HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Zur Frage über die Ausloesenden Faktoren des Auskriechens des Regenwurms bei Regenwetter (Mit 5 Tabellen und 2 Abbildungen)
Author(s)	NISHIDA, Yoshiteru A.
Citation	北海道大學理學部紀要, 10(1), 21-32
Issue Date	1950-03
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/27073
Type	bulletin (article)
File Information	10(1)_P21-32.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

Zur Frage über die Ausloesenden Faktoren des Auskriechens des Regenwurms bei Regenwetter [1]

von

Yoshiteru A. Nishida

Zoologisches Institut, Fakultät der Naturwissenschaften,
Hokkaido Universität zu Sapporo

(*Mit* 5 *Tabellen und* 2 *Abbildungen*)

Es ist schon wohl bekannt, dass die Regenwürmer beim Regenwetter aus der Erdoberfläche auskriechen, nachher schliesslich unter dem Sonnenlichte zu sterben. Ueber die Bedingungen, die den Regenwurm beim Regenwetter nach der Erdoberfläche hinaustreiben, wurde schon von vielen Autoren untersucht, aber es konnte bisher niemand darüber einen wohlbegründeten Schluss ziehen. Hatai (1931) hat darum geschrieben, dass der Regenwurm wegen des einfalleneden, Kohlensäurereichen Regenwassers auf die Erdoberfläche kommt. Dagegen aber hat Marker (1926, 1930-'31) behauptet, dass das Regenwasser im Eindringen in den Boden zuerst freien Sauerstoff verliert und demnach in der Tiefe stellende Regenwurm infolge der Atemnot, aufsuchend ein sauerstoffreichere Medium, schliesslich auf die Oberfläche des Bodens hinaufgeht. Focke (1936) bemerkte anderseits folgendes; der das Auskriechen des Regenwurms auslösende Faktor kann vom Eindringen des Regenwassers verursachte Veränderung irgendeiner physikalischen Bedingung wie osmotischer Druck u.s.w. im Boden sein. Diese Arbeit wurde gemacht dieser Frage einen eindeutigen Schlusse zu geben. Im Jahre 1944 wurden die physikalische Bedingungen des Bodens, in dem Regenwürmer wohnten, zuerst beim heitren Wetter bestimmt und dann wurden die beim Regenwetter untersucht. Dann wurde der Unterschied der Bedingungen zwischen dem heitren Wetter und Regenwetter bestimmt. Im Jahre 1948 wurde die Untersuchung darüber gemacht, ob der Unterschied zwischen den Erdbedingungen beim heitren Wetter und Regenwetter bemerkt wurde von der Auslösung der Auskriechen der Regenwürmer abhängig sei oder nichts. Versuche wurden zum Teil im Laboratorium durchgeführt.

---

1) Contribution No. 230 from the Zoological Institute, Faculty of Science, Hokkaido University, Sapporo, Japan.

Meinen verehrten Lehrer, Herrn Professor Tohru Uchida und Herrn ausserordentlichen Professor Masutarô Kuwabara, möchte ich an dieser Stelle für den Rat und die Unterstützung, die er mir während meiner Arbeit ständig hat zu kommen lassen, noch ganz besonders danken.

Material und Methode

Als Versuchsmaterial wurde *Eisenia* (*Allolobophora*) *foetida* benutzt. Sie werden verhältnismässig oft im nassen Erdboden gefunden und leicht in der Glasschale gezüchtet. Die Bestimmung der physikalischen Bedingungen des Bodens wurde hauptsächlich in der Botanischen Garten der Universtät zu Sapporo, durchgeführt. Die Bodentemperatur: Die Thermometer wurden in einiger Tiefe von 2 cm, 5 cm, 10 cm, bzw. 30 cm in den Boden, so eingesteckt, dass die Spitze jedes im Berührung mit der Erde kommt und wurde die Bodentemperatur fünfzehn Minuten nach dem Einstecken auf die Genauigkeit von 0.2°C gemessen. Wassergehalt des Bodens: Ein senkrechtes Loch wurde in die Erde eingebohrt und dann Erdmaterial von verschiedener Tiefe genommen und im Thermostattkästschen in normaler Art 24 Stunden lang ausgetrocknet. Nach dieser Behandlung wurde das Wassergehalt im Prozentsatz, als $\frac{Wn-Wt}{Wn} \times 100$ vergestellt. Wo das Gewicht der nassen Erde als "Wn" und das der ausgetrockneten als "Wt" bezeichnet wurde. Die Wasserstoffionenkonzentration des Bodenwassers: Die Erde wurde in dem neutralen destillierten Wasser extrahiert und dann die pH-Wert des Extraktes kolorimetrisch bestimmt. Die Bestimmung von Wassergehalt des Bodens und pH-Wert des Bodenwassers wurde nur am Anfang der Versuche bei jeder Versuchsstelle durchgemacht. Sauerstoffgehalt von Bodenluft: An der Seitenwand vom oben beschriebenen Loche wurde ein Messinröhrchen (Abb. 1, R) von 1 cm Durchmesser und 30 cm lang, dessen Seitenwand mit einigen Löchern versehen war, parallel zur Erdoberfläche eingesteckt, das spitzigen Ende des Röhrchens war geschlossen und das offene Ende des Röhrchens wurde durch Gummischlauch mit dem kleinen Glasvessel (G) das vom Wasser erfüllt worden war, verbunden und dann das Glasvessel durch einen anderen Gummischlauch mit der Handvakuumpumpe verknüpft (s. Abb, 1). Durch die Vakuumpumpe kaum das Wasser im Glasvessel mit der Bodenluft ausgetauscht werden. Es wurde 10 Minuten, dieser Herstellung gebraucht. Dieselbe Methode wurde auch bei der Kohlensauregehaltbestimmung gebraucht.

Die Gasprobe wurde je 50 cc in die Büretteingossen und dann wurde Sauerstoff der in der Probe enthalten war durch die normale Absorptionsmethode absorbiert, als Absorptionsmittel wurde eine Gemischlösung von Ammonium carbonate und Ammoniak verwendet, und der Sauerstoff-

gehalt wurde mit Prozentsatz dargestellt. Es wurde eine bestimmte Menge von Bodenluft durch oben beschriebene Methode gesammelt, es lag die Frage vor, ob nicht die freie Luft sich durch dem Boden zu einer Stelle des Röhrchens wegen des negativen inneren Drucks des Röhrchens fortbewegte. Darüber wurde folgender Kontrollversuch ausgeführt. Ein Röhrchen wurde in der bestimmten Tiefe parallel zur Bodenfläche eingesteckt, und dann wurde die Bodenluft durch die oben erwähnte Methode nach einander in einige Glasfläschen von 50 cc ausgenommen. Der Sauerstoffgehalt, der zuerst genommenen Luftprobe, stimmte (wie in Tafel 1 bezeichnet) mit der zweiten überein. Aus diesem Resultate kann man schliessen, die freie Luft nicht so besonders sich in die Probeluft hineinmischte, denn der Sauerstoffpartielldruck der zweiten Luftprobe von 50 cc den ersten nicht überschritt.

Kollensäuregehalt: In gleichen Weise wie bei der Sauerstoffgehaltbestimmung, wurde die Bodenluft von 250 cc in die Glasflasche gesammelt und danach wurde sie mit einer Balium hydroxydatlösung von bestimmter Konzentration verfahren, dann wurde die Kohlensäuregehalt im Prozentsatz kalkuliert. Wenn ich die letzten 3 Stüben von Tafel 1 mit Rücksicht auf dem Sauerstoffpartielldruck der freien Luft kritisch behandelte, um reiflich über eine Genauigkeit des Versuchsergebnisses nachzudenken, wurde es darüber kalkuliert, dass die in der Tiefe von 5 cm bzw. 10 cm genommenen Bodenluft von 250 cc etwa 50 %igen freie Luft enthalte. Also wurde im allgemeinen nur eine verhältnissmässig grössere Spannungsveränderung der Kohlensäurespannung der Bodenluft bei der Untersuchung als Unterschied festgestellt.

Tafel 1 Veränderung des Sauerstoffpartielldruck nach der Probenmenge Spannung in der Luft 21.5 %

Tiefe cm \ Probenmenge	50 cc	100 cc	150 cc	200 cc	250 cc
5	17.5	17.0	18.0	19.0	19.5
10	17.0	17.0	18.5	19.5	19.5
30	14.0	14.0	14.5	13.5	14.0

Probenmenge zeigt die seit des Anfangs gesummierte Gasmenge

Beim Versuche im Laboratorium wurden drei Regenwürmer in einer Glasschale gezüchtet, und täglich wurde die Bodenluft der Schale durch eine Vakuumpumpe ventiliert. Nachdem ich darüber feststellte, wie lang Regenwürmer auf die Erdoberfläche nach einer Ventilierung nie ausgekrochen waren, wurde verschieden Arten von Gas in die Schale hineingeführt. Die Versorgungsgasmenge für je Einheitzeit war von einen voran-

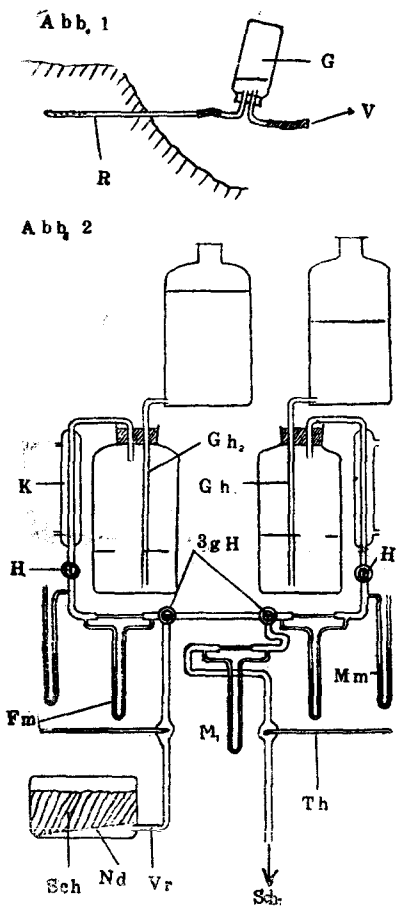

Abb. 1. G···Glasvessel, R···Röhrchen, V···Handvakuumpumpe
Abb. 2. Fm···Fliessgeschwindigkeitsmeter, Gh···Glashafen 3gH···dreigabeliger Hahn, Mm···Manometer, Nd···Netzdrat Sch···Schale, Th···Thermometer, Vr···Versorgungsrohr.

gegangenen, blinden Versuche bekannt gewesen. Danach wurde das Verhalten der Regenwürmer vorsichtig untersucht und eine Zahl der Würmer, die aus der Erde auskrochen, und die Zeitdauer von der Versorgung mit Gas bis zum Auskriechen bezeichnet. Die benützte Art von Gäse war sauerstofffrei Luft, Stickstoff und Kohlensäure.

Feldversuche

a) Analyse der Lebensbedingungen von Regenwürmern und der Veränderungen der Bedingungen beim Regen bzw. heitren Wetter. Wir können nicht beim heitren Wetter darüber Einblick bekommen, dass die Regenwürmer auf der Erdoberfläche herumkriechen, oder sie auf die Erde die Vorderhalfte ihrer Körper legen. Auch in der Nacht können wie sie nicht auf dem Boden herumzukriechen beobachten, trotzdem wir es oft bemerken, dass er aus dem Wohnrohr seine vordere Körperhälfte bloss stellte. Dagegen beim Regen und kurz nachher in der Tageszeit stieg der Wurm nach der Erdoberfläche unter die Blätter, und in der Nacht kroch der Wurm herum auf dem Boden.

Der Regenwurm wohnte im allgemeinen in der nassen Erde und die Wohntiefe war von 2 bis 20 cm. Da erdoberflächliche Bodentemperatur etwa abhängig ist von der Lufttemperatur und mit ihr übereinstimmend und besonders die obere Shicht leicht veränderlich ist, konnte ich natürlich nicht bei einzelnen Fällen die Beziehung zwischen einzelne Temperatur und Auskriechen bestimmen. Ein Tempetaturgefälle zwischen der Luft- und Bodentemperatur war beim heitren Wetter (Tafel 2 Ver-

Tafel 2 Lufttemperatur und Bodentemperatur (C°)

Versuchs-nummer	Datum	Wetter	Versuchsstelle				Bemerkungen
			in der Luft	unter die Erdoberfläche			
				1 cm	10 cm	30 cm	
1	6/VI 10	wolk	16.8	14.3	12.3	12.5	bis jetz klar
2	10/ 10	klar	21.0	13.0	12.6	12.5	" "
3	13/ 11	reg	16.8	14.5	13.4	12.2	nach dem Begin des Regens 20 Minuten
4	14/ 11	klar	21.0	17.1	14.6	13.7	bis jetzt klar
5-a	20/ 4	reg	13.0	12.5	13.0	13.6	am Anfang des Regens
5-b	8	"	15.8	14.8	14.6	13.4	nach dem Begin des Regens 4 Stunden
5-c	19	wolk	17.0	14.6	14.0	13.5	" " 7 Stunden
6-a	21/ 6	klar	13.5	12.8	13.0	13.2	seit vordem Tage klar
6-b	20	klar	14.0	13.5	13.2	14.0	
7	23/ 10	klar	22.8	22.0	16.8	14.9	
8-a	25/ 10	reg	17.0	17.8	17.3	16.0	am Anfang des Regen
8-b	16	wolk	20.8	19.5	16.8	15.5	nach dem Begin des Regens 3 Stunden
8-c	22	wolk	18.5	16.3	15.5	15.5	
9	26/IX 9	klar	20.5	19.4	16.8	15.8	3 Stunden vordem Regen
10	29/ 10	klar	15.3	13.4	19.9	14.5	
11	1/X 10	wolk	17.0	14.7	14.3	13.8	Mittelnacht regen
12	2/ 12	wolk	13.9	13.4	12.9	12.3	" "
13	7/ 10	klar	13.9	13.8	8.8	11.2	
14	9/ 10	klar	15.0	12.1	11.1	11.7	
15	10/ 7	reg	14.6	14.6	12.6	12.6	von Mittelnacht durch regen
16	18/ 10	klar	14.5	11.8	8.4	11.0	
17	20/ 9	klar	12.9	9.2	8.7	10.3	
18	24/ 10	wolk	13.5	9.7	9.8	10.8	2Tage bis vordere Nacht durch regnet
19	1/XI 10	klar	8.9	8.3	7.5	8.5	

suchsnummer 2, 4, 6, 7, 9, 12, 13, 14, 16, 17, 19) steiler als beim Regenwetter (Versuchsnummer 3, 5, 8, 15) und die Gefälle beim Regenwetter waren so sanft, dass fasst keine Unterschied zwischen der Luft- und Bodentemperatur bemerkbar war, aber es zeigt sich solche Beziehung auch beim Versuche in der heitren Nacht (Versuchsnummer 6-b, 8-c), man kann also keine Beziehung zwischen der Bodentemperatur und dem auskriechendes Regenwurmes feststellen (s. Tafel 2). Der Wassergehalt der obereren Erde (1 cm Tiefe) war, wie im Tafel 3 gezeichnet ist, beim heitren Wetter ein wenig klein, und in der tieferen (10 cm Tiefe) Stelle war es grösser als in der obereren, aber es behält im allgemeinen konstanten Wert in der noch tieferen Stelle als 10 cm ein. Wenn es regnet, steigt der Wassergehalt der Erdoberfläche zeitweilig in Beziehung zu der Regenmenge und ist die Regenmenge verhältnismässig gross, steigt der Wassergehalt der obereren Erde der unterer über, dann diffundiert sich Wasser sehr langsam nach

Tafel 3 Wassergehalt

Versuchs-nummer	die Probe einnehmende Tiefe (Wass. Geh. %)			Bemerkungen
	1 cm	10 cm	30 cm	
1	48.5	55.8	54.6	bis jetzt klar
2	49.6	56.8	54.4	" "
3	51.9	48.4	49.0	nach dem Beginn des Regens 20 Minuten
4	47.5	49.0	55.4	bis jetzt klar
5-a	47.6	47.4	54.4	am Anfang des Regens
5-b	59.8	47.5	54.5	nach dem Beginn des Regens 4 Stunden
5-c	55.6	49.6	54.6	" " 7 Stunden
6-a	49.8	52.7	54.5	seit vordem Tage klar
6-b	47.5	50.6	55.4	
7	40.8	42.5	49.3	
8-a	42.9	43.8	54.3	am Anfang des Regens nach dem Beginn des Regens 3 Stunden
8-b	58.8	44.0	55.0	" "
8-c	55.6	56.1	54.2	11 Stunden

tieferen Stelle. Aber die Diffusionsgeschwindigkeit des Regenwassers war so klein, dass eine Steigerung des Wassergehaltes in der Tiefe von 10 cm nach 6 oder 7 Stunden seit dem Beginn des Regens kaum beobachtet wurde (Versuchsnummer 5-c, 8-c), und auch die Einsteigungsgrösse war klein, also wenn ich die Stelle, wo die Regenwürmer bewohnten und deren Tiefe etwa 10 cm war, und die Diffusionsgeschwindigkeit der Regenwassers miteinander überlegte, dann wurde es mir verstanden, dass die Diffu-

Tafel 4 Die Veränderung der Sauerstoffgas- und Kohlensäuregasspannung

Versuchs-nummer	Sauerstoffgasspannung					Kohlensäure-spannung			Bemerkungen
	in der Luft	unter der Erdoberfläche				in Luft	unter Erdoberfläche		
		5 cm	10 cm	15 cm	30 cm		10 cm	30 cm	
9	20.4	17.1	18.3	15.1	13.5	0.05	2.29	2.55	vordem 3 Stunden Regen
10	21.1	18.2	18.3	16.0	14.4	0.05	1.75	1.62	klar
11	22.1	19.2	18.6	14.8	14.1	0.06	1.88	1.80	vordem 12 Stunden regen
12	22.3	15.4	18.1	14.8	14.1	0.05	2.54	2.88	" 10 " "
13	21.8	18.6	18.1	15.5	14.4	0.05	1.41	1.60	
14	21,5	18.9	18.2	15.4	13.1	0.05	1.63	1.78	
15	21.7	16.1	16.5	14.1	14.1	0.05	2.43	2.99	nach dem Beginn des Regens 7 Stunden
16	21.6	16.2	18.1	16.2	14.7	0.05	1.68	1.70	
17	21.0	16.3	17.7	17.0	14.3	0.05	1.33	1.49	
18	21.4	16.8	16.5	15.1	14.7	0.06	2.65	3.11	nach langem Regen 12 Stunden
19	21.8	19.3	16.9	16.9	14.9	0.06	1.29	1.61	

sion des Regenwassers sich auf des Auskriechen des Wurmes nicht bezog. Die Wasserstoffionenkonzentration des Bodens zeigte ein örtliche Verschiedenheit und der Wert war unabhängig vom Regenfall konstant.

Dass der Sauerstoffpartielldruck der obereren Bodenluft im Vergleich mit dem der freien Luft klein war, wurde ausnahmslos beim Versuche gefunden und der Wert ist noch kleiner in der tiefere Stelle. Aber wenn ich die Veränderung des Sauerstoffpartielldrucks ansah, konnte ich nichts darüber finden, dass sich der Sauerstoffpartielldruck beim Regenwetter regelmässig veränderte (s. Tafel 4). Der kleinere Wert des Sauerstoffpartielldrucks im Bodenluft vergliechen mit fr. L. entstand hauptsächlich aus einer kleinen Diffusionsgeschwindigkeit der Luft im Boden. Aber da infolge einer Veränderung der Art von Temperaturgefälle beim Regen ein Gastausch ausgeführt wurde, möchte die Verringerung O_2-Partielldrucks in der Erde, die von der Kleinheit der Diffusionsgeschwingkeit im Erdboden der Luft verursacht wurde druch die O_2-Versorgung infolge des Gastausches gedeckt werden. Dabei zwar kann ein kleiner Unterschied in Bezug auf O_2-Partielldruck davon Bodenluft zwischen beim heitren- und Regenwetter sein. Aber bei der von meiner Versuchsmethode wurden solche Unterschied bestimmt.

Das Kohlensäuregas wird in Boden stetig produziert und seine Konzentration ist erheblich höher als in der Luft. Der Kohlensäuregehalt der Bodenluft steigt ausnahmslos beim Regenwetter und der Aufsteigungsgrad war bei meinem Versuche in der Tiefe von 30 cm grösser als der in der Tiefe von 10 cm. Wenn ich eine Rückblick darauf nehme dass die Luftprobe, die in der Tiefe von 10 cm genommen wurde, nicht nur die Bodenluft sondern auch die freie Luft enthielt, dann wurde es angenommen, dass der echte Wert von Kohlensäuregehalt in der Tiefe von 10 cm noch grösser als der von dem Versuchsdaten. Also wurde es bestimmt, dass die Kohlensäurespannug der Bodenluft beim Regenwetter erheblich stieg.

b) Schluss aus den Feldversuchen.

Bei der Uebersicht über meine Versuchsergebnisse kann man bemerken dass es auffällig ist, dass die Kohlensäurespannung der Bodenluft ausnahmslos beim Regenwetter ansteigt. Andererseits aber, tritt der Regenwurm bei Vermehrung des Wassergehaltes in der Wohnstelle nach 6-7 Stunden auf. Doch ist dabei der Prozentsatz von Vermehrung in Wassergehalt nicht so gross, und da ich oft solches bemerken konnte, dass einige Regenwürmer unter einem Blatt, das die Oeffnung des Wohnrohrs des Wurms gedeckt war, hervorkrochen, trotzdem sein Wohnrohr wegen des Blattes von Regen geschützt worden war, wurde es so angenommen, dass die Wassergehaltsvergrösserung der Erde nicht ein entscheidender Faktor für Auslösung des Auskriechens vom Wurm sei. Bei meiner Arbeitsmethode konnte die Veränderung des Sauerstoffpartielldrucks nur dann bemerkt werden, wo der

Veränderungswert grösser als 2% war. Soweit diese Methode der Massanalyse angewandet wurde, wurde ein kleiner Unterschied des Sauerstoffgaspartielldrucks als 2% nicht beachtet, wenn auch der Unterschied des Sauerstoffpartielldrucks beim Regenwetter bestand.

Wenn das in der faulenden Erde produzierte Kohlensäuregas gänzlich in der Erde enthalten bleibt, war wie von Romell beschrieben wurde, muss der Wert seine Partiellspannung innerhalb ein und halb Stunde zweimal grösser als die im Anfang sein. Dann kann man vom Vornherein leicht erwarten, das trotz des heftigen Austäusches den hohen Partielldruck von Kohlensäure, wie oben gegeben wurde, das wegen des Temperaturvertiefung und der Verminderung des atmosphälischen Druckes hervorgerufen wird.

Nun liegt es nahe anzunehmen, dass ein möglicher, auslösender Faktor für die Regenwürmer hauptsächlich die Vergrössernug der Kohlensäuregasspannung oder eine Mitwirkung der Veränderung der Sauerstoff- und Kohlensäuregasspannung sei. Um diese Voraussetzung zu bestätigen wurden folgende Versuche durchgeführt.

Versuche im Laboratorium

Im Frühjahr 1948 wurden einige Versuche im Zoologischen Institut, absichtlich ob der Wurm bei künstlich gegebenen Zustände auszukriechen zu untersuchen durchgemacht. Wenn dieser Versuch mir gelang, dann auch zu untersuchen, wie sie dabei sich verhalten und beim ins Glasröhrchen, Fall sie vorangehend im sauerstoffmangelender Zustande stehen geblieben waren. Um diese Frage zu lösen wurde folgende Versnchsanordnung benutzt. (Abb. 2). Das im Glashafen (Ch) bewahrte Gas wurde durch Wasserdruck, nachdem es durch einem Kühler (X) gekuhlt wurde eingeleitet, dann wurde das Gas, durch einen Fliessgeschwindigkeitsmeter in die Schale (Sch), in denen 3 Regenwürmer sich befanden, gegossen. Andereseits, nachdem die andere Arte von Gas, das im zweiten Glashafen bewahrt worden war, in gleicher Weise in das benachbarte Glasröhrchen gestandet wurde, wurde das Gas in die Schale eingegossen oder es im dreigabeligen Hahne (3 gH) mit dem Gas das im ersten Glashafen bewahrt, auf dem verschiedenen Verhältnisse in Hinsicht auf den Grad der Meter, gemischt werden konnte. Nach täglichem Versuche wurde das Gas, das in jede Schale gefühlt war, dadurch ventiliert, dass ich das Versorgungsrohr (Vr) mit der Vakuumpumpe verband. Die Gasmenge, die in die Schale in jeder Zeiteinheit eingeführt wurde durch die Differenz des letzten Manometers,(M, im Abb. 2) bestimmt. Die in jeder Sekunde versorgte Gasmenge wurde bei meinem Apparat folgenderweise gegeben, 4, 5 cc/sek, bei der Druckdifferenz des Manometers in der letzten Stüben von Tafel 5, wenn sie 3 mm zeigte, war die Gasmenge 4 cc / sek, wenn sie 5 mm zeigte, war die Gasmenge 5 cc/sek und wenn sie 6 mm zeigte, war die Gasmenge 5 cc/sek.

Tafel 5

Versuchs-nummer	Datum	Gasart	Auskrie-chszeit	Vresuchs-tierzahl	auskriechende		Bemerkungen
					Zahl	Prozent	
1	4 / V16	CO_2	38.5M	3	3	100	nach Venti. 2 St. D-2 mm, CO_2 k-80 %
2	7 / 15	CO_2	12.5M	3	2	66	nach Venti. 4 St. D-5 mm, CO_2 K-85 %
3	18	CO_2	31.3	3	3	100	nach Venti. 2 St. D-5 mm, CO_2 K-80 %
4	19	CO_2	36.3	3	3	100	nach Venti. 2 St. D-5 mm, CO_2 K-80 %
5	18 / 19	CO_2	30.5	3	2	66	nach Venti. 2 St. D-5 mm. CO_2 K-85 %
6-8	19 / 19	CO_2	12.	9	8	88	nach Venti. 4 St. D-5 mm, CO_2 K-85 %
9 11	20 / 19	O_2frei	-	9	0	0	nach Venti. 4 St. D-3 mm,
12-13	2/VI19	O_2frei	-	6	0	0	nach Venti. 4 St. D-5 mm,
14,15	3 / 19	CO_2	12	6	5	85	nach Venti. 4 St. D-5 mm, CO_2 K-85 %
16,17	4 / 20	$1CO_2$+ $1O_2$f	9.5	6	2	33	nach Venti. 4 St. D-6 mm, CO_2 K-85 %
18	21	$1CO_2$+ $1O_2$f	15	3	2	66	nach Venti. 5 St. D-6 mm, CO_2 K-85 %
19-21	8 / 20	$1CO_2$+ $3O_2$f	13	9	5	55	nach Venti. 4 St. D-4 mm, CO_2 K-85 %
22-24	10 / 20	CO_2	13.5	9	8	88	nach Venti. 4 St. D-3 mm, CO_2 K-85 %
25,26	20	O_2frei	-	6	0	0	nach Venti. 4 St. D-3 mm,
27,28	11 / 19	$1CO_2$ + $5O_2$f	13.5	6	2	33	nach Venti. 3 St. D-3 mm, CO_2 K-85 %
29,30	19	N_2	-	6	0	0	nach Venti. 3 St. D-3 mm
31,32	20	CO_2	5	6	5	83	gleich nach vorem Versuch D-3 mm
33-35	16 19	$3CO_2$+ $1O_2$f	10.5	9	8	88	nach Venti. 4 St. D-4 mm, CO_2 K-85 %
36-39	16	$1CO_2$+ $3O_2$f	17.3	12	6	50	nach Venti. 4 St. D-4 mm, CO_2 K-85 %
40-42	20	CO_2	12.	9	9	100	nach Venti. 4 St, D-4 mm, CO_2 K-85 %
43-45	17 19	CO_2	6.5	9	8	88	gleich nach N eingies. D-4 mm, CO_2 K-85 %
46-50	18 19	CO_2	5.5	15	13	86	gleich nach O_2freie Lu. gies.D-4, CO_2 K-85
51-54	18 20	CO_2	13.	12	10	83	nach Venti. 5 St D- 4mm, CO_2 K 85 %

Venti-- Ventirierung der Bodenluft, D-- Gasdruck bei der Eingiessung.
K-- benützte Gaskonzentration

Anfangs wurde jede Schale, in der 3 Regenwürwer waren, darüber beobachtet, ob sie im dunklen Zustande auf die Erdoberfläche stiegen oder in der Erde blieben. Das Ergebnis war folgendes ; sie blieben ausnahmslos etwa 10 Stunden lang im Boden seit der Ventilierung der Bodenluft, dann krochen einige Körper aus und herum. So dann musste ich die Versuche, um genaue Angaben zu nehmen, früher als 6 Stunden seit der Ventilierung beginnen. Bei jedem Versuche wurde eine Schale, in die das Gas nicht versorgt wurde, nebeneinander mit der Versuchsschale gleichzeitig beobachtet. Wenn nur Co_2-Gas in die Schale eingesetzt wurde, dann stiegen die Regenwürmer mit hohem Prozentsatz auf. (s. Taf. 5, Versuchsnummer 1-8, 14, 15, 22-24, 51-54), und noch im Zeitraum, der eine Frist seit dem Eingiessen des Gases bis zum Auskriechen vorstellte, war im allgemeinen gleich nach der Dauer seit der Ventilierung entsprechend (nach Ventilierung 2 Stunde 30-36 Minuten, nach Ventilierung 4 Stunden etwa 12 Minuten). Dagegen wenn nur sauerstofffreie Luft oder Stickstoffgas eingegossen wurde (Versuchsnummer 9-13, 25, 26, 29, 30, 43, 50), kriecht kein Wurm aus dem Boden aus. Wenn das Gasgemisch von dem verschiedenen Verhältnisse eingegossen wurde, (Versuchsnummer 19-21, 27, 28, 33-39), wurde es anschaulich, dass das Gasgemisch, das ein höheren CO_2-Gaspartielldruck hatte, auf des Auskriechen schneller Einfluss nahm, aber ich konnte nicht dise Einwirkung des Unterschiedes des CO_2-Gaspartielldruck auf des Auskriechen vermuten, weil der Prozentsatz der auskriechenden Würmer nicht so gross war.

Im letzten Fall war es einwenig auffällig, dass die Regenwürmer dabei merkwürdig früher auf die Erdoberfläche aufstiegen, wenn die Würmer in der Schale angangs mit der sauerstofffreien Luft oder dem Stickstoffgas behandelt wurden. In der Versuchsnummer 29, 30 stieg der Wurm auf die Erdoberfläche nicht auf, so viel ich beobachtete (Beobachtungszeit 30 Minuten), und gleich nach diesen Versuchen wurde Kohlensäuregas in die Schale versorgt, dann stiegen die Würmer früher auf die Erdoberfläche auf. Die Daten von Versuchsnummer 43-50 wurden in der gleichen Weise bestimmt ; nämlich in der Tafel wurden die vorliegenden Versuche, in denen sauerstofffreie Luft oder Stickstoffgas in die Schale versorgt war, verschlossen und nur die Ergebnisse des Eingiessens des CO_2-Gas wurden als Data beschriebt. In diesen Fällen stiegen die Würmer früher auf die Erdoberfläche.

Wenn ich die Angabe dieser Versuche ansah, so konnte weder sauerstofffreie Luft noch das Stickstoffgas in der Bodenluft das Auskriechen des Regenwurms auslösen, das Fallen des Sauerstoffpartielldruckes konnte nicht ein auslosender Reiz sein, aber eine Vergrösserung der Spannung von Kohlensäuregas der Bodenluft konnte das Auskriechen des Regenwurms mit hohem Prozentsatz lösen. Natürlich wird es vermutet, dass das Auskriechen

des Regenwurms durch eine vorliegende Gaskonstraktion der Bodenluft beeinflusst wurde, wie im oben beschrieben, weil die Zeitdauer, die seit der Gaseingiessung bis zum Aufsteigen verlauft, durch die vorstehende Eingiessung der Stickstoffgases als bei der einzelnen Kohlensäureeingiessung verkürzt wird. Ich kann nun nicht die Abhängigkeit von der Atmung und dem Auskriechen verstehen. Dass ich in diesen Versuchen berichten kann, ist nur darüber, dass die Vergrösserung der Kohlesaürespannung in der Erde das Auskriechen des Regenwurms auslösen und auch der Sauerstoffpartielldruck des Bodens über die Auslösung des Auskriechens einwenig abhängig sei. Es muss ferner Versuch angestellt werden.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Versuch wurden in Feld und Laboratorium, um die auslosenden Faktoren, die den Regenwurm aus der Erde beim Regenwetter aus treiben zu suchen. Die Ergebnisse werden zusammengestellt folgendermassen beschrieben.

1. Das Wasserstoffinonekonzentration des Erde und der Sauerstoffpartielldruck der Bodenluft zeigte keine merkwürkige Veränderung beim Regenwetter.

2. Die Kohlensäuregasspannung veränderte ihren Druck regelmässig beim Regenwetter und auch der Wassergehalt des Bodens vergrösserte sich gleichzeitig, aber ich konnte darüber nicht die bestimmte direkte Wirkung ausfinden.

3. Wenn die die Regenwürmer enthaltende Schale mit dem Kohlensäuregas gefüllt oder die Kohlensäurespannung in der Schale sich vergrössert wurde, kriechen die Würmer ausnahmslos auf die Erdoberfläche aus, anders aber wurde solches Aufsteigung werde mit der Eingiessung von Stickstoffgas noch mit der von sauerstofffreie Luft beobachtet. Deshalb kann die Vergrösserung der Kohleusäuregasspannung der Bodenluft ein auslösender Reiz für dem Auskriechen des Regenwurm sein.

4. Ueber die Abhängigkeit von dem sauerstoffmangelnden Zustande der Bodenluft zum Auskriechen wurde, kurz zu sagen, es bestimmt, dass der sauertoffmangelnde Zustand in der Bodenluft die Zeit, die Seit dem Beginn der Eingiessung des CO_2-Gases bis zum Aufsteigen dauernd verborgene Zeit war, merkwürdig verkürzte,

Literatur

Blank, E. 1931. Handbuch der Bodenlehre.
Hatai, S. 1931. Mimizu.

Focke, F. 1936 Experimente und Beobachtungen über die Biologie des Regenwurms, unter besonderer Berücksichtigung der Frage nach Raumorientierung, Zeits. wiss. Zool. 6.

Marker, E. 1936. Die Empfindlichkeit feuchthäutiger Tiere im Licht. II. Warum kommen Regenwürmer in Wasserlächen um und warum verlassen sie bei Regen ihr Wohnrohr? Zool. Jb. Allgem. Zool. Physiol. 42.

——— 1930-31. Treibt Atemnot oder Wassernot den Regenwurm aus der Erde? Ibid. 48.