

Biometrische Untersuchungen an Infusorien.

III. Über die Wirkung der Temperatur und des Lichts auf die Größe und die Teilung von *Paramecium caudatum* EHRBG. und *Stylonychia pustulata* EHRBG.¹⁾

Von

J. A. Zingher,

bei Mitwirkung von K. I. Narbutt und W. M. Woinow²⁾.

(Hierzu 3 Textfiguren.)

Einleitung.

Die vorliegende Mitteilung besteht aus zwei Teilen: einem biometrischen und einem morphologischen. In dem ersten Teil haben wir eine große Anzahl von Infusorien gemessen, die bei drei verschiedenen Temperaturen nämlich bei $+5^{\circ}$, $+17^{\circ}$ und $+25^{\circ}$ gehalten wurden. Nebenbei wurden auch in Dunkelheit und in Licht gehaltene Infusorien gemessen.

In dem morphologischen Teil habe ich alle Teilungsstadien von *Paramecium caudatum* bei den genannten Temperaturen gesammelt und sorgfältig analysiert. Außerdem habe ich die bei beinahe 0° sich teilenden Paramecien gesammelt und einige Beobachtungen über die Wirkung von Überkältung auf den Teilungsprozeß gemacht.

Im Laufe dieser Arbeit habe ich auch die Wirkung verschiedener Temperaturen auf einige andere Infusorien (*Spirostomum teres*, *Coleps hirtus* und *Askenasia elegans*) beobachtet.

¹⁾ I. „Über die Mittelgröße von *Stentor coeruleus* EHRBG.“ Arch. f. Protistenk. Bd. 73, 1931. — II. „Über die Mittelgröße und Variabilität von *Paramecium caudatum* und *Stylonychia pustulata*.“ Arch. f. Protistenk. Bd. 77, 1932.

²⁾ Diese Mitarbeiter haben mir erhebliche Dienste bei der Berechnung und der Messung geleistet.

Technik.

Wir haben uns peinlich bemüht ausschließlich mit reinen Linien (Klonen) zu arbeiten.

Die Infusorien wurden in mit Baumwolle verstopften chemischen Röhren gezüchtet. Als Kultivierungsflüssigkeit diente uns 10—15 ccm Leitungswasser, in die 2—3 Tröpfchen Milch zugefügt waren.

Die Messung der Infusorien wurde in fixiertem Zustande mit 1—2 Proz. Osmiumsäure vorgenommen, wobei die Lebendgröße und Gestalt sehr gut erhalten wurde. Die Werte der Messungen sind in Okularmikrometereinheiten angegeben (1 = ca. 7 μ).

Zur Vorbereitung morphologischer Präparate verschiedener Teilungsstadien gebrauchte ich Fixation nach SCHAUDINN und Färbung mit Alaunkarmin oder Hämatoxylin nach CARAZZI.

Um niedrige Temperaturen zu bekommen, benutzten wir einen Kühler mit hölzernen Wänden, der jeden Tag mit Schnee oder Eis vollgestopft wurde, wobei wir eine mittlere Temperatur von +5° mit Schwankungen von 2—8° erhielten. Höhere Temperaturen bekamen wir in einem Thermostaten, der vermittelt einer elektrischen Lampe erhitzt wurde. Die Mitteltemperatur darin stieg bis 25° und schwankte von 22—28°. Dazwischen stand die Zimmertemperatur, die im Laufe des Experiments im Durchschnitt 17° war, mit Schwankungen von 16—19°.

Bei Experimenten mit Licht wurden einige Glasröhren mit Infusorien längere Zeit (bis 3 Monate) auf das Fenster gestellt und andere in vollkommener Dunkelheit in einer verschlossenen mit Stoff umhüllten Metallschachtel gehalten.

Für jedes Versuchsröhrchen hatten wir eine besondere Notizkarte eingerichtet, auf der wir die Zeit des Ansetzens, die Bezeichnung des Ausgangsklons und alle quantitativen und qualitativen Veränderungen der Population jeden Tag notierten. Obwohl diese Beobachtungen nur mit Hilfe der Handlupe gemacht worden waren, halte ich sie für wertvoll, denn die biometrische Methode allein scheint mir, wenn sie biologischer Beobachtungen entbehrt, ungenügend.

Biometrischer Teil.

Das erste von uns untersuchte Infusor war *Stylonychia pustulata*.

Das Temperaturexperiment verlief in folgender Weise: von demselben Klon wurden Tierchen in einer Reihe Glasröhren angesetzt, von denen einige bei 5°, andere bei 17° und die letzten bei 25° gehalten wurden. Dieses Experiment dauerte 3 Monate.

Die Ergebnisse der Messungen sind auf der Tabelle 1 angegeben. Jede Variationsreihe dieser Tabelle stellt die Summe der Messungen einiger Glasröhrchen dar, die zu verschiedener Zeit bei denselben Bedingungen gemessen wurden (siehe Tabelle 1, S. 344).

Wir sehen, daß jede Variationsreihe nur ein Maximum der Frequenz aufweist und bei der graphischen Darstellung eine typische eingipflige Kurve ergeben würde¹⁾.

Beim Vergleich dieser Reihen wird uns augenscheinlich, daß in der Länge das Maximum der Variationsreihe sich mit dem Sinken der Temperatur nach rechts verschiebt.

Vergleichen wir die Elemente der Variationsreihe, so finden wir, daß die Mittellänge mit dem Sinken der Temperatur zunimmt. Was die Mittelbreite anbelangt, ist diese Veränderung sehr gering und dieses kann auf denselben Zustand der Ernährung des Infusors zurückgeführt werden.

Die Zuverlässigkeit des Unterschieds der Mittellängen, die nach der Formel $\frac{(M_1 - M_2)^2}{m_1^2 + m_2^2} > \langle 9$ berechnet sind, wird dem Sinken der Temperatur entsprechend immer größer.

Im σ und C bemerken wir kein Ausschlagen.

In Tabelle 2 sind die Ergebnisse der Versuche mit Licht angegeben (siehe Tabelle 2, S. 344). Daraus ist ersichtlich, daß zwischen der Mittellänge der im Dunkeln und in Licht gehaltenen *Stylonychia* kein merklicher Unterschied besteht. Der Unterschied in der Breite ist nur gering.

Das zweite von uns untersuchte Infusor war *Paramecium caudatum*. Auf Tabelle 3 sind die Messungen der Temperaturversuche angegeben (siehe Tabelle 3, S. 345).

Daraus sehen wir, daß bei $+5^\circ$ die Anzahl der längeren Infusorien viel größer ist als bei $+17^\circ$.

Die bei 5° gehaltenen Infusorien haben wir noch einer weiteren Abkühlung unterworfen. Zu diesem Zweck versetzen wir die Röhrchen aus $+5^\circ$ in Schnee auf 10—15 Minuten und dann wieder in Temperatur $+5^\circ$. Diese Manipulation wurde 6—8 mal täglich im Verlauf von 2 Tagen wiederholt. Bei dieser weiteren Abkühlung wurde die Zahl der verlängerten *Paramecien* noch größer und das Maximum

¹⁾ Unsere biometrischen Messungen an *Stylonychia pustulata* ergaben immer eine eingipflige Kurve, was auf eine außerordentliche Beständigkeit der Größe dieses Infusors deutet. Dieses kann nicht von anderen Infusorien gesagt werden (z. B. *Paramecium caudatum*, das nicht selten eine zweigipflige Kurve aufweist).

Tabelle 1. *Stylonychia pustulata*. Temperaturversuch.

Nr. der Variationsreihe	Länge										Breite			Gesamtanzahl der gemessenen Exemplare (n)			
	Größe der Infusorien in Maßeinheiten										4	5	6		7	8	9
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Frequenz						
I	1	9	33	81	88	59	35	2	—	—	16	109	183	44	6	308	
II	1	2	26	72	113	117	82	11	1	—	2	113	122	119	64	5	425
III	—	6	19	96	201	195	217	127	52	12	1	106	351	322	188	7	925

Nr. der Variationsreihe	Mittelgröße mit Mittelfehler (M ± m)	Standardabweichung (σ ± mσ)	Variationskoeffizient (C ± m c)	Zuverlässigkeit des Unterschieds zwischen den Mittelwerten	
				$\frac{(M_{II} - M_I)^2}{m_{II}^2 + m_I^2} = 38,22 > 9$	$\frac{(M_{III} - M_{II})^2}{m_{III}^2 + m_{II}^2} = 102,30 > 9$
I	12,86 ± 0,07 × 6,72 ± 0,05	1,30 ± 0,05 × 0,84 ± 0,03	10,11 ± 0,41 × 12,50 ± 0,50		$\frac{(M_{III} - M_I)^2}{m_{III}^2 + m_I^2} = 50,00 > 9$
II	13,43 ± 0,06 × 6,34 ± 0,05	1,27 ± 0,04 × 1,08 ± 0,04	9,49 ± 0,32 × 17,00 ± 0,58		
III	14,22 ± 0,05 × 6,55 ± 0,03	1,54 ± 0,04 × 0,91 ± 0,02	10,83 ± 0,03 × 13,88 ± 0,32		

Tabelle 2. *Stylonychia pustulata*. Lichtversuch.

Nr. der Variationsreihe	Anzahl d. Exempl.	Mittelgröße mit Mittelfehler (M ± m)	Standardabweichung (σ ± mσ)	Variationskoeffizient (C ± m c)	Zuverlässigkeit des Unterschieds zwischen den Mittelwerten und den Mittelbreiten	
					$\frac{(M_{IV} - M_V)^2}{m_{IV}^2 + m_V^2} = 0,93 < 9$	$\frac{(M_{IV} - M_V)^2}{m_{IV}^2 + m_V^2} = 17,31 > 9$
IV	Licht	259	12,54 ± 0,09 × 6,07 ± 0,06	1,44 ± 0,06 × 0,89 ± 0,04	11,50 ± 0,51 × 14,56 ± 0,64	Länge
V	Dunkelheit	364	12,43 ± 0,07 × 5,77 ± 0,04	1,28 ± 0,05 × 0,83 ± 0,03	10,29 ± 0,38 × 14,45 ± 0,54	Breite

Tabelle 3. *Paramecium caudatum*. Temperaturversuch.

Nr. der Variationsreihe	Länge	Breite										Mittelgröße mit Mittelfehler (M ± m)												
		Größe der Infusorien in Maßeinheiten																						
		23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51	53	6	8	10	12	14	16	18
	Frequenz																							
VI	T° + 17°	—	—	—	1	8	65	86	106	15	4	—	—	—	—	—	—	—	37	230	123	1	—	—
VII	T° + 5°	2	—	4	8	5	19	23	39	97	80	77	70	28	3	—	—	—	18	213	159	65	—	—
VIII	Abkühlung	—	—	1	3	2	1	4	22	46	71	49	46	27	7	1	—	—	1	128	116	34	1	—

Nr. der Variationsreihe	Standardabweichung (σ ± mσ)	Variationskoeffizient (C ± mc)	Zuverlässigkeit des Unterschieds	
			Mittellänge	Mittelbreite
VI	2,54 ± 0,09 × 1,16 ± 0,04	6,87 ± 0,25 × 13,92 ± 0,50	$\frac{(M_{VII} - M_{VI})^2}{m_{VII}^2 + m_{VI}^2} = 277,0 > 9$	$\frac{(M_{VII} - M_{VI})^2}{m_{VII}^2 + m_{VI}^2} = 1220,0 > 9$
VII	4,30 ± 0,14 × 1,57 ± 0,05	10,48 ± 0,35 × 13,61 ± 0,45	$\frac{(M_{VIII} - M_{VI})^2}{m_{VIII}^2 + m_{VI}^2} = 465,8 > 9$	$\frac{(M_{VIII} - M_{VI})^2}{m_{VIII}^2 + m_{VI}^2} = 1183,4 > 9$
VIII	3,58 ± 0,15 × 1,40 ± 0,06	8,45 ± 0,36 × 11,88 ± 0,50		

Tabelle 4. *Paramecium caudatum*. Lichtversuch.

Nr. der Variationsreihe	Länge	Breite										Mittelgröße mit Mittelfehler (M ± m)												
		Größe der Infusorien in Maßeinheiten																						
		23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51	53	6	8	10	12	14	16	18
	Frequenz																							
IX	Licht	—	1	10	19	44	84	104	115	58	22	7	—	—	—	—	—	—	1	136	246	82	—	—
X	Dunkelheit	—	2	7	19	36	67	97	119	113	61	24	3	—	—	—	—	—	55	214	263	16	—	—

Nr. der Variationsreihe	Standardabweichung (σ ± mσ)	Variationskoeffizient (C ± mc)	Zuverlässigkeit des Unterschieds	
			Mittellänge	Mittelbreite
IX	3,36 ± 0,11 × 1,17 ± 0,04	9,38 ± 0,31 × 14,22 ± 0,47	$\frac{(M_X - M_{IX})^2}{m_X^2 + m_{IX}^2} = 32,50 > 9$	$\frac{(M_X - M_{IX})^2}{m_X^2 + m_{IX}^2} = 180,7 > 9$
X	3,62 ± 0,11 × 1,30 ± 0,04	9,77 ± 0,30 × 13,99 ± 0,42		

der Variationsreihe verschob sich nach rechts (siehe Variationsreihe Nr. VIII).

Wenn wir die Elemente der Variationsreihen betrachten, so fällt uns auf, daß mit Sinken der Temperatur die Mittellänge und die Mittelbreite der Infusorien zunimmt.

Dasselbe gilt auch für die σ .

Die Zuverlässigkeit des Unterschieds zwischen den Tieren bei diesen zwei Temperaturen erreicht den erheblichen Wert von $277,0 > 9$ für die Länge und $1220,0 > 9$ für die Breite.

Bei Lichtversuchen ist dieser Wert viel kleiner, nämlich $26,8 > 9$ für die Länge und $183,7 > 9$ für die Breite.

Auf Tabelle 4 sind die Ergebnisse des Lichtversuchs dargestellt (siehe Tabelle 4, S. 345).

Die Variationsreihen der im Dunkeln und bei Licht gehaltenen Infusorien zeigen auch einen Unterschied, jedoch ist dieser im Vergleich mit dem Unterschiede bei den Temperaturversuchen nicht erheblich.

Morphologischer Teil.

Um die Wirkung der Temperatur auf den Umfang der sich teilenden Infusorien festzustellen, habe ich Gruppen aus demselben Klon verglichen, die bei verschiedenen Temperaturen gezüchtet worden waren. Zu diesem Zwecke habe ich eine große Anzahl verschiedener Teilungsstadien Paramecien auf gefärbten Präparaten analysiert.

I. Gruppe — Teilung bei 4° ¹⁾

II. Gruppe — Teilung bei 16° ¹⁾

III. Gruppe — Teilung bei 25° ¹⁾.

Das Material habe ich peinlich bei derselben Vergrößerung gezeichnet. Aus der Betrachtung der Zeichnungen wird klar, daß der Umfang des Protoplasmas so auch des Großkerns in Ruhezustand und in allen Teilungsstadien bei niederen Temperaturen beträchtlich anwächst (siehe Fig. 1 A, B, C und 2 A, B, C). Dabei ist zu bemerken, daß die Zahl der Teilungsstadien bei niederen Temperaturen viel reicher als bei hohen ist. Selbstverständlich war die Teilungsgeschwindigkeit bei höheren Temperaturen viel größer als bei niedrigen, so daß ich z. B. das Material aus $T + 4^{\circ}$ während 4 Tagen sammelte, aber aus der hohen Temperatur $+ 25^{\circ}$ dazu nur 4 Stunden brauchte. Sehr wahrscheinlich ist es also, daß der Unterschied in der Teilungs-

¹⁾ Die angegebene T° ist die Mitteltemperatur bei der Sammlung des Materials.

geschwindigkeit sich morphologisch in dem Umfange des Plasmas und des Kerns äußert.

Um festzustellen, in welchem Maße die Vermehrungsgeschwindigkeit auf den Umfang der Infusorien wirkt, habe ich folgendes Experiment angestellt. Die Uhrgläschen mit den Infusorien, aus denen ich das Material für die I. Gruppe (niedrige T) entnommen hatte, wurden in einem Thermostaten bei $+25^{\circ}$ versetzt. Die Vermehrungsgeschwindigkeit stieg sogleich. Die sich teilenden Exemplare habe

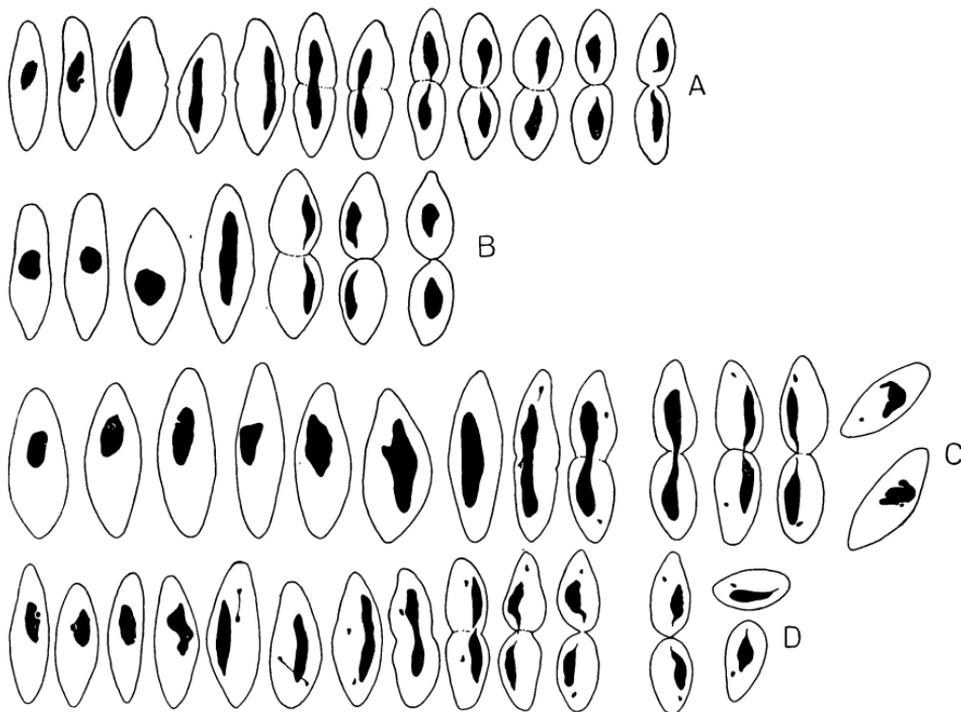


Fig. 1. *Paramecium caudatum* aus demselben Klon. Größe der sich teilenden Tiere: A bei 25° , B bei 16° , C bei 4° , D Infusorien aus $t^{\circ} 4^{\circ}$, die sich bei 25° teilten (24 Stunden nach Versetzung). Skizzen von Totalpräparaten (SCHAUDINN, Alaunkarmin). Obj. 8, Ok. 1. Zeichenapparat ABBÉ im Niveau des Mikroskoptisches¹⁾.

ich nach 24 Stunden gesammelt. Aus den Fig. 1 D und 2 D ist es ganz augenscheinlich, daß der Umfang des Plasmas und des Kerns der Infusorien desto mehr abnimmt, je länger sie in höherer Temperatur bleiben.

Teilung bei Temperatur nahe 0° .

Ich versetzte das Uhrgläschen mit Paramecien aus niedrigen Temperaturen in Schnee. Die Temperatur war nahezu 0° . Bei solchen Bedingungen fand Teilung statt. Wenn ich aber die Tierchen

¹⁾ Fig. 1, 2 und 3 sind im Vergleich mit den Originalzeichnungen dreimal kleiner.

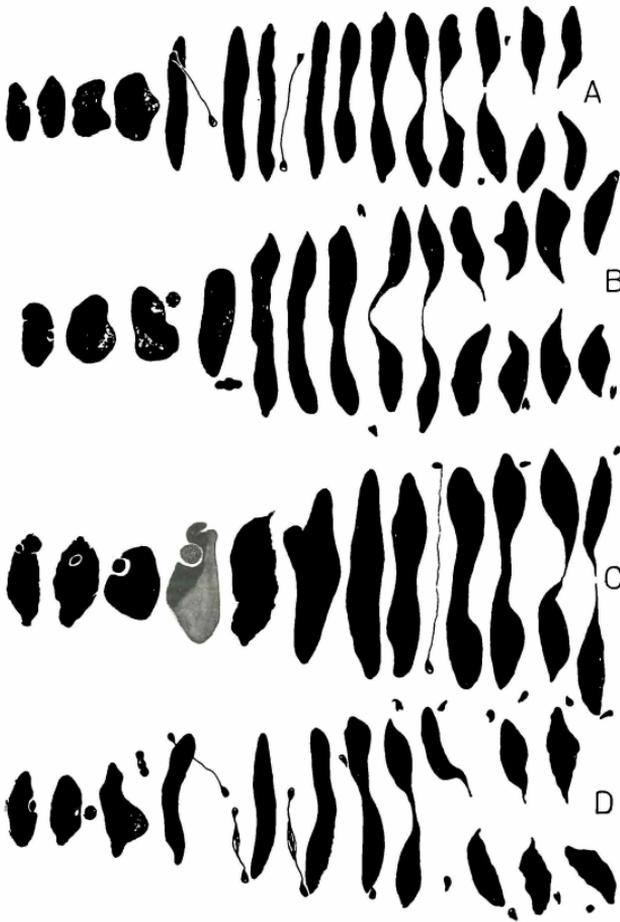


Fig. 2. *Paramecium caudatum* aus demselben Klon. Größe des sich teilenden Macronucleus bei verschiedenen Temperaturen: A 25°, B 16°, C 4°. D Infusorien aus t° 4°, die sich bei 25° teilten (24 Stunden nach Versetzung). Skizzen von Totalpräparaten (SCHAUDINN, Alaunkarmin). Hom. Imm. $\frac{1}{12}$, Ok. 1. Zeichnapparat ABBÉ im Niveau des Mikroskopoptisches.

aus höherer Temperatur in den Schnee versetzte, so trat keine Teilung ein und die Tierchen kamen um, jedoch hemmte ein sehr kurzes Verbleiben (1—2 Minuten) im Schnee die begonnene Teilung nicht.

Ein längeres Verbleiben im Schnee ruft manchmal sogar bei aus niedriger Temperatur genommenen Exemplaren eine Störung des Teilungsvorgangs hervor: der Großkern hört auf sich zu verlängern, zerspaltet sich teilweise und die Kleinkerne verteilen sich nicht unter den Tochterindividuen. Es ist auffallend, daß dabei sich das Plasma normal teilt ganz unabhängig von dem Kern (Fig. 3).

Angaben über die Wirkung der Temperatur auf einige andere Infusorien.

Im Laufe dieser Arbeit habe ich außer Paramecien und Stylo-nychien auch *Spirostomum teres*, *Coleps hirtus* und *Askenasia elegans* bei verschiedenen Temperaturen gezüchtet, dabei erwies es sich, daß auch diese Infusorien in niedrigen Temperaturen von +2—+5° ganz gut leben und sich ganz normal teilen. In bezug auf den Umfang

wurden auch in diesem Falle meine Beobachtungen an Paramecien und Stylonychien bestätigt. Besonders scharf äußerte sich die Vergrößerung bei kleinen Infusorien wie *Coleps hirtus*, die bei Züchtung in niederen Temperaturen merklich zuwuchsen.

Das normale Leben aller obengenannten Infusorien in niedrigen Temperaturen bringt mir den Gedanken nahe, daß überhaupt der Begriff der „optimalen“ Temperatur in Richtung der niedrigen Temperaturen erweitert werden sollte.

Die „optimale“ Temperatur $+20 - +25^{\circ}$ beschleunigt nur die Lebensvorgänge (Vermehrung, Teilung und Bewegung), aber damit ist es nicht gesagt, daß diese Temperatur die günstigste für das Leben der Infusorien ist, denn wie meine Beobachtungen gezeigt haben, können die Infusorien normal bei viel niedrigeren Temperaturen existieren und sich vermehren, obwohl langsamer. Eine Bestätigung dieser Ansicht finden wir auch in freier Natur, da man bekanntlich immer im Winter unter einer Eisdecke lebendige, bewegliche, sich vermehrende Infusorien finden kann.

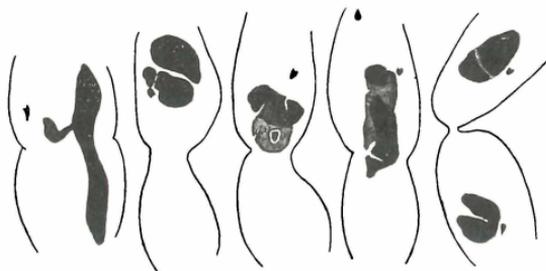


Fig. 3. *Paramecium caudatum*. Abnormaler Teilungsvorgang bei Überkältung. Skizzen von Totalpräparaten. Hom. Imm. $\frac{1}{12}$, Ok. 1. Zeichenapparat ABBÉ im Niveau des Mikroskoptisches.

Zusammenfassung.

1. Die biometrische Analyse einer großen Anzahl von *Paramecium caudatum* und *Stylonychia pustulata* aus einem und demselben Klon, die bei $+5^{\circ}$, $+17^{\circ}$ und $+25^{\circ}$ gezüchtet worden waren, ergab, daß das Anwachsen des Umfangs des Körpers dem Sinken der Temperatur gerade proportional ist.

2. Die morphologische Analyse bei diesen Temperaturen sich teilender Infusorien ergab, daß das Anwachsen des Großkerns bei allen Teilungsstadien dem Sinken der Temperatur gerade proportional ist.

Diese Erscheinung kann zwanglos durch die Beschleunigung der Teilung bei hohen und der Hemmung dieses Vorgang bei niederen Temperaturen erklärt werden.

3. In unseren Versuchen hatte das Licht nur geringe Wirkung auf die Größe der beobachteten Infusorien.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Archiv für Protistenkunde](#)

Jahr/Year: 1935

Band/Volume: [85_1935](#)

Autor(en)/Author(s): Zingher J.A.

Artikel/Article: [Biometrische Untersuchungen an Infusorien. III. Über die Wirkung der Temperatur und des Lichts auf die Größe und die Teilung von Paramecium caudatum, Ehrbg. und Stylonychia pustulata Ehrbg. 341-349](#)