,5	23	10,6 \pm 0,3	+ 2,2 \pm 0,6	+ 3,7	2
	1 $\frac{1}{2}$	17	7,8 \pm 0,4	45	10,1 \pm 0,8	+ 2,3 \pm 0,4	+ 5,8	3
	3	36	7,6 \pm 0,5	40	9,5 \pm 0,3	+ 1,9 \pm 0,6	+ 3,1	4
	3	28	33,5 \pm 2,0	27	37,9 \pm 2,1	+ 4,4 \pm 2,9	+ 1,5	5
	2	34	18,5 \pm 0,9	37	27,9 \pm 1,1	+ 9,4 \pm 1,4	+ 6,7	6
R. ridib.	2	26	19,1 \pm 0,6	25	22,6 \pm 0,8	+ 3,5 \pm 1,0	+ 3,5	7
	4	15	14,6 \pm 0,5	12	16,5 \pm 0,5	+ 1,9 \pm 0,7	+ 2,7	8
	2	15	14,1 \pm 0,6	15	16,7 \pm 0,6	+ 2,6 \pm 0,8	+ 3,2	9
Bufo viridis	3	27	8,3 \pm 0,5	25	10,7 \pm 0,8	+ 2,4 \pm 0,9	+ 2,7	10
	3	15	6,8 \pm 0,3	17	8,2 \pm 0,4	+ 1,4 \pm 0,5	+ 2,8	11
	2	15	18,0 \pm 0,7	15	19,4 \pm 0,8	+ 1,4 \pm 1,1	+ 1,3	12
	2	15	14,3 \pm 1,3	11	18,4 \pm 0,7	+ 4,1 \pm 1,5	+ 2,7	13

auf die Amputation eines Beines (Versuchsgruppe). Die Schwänze wurden mittels eines Skalpell in einem gleichen Abstände vom Ende des Schwanzes (10 mm) abgeschnitten). Die Beine wurden bis zum Knie amputiert. Als Operationstischchen diente ein mit Paraffin gefülltes Uhrglas. Die erhaltenen Resultate werden in Tabelle 1 angegeben.

Bei Betrachtung dieser Ergebnisse stellt sich heraus, daß die Amputation eines Beines eine stimulierende Wirkung auf die Regeneration des Schwanzes ausübt. Nur in 2 Versuchsserien aus den angeführten 13 Serien war der Einfluß so schwach, daß er nicht als reell betrachtet werden konnte.

Die folgenden Versuchsserien unterscheiden sich von den oben-erwähnten nur in der Hinsicht, daß den Versuchskaulquappen nicht ein, sondern zwei Hinterbeine abgeschnitten wurden. Die erhaltenen Resultate werden in der Tabelle 2 angegeben.

Tabelle 2. *Amputation zweier Beine und Regeneration des Schwanzes.*

Spezies	Rege- nera- tions- dauer	n Kon- trolle	Regenera- tenlängen	n Ver- such	Regenera- tenlänge	D ± m _d	Ratio	Serie
R. temp.	3	36	7,6 ± 0,5	29	8,8 ± 0,2	+ 1,2 ± 0,5	+ 2,4	4
	3	28	33,5 ± 2,0	26	34,1 ± 2,0	0	0	5
	2	34	18,5 ± 0,9	37	21,5 ± 0,8	+ 3,0 ± 1,2	+ 2,5	6
	2	26	19,1 ± 0,6	28	22,0 ± 0,7	+ 2,9 ± 0,9	+ 3,2	7
R. ridib.	4	15	14,6 ± 0,5	13	14,0 ± 0,8	- 0,6 ± 0,9	- 0,7	8
	2	15	14,1 ± 0,6	14	16,9 ± 0,5	+ 2,8 ± 0,8	+ 3,5	9
	3	27	8,3 ± 0,5	29	8,3 ± 0,6	0	0	10

Laut Tabelle ist auch hier die stimulierende Wirkung der Amputation der Beine auf die Regeneration des Schwanzes zu verzeichnen. Jedoch ist diese Wirkung etwas schwächer in den Fällen, wo die Amputation nur eines Beines stattgefunden hat. So kann man in 3 Serien aus den 7 durchgeführten überhaupt keinen Einfluß bei der ergänzenden Amputation feststellen. Das deutet darauf hin, daß diese Erscheinung nicht beständig genug ist und daß es günstigerer Umstände bedarf als Versuche mit Amputation eines Beines um sie hervortreten zu lassen.

Die Bedingungen des Einflusses der Amputation eines Organs auf die Regeneration eines anderen.

Dieser Teil der Untersuchung wurde nicht eingehend genug durchgeführt und beschäftigt sich nur mit einigen Fragen. Die erste besteht in der Feststellung des Vorhandenseins oder des Fehlens der empfindlichen Periode des regenerierenden Organs in Beziehung zur ergänzenden Amputation. Da die Regeneration ziemlich lange dauert und qualitativ verschiedene Stadien durchmacht, so entsteht die Frage, in welcher Beziehung die stimulierende Wirkung der Amputation des Organs zu der unumgänglichen Einwirkung auf das Regenerat in einem genau bestimmten Moment seiner Entwicklung steht. Zur Feststellung dieser

Frage wurden folgende Versuche vorgenommen. Einem Teile der Kontrollkaulquappen wurde der Schwanz amputiert. Gleichzeitig wurde auch bei den Versuchskaulquappen eine gleiche Schwanzamputation vorgenommen; einen Tag später wurde ein Hinterbein abgeschnitten. Die erhaltenen Resultate werden in Tabelle 3 angegeben.

Tabelle 3. *Amputation des Schwanzes 1 Tag vor der Amputation des Beines.*

Regeneratengröße in der Kontrolle		Regeneratengröße im Versuch		Differenz	Ratio
n	M ± m	n	M ± m	D ± m _d	R = $\frac{D}{m_d}$
35	13,2 ± 0,7	40	17,2 ± 0,7	+ 4,0 ± 1,0	+ 4,0

Wie man aus der Tabelle ersieht, wurde auch während dieses Versuches dieselbe stimulierende Wirkung der Beinamputation auf die Regeneration des Schwanzes beobachtet wie in den Versuchen, in denen die gleichzeitige Amputation beider Organe stattfand.

In den Versuchen, wo die Beinamputation bei Versuchskaulquappen erst 2 Tage nach dem Abschneiden des Schwanzes stattfand, wurden andere Ergebnisse festgestellt (s. Tabelle 4).

Tabelle 4. *Amputation des Schwanzes 2 Tage vor der Amputation des Beines.*

Regeneratengröße in der Kontrolle		Regeneratengröße im Versuch		Differenz	Ratio
n	M ± m	n	M ± m	D ± m _d	R = $\frac{D}{m_d}$
29	14,6 ± 0,7	31	14,3 ± 0,8	-0,3 ± 1,1	-0,3
30	21,0 ± 0,7	27	21,0 ± 0,7	0	0

Wie man aus der Tabelle ersieht, fehlt hier die in den früheren Versuchen vorhandene Stimulierung der Regeneration. Diese Erscheinung kann folgendermaßen erklärt werden: Das amputierte Glied macht während seiner Wiederherstellung eine Empfindlichkeitsperiode durch, wobei es auf die ergänzende Amputation mit einer beschleunigten Regeneration antwortet. Diese Periode dauert jedenfalls nicht weniger als 1 Tag.

Eine andere Frage, die wir zu lösen versuchten, besteht in der Feststellung eines bestimmten Momentes im Laufe der Amputation des Organs (in unserem Falle des Beines), der eine Bedeutung für das Erhalten der ermittelnden stimulierenden Wirkung hat. Wenn über die Wirkung der Amputation des einen Organs auf die Regeneration des anderen die Rede ist, so beabsichtigten wir keine genauere Detaillierung dieser Frage. Und dennoch ist die Erscheinung, die wir als *Ergänzungsamputation* bezeichnen, nichts anderes als das Anfangsstadium eines ähnlichen Regenerationsprozesses gleich dem, auf den er einwirkt. Es

fragt sich also, was eigentlich zum Erhalten der Stimulierung wichtiger sei; der Beschleunigungsmoment der Amputation an und für sich, oder eine der Stadien des später eintretenden Regenerationsprozesses. Die Feststellung dieses Umstandes hat eine große Bedeutung. Zu diesem Zwecke wurden folgende Experimente vorgenommen. Den Versuchskaulquappen wurde ein Bein abgeschnitten. 1 Tag später wurde ihnen und gleichzeitig auch den Kontrolltieren der Schwanz abgeschnitten. Auf diese Weise wurde das Regenerat des Schwanzes der Wirkung der Prozesse, die im amputierten Beine stattfanden, nur um 1 Tag später unterworfen. Demgemäß wurde folgendes Ergebnis festgestellt:

Tabelle 5. *Amputation des Beines 1 Tag vor der Amputation des Schwanzes.*

Regeneratengröße in der Kontrolle		Regeneratengröße im Versuch		Differenz	Ratio
n	M ± m	n	M ± m	D ± m _d	R = $\frac{D}{m_d}$
30	21,3 ± 0,7	28	24,2 ± 0,9	+ 2,5 ± 1,1	+ 2,3
48	8,6 ± 0,6	50	11,8 ± 0,6	+ 3,2 ± 0,8	+ 4,0

Nach dieser Tabelle kann auch hier die stimulierende Wirkung auf die Regeneration sicher festgestellt werden, obgleich die Amputation des Beines 1 Tag früher stattfand als die Schwanzregeneration begann. Dasselbe Resultat konnte man auch in dem Falle feststellen, wo die Beinamputation 2 Tage vor dem Anfang der Schwanzregeneration erfolgte.

Tabelle 6. *Amputation des Beines 2 Tage vor der des Schwanzes.*

Regeneratengröße in der Kontrolle		Regeneratengröße im Versuch		Differenz	Ratio
n	M ± m	n	M ± m	D ± m _d	R = $\frac{D}{m_d}$
35	15,1 ± 0,8	35	22,3 ± 0,8	+ 7,2 ± 1,1	+ 6,5
45	14,3 ± 0,4	43	16,6 ± 0,5	+ 2,3 ± 0,6	+ 3,8

Die erzielten Resultate können wahrscheinlicher Weise auf die Weise erklärt werden, daß das den Amputationsmoment begleitende Operationstrauma keine direkte Bedeutung für das Vorhandensein der zu ermittelnden Stimulation hat. Es bleibt dennoch nicht ausgeschlossen, daß die verursachte Beschädigung einen dauernden Einfluß auf den Organismus und später auch auf das regenerierende Organ ausübt. In dieser Richtung sind weitere Untersuchungen vorzunehmen.

Die letzte Frage, die gelöst wurde, ist die Feststellung des minimalen Zeitraums, nach dessen Verstreichen nach der Amputation die stimulierende Wirkung wahrgenommen werden kann. Wie sich herausstellte, ist dieser Zeitraum infolge verschiedenartigster Bedingungen großen Schwankungen unterworfen. Wahrscheinlich spielt hier die Geschwindigkeit

keit des Regenerationsprozesses eine große Rolle, die ebenfalls von einer ganzen Reihe von Faktoren abhängig ist (Temperatur, Jahreszeit usw.). Zur Illustration sollen einige Beispiele dienen. Die 4. Versuchsserie (Tabelle 1) zeigt eine reelle Stimulation (Ratio = 3,1), wobei die Regenerate 3 Tage nach der Amputation gemessen wurden. Regenerate derselben Serie 1 Tag früher gemessen, d. h. 2 Tage nach der Amputation, zeigten dieselbe Größe. Bei Kontrolltieren $4,9 \pm 0,3$ und bei Versuchstieren $4,9 \pm 0,3$. Es ist hier also kein Unterschied zwischen Kontroll- und Versuchstieren wahrzunehmen; die latente Periode dauert etwa 3 Tage. Andererseits kann man aus der 3. Versuchsserie ersehen (Tabelle 1), daß bei entsprechenden Bedingungen die Stimulation schon nach 12 Stunden eintritt. Die beiden Serien wurden unter durchaus verschiedenen Bedingungen durchgeführt. In der 1. Serie wurden Kaulquappen des Stadiums IIIa (unserer Bezeichnung) untersucht. Die letzteren hatten stark entwickelte Hinterbeine, wobei Ober- und Unterschenkel einen scharfen Winkel bildeten. Die Versuche wurden im Juni vorgenommen. In der letzten Serie wurden Kaulquappen des II. Stadiums (Ober- und Unterschenkel bilden einen stumpfen Winkel), und zwar im Juli untersucht. Es fragt sich, welcher der beiden Faktoren — Jahreszeit oder Metamorphosenstadium — hier eine größere Rolle spielte. Aller Wahrscheinlichkeit nach doch die Jahreszeit. So zeigte die 7. Serie (Tabelle 1), im Juli durchgeführt, das Vorhandensein der Stimulation schon nach 2 Tagen (Ratio = 3,5). Bei dieser Serie wurden Kaulquappen des III. Stadiums untersucht. Es ist dennoch nicht klar geworden, welcher Jahreszeit die entscheidende Bedeutung zuzuschreiben ist. Die außerordentliche Unbeständigkeit der Geschwindigkeit der Regeneration der einen Serie im Vergleich zur anderen muß eingehend untersucht werden. So z. B. übertrifft das Regenerat der 5. Serie, wo die Regeneration 3 Tage dauerte, mehrmals das Regenerat der 4. Serie bei der gleichen Zeitdauer der Regeneration. Das deutet darauf hin, daß die Regenerationsgeschwindigkeit in engem Zusammenhange mit mancherlei zufälligen Umständen stehe, die gar nicht in Betracht gezogen werden können. Selbstverständlich kann von einer bestimmten Zeitdauer der latenten Periode nicht die Rede sein.

Kinetik der Wechselbeziehung der Regenerationsprozesse beim Vorhandensein zweier Beschädigungen ein und desselben Organs.

Oben wurde die Wechselbeziehung zwischen der Amputation eines Organs und der Regeneration eines anderen untersucht. Hier möchten wir die Frage der Wechselbeziehung zweier Regenerationsprozesse ein und desselben Organs zueinander betrachten. Weiter wurde der gegenseitige Einfluß der Regenerationsprozesse untersucht, während in den früheren Versuchen nur die Veränderungen der Regeneration eines Organs (Schwanz) in Betracht gezogen wurden. Infolge großer Schwierigkeiten, die beim Durch-

führen genauer Messungen entstehen, wurden dieselben unterlassen.

In vorliegenden Versuchen diente als regenerierendes Organ der Kaulquappenschwanz. Man schnitt mit Hilfe eines Skalpell's aus dem Flossensaum des Schwanzes einen Winkel derart aus, daß seine Spitze den Achsteil des Schwanzes berührte. Die Größe des Winkels betrug etwa 60° (s. Abb. 1, 2, 3, 4). Der Verwachsungsprozeß des Winkels wurde beobachtet, wobei die Messungen mit Hilfe des Okularmikrometers mittels Binokularlupe vorgenommen wurden (Abb. 5). Dabei waren die Grenzen des Regenerats viel deutlicher wahrzunehmen als bei der Regeneration des Schwanzendes. Die zur Feststellung des gegenseitigen Einflusses der Regenerationsprozesse des Schwanzes vorgenommenen Versuche wurden folgenderweise durchgeführt: Den Kontrollkaulquappen wurde ein Winkel in einem Abstände von der Größe eines Drittels der Schwanzlänge, von dem Wurzelansatz des Schwanzes an gerechnet, ausgeschnitten. Weiter wird dieser Winkel als ein proximaler bezeichnet. Ein gleicher Winkel wurde auch bei Versuchskaulquappen ausgeschnitten. Als distaler Winkel diente ein zweiter in der Größe von zwei Drittel Länge, vom Wurzelansatz des Schwanzes an gerechnet, ausgeschnittener Winkel. Bei einem Teile der Kaulquappen wurden solche Ausschnitte auf der oberen (Abb. 1, 2), bei einem anderen Teile auf der unteren Seite gemacht (Abb. 3, 4).

Die erhaltenen Ergebnisse sind in Tabelle 7 angegeben. Alle Zahlen beziehen sich ausschließlich auf proximale Winkel (s. Tabelle 7).

Laut Tabelle wird im Falle des Vorhandenseins außer des proximalen, auch des distalen Winkels die Regeneration des ersteren stimuliert. Was die oberen Winkel anbetrifft, so unterliegt eine solche Voraussetzung keinem Zweifel. Aus den 9 Versuchsserien konnte nur in einem Falle keine Wirkung festgestellt werden. Anders steht es mit den unteren Ausschnitten. Nur an einer Versuchsserie aus der

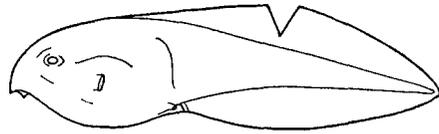


Abb. 1. Der obere proximale Ausschnitt.

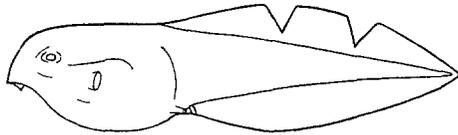


Abb. 2. Proximale und distale obere Ausschnitte.

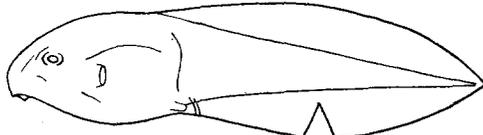


Abb. 3. Der untere proximale Ausschnitt.

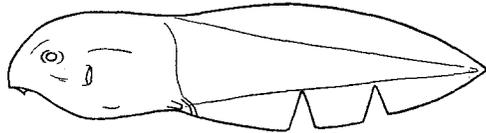


Abb. 4. Proximale und distale untere Ausschnitte.

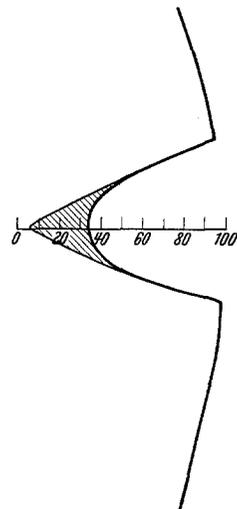


Abb. 5. Schema einer Messung des Regenerats in einem winkelförmigen Ausschnitte.

Tabelle 7. *Verschiedene Regenerationsgeschwindigkeit eines und zweier Schwanz-ausschnitte.*

Regeneratengröße in der Kontrolle		Regeneratengröße im Versuch		Differenz	Ratio
n	M ± m	n	M ± m	D ± m _d	R = $\frac{D}{m_d}$
Obere Ausschnitte					
21	6,6 ± 0,5	38	8,9 ± 0,4	+ 2,3 ± 0,6	+ 3,8
25	15,2 ± 1,0	26	21,5 ± 0,8	+ 6,3 ± 1,3	+ 4,8
90	17,7 ± 0,5	84	21,1 ± 0,8	+ 3,4 ± 0,9	+ 3,8
31	8,9 ± 0,5	33	9,5 ± 0,5	+ 0,6 ± 0,7	+ 0,9
29	20,9 ± 0,9	30	26,0 ± 0,9	+ 5,1 ± 1,3	+ 3,9
33	13,9 ± 0,6	31	17,2 ± 0,6	+ 3,3 ± 0,8	+ 4,1
29	12,1 ± 0,6	27	15,0 ± 0,7	+ 2,9 ± 0,9	+ 3,2
25	9,9 ± 0,7	22	15,0 ± 1,2	+ 5,1 ± 1,4	+ 3,6
89	19,1 ± 0,6	85	21,5 ± 0,8	+ 2,4 ± 1,0	+ 2,4
Untere Ausschnitte					
27	16,0 ± 1,2	25	21,5 ± 0,9	+ 5,5 ± 1,5	+ 3,7
32	17,2 ± 0,7	31	19,8 ± 0,7	+ 2,6 ± 1,0	+ 2,6
30	17,9 ± 0,7	26	19,8 ± 0,8	+ 1,9 ± 1,1	+ 1,8
31	17,8 ± 0,7	30	18,4 ± 0,7	+ 0,6 ± 1,0	+ 0,6
30	24,1 ± 0,9	29	27,0 ± 0,9	+ 2,9 ± 1,3	+ 2,2
58	11,4 ± 0,5	65	13,4 ± 0,5	+ 2,0 ± 0,7	+ 2,9

gesamten Anzahl der 6 Serien konnte man eine reelle Stimulierung wahrnehmen, in den übrigen Serien erreichte die Ratio kaum 3,0, in 2 Serien war sie diesem Werte fast gleich. Insofern aber das Resultat des Versuchs die Kontrolle beständig übertrifft, ist wohl folgender Schluß berechtigt: Der Verlauf der Stimulierung ist schwach, und um sie wahrnehmen zu können, ist eine große Menge gleichartigen Materials erforderlich. Demgemäß hat die Anwesenheit eines distalen Winkels eine stimulierende Wirkung auf den schnelleren Verlauf der Regeneration des proximalen. Unwillkürlich entsteht die Frage über das Vorhandensein einer Wechselwirkung, d. h. über den schnelleren Verlauf der Regeneration des distalen Winkels in Gegenwart des proximalen. Um dies zu ermitteln, müßte man folgenden Versuch vornehmen. Man schneide den Kontrollkaulquappen einen distalen und den Versuchskaulquappen einen distalen und einen proximalen Winkel aus und vergleiche dann den schnelleren Verlauf der Regeneration sowohl während des Versuches, als auch während der Kontrolle. Solche Versuche sind nicht vorgenommen worden. Dessenungeachtet konnten wir nach Untersuchung eines reichlichen Quantum indirekten Materials mit genügender Sicherheit auf die aufgeworfene Frage antworten. Erstens wurden bei den in Tabelle 7 angeführten Versuchskaulquappen Messungen des proximalen als auch des distalen Winkels vorgenommen. Darf man jedoch auf Grund des Vergleichs der Werte der Regenerate des distalen Winkels im Versuche und derjenigen des proximalen in der Kontrolle von dem Vorhandensein oder Fehlen der Stimulierung reden? Das wäre nur in dem Falle möglich, wenn die Regeneration eines proximalen Winkels ebenso schnell verlief wie die Regeneration eines distalen. Darf dieses jedoch behauptet werden?

L. v. UBISCH (5) meinte 1923, daß die Amphibien ein bestimmtes Regenerationsgefälle (Regenerationsgradienten) besäßen, wobei die Regenerationstätigkeit im Vorderteile des Körpers schwächer verlaufe. Zur Begründung dieser Behauptung weist er auf die schwächere Regeneration des Vorderbeines der Kaulquappen im Vergleiche zu dem Hinterbeine, und des letzteren im Vergleiche zum Schwanze hin. Andererseits führt er die Resultate seiner zum Beweise der oben angeführten Meinung vorgenommenen Versuche an. Im Laufe der Versuche schnitt er in der Schwanzflosse der Larven *Salamandra maculosa* und *Triton cristatus* drei Winkel aus, und zwar einen nach dem anderen der Schwanzlänge nach und vermerkte die Geschwindigkeit des Verwachsens dieser Winkel. Dabei zeigte es sich, daß die Regeneration der hinteren Schnitte schneller verlief als die der vorderen.

Doch sind die von L. v. UBISCH angeführten Beweise nicht überzeugend genug. Einer von uns [LIOSNER (2)] untersuchte die Regenerationsfähigkeit der vorderen und hinteren Kaulquappenextremitäten (der Art *Rana temporaria*) und kam dabei zu ganz entgegengesetzten Resultaten, d. h. das Hinterbein verlor die Regenerationsfähigkeit eher als das Vorderbein. Die Ergebnisse der in diesem Jahre vorgenommenen Nachprüfungen zwecks Vergleichung der Geschwindigkeit der Differenzierung der regenerierenden Extremitäten stimmten mit den Ergebnissen des vorigen Jahres überein.

L. v. UBISCH'S Versuche über das Verwachsen der Winkel sind nicht überzeugend genug. Sie müßten folgendermaßen vorgenommen werden: Jedes Versuchstier dürfte nur einen regenerierenden Winkel, wenngleich bei verschiedenen Tieren in verschiedenem Abstände der Schwanzlänge nach verteilt, haben. Die regenerierenden Winkel der L. v. UBISCH'Schen Versuche könnten einen gegenseitigen Einfluß aufeinander ausüben und die sich dabei ergebenden Verbindungen könnten einen eigenartigen Regenerationsverlauf einzelner Winkel hervorrufen. Demnach muß man, was den hier gegebenen konkreten Fall, d. h. *Salamandra maculosa* und *Triton cristatus* betrifft, die Ergebnisse der L. v. UBISCH'Schen Versuche als nicht überzeugend genug erklären, ganz abgesehen von seinen weiteren Schlußfolgerungen. Was unsere durch Beobachtung der frühen Stadien der Regeneration erhaltenen Ergebnisse betrifft, so muß man hier doppelt vorsichtig mit den L. v. UBISCH'Schen Voraussetzungen vorgehen. Wir haben deshalb spezielle Versuche zwecks Lösung der Frage über die Geschwindigkeit der Regeneration der proximalen und distalen Winkel bei *Pelobates fuscus* vorgenommen. Einem Teile der Kaulquappen wurde der übliche proximale Winkel, einem anderen Teil hingegen ein distaler, und zwar etwas näher zum Schwanzende liegender Winkel, als es in früheren Versuchen geschah, ausgeschnitten. Zwei Serien gaben folgende Resultate:

Tabelle 8.

Proximale Regenerate		Distale Regeneraten		Differenz	Ratio
n	M ± m	n	M ± m	D ± m _d	R = $\frac{D}{m_d}$
31	8,9 ± 0,5	29	7,6 ± 0,4	1,3 ± 0,6	+ 2,2
27	20,7 ± 1,1	29	15,2 ± 1,0	5,5 ± 1,5	+ 3,7

Laut der Versuchsergebnisse ist die Regenerationsgeschwindigkeit des proximalen Winkels größer als die des distalen, aber, wie schon oben erwähnt, wurde in diesen Versuchen der Winkel distaler ausgeschnitten als üblich und deshalb kann diese Schlußfolgerung für die in der Tabelle 7 angegebenen Serien nicht als eine absolut richtige angenommen werden. Möglich, daß es hier keinen Unterschied in der Regeneration der proximalen und distalen Winkel gibt, da sie ganz nahe nebeneinander liegen. Jedenfalls dürfen wir annehmen, daß die Geschwindigkeit der Regeneration des distalen Winkels nicht größer als die des proximalen ist. Wenn man nun dies alles in Betracht zieht und die Regeneration der distalen Versuchswinkel (zwei Schnitte) mit derjenigen der Kontrolle (ein proximaler Schnitt) vergleicht, so ist es zweifellos, daß die dabei wahrgenommene Stimulierung reell ist, anderenfalls bleibt die Frage unentschieden. Die Ergebnisse für den distalen Winkel sind in der Tabelle 9 angeführt.

Tabelle 9.

Regeneratengröße in der Kontrolle		Regeneratengröße der distalen Ausschnitte		Differenz	Ratio
n	M ± m	n	M ± m	D ± m _d	R = $\frac{D}{m_d}$
Obere Ausschnitte					
25	15,2 ± 1,0	26	22,9 ± 1,0	+ 7,7 ± 1,4	+ 5,5
31	21,9 ± 0,5	33	10,3 ± 0,5	+ 1,4 ± 0,7	+ 2,0
29	20,9 ± 0,9	32	27,3 ± 0,8	+ 6,4 ± 1,2	+ 5,3
33	13,9 ± 0,5	31	15,7 ± 0,6	+ 1,8 ± 0,8	+ 2,3
29	12,1 ± 0,6	27	13,2 ± 0,5	+ 1,1 ± 0,8	+ 1,4
25	9,9 ± 0,7	30	11,8 ± 0,8	+ 1,9 ± 1,1	+ 1,7
89	19,1 ± 0,9	86	18,9 ± 0,5	- 0,2 ± 0,8	- 0,3
Untere Ausschnitte					
27	16,0 ± 1,2	25	21,3 ± 0,7	+ 5,3 ± 1,4	+ 3,8
30	24,1 ± 0,9	29	23,8 ± 0,9	- 0,3	—
28	11,8 ± 0,7	30	12,7 ± 0,8	+ 0,9	—
31	17,8 ± 0,7	30	19,2 ± 0,5	+ 1,4 ± 0,9	+ 1,6

Wie man aus der Tabelle ersehen kann, haben die oberen Schnitte zweier Serien aus der gesamten Zahl der 7 Serien eine reelle Stimulierung, in den übrigen, mit Ausnahme von einer, übertreffen die Versuchsergebnisse die Ergebnisse der Kontrolle. Die Stimulierung der unteren Schnitte wird nur in einer Serie vermerkt. (Es wurden im ganzen 4 Serien durchgeführt.)

Wenn man noch den Umstand in Betracht zieht, daß ein distaler Schnitt langsamer als ein proximaler regeneriert, so kann man daraus schließen, daß die gegenseitige Wechselbeziehung der Regenerationsprozesse zweier Schnitte zum schnelleren Verlauf der Regeneration eines jeden Schnittes beiträgt. Diese Schlußfolgerung wird von folgenden Tatsachen bestätigt. Wir schnitten zu anderen Zwecken zwei Winkel aus und beobachteten die Geschwindigkeit der Regeneration. In diesen Versuchen fehlte zwar die Kontrolle, d. h. Kaulquappen, die nur einen

ausgeschnittenen Winkel hatten. Dessenungeachtet jedoch halten wir es für möglich, uns dieses Materials zu bedienen, und zwar zwecks Beweises für die Festsetzung der höheren Regenerationsgeschwindigkeit zweier gleichzeitig ausgeschnittener Winkel im Vergleiche zu derjenigen eines Winkels. Wir halten es für bewiesen, daß beim Vorhandensein zweier Schnitte die Regenerationsgeschwindigkeit der proximalen Schnitte höher ist als diejenige nur eines Schnittes. Sollten unsere Versuche zeigen, daß die Regenerationsgeschwindigkeit des distalen und des proximalen Winkels gleich ist, so kann man bestimmt behaupten, daß auch hier eine Stimulierung der Regeneration stattfindet. Die Resultate der Versuche werden in Tabelle 10 angegeben.

Tabelle 10.

Proximale Regenerate		Distale Regenerate		Differenz	Ratio
n	M ± m	n	M ± m	D ± m _d	R = $\frac{D}{m_d}$
248	17,2 ± 0,5	228	16,1 ± 0,5	+ 1,1 ± 0,7	+ 1,6

D, h. trotz einer gewissen Differenz der Größe der Regenerate, wie des proximalen, so auch des distalen Winkels. bleibt dieselbe dennoch unreell. Dieser Umstand spricht dafür, daß die distalen Winkel beim Vorhandensein der proximalen schneller regenerieren.

Die Bedingungen der Wechselwirkung der Regenerationsprozesse ein und desselben Organs.

Bei Untersuchung der Wechselbeziehung der Stimulierung der Regeneration des einen Organs und der Amputation des anderen wurde außer acht gelassen, auf welche Weise der untersuchte Einfluß verlief, da uns dafür unbedingt notwendige Tatsachen fehlten. Es ist nicht klar, ob hier die nervöse Korrelation, oder die humorale, oder sowohl die eine als die andere stattfinden. Das kann nur mit Hilfe einer speziellen Analyse festgestellt werden. Es wurden Versuche zwecks Untersuchung der Wechselbeziehung der regenerierenden Winkel vorgenommen, wobei darauf hingewiesen werden muß, daß der Einfluß des einen regenerierenden Organs auf das andere nicht in allen Fällen unbedingt festgestellt werden kann. Es könnte möglich sein, daß die Verbindungen in dem einen sowohl wie in dem anderen Falle verschiedener Art sind. Weiterhin wollen wir versuchen, die Bedeutung eines derartigen Faktors, wie ihn der Abstand zwischen ausgeschnittenen Winkeln vorstellt, zu ermitteln. Diese Frage steht in unmittelbarem Zusammenhang mit der Ermittlung der Art und Weise der Wechselwirkung.

Die Versuche wurden folgendermaßen durchgeführt. Auf der oberen Seite des Schwanzes wurden zwei Winkel, ein üblicher proximaler und ein distaler,

ausgeschnitten. Der letztere näher zum Schwanzende hin als es in den früheren Versuchen geschah (Abb. 6). Es kam darauf an zu ermitteln, wie diese Veränderung der Lage des distalen Winkels auf die Regeneration des proximalen wirken wird. Als Kontrolle dienten Kaulquappen, die nur einen proximalen Winkel hatten. Selbstverständlich wurde nur der proximale Winkel gemessen (s. Tabelle 11).

Wie man aus den angeführten Ergebnissen sehen kann, wird bei der zu prüfenden Lage der gegenseitig wirkenden Winkel die Stimulierung der Regeneration des proximalen Winkels durch den distalen Winkel nicht untersucht, d. h. bei Erweiterung des Abstandes zwischen den

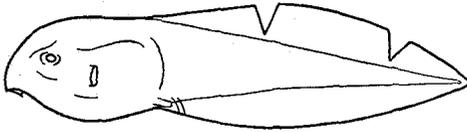


Abb. 6. Zwei obere Ausschnitte: der eine etwas proximaler und der andere etwas distaler als gewöhnlich (s. Abb. 2).

Winkeln verschwindet die früher stattgefundenene Stimulierung. Es muß aber bemerkt werden, daß außer der Veränderung des Abstandes auch die Veränderung eines anderen Momentes festgestellt wird, und zwar die Abnahme der

Fläche des Ausschnittes. Letztere steht im Zusammenhange mit der Verengung der Flosse am Schwanzende. Es ist aber immerhin recht zweifelhaft, ob der letzte Umstand eine entscheidende Bedeutung hat, da die Differenz zwischen dem gewöhnlichen distalen Winkel und dem distalen Winkel dieses Versuches sehr gering ist. Wie sind die erhaltenen

Tabelle 11.

Regeneratengröße in der Kontrolle		Regeneratengröße im Versuch		Differenz	Ratio
n	M ± m	n	M ± m	D ± m _d	R = $\frac{D}{m_d}$
30	17,8 ± 1,1	35	18,3 ± 1,0	+ 0,7 ± 1,5	+ 0,5
31	8,9 ± 0,5	32	8,0 ± 0,4	- 0,9 ± 0,8	- 1,1
27	20,7 ± 1,1	28	21,1 ± 1,2	+ 0,4 ± 1,6	+ 0,3
25	9,9 ± 0,7	30	11,8 ± 0,8	+ 1,9 ± 1,1	+ 1,7

Resultate zu deuten? Eine so unbedeutende Vergrößerung des Abstandes würde kaum eine entscheidende Rolle im Falle der Verbindung der regenerierenden Winkel durch das Blutzirkulations- oder Nervensystems spielen. Findet jedoch die Verbindung zwischen den Winkeln durch das Eindringen der ausscheidenden Stoffe in den interzellulären lymphatischen Raum durch das Gewebe des Schwanzes statt, so erscheint die obenerwähnte Tatsache etwas erklärlicher. Diese Vermutung scheint sehr glaubwürdig zu sein. In diesem Falle tritt die Differenz im Vergleich mit dem Versuche über die gegenseitige Wechselbeziehung zweier verschiedenen regenerierenden Organe noch stärker hervor, da dabei keine Rede vom Vorhandensein eines derartigen Zusammenhangs sein kann.

Die Wichtigkeit der Lage der im Verhältnisse der Wechselwirkung stehenden Winkel äußerte sich auch in den Resultaten folgender Versuche. Den Kontrollkaulquappen wurde ein proximaler Winkel oben oder unten ausgeschnitten (Abb. 1 und 3). Den Versuchskaulquappen wurden zwei Winkel, beide proximal, ausgeschnitten, wobei der eine sich auf der oberen, der andere auf der unteren Seite des Schwanzes befand (Abb. 7). Es fragt sich, welche Wirkung die Veränderung der Winkellage auf die Geschwindigkeit der Winkelregeneration ausübte. Die erhaltenen Resultate sind in Tabelle 12 angegeben.

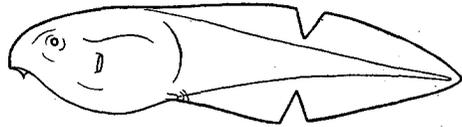


Abb. 7. Proximale obere und untere Ausschnitte.

Wie man aus der Tabelle ersieht, blieb in diesen Versuchen die Beschleunigung der Regeneration im Vergleich zur Kontrolle, die nur einen ausgeschnittenen Winkel hatte, aus. Zwar zeigen die oberen Schnitte einer der 10 Serien ein reelles Übertreffen des Versuches (Ratio = 3,2), aber da dieses von den übrigen Serien nicht bestätigt wird, so kann das positive Resultat dieser einen Serie nur als Zufallsresultat vermerkt werden. Die unteren Schnitte zeigten in keinem einzigen Falle die Beschleunigung der Regeneration zweier Winkel im Vergleich zu dem einen. Daraus kann man schließen, daß die vorliegende Veränderung eine große Bedeutung für ihre Wechselwirkung hat. Was hier die entscheidende Rolle spielt, bleibt unentschieden. Vielleicht sind es dieselben Umstände wie in den Versuchen mit der Vergrößerung des Abstandes zwischen den Winkeln. Es kann

Tabelle 12.

Regeneratengröße in der Kontrolle		Regeneratengröße im Versuch		Differenz	Ratio
n	M ± m	n	M ± m	D ± m _d	R = $\frac{D}{m_d}$
Obere Ausschnitte					
21	6,6 ± 0,5	20	8,5 ± 0,5	+ 1,9 ± 0,7	+ 2,6
23	20,6 ± 1,0	21	17,4 ± 0,7	- 3,2 ± 1,2	- 2,7
25	15,2 ± 1,0	26	17,3 ± 1,0	+ 2,1 ± 1,4	+ 1,5
33	17,9 ± 0,8	34	18,8 ± 0,5	+ 0,9 ± 0,9	+ 1,0
28	13,8 ± 0,8	31	12,6 ± 0,5	- 1,2 ± 0,9	- 1,3
32	18,8 ± 0,7	31	17,9 ± 0,7	- 0,9 ± 1,0	- 0,9
29	20,9 ± 0,9	30	25,1 ± 1,0	+ 4,2 ± 1,3	+ 3,2
33	13,9 ± 0,6	31	14,0 ± 0,5	+ 0,1 ± 0,8	+ 0,1
29	12,1 ± 0,6	28	12,2 ± 0,7	+ 0,1 ± 0,9	+ 0,1
21	18,7 ± 1,2	24	21,1 ± 1,3	+ 2,4 ± 1,8	+ 1,3
Untere Ausschnitte					
22	21,1 ± 1,2	21	21,5 ± 1,1	+ 0,4 ± 1,6	+ 0,3
27	16,0 ± 1,2	26	16,5 ± 1,0	+ 0,5 ± 1,6	+ 0,3
32	17,2 ± 0,7	34	18,8 ± 0,6	+ 1,6 ± 0,9	+ 1,8
31	17,8 ± 0,7	31	17,6 ± 0,6	- 0,2 ± 0,9	- 0,2
30	24,1 ± 0,9	29	23,4 ± 1,0	- 0,7 ± 1,3	- 0,5
28	11,8 ± 0,7	30	11,7 ± 0,5	- 0,1 ± 0,9	- 0,1

auch sein, daß die Achsenteile des Schwanzes den aus dem Regenerate ausscheidenden Stoffen die Erreichung des anderen Winkels und das Hervorrufen der üblichen Erscheinungen unmöglich machen.

Die angeführten Versuche sind nur als ein Anfangsstadium der Untersuchung auf dem Gebiete des uns interessierenden Problems anzusehen. Es bleibt für uns noch ganz unklar, welche Veränderungen die Amputation eines Organs hervorruft und wie sie auf die Stimulierung der Regeneration des anderen Organs wirkt, auf welche Weise sich der Einfluß des amputierten Organs auf das andere Regenerat äußert und welche Momente die Beschleunigung der Regeneration des gegebenen Organs hervorrufen. Nur die Lösung aller dieser Fragen könnte als eine große Errungenschaft auf dem Wege der Ermittlung des zu untersuchenden Einflusses bezeichnet werden. Die von uns durchgeführten Experimente zeigen, wie groß die Kompliziertheit der Korrelation verschiedener Teile des Organismus ist. Die Grundlagen der Korrelation sind nicht festgestellt worden. Es unterliegt jedoch keinem Zweifel, daß die Wechselwirkung der Regenerationsprozesse im engen Zusammenhange mit anderen Prozessen des Organismus steht, da die dadurch hervorgerufenen Veränderungen nicht nur auf den Regenerationsprozeß, sondern auf die gesamten Verbindungen des Organismus einwirken. Diese Feststellung wurde durch die unten angeführten Versuche über den Einfluß der Amputation eines Organs auf die Wachstumsgeschwindigkeit anderer völlig bestätigt. Der Grundgedanke kann folgendermaßen formuliert werden: Die Amputation eines Organs ruft Veränderungen des Organismus hervor, die auf den Regenerationsprozeß einwirken. Dieselben Veränderungen könnten sich auch auf andere Weise äußern. Wenn in den früheren Versuchen diese Veränderungen einen intensiven Wuchs des sich bildenden Regenerationsgewebes hervorriefen, so wäre es vielleicht möglich, daß sie auf die Wachstumsgeschwindigkeit irgend-

Tabelle 13.

Spezies	Einwirkungs-dauer	Kontrolle		Versuch		Differenz	Ratio
		Zahl der Tiere	Länge der Zehe	Zahl der Tiere	Länge der Zehe	D ± m _d	R = $\frac{D}{m_d}$
Vorderbeine							
Rana temp.	2	39	36,1 ± 0,5	40	38,7 ± 0,6	+ 2,6 ± 0,8	+ 3,3
	3	62	41,2 ± 0,6	62	45,3 ± 0,6	+ 4,1 ± 0,8	+ 5,1
Pel. fusc.	2	66	36,3 ± 1,4	64	42,7 ± 1,6	+ 6,4 ± 2,1	+ 3,0
	3	111	26,2 ± 0,6	88	28,8 ± 0,6	+ 2,6 ± 0,8	+ 3,3
Hinterbeine							
Rana temp.	2	41	27,0 ± 0,7	40	25,6 ± 0,6	- 1,4 ± 0,9	- 1,6
	3	86	16,9	52	17,2	+ 0,3	
Pel. fusc.	2	74	21,0 ± 1,0	66	22,5 ± 1,1	+ 1,5 ± 1,5	+ 1,0

eines Teiles des Organismus auch einwirken könnten. Die zu diesem Zwecke vorgenommenen Versuche verliefen folgendermaßen: Bei Versuchskaulquappen wurde ein Schwanzende, etwa 10 mm, amputiert. Es wurde beobachtet, ob diese Amputation einen bedeutenden Einfluß auf das Wachstum der Vorder- und Hinterbeine hat. Um die Größe des Beines festzustellen, wurden die Messungen an der 4. Zehe des Vorderfußes und an der 5. Zehe des Hinterfußes vorgenommen. Die Messungen wurden mit Hilfe des Okularmikrometers 2—3 Tage nach der Amputation ausgeführt. Gleichzeitig wurden auch die Finger der Kontrollkaulquappen, die sich in den gleichen Verhältnissen wie die Versuchskaulquappen befanden, gemessen. Die Resultate der Versuche sind in Tabelle 13 angegeben.

Dieselben Versuche wurden mit einiger Variation, d. h. anstatt des Schwanzes wurden die Hinterbeine amputiert, wiederholt (s. die Ergebnisse in Tabelle 14).

Tabelle 14.

Einwirkungsdauer	Kontrolle		Versuch		Differenz D ± m _d	Ratio $R = \frac{D}{m_d}$
	Zahl der Tiere	Länge der Zehe	Zahl der Tiere	Länge der Zehe		
3	62	33,6 ± 1,4	66	41,7 ± 1,7	8,1 ± 2,2	+ 3,7
3	209	39,1 ± 0,8	209	42,1 ± 0,8	3,0 ± 1,1	+ 2,7

Dabei wurde nur die 4. Zehe der Vorderfüße gemessen. Die angeführten Ergebnisse zeigen, daß die Amputation des Schwanzes oder der Hinterbeine das Wachstum der Vorderbeine stimuliert. Die Feststellung der Bedeutung der Hinterbeine als eines Stimulationsindikators ist nicht gelungen. Alle 3 Serien der zu diesem Zwecke vorgenommenen Versuche zeigten das Fehlen reeller Unterschiede im Vergleiche zu den Kontrollkaulquappen. Unsere Vermutung, daß die durch Amputation hervorgerufenen Veränderungen nicht nur auf die regenerierenden Organe wirken, wurde durch diese Versuche in vollem Maße bestätigt. Eine große Rolle spielt dabei, welches Organ dem Einfluß des veränderten Organismus unterworfen wird. So sehen wir, daß, während die Vorderbeine auf die Amputation des Schwanzes durch ein rasches Wachstum reagieren, bei den Hinterbeinen überhaupt keine Reaktion zu vermerken ist. Dabei hat der Grad der verursachten Beschädigung auch eine große Bedeutung. Wie man aus der unten angeführten Tabelle 15 ersehen kann, erweist die Amputation nur eines Hinterbeines keinen Einfluß

Tabelle 15.

Einwirkungsdauer	Kontrolle		Versuch		Differenz
	Zahl der Tiere	Länge der Zehe	Zahl der Tiere	Länge der Zehe	
2	50	42,8	46	40,4	— 2,4
3	158	40,6	92	39,7	— 0,9

auf den Wachstumsprozeß der Vorderbeine, andererseits hingegen stimuliert die Amputation beider Hinterbeine das Wachstum der Vorderbeine.

Zur Zeit sind weitere Betrachtungen über die Ergebnisse über den Einfluß der Amputation des Schwanzes auf das Wachstum der Beine nicht möglich. Jedenfalls haben die auf Grund dieser Versuche erhaltenen Angaben eine Bedeutung für die weiteren Untersuchungen des Zusammenhangs der Entwicklungsprozesse der Organismen.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

1. Die Amputation der Hinterbeine bei Kaulquappen hat eine anregende Wirkung auf die Regeneration des Schwanzes, wobei im Falle der Amputation des einen Beines die Reizwirkung stärker ist als bei der Amputation zweier Beine.

2. Die anregende Wirkung kann nur in dem Falle wahrgenommen werden, wenn das Alter des Schwanzregenerats während der Einwirkung des amputierten Beines nicht mehr als 2 Tage zählt.

3. Die Reizwirkung kann nur dann wahrgenommen werden, wenn die Einwirkung der amputierten Beine auf das Regenerat des Schwanzes nicht später als 2 Tage nach der Amputation beginnt.

4. Die minimale Zeit, nach der die Stimulierung wahrgenommen werden kann, bewegt sich in den Grenzen von $\frac{1}{2}$ —3 Tagen.

5. Die Wechselwirkung regenerierender Ausschnitte des Schwanzes führt zur Beschleunigung der Regeneration eines jeden Ausschnittes.

6. Eine unumgängliche Bedingung zur Erhaltung solcher Resultate ist ein geringer Abstand zwischen den Ausschnitten. Die Vergrößerung des Abstandes hat das Verschwinden der Stimulierung zur Folge.

7. Das Verschwinden der Stimulierung wird auch dann beobachtet, wenn die Ausschnitte durch Achsenteile des Schwanzes voneinander getrennt sind.

8. Die Amputation des Organs ruft eine Veränderung des Organismuszustandes hervor, welche außer auf die Regenerationsprozesse auch noch auf eine ganze Reihe anderer Prozesse ihren Einfluß ausüben kann. So stimuliert die Amputation des Schwanzes oder der Hinterbeine z. B. das Wachstum der Vorderbeine.

Literaturverzeichnis.

1. **Hiller, S.:** La régénération chez l'axolotl. Bull. Acad. Polon. Sci. Lettres. s. B. 1926. — 2. **Liosner, L. D.:** Über den Mechanismus des Verlustes der Regenerationsfähigkeit während der Entwicklung der Kaulquappen von *Rana temporaria* (I. Mitt.). Roux' Arch. 124 (1931). — 3. **Megušar:** Regeneration bei Coleolperen. Arch. Entw.mechan. 25 (1908). — 4. **Stockard:** Studies on tissue growth (Rate of regeneration in *Cassiopea*.) Arch. Entw.mechan. 28 (1909). — 5. **Ubisch, L. v.:** Das Differenzierungsgefälle des Amphibienkörpers und seine Auswirkung. Arch. Entw.mechan. 52 (1923). — 6. **Zeleny, C.:** Relation of the degree of injury to the rate of regeneration. J. of exper. Zool. 2 (1905). — 7. Degree of injury and rate of regeneration. J. of exper. Zool. 7 (1909).