

*Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.*

Die Variabilität von Paramäcien.

Von

X. Fermor-Adrianowa (Leningrad).

(Hierzu 1 Kurve im Text.)

Die statistische Methode bei Variabilitätsforschungen an Infusorien benutzte als erster PEARL (1907)¹⁾, welchem eine Reihe von Forschern folgte. Dabei dienten zur statistischen Bewertung einerseits Länge und Breite nebst Korrelation zwischen beiden und andererseits das Teilungstempo.

Vorliegende Arbeit hat zur Aufgabe, folgendes aufzuklären: 1. Ist es möglich, vermittelt der mathematischen Analyse bei Zählung der Nahrungsvakuolen irgendeine Gesetzmäßigkeit eines rein physiologischen Aktes, wie es die Verdauung ist, festzustellen, und 2. wenn die Verdauung bei Infusorien einer statistischen Berechnung unterwerfbar ist, in was für einer Abhängigkeit sich dann die Variation dieses Merkmals von den Außenbedingungen und vom Zustand der Kultur befindet.

Es hat schon METALNIKOV²⁾ mehrmals in seinen Arbeiten über intracelluläre Verdauung auf die Tatsache aufmerksam gemacht, daß in ein und derselben Infusorienkultur bei völlig gleichen Bedingungen während Fütterung mit ganz gleichen Stoffen die Zahl der in gleichem Zeitraum gebildeten Vakuolen stark variiert. Doch hat METALNIKOV außer Bestimmung des Mittelwertes aus 20 Zählungen keine weiteren statistischen Berechnungen vorgenommen, und

¹⁾ Biometrika V.

²⁾ Arch. Zool. expér. IX.

die eigentliche Frage nach der Variabilität der Nahrungsvakuolen blieb offen.

Zwecks eines Vergleiches der Variabilität verschiedener Kulturen und ihrer Beziehung zu verschiedenen Nahrungsstoffen wurden von mir noch Ende des Jahres 1922 Beobachtungen an vier Paramäcienkulturen, als I, II, III und IV bezeichnet, angestellt. Die Fütterungen wurden während 30 Minuten ausgeführt, zuerst in Uhrgläsern, danach auf Objektgläsern, wohin die Infusorien zur Zählung übertragen wurden. Der Zählung wurden jedesmal 100 Exemplare unterworfen. Beobachtungen an Kulturen I und II wurden je 2 Tage geführt, an Kultur III 3 Tage, wobei die Zählung an lebendem Material vorgenommen wurde. Die IV. Kultur wurde an einem Tage mit allen Stoffen gefüttert; die gefütterten Infusorien wurden fast gleichzeitig mit Osmiumsäuredampf getötet, wodurch zu erklären ist, daß die größte Genauigkeit der Resultate gerade für die letzte Kultur erhalten wurde. Zur Nahrung dienten folgende Stoffe: Milch, als die nahrhafteste Eiweißstoffspeise, Stärke (Kohlenhydrat), Karmin und Ruß (unnahrhafte Stoffe, die jedoch stets sehr gern von Infusorien aufgenommen werden). Eine genaue Quantitätsbestimmung der aufgenommenen Speise, welche nur durch Größenmessungen der Vakuolen durchzuführen wäre, wurde nicht vorgenommen; es wurde nur die Variabilität der Vakuolenzahl unabhängig von Größe derselben in Betracht gezogen.

Tabelle I.

Kultur	I				II				III				IV			
	Lim	M	σ	C%	Lim	M	σ	C%	Lim	M	σ	C%	Lim	M	σ	C%
Milch	2-12	5,3	1,97	36,74	2-12	6,80	2,49	36,6	3-16	9,41	3,26	34,67	5-13	8,38	1,85	22,11
Stärke	1-13	5,69	2,18	38,24	0-10	4,55	2,44	53,65	2-16	8,35	3,17	37,90	1-9	5,04	1,88	37,32
Karmin	3-10	6,21	1,86	29,89	5-17	9,85	2,69	27,33	4-18	11,56	3,19	27,63	1-8	4,82	1,86	38,63
Ruß	0 6	1,9	1,83	96,0	0-9	2,81	2,19	78,08	0-11	3,11	3,07	98,59	0-6	2,97	1,81	61,08

Aus der Tabelle I sind folgende Resultate der Zählung von Nahrungsvakuolen in vier Kulturen zu ersehen. Die Variation findet in allen Fällen zwischen weiten Grenzen (Lim.) statt.

Der Mittelwert (M) variiert in verschiedenen Kulturen und auch in derselben Kultur bei Fütterung mit verschiedenen Stoffen, wobei er besonders scharf abfällt, wenn die Fütterung mit Ruß stattfindet. Zur Bewertung der Variabilität der Kulturen kann der Mittelwert, welcher in starkem Grade von Außenbedingungen abhängt, nicht als besonders maßgebend gelten. Als bequemstes

Variabilitätsmaß erweist sich in vorliegendem Fall die Standardabweichung (σ), welche eine für jede Kultur charakteristische Größe ist. Sie ist wenig von Art der Speise abhängig, indem sie konstant bleibt bei Fütterung ein und derselben Kultur mit verschiedenen Stoffen und dabei nur innerhalb des Mittelfehlers variiert. Während der Mittelwert hauptsächlich die Außeneinflüsse widerspiegelt, erscheint die Standardabweichung vorwiegend als Ausdruck des inneren Zustandes einer Kultur und als jene Größe, welche gerade die vorliegende Kultur von einer anderen, in gleichen Bedingungen mit ersterer sich befindenden Kultur unterscheidet. Der Variationskoeffizient (C) ist hier, wie überhaupt in Fällen von Zahlvarianten, von wenigem Interesse. Immerhin ist ihm hier ein einigermaßen biologischer Wert nicht abzusprechen, weil er — von zwei Größen M und σ abhängig — zum Ausdruck dient von gegenseitiger Mitwirkung des inneren Zustandes der Kultur und des Außeneinflusses, welchen in vorliegendem Fall die Art der Speise darstellt.

Variations-statistische Beobachtungen an Verdauung in den Paramäcienkulturen I, II, III u. IV haben zur Genüge — wie es mir scheint — gezeigt, daß die Zahl der Nahrungsvakuolen ein recht bequemes Merkmal zum Urteil über Variabilität bei Infusorien darstellt.

Zur Lösung der Frage, inwiefern in jeder Kultur ihre Variabilität konstant bleibt und ob sie nicht vom Alter der Kultur abhängt, wurde am 2. Oktober 1923 im Heuaufguß eine Kultur von *Paramecium caudatum* (A) angelegt. Nach Verlauf einer Woche konnte man mit statistischen Beobachtungen beginnen. Zugleich, d. h. am 9. Oktober, wurden aus ihr einige Individuen versetzt; ein Teil derselben kam um, drei aber gaben Anfang zu individuellen Kulturen B, C und D. Die Beobachtungen wurden parallel an allen vier Kulturen geführt und dauerten 6 Monate bis zu völligem Aussterben der Kultur A im April 1924. Die Fütterung wurde, wie vorher, während je 30 Minuten ausgeführt; zum Zählen wurden die gefütterten Infusorien mit Osmiumsäuredampf getötet. Als Speise dienten während der ganzen Versuchszeit Bakterien, welche ein wenig mit Kongorot angefärbt waren, um ein deutlicheres Beobachten und genaueres Zählen der während der Beobachtungszeit gebildeten Vakuolen zu ermöglichen. Im Hinblick der Begrenztheit der Infusorienzahl in individuellen Kulturen, war keine Möglichkeit aus technischen Erwägungen aus ihnen jedesmal mehr als 50 Stück zu zählen, weshalb zwecks größerer Gleichartigkeit der zu vergleichenden Ergebnisse aus Kultur A (sehr reicher) ebenfalls je

50 Stück genommen wurden. Übrigens, wenn man das Verhältnis der Standardabweichung zu ihrem mittleren Fehler (laut Formel $m\sigma = \frac{\sigma}{\sqrt{2n}}$), welches gleich 10 ist, in Betracht zieht, ist diese Zahl (50) vollends genügend. Um über die Vitalität der Kulturen zu urteilen, wurden von Zeit zu Zeit aus jeder derselben einzelne Individuen auf Objektgläser in feuchte Kammer übertragen, ihre Teilungsgeschwindigkeit und Sterblichkeit beobachtet.

Als dauerhafteste erwies sich von allen vier Kulturen die ursprüngliche Kultur A. Sie lebte in ein und demselben Milieu, zu welchem nichts außer reinem Wasser während des Versuches hinzugefügt wurde, 6 Monate. Während dieser Zeit wurde in ihr dreimal eine Depression beobachtet. Zum erstenmal trat diese in den ersten Januartagen ein, d. h. nach Verlauf von drei Monaten nach Beginn der Kultur. Es wurden keine künstlichen Mittel zur Wiederherstellung der Kultur vorgenommen; die Conjugation trat nicht ein, doch konnte man auf Präparaten und auch bloß durch Fixieren mit Methylgrün und Essigsäure eine Menge Infusorien mit zerfallendem Macronucleus beobachten. Allem Anschein nach fand eine Reorganisation des Kernapparates und eine Verjüngung der Kultur durch „Endomixis“¹⁾ statt. Nach zwei Monaten konnte man zum zweitenmal ein Sinken der Lebensfähigkeit, von großer Sterblichkeit begleitet, beobachten; es trat die Conjugation ein. Der kleine Teil der Kultur, der diese Periode überlebte, gelangte nach zweiwöchentlicher Existenz wieder in den Depressionszustand, welcher die Kultur zu endgültigem Aussterben brachte.

Kultur B schien das Stadium der Endomixis nach Verlauf von $2\frac{1}{2}$ Monaten durchzumachen, doch kam sie durch einen unglücklichen Zufall (Vergiftung) bald um.

Kultur C überlebte eine Depression, konjugierte, stellte ihre Lebensfähigkeit her und starb während einer zweiten Depression aus, nachdem sie im ganzen fünf Monate existiert hatte.

Kultur D erwies sich am wenigsten standhaft; in den Depressionszustand geraten, ging sie sofort nach einer Existenzzeit von zwei Monaten unter.

Die Resultate der Vakuolenzählungen sind in folgenden Tabellen angeführt:

¹⁾ WOODRUFF u. ERDMANN. Journ. Exp. Zool. XVII. 1914.

Tabelle II. Kultur A.

Datum	Lim.	M	σ	C%	
9. Oktober	7—15	10,42	1,85	17,75	
12. "	5—13	9,08	1,87	20,59	
15. "	5—12	8,86	1,85	20,88	
18. "	10—19	12,96	1,90	14,65	
21. "	9—17	12,96	1,93	14,89	
24. "	3—13	7,58	1,85	24,40	
27. "	5—15	9,86	1,96	19,88	
30. "	8—17	11,98	1,82	15,28	
2. November	8—17	12,08	1,85	15,31	
5. "	9—18	13,04	1,93	14,80	
8. "	8—17	12,02	1,87	15,56	
11. "	7—16	11,46	1,82	15,91	
14. "	6—14	10,36	2,00	19,31	
17. "	7—16	9,42	2,04	21,66	
20. "	8—18	11,70	2,22	18,96	
23. "	8—18	11,78	2,37	20,12	
26. "	6—15	10,90	2,53	23,21	
29. "	7—16	10,90	2,57	23,57	
2. Dezember	6—17	11,36	2,83	24,91	
5. "	7—18	12,22	2,77	22,67	
8. "	0—12	5,88	2,83	48,02	
11. "	0—13	5,74	2,97	51,74	
14. "	1—15	7,32	3,04	41,53	
17. "	1—13	6,28	3,02	48,09	
20. "	1—15	8,28	3,58	42,03	
23. "	2—16	8,36	3,59	42,94	
26. "	1—15	8,22	3,48	42,33	
29. "	0—14	6,44	3,77	58,54	
1. Januar	0—15	6,34	3,72	58,67	
4. "	0—15	8,44	4,33	51,30	
7. "	0—15	7,36	4,17	56,65	
10. "	1—16	9,28	4,13	44,50	Vom 7. I. bis 13. I. Endomixis
13. "	3—15	8,98	3,48	38,75	
16. "	7—17	10,44	2,04	19,54	
19. "	8—18	11,64	2,28	19,67	
22. "	8—16	12,40	1,89	15,24	
25. "	9—18	12,40	1,90	15,32	
1. Februar	9—18	13,14	1,97	14,99	
4. "	9—18	13,16	1,88	14,28	
7. "	6—16	10,58	1,95	17,48	
10. "	8—17	12,04	1,96	16,28	
13. "	4—14	8,68	1,87	21,54	
16. "	7—16	11,98	2,50	20,87	
19. "	7—16	10,96	2,58	23,54	
22. "	0—17	10,64	2,50	23,49	
25. "	6—18	11,38	3,03	26,63	
28. "	5—17	10,42	2,73	25,23	
2. März	6—17	11,40	2,77	24,29	
5. "	7—16	11,64	2,54	21,82	
8. "	1—15	8,22	3,71	45,13	
11. "	0—13	6,32	3,55	56,17	
14. "	0—15	7,00	3,83	54,71	
17. "	0—15	6,14	4,93	80,29	
20. "	0—14	7,16	4,16	58,10	Vom 18. III. bis 20. III. Conjugation
23. "	3—14	9,92	2,29	23,08	

Tabelle II. Kultur A. (Fortsetzung.)

Datum	Lim.	M	σ	C%	
26. März	0—16	10,44	2,91	27,87	
29. "	0—15	7,18	4,00	55,08	
1. April	0—17	6,86	5,56	81,05	
4. "	0—16	6,38	5,09	79,79	
7. "	0—15	5,72	5,05	88,28	Völliges Aussterben zum 9. IV.

Tabelle III. Kultur B.

Datum	Lim.	M	σ	C%	
3. November	6—14	9,44	1,87	19,81	
6. "	8—16	12,08	1,84	15,23	
9. "	4—14	8,76	1,90	21,68	
12. "	3—10	6,24	1,84	29,64	
15. "	5—13	8,82	1,69	19,16	
18. "	5—13	8,42	1,85	21,97	
21. "	8—16	12,36	1,91	15,45	
24. "	3—10	6,82	1,83	26,83	
27. "	5—12	8,36	1,85	21,77	
30. "	4—11	7,38	1,84	24,90	
3. Dezember	4—11	7,14	1,95	27,31	
6. "	3—12	6,48	1,85	28,54	
9. "	7—16	10,42	1,96	18,81	
12. "	3—13	8,02	2,56	31,92	
15. "	6—16	10,58	2,52	23,82	
18. "	5—16	11,92	2,43	20,38	
21. "	2—12	7,36	2,58	35,05	
24. "	0—13	6,86	2,73	39,79	
27. "	0—14	6,10	4,08	66,88	
31. "	0—15	6,50	4,10	63,08	
3. Januar	0—13	6,18	3,86	62,46	
6. "	4—14	9,02	2,53	28,05	
9. "	6—15	10,64	2,54	23,87	
12. "	5—14	9,60	2,54	26,46	
15. "	3—14	9,96	2,32	23,29	
18. "	6—16	9,64	2,05	21,68	
21. "	2—13	8,96	2,30	25,67	
24. "	7—17	11,54	2,32	20,10	Vom 1. I. bis 3. I. Endomixis.
					25. I. ging die Kultur durch Zufall zugrunde.

Tabelle IV. Kultur C.

Datum	Lim.	M	σ	C%	
30. Oktober	8—15	10,80	1,60	14,81	
2. November	7—14	10,36	1,61	15,54	
5. "	8—15	11,36	1,59	13,03	
8. "	7—14	10,22	1,57	13,99	
11. "	5—13	9,40	1,70	18,08	

Tabelle IV. Kultur C. (Fortsetzung.)

Datum	Lim.	M	σ	C%	
14. November	8—16	11,78	1,69	14,34	
17. "	5—13	8,80	1,71	17,45	
20. "	6—13	9,80	1,71	19,43	
23. "	6—14	9,64	1,87	19,39	
26. "	5—13	8,98	1,77	19,75	
29. "	7—15	10,50	1,91	18,19	
2. Dezember	6—15	10,06	1,98	19,68	
5. "	7—16	10,54	1,92	18,21	
8. "	6—14	9,36	1,96	20,84	
11. "	6—14	9,46	1,89	19,87	
14. "	6—15	10,74	1,99	18,53	
17. "	5—15	9,88	2,05	20,75	
20. "	4—14	8,94	2,24	25,05	
23. "	6—16	10,34	2,35	22,68	
26. "	7—17	12,40	2,54	20,48	
29. "	3—14	9,24	2,68	29,01	
1. Januar	0—11	5,88	2,70	45,91	
4. "	0—10	5,00	2,58	51,60	
7. "	6—14	9,48	1,96	20,67	
10. "	5—13	8,80	1,83	20,79	
13. "	7—15	10,76	1,75	16,26	
16. "	4—12	7,76	1,84	23,58	
19. "	5—14	9,20	1,73	18,80	
22. "	5—13	8,96	1,82	20,31	
25. "	7—14	9,90	1,54	15,55	
1. Februar	7—14	10,22	1,53	14,97	
4. "	8—15	11,36	1,61	14,17	
7. "	6—14	9,96	1,84	18,47	
10. "	4—14	8,76	1,97	22,48	
13. "	3—13	7,78	1,95	25,06	
16. "	6—14	9,28	2,01	21,66	
19. "	5—15	10,84	2,20	20,29	
22. "	6—15	10,10	2,16	21,39	
25. "	5—15	10,88	2,25	20,68	
28. "	5—15	10,70	2,23	20,84	
2. März	3—13	8,30	2,44	29,39	
5. "	1—12	6,74	2,58	38,28	
8. "	0—11	6,06	2,74	45,21	
11. "	0—11	5,80	3,13	53,96	
14. "	0—13	6,40	3,01	47,63	

1. I. bis 4. I. Conjugation.

Völliges Aussterben zum 17. III.

Tabelle V. Kultur D.

Datum	Lim.	M	σ	C%	
3. November	5—16	11,88	2,37	19,95	
6. "	4—15	10,24	2,62	25,58	
9. "	3—14	9,92	2,43	24,49	
12. "	6—15	9,88	2,51	25,40	
15. "	7—17	12,00	2,55	21,25	
18. "	5—16	9,88	2,64	26,72	

Tabelle V. Kultur D. (Fortsetzung.)

Datum	Lim.	M	σ	C %	
21. November	6—17	11,36	2,74	24,12	
24. "	3—14	8,68	3,09	35,59	
27. "	3—15	9,30	3,27	35,16	
30. "	2—15	8,74	3,57	40,84	
3. Dezember	1—15	7,38	3,74	50,67	
6. "	2—15	8,28	3,64	43,92	
9. "	3—17	9,40	3,75	39,89	
12. "	3—17	9,42	3,68	39,06	
15. "	2—16	9,56	3,78	39,12	
18. "	0—14	6,96	3,86	55,46	
21. "	0—15	5,92	3,60	60,81	
24. "	1—16	8,68	4,03	46,42	
27. "	0—15	8,36	4,09	48,92	
31. "	0—14	6,96	3,92	56,32	
3. Januar	0—15	8,30	4,10	49,39	
6. "	0—15	6,28	4,78	76,11	Völliges Aussterben zum 9. I.

Auf Grund beigebrachter Tabellen kann man folgende Schlüsse betreffend die Variabilität eines Merkmals, wie es die Vakuolenzahl ist, ziehen:

Die Variationsgrenzen sind für alle Kulturen mehr oder weniger gleich.

Der Mittelwert hat an sich nichts Charakteristisches für jede dieser Kulturen: er ändert sich in allen Kulturen in Abhängigkeit wie von ihrer Vitalität, wobei er während der Depression, gleich der Teilungsschnelligkeit, abnimmt, so auch von äußeren Umständen.

Als die die Individualität der Kultur am besten charakterisierende Größe erscheint die Standartabweichung (σ). Aus einem Vergleich der vier Kulturen ist zu ersehen, daß sie alle nach σ sich voneinander unterscheiden. Kultur C variiert am wenigsten; ihr σ schwankt zwischen 1,53 und 3,13. D hat hingegen ein sehr großes σ (nicht unter 2,57). B nimmt hier etwa eine Mittelstellung ein und steht der ursprünglichen Kultur A am nächsten. In jeder Kultur weist σ Änderungen auf, doch in allen Fällen in einer bestimmten Richtung: es nimmt zu mit Alter der Kultur, erreicht ein Maximum während der Depression, steigt mit jeder folgenden Depression und fällt wieder ab nach Verjüngung der Kultur (siehe die Variationskurve).

Was den Variationskoeffizienten betrifft, so ist er stets während des Depressionszustandes der Kultur sehr hoch, was man allerdings erwarten muß, wenn man in Betracht zieht die die Depression be-

gleitende gleichzeitige Abnahme des Mittelwertes und Zunahme der Standardabweichung ($C = \frac{\sigma}{M} \cdot 100\%$).

Ein einziges Merkmal — die Vakuolenzahl — der Paramäcien in Erwähnung nehmend und sich von jedweder Verallgemeinerung betreffend ihre Variabilität enthaltend, kann man nichtsdestoweniger bemerken, daß auch diese einzelligen Tiere im allgemeinen demselben Prinzip folgen, welches für Crustaceen (PHILIPTSCHENKO 1920)¹⁾, Mücken (ZUITIN 1922)¹⁾ und einige Pflanzen (KISSELEV 1921)¹⁾ beschrieben wurde: die Variabilität ändert sich mit dem Alter, sie ist kleiner bei jungen als bei erwachsenen Organismen.



Variationskurve der Variabilität von Kultur A.

Bei Infusorien nähert sich die Variabilität nach Conjugation und Endomixis jener Größe, welche für den jungen Zustand der Kultur charakteristisch ist. Hierdurch wird gerade die verjüngende Wirkung beider den Ergebnissen nach analogischen Prozesse hervorgehoben, welche zu allerletzt auf Reorganisation des Kernapparates zurückzuführen sind.

¹⁾ Travaux de la Société des Naturalistes de Pétrograd.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1925

Band/Volume: [52_1925](#)

Autor(en)/Author(s): Fermor-Adrianowa X.

Artikel/Article: [Die Variabilität von Paramäcien 418-426](#)