

Veränderungen der Blutwerte von *Rana temporaria* L. im Jahreszyklus.

von

R. FLINDT und M. GIMBEL¹

Mit 4 Abbildungen und 2 Tabellen

SUMMARY

Seasonal changes in the blood constituents of *Rana temporaria* L. Erythrocyte number, hematocrit, hemoglobin content, hemoglobin per erythrocyte, blood sugar, sedimentation rate, protein content, blood picture, and qualitative determination of serum proteins of the blood of *Rana temporaria* have been described for each month of one year. It was shown, that there are not only differences between individuals in summer and winter, but that there are more frequent changes in the blood constituents. The results have been discussed concerning the seasonal changes of the life habits of frogs.

1. EINLEITUNG

Im Zusammenhang mit dem Problem „Sommerfrosch-Winterfrosch“ (z.B. GAULE, 1901) sind des öfteren auch Untersuchungen über die Elemente des Froschblutes durchgeführt worden. Dabei stand meist der jährliche Rhythmus der Erythrozytenzahlen im Vordergrund (z.B. BANERJEE und BANERJEE, 1966; HEESSEN, 1924; HOLZAPFEL, 1937; KLIENEBERGER, 1927; LANGE, 1919; SCHERMER, 1954; WISMER, 1934; ZEPP, 1923). Desgleichen waren auch bereits der Blutzuckerspiegel (z.B. BERGERHOFF und HANKE, 1967; KATO, 1910), der Hämoglobingehalt (z.B. HOLZAPFEL, 1937; KLIENEBERGER, 1927; SCHERMER, 1954; WISMER, 1934), die Hämatokritwerte (z.B. KAPLAN und CROUSE, 1956; KAPLAN, PRESLEY und PARIS, 1953; WISMER, 1934), der Eiweißgehalt (z.B. KLIENEBERGER, 1927; RUHRMANN, 1955), die Leukozytenzahlen und das Differentialblutbild (z.B. ALDER und HUBER, 1923; BURMEISTER und BECKMANN, 1966; DEKHUYZEN, 1892; KLIENEBERGER, 1927; PENTIMALLI, 1909; SCHERMER, 1954) und die Blutsenkungsgeschwindigkeit (CHERIAN und VASU, 1960; WISMER, 1934) Gegenstand von Untersuchungen (vergl. insgesamt auch BUDDENBROCK, 1967). Der Großteil der Arbeiten

¹ Institut für Physiologische Zoologie der Universität Mainz.

beschränkt sich jedoch auf eine nicht vergleichbare Darstellung von Einzelwerten und bezieht sich auf Tiermaterial unterschiedlichster Herkunft. Jahreszeitliche Schwankungen sind z.T. nur für Einzelwerte aufgeführt, meist ist der Untersuchungszeitraum völlig unbekannt. Aus diesem Grunde sollten an einem möglichst einheitlichen Tiermaterial Blutwerte im Verlauf eines gesamten Jahres monatlich bestimmt werden.

2. MATERIAL UND METHODE

Die Untersuchungen wurden vom Juli 1969 bis August 1970 an insgesamt 702 *Rana temporaria* durchgeführt. Die Tiere entstammten Populationen bei Groß-Gerau und Mainz (nähere Beschreibung bei GEISSELMANN, FLINDT und HEMMER, 1971). Zwischen den Untersuchungen wurden die Tiere unter möglichst natürlichen Bedingungen in durch Eternitplatten eingegrenzten Freigehegen mit angelegten Wasserstellen gehalten. Im Sommer hielten sich die Tiere vorwiegend unter Steinen und Ästen auf dem Land auf; Ende Oktober gingen sie ins Wasser und suchten nach dem Abbläichen Anfang April wieder das Land auf.

Die Blutentnahme erfolgte direkt aus dem Herzen, bei kleineren Mengen auch aus der Vena angularis (NÖLLER, 1959). Erythrozytenzählungen wurden in der Thomas-Zeiss-Zählkammer vorgenommen. Bei gleichzeitiger Bestimmung des Hämoglobingehaltes (s.u.) ließ sich die Hämoglobinmenge eines einzelnen Erythrozyten errechnen. Hämoglobingehalt (Merckotest Hämoglobin), Blutzuckergehalt im Serum (HAURY Blutzuckertest ohne Enteiweißung) und Eiweißgehalt im Serum (Merckotest Eiweiß) wurden photometrisch mit dem Filterphotometer PL 4 von Zeiss bestimmt. Vor der Blutzuckerbestimmung wurden die Tiere 3 Tage lang ohne Futter gehalten, da nach dieser Zeit mit einer völligen Entleerung des Darmes zu rechnen ist (SMITH, 1949). Die Färbung der Blutausrichungen für die Differentialdiagnose geschah nach Pappenheim. Die Blutsenkungsgeschwindigkeit wurde nach der Mikromethode von FRIMBERGER (1968) ermittelt, die Ablesung der Werte erfolgte wegen der gegenüber dem Menschen größeren Senkungsgeschwindigkeit bereits nach 10 und 30 Min. Spätere Messungen erbrachten keine genauen Werte mehr, da sich dann die Grenze zwischen Plasma und Erythrozyten verwischte. Für die Bestimmung des Hämatokrits wurde das in graduierte Hämatokritröhrchen aufgezogene Blut jeweils 15 Min bei 3000 Umdrehungen pro Min zentrifugiert. Die qualitative Bestimmung der Serum-Eiweiße erfolgte durch Elektrophorese auf Celluloseacetat-Folien (s.a. FLINDT, HEMMER und JAEGER, 1968).

Aus mehreren Pherogrammen wurden für einzelne Jahreszeiten Mittelwertpherogramme errechnet und gezeichnet, indem Laufstrecke und Höhe der Albuminbande jeweils gleich 100 gesetzt und die Laufstrecken und Höhen der übrigen Fraktionen hierauf bezogen wurden.

3. ERGEBNISSE

3.1 ERYTHROZYTENZAHLEN UND HÄMATOKRITWERTE

Die Erythrozytenzahlen wurden an insgesamt 293 Tieren (146 ♀♀ und 147 ♂♂) ermittelt (Tab. 1). ♀♀ und ♂♂ unterscheiden sich in allen Monaten in der Zahl der Erythrozyten/mm³; der Unterschied ist hoch signifikant ($P < 1\%$). Dies Ergebnis bestätigt ältere Untersuchungen (z.B. HEESSEN, 1924; ZEPP, 1923 u.a.), steht jedoch im Widerspruch zu den Werten von HOLZAPFEL (1937), wo ein derartiger Unterschied bestritten wird.

TABELLE 1

Erythrozytenzahlen und Hämatokrit

Monat	Geschlecht	Erythrozyten in 10 000/mm ³		Hämatokrit in Vol. %	
		n	M ± m	n	M ± m
Januar	♂	10	50,8 ± 0,5	9	40,6 ± 0,8
		10	61,7 ± 0,5	8	46,5 ± 0,8
Februar	♂	11	51,0 ± 0,7	10	41,1 ± 0,8
		10	61,7 ± 0,9	10	45,7 ± 0,9
März	♂	11	51,9 ± 1,0	10	37,3 ± 0,9
		11	60,7 ± 1,0	10	41,2 ± 1,1
April	♂	11	40,7 ± 0,9	12	36,8 ± 0,9
		10	50,3 ± 1,1	10	40,6 ± 0,7
Mai	♂	10	27,9 ± 1,1	9	30,8 ± 0,5
		10	40,0 ± 0,8	10	36,7 ± 0,7
Juni	♂	16	30,4 ± 0,9	10	30,7 ± 0,3
		16	39,8 ± 0,6	11	36,7 ± 0,8
Juli	♂	16	38,4 ± 0,6	10	35,5 ± 0,9
		11	51,4 ± 0,8	10	40,4 ± 0,6
August	♂	12	37,0 ± 0,6	10	37,7 ± 0,5
		11	53,4 ± 0,7	10	39,7 ± 0,4
September	♂	13	40,1 ± 0,4	10	37,9 ± 0,5
		13	54,5 ± 0,6	10	40,0 ± 0,6
Oktober	♂	13	41,3 ± 0,3	10	38,7 ± 0,4
		12	58,9 ± 0,4	11	42,0 ± 0,8
November	♂	13	51,3 ± 1,3	13	40,0 ± 0,4
		13	61,6 ± 1,1	11	45,7 ± 0,8
Dezember	♂	10	51,7 ± 0,5	10	40,5 ± 0,5
		10	62,5 ± 0,3	10	46,1 ± 0,9

Das Maximum der Erythrozytenzahlen findet sich bei *Rana temporaria* in den Monaten November bis März, und zwar sowohl für ♂♂ als auch für ♀♀. Die höchsten Werte der ♂♂ erreichen im Dezember 625 000, die der ♀♀ 517 000. Ab Ende März erfolgt eine starke Abnahme der Erythrozytenzahlen, die dann im Mai und Juni ihr Minimum mit 398 000 (♂♂), bzw. 279 000 (♀♀) erreichen. Von Juni ab nehmen die Werte bis zum Winter hin stetig zu. Ein Maximum der Erythrozytenzahlen während der Winterruhe bzw. vor Eintritt der Laichperiode wurde nicht nur für einheimische Anuren (z.B. HEESSEN, 1924; HOLZAPFEL, 1937; LANGE, 1919) gefunden, sondern auch bei dem asiatischen *Bufo melanostictus* (BANERJEE und BANERJEE, 1966) ermittelt. Die hohen Erythrozytenzahlen im Winter könnten ihre Deutung zum Teil in der aus der Humanmedizin bekannten Tatsache, wonach Menschen, welche längere Zeit unter O₂-Mangelbedingungen (z.B. größere Höhen) leben, erhöhte Erythrozytenzahlen aufweisen (z.B. STURM, 1968), finden. Einem vergleichbaren O₂-Mangel sind am Grunde von Gewässern überwinterte Grasfrösche ebenfalls ausgesetzt.

Da der Hämatokrit (HK) sich zur Hauptsache aus den vorhandenen Erythrozyten zusammensetzt, ist es verständlich, daß die Werte für Erythrozyten und HK im Jahreszyklus parallel verlaufen (Tab. 1). Die ♀♀ zeigen demzufolge auch hier signifikant niedrigere Werte als die ♂♂. KAPLAN und CROUSE (1966) beschrieben für *Rana pipiens* den Jahresverlauf des HK und kamen zu dem schwer deutbaren Ergebnis, daß Erythrozytenkurve und HK-Kurve nur zeitweise parallel verlaufen, was zumindest für *Rana temporaria* nicht bestätigt werden kann.

3.2 HÄMOGLOBINGEHALT

Der Hämoglobingehalt des Blutes wurde von 176 ♀♀ und 155 ♂♂ bestimmt. Entsprechend der größeren Erythrozytenzahlen weisen die ♂♂ stets einen signifikant höheren Hämoglobingehalt als die ♀♀ auf. Auch der Hämoglobingehalt unterliegt jahreszeitlichen Schwankungen, die weitgehend den Veränderungen in den Erythrozytenzahlen parallel verlaufen (Abb. 1). Der höchste Hämoglobingehalt wird kurz vor und während der Winterruhe gemessen (Oktober bis April). Er fällt dann bis auf ein Minimum im Mai—Juni, um bis zum Ende des Jahres wieder anzusteigen.

Die aus Erythrozytenzahlen und Hämoglobingehalt zu errechnende Hämoglobinemenge pro Erythrozyt ist im Jahresmittel bei ♀♀ (219 pg) und ♂♂ (210 pg) innerhalb der Fehlergrenzen gleich. Die Hämoglobinemenge pro Erythrozyt bleibt auch innerhalb des Jahres relativ konstant. Obwohl statistisch nicht zu sichern, ergibt sich jedoch sowohl bei den ♀♀ als auch bei den ♂♂ ein Anstieg in den Monaten April bis Juni.

Infolge der Konstanz des Hämoglobingehalts pro Erythrozyt kann die jährliche Schwankung im Gesamthämoglobin auf die unterschiedliche Zahl der Erythrozyten/mm³ zurückgeführt werden.

Ähnliche Schwankungen des Hämoglobingehalts im Jahreszyklus fanden BANERJEE und BANERJEE (1966) bei *Bufo melanostictus*, HOLZAPFEL (1937), KAPLAN und CROUSE (1966) bei *Rana pipiens*, KLIENEGER (1927), LANGE (1919), SCHERMER (1954) und WISMER (1934).

3.3 BLUTZUCKERGEHALT

Blutzuckerbestimmungen wurden an 190 *Rana temporaria* vorgenommen. Eine getrennte Darstellung für ♀♀ und ♂♂ konnte entfallen, da beide Geschlechter gleichen Blutzuckergehalt aufweisen. SCOTT und KLEITMAN (1921) und SMITH (1949) beschreiben

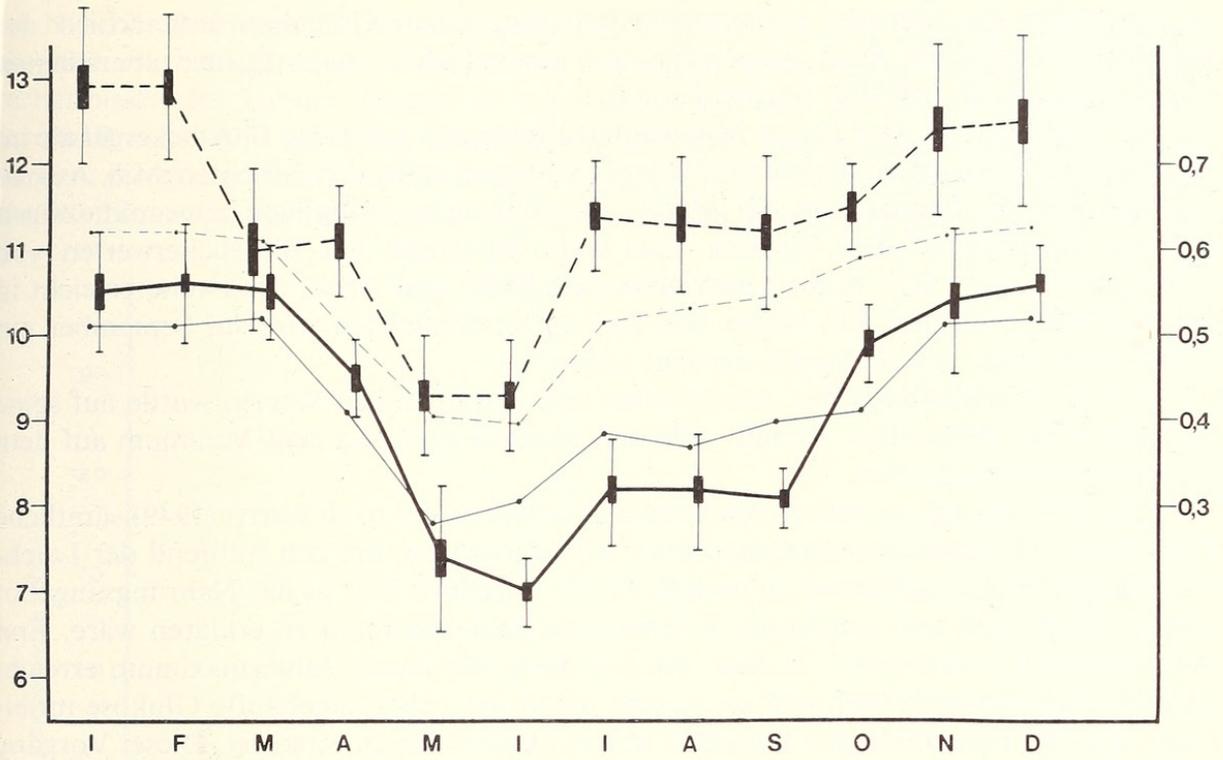


ABB. 1.

Jahreszeitliche Schwankungen des Hämoglobingehalts des Blutes von *Rana temporaria*. Monatliche Mittelwerte mit m (=■) und s (=I), linke Seite der Skala in g%. ♂♂ = gestrichelte Linie. ♀♀ = durchgezogene Linie. Als Vergleich sind die monatlichen Mittelwerte der Erythrozytenzahlen/mm³ (rechte Seite der Skala in 100 000) für die ♂♂ (dünne unterbrochene Linie) und ♀♀ (dünne durchgezogene Linie) mit angegeben.

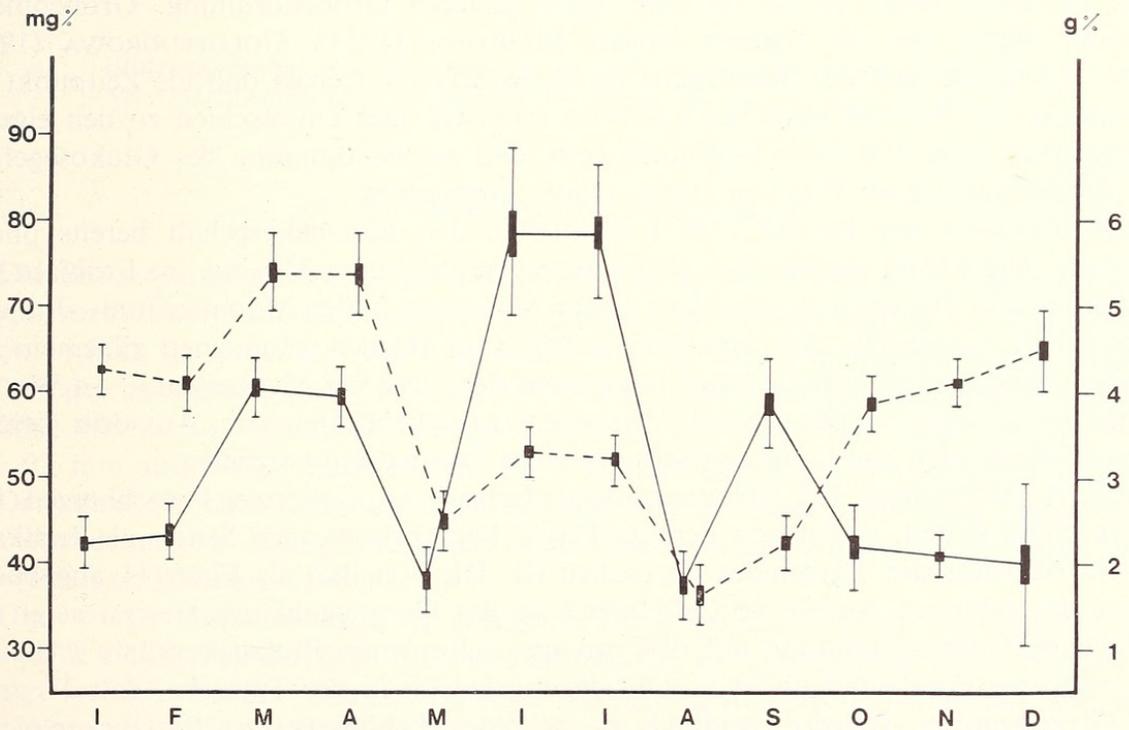


ABB. 2.

Monatliche Mittelwerte des Blutzuckergehalts (linke Skala in mg%, durchgezogene Linie) und des Gesamteiweißes (rechte Skala in g%, unterbrochene Linie) von *Rana temporaria*, Symbole wie Abb. 1.

im Gegensatz zur übrigen vorliegenden Literatur einen Geschlechtsunterschied des Blutzuckerspiegels bei *Rana temporaria*, was zumindest für die von uns untersuchten Populationen nicht bestätigt werden kann.

Im Gegensatz zu den bisher behandelten Blutwerten zeigt der Blutzuckergehalt im Jahreszyklus einen differenzierteren Verlauf. Während er in den Monaten Mai, August und Oktober bis Februar um ein Mittel von 40,3 mg% geringfügig schwankt, zeigen sich im Jahresverlauf drei Maxima. Das erste Maximum mit Blutzuckerwerten von 60,6 und 59,5 mg% fällt in die Laichzeitmonate März und April, das zweite erreicht in den Monaten Juni und Juli Werte von 78,5 mg%. Schließlich wird im September ein drittes Maximum mit 58,7 mg% erreicht (Abb. 2).

Der Unterschied zwischen den Maxima und den niedrigen Werten wurde auf seine Signifikanz mit dem t-Test geprüft. Alle drei Maxima sind von dem Minimum auf dem 1%-Niveau unterschieden.

Das erste Maximum fällt in die Laichzeit, während der nach SMITH (1949) sämtliche Fett- und Glykogendepots im Organismus entleert werden, um den während der Laichzeit anfallenden Energiebedarf zu decken. In der folgenden Zeit ist das Nahrungsangebot klimabedingt noch sehr ungünstig, wodurch das Mai-Minimum zu erklären wäre. Erst mit besserem Futterangebot im Juni und Juli kann das zweite Jahresmaximum erreicht werden. Nach SMITH (1949) wird im August die in der Leber angehäuften Glukose mobilisiert, um die heranreifenden Gonaden mit Aufbaustoffen zu versehen. Dieser Vorgang ließe sich mit dem von uns gefundenen Minimum im August parallelisieren. Nach erfolgter Ausbildung der Geschlechtsprodukte steigt der Blutzuckerspiegel im September noch einmal zum dritten Maximum an, um schließlich in der Zeit der Winterruhe, in der keine Nahrung aufgenommen wird, wieder abzusinken.

Die bisher vorliegenden Angaben zum Blutzuckerspiegel bei Fröschen sind sehr unterschiedlich und widersprüchlich. So ermittelte LOEWITT (1909) zwar ein Minimum im Winter und einen Anstieg im Frühjahr, die von ihm gefundenen Werte von 540 mg% bzw. 810 mg% liegen jedoch in einer ganz anderen Größenordnung. Größenmäßig ähnliche Werte wie die eigenen fanden BLEIBTREU (1911), GOLDFEDOROWA (1926), KATO (1910), als Zeit des Maximums wurde jedoch der Herbst und als Zeitpunkt des Minimums die Wochen nach der Laichzeit ermittelt. Der Unterschied zu den eigenen Werten mag zum Teil darin begründet sein, daß die Bestimmung des Glukosegehalts mit der Methode nach PFLÜGER (1906) relativ ungenau ist.

BERGERHOFF und HANKE (1967) ermittelten den Blutzuckergehalt bereits photometrisch. Ihre Daten weisen zwei, den eigenen vergleichbare Maxima im Frühjahr und September auf, das von uns gefundene starke Maximum in den Monaten Juni—Juli wird jedoch nicht dargestellt. Die von BERGERHOFF und HANKE gefundenen allgemein niedrigeren Werte mögen auf die lange Hungerzeit der Tiere vor Meßbeginn (3—4 Wochen gegenüber 3 Tagen bei den eigenen Versuchen) zurückzuführen sein. Aus dem gleichen Grund könnte sich das Sommermaximum einer Darstellung entziehen.

SMITH (1951) fand bei Frequenzuntersuchungen an isolierten Froschherzen fünf verschiedene Typen, von denen der als Typ C klassifizierte nach SMITH als Indikator für die Aktivität der Thyreoidea anzusehen ist. Die von ihm als Figur 11 abgebildete Kurve der relativen Anteile von C-Herzen an der Gesamtzahl der Herzen zeigt eine auffallende Übereinstimmung mit der von uns gefundenen Blutzuckerkurve (Abb. 2). Die erwähnte Parallelität findet ihre Erklärung jedoch in der Tatsache, daß Thyroxin die Glykogenolyse steigert, wodurch es zu einer Erhöhung des Blutzuckerspiegels kommt (z.B. REIN-SCHNEIDER, 1971).

Der Blutzuckergehalt überwinterner Frösche mußte unmittelbar nach Einbringen der Tiere ins Labor bestimmt werden, da es sich herausstellte, daß der Blutzuckerspiegel

bei höheren Temperaturen sofort anstieg (Abb. 3). Wintertiere, deren Blutzuckergehalt ca. 40 mg% betrug, wiesen bereits nach 5 Stunden unter den günstigen Temperaturverhältnissen des Labors doppelt so hohe Werte auf. Eine ähnliche Feststellung hatte bereits BANG (1913) getroffen. Hierin kann u.U. eine ökologische Anpassung gesehen werden, die es den Grasfröschen als ausgesprochen früh im Jahr laichender Art gestattet, unmittelbar nach Verlassen der Winterquartiere am Laichplatz voll aktiv zu werden.

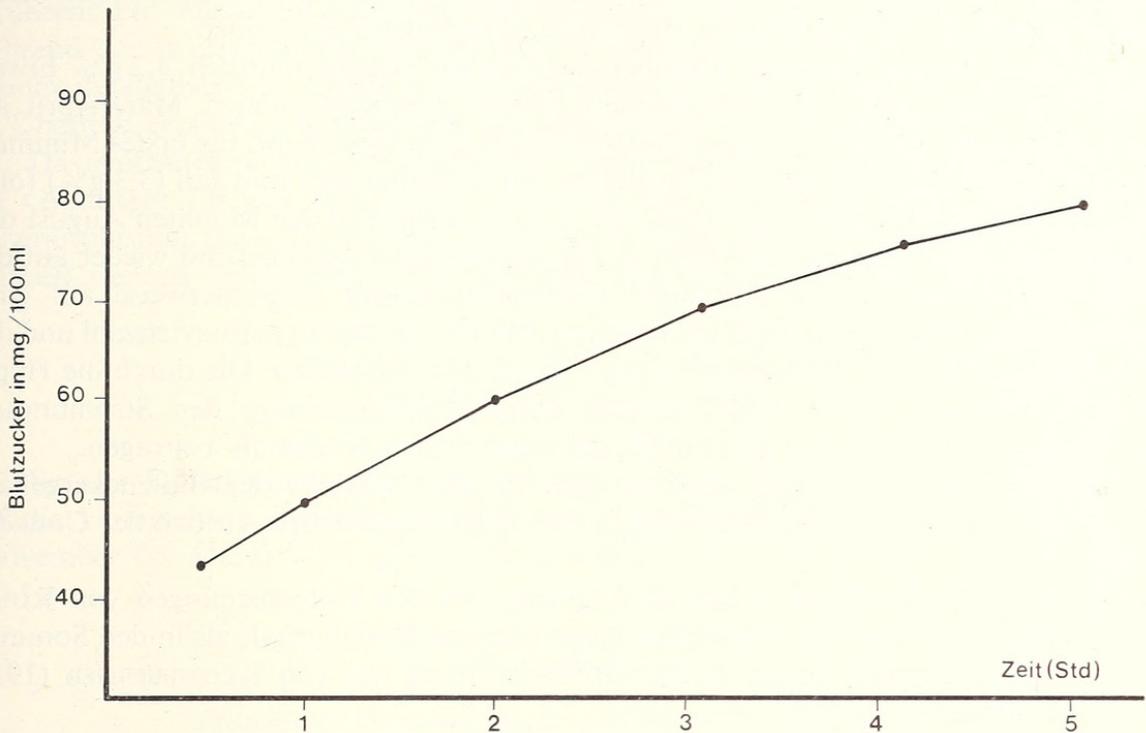


ABB. 3.

Blutzuckergehalt von Wintertieren in mg% in zeitlicher Abhängigkeit vom Meßbeginn nach Entnahme des Tieres aus dem Winterquartier.

3.4 BLUTSENKUNGSGESCHWINDIGKEIT

Die Blutsenkungsgeschwindigkeit (BSG) wurde an 80 ♀♀ und 87 ♂♂ bestimmt. Es wurden nur Winter- und Sommertiere verglichen. Im Winter beträgt die BSG beim ♀ nach 10 Min $1,6 \pm 0,1$ mm, nach 30 Min $4,9 \pm 0,2$ mm. Die entsprechenden Werte der ♂♂ liegen bei $1,2 \pm 0,1$ mm, bzw. $4,0 \pm 0,5$ mm. Im Sommer zeigt sich eine Erhöhung der BSG-Werte. So weisen die ♀♀ nach 10 Min $1,9 \pm 0,05$ mm und nach 30 Min $5,7 \pm 0,1$ mm auf, die ♂♂ nach 10 Min $1,8 \pm 0,1$ mm und nach 30 Min $4,9 \pm 0,2$ mm.

Die jahreszeitlichen Schwankungen der BSG waren bisher noch nicht Gegenstand von Untersuchungen, es liegen lediglich vergleichbare Einzelbefunde von CHERIAN und VASU (1960) und WISMER (1934) vor.

Die von der Humanmedizin her bekannte Tatsache, daß sich bei Verringerung der Bluteiweiße die BSG erhöht (z.B. REIN und SCHNEIDER, 1971) konnte für *Rana temporaria* bestätigt werden. In den Sommermonaten mit geringem Serumeiweißgehalt war die BSG höher als in den Wintermonaten, in denen hohe Eiweißwerte ermittelt wurden (s. Kap. Eiweiß). Nach diesem Prinzip ist allerdings der zwischen ♀♀ und ♂♂ ermittelte Unterschied nicht deutbar, da ♀♀ und ♂♂ keine von einander abweichende Bluteiweißwerte aufweisen (s.u.).

3.5 GESAMTEIWEISS

Das Ergebnis der Gesamteiweißbestimmungen des Blutes von 182 Grasfröschen ist in Abbildung 2 zusammengefaßt. Wie beim Blutzucker konnte kein Unterschied zwischen den Werten der ♀♀ und ♂♂ festgestellt werden. Im jahreszeitlichen Wechsel des Eiweißgehalts ergibt sich ebenfalls kein einfacher Unterschied von Winter- und Sommertieren, sondern wir finden Schwankungen, die stärker differenziert erscheinen.

Nachdem in den Monaten Oktober bis Februar durchschnittlich 4,2 g% Eiweiß gemessen werden, steigt der Eiweißgehalt in den Laichzeitmonaten März/April auf 5,3 g%. Der Unterschied zwischen diesen Werten ist hoch signifikant. Ein erstes Minimum tritt im Mai auf (2,5 g%), dem ein Anstieg in den Monaten Juni und Juli (3,3 g%) folgt. Das stärkste Minimum mit nur 1,6 g% bzw. 2,3 g% konnte in den Monaten August und September ermittelt werden, von dem aus der Eiweißgehalt anschließend wieder auf den Winterwert ansteigt. Der relativ hohe Winterwert beruht möglicherweise auf einer Hypohydrämie; dies würde auch im Einklang mit der großen Erythrozytenzahl und den hohen Hämatokrit- und Hämoglobinwerten dieser Monate stehen. Die durch die Hypohydrämie bedingte Hypovolämie könnte durch Verlangsamung der Strömungsgeschwindigkeit des Blutes zur Ökonomie des winterlichen Kreislaufs beitragen.

Das Minimum im Herbst, das zur gleichen Zeit wie das des Blutzuckergehalts auftritt, dürfte ebenfalls seine Erklärung in dem spätsommerlichen Aufbau der Gonaden finden.

Die eigenen Messungen stehen im Einklang mit den Untersuchungen von RUHRMANN (1955), der in den Wintermonaten einen höheren Eiweißgehalt als in den Sommermonaten ermittelte, und liegen in der Größenordnung des von KLIENEGER (1927) gemessenen Wertes (4,6 g%).

3.6 QUALITATIVE EIWEISSBESTIMMUNG

Die Serumeiweiße von je 10 Tieren der Sommer-, Winter- und Laichzeitmonate wurden mittels Cellogel-Elektrophorese dargestellt. Die Vermessung der einzelnen Fraktionen und die densitometrische Auswertung ergab, der Klassifizierung von WIELAND

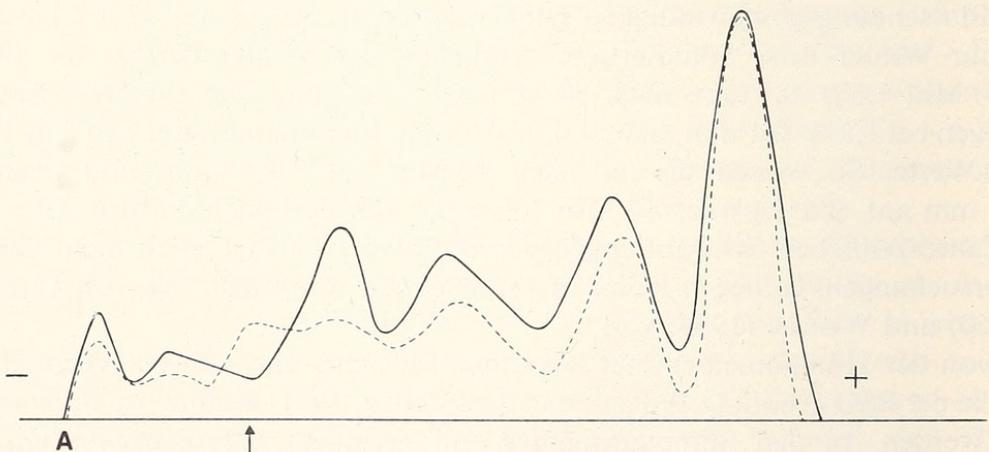


ABB. 4.

Densitometrische Auswertung der Serumeiweißbilder. Mittelwertpherogramme (s. Material und Methode) von Grasfröschen der Sommermonate (durchgezogene Linie) und der Laichzeit (gepunktete Linie). A = Auftragestelle, Pfeil = zusätzliche Fraktion während der Laichzeit.

und DOSE (1954, Papierelektrophorese) folgend, in den Sommer- und Wintermonaten je eine Albuminbande und 5 Globulinfraktionen. Während der Laichzeit findet sich darüber hinaus eine weitere Globulinfraktion (Abb. 3, Pfeil).

Die mit dieser Methode ermittelten Ergebnisse lassen sich mit den Werten der quantitativen Eiweißbestimmung gut parallelisieren. Der hohe Eiweißgehalt während der Laichzeit und den Wintermonaten ist neben der oben erwähnten Hypohydramie wenigstens zum Teil auf das zusätzliche Auftreten dieser Globulinfraktion zurückzuführen. Ein ähnliches Ergebnis fanden ROGGE und SEGAL (1968) bei Vögeln, wo während der Brutstimmung ebenfalls eine zusätzliche Serumfraktion im Elektropherogramm darstellbar war. Nach ROGGE und SEGAL werden die während der Brutperiode im Überfluß gebildeten Hormone an die betreffenden Eiweiße gebunden.

Das Auftreten einer zusätzlichen Fraktion während der Laichzeit könnte u.U. auch die Grundlage für das mit gleicher Methode gefundene Vorkommen eines Proteinpolymorphismus (FLINDT, HEMMER und JAEGER, 1968) sein, da die Laufstrecken und die Stärken der zu vergleichenden Fraktionen sich größenordnungsmäßig entsprechen.

3.7 DIFFERENTIALBLUTBILD

Bei der Differentialdiagnose der Leukozyten von 210 Tieren wurde hauptsächlich auf die Unterschiede zwischen den Sommer- (April bis Oktober) und Wintermonaten (November bis März) Wert gelegt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefaßt.

TABELLE 2

Prozentuale Verteilung der Leukozyten bei Rana temporaria

Form	Sommermonate		Wintermonate	
	♀	♂	♀	♂
Stabkernige				
neutrophile	14,2 ± 2,0	21,4 ± 1,2	5,7 ± 0,5	5,0 ± 0,6
basophile	16,2 ± 2,6	14,6 ± 3,3	3,4 ± 0,5	3,5 ± 0,5
eosinophile	1,5 ± 0,3	1,2 ± 0,4	1,2 ± 0,3	1,0 ± 0,3
Segmentkernige				
neutrophile	12,5 ± 2,8	15,0 ± 3,4	30,7 ± 1,2	30,0 ± 1,0
basophile	14,3 ± 2,3	8,0 ± 1,7	4,0 ± 0,5	4,3 ± 0,4
eosinophile	1,3 ± 0,5	1,1 ± 0,4	2,1 ± 0,3	2,5 ± 0,5
Lymphozyten	38,0 ± 1,7	37,2 ± 2,2	48,8 ± 1,2	52,0 ± 2,0
Monozyten	2,0 ± 0,7	1,8 ± 0,8	2,1 ± 0,4	1,7 ± 0,4

Es zeigt sich, daß bei den prozentualen Anteilen der berücksichtigten Leukozytenformen keine Geschlechtsunterschiede bestehen. Hoch signifikante Unterschiede ($P < 1\%$) ergeben sich jedoch bei manchen Leukozytenformen zwischen Sommer- und Wintertieren. Hier fällt besonders die starke Abnahme der stabkernigen Leukozyten und gekoppelt damit die Zunahme der segmentkernigen im Winter auf. Selbst die durchweg

nur in geringen Prozentzahlen vorhandenen eosinophilen Leukozyten machen hiervon keine Ausnahme. Weiterhin kommt es bei ♀♀ und ♂♂ zu einer Zunahme des relativen Anteils an Lymphozyten im Winter.

Aus der starken Abnahme der stabkernigen Leukozyten (= Jugendformen) im Winter ist zu schließen, daß wahrscheinlich während der Winterruhe nur eine geringfügige Neubildung an Leukozyten erfolgt und daß zunehmend stabkernige Formen in segmentkernige überführt werden. Erst im Frühjahr käme es dann wieder zur Neubildung von Leukozyten, was sich im Ansteigen der relativen Häufigkeit der stabkernigen Formen manifestiert.

Außer bei MOORE (1964), wo jahreszeitliche Schwankungen der Leukozytenzahlen erwähnt werden, differentialdiagnostische Angaben jedoch fehlen, ist das Problem der Schwankungen in der relativen Häufigkeit einzelner Formen bisher nicht untersucht worden. Dagegen gibt es eine Vielzahl von Untersuchungen über die Blutzellen bei Amphibien mit zum Teil sehr unterschiedlichen Zahlenangaben (z.B. ALDER und HUBER, 1923; DEKHUYZEN, 1892; KLIENEGER, 1927; PENTIMALLI, 1909; SCHERMER, 1954). Da aber Angaben über das Datum der einzelnen Untersuchungen fehlen, sind diese Werte weder untereinander noch mit den eigenen Ergebnissen vergleichbar.

4. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß hinsichtlich der Hämatologie nicht allein von „Winterfröschen“ oder „Sommerfröschen“ gesprochen werden kann, sondern daß viele Blutwerte häufigere Schwankungen aufweisen. Hier kommen vor allem die Blutzucker- und Eiweißwerte in Betracht, die nicht nur einen Sommer- Winter-Rhythmus zeigen, sondern auch stark von jahreszeitlichen Änderungen in der Lebensweise der Frösche abhängig erscheinen. Dabei machen sich der Übergang vom Land- zum Wasserleben, die Fortpflanzungsperiode und die Gonadenregeneration im Herbst deutlich bemerkbar.

Zwar ließ sich, wie gezeigt werden konnte, ein signifikanter Unterschied zwischen Winter- und Sommerwerten bei allen Anteilen darstellen, am eindeutigsten fand sich jedoch für alle Werte ein Minimum im Frühjahr, was darauf hindeutet, daß der Übergang von der Überwinterung im Wasser zum Landleben und die anschließende Laichzeit starke physiologische Veränderungen nach sich ziehen. Ein ähnliches Absinken von Werten fanden auch HEESSEN (1924), KAPLAN und CROUSE (1966) und LANGE (1919).

Die relativ hohen Sommerwerte aller untersuchter Blutanteile können wahrscheinlich auf die günstigen jahreszeitlichen Bedingungen zurückgeführt werden, genau wie das Absinken der Werte im Herbst auf die starke Energie- und Substanzforderung während der dann einsetzenden Gonadenregeneration.

Die hohen Winterwerte einiger Anteile (Eiweiß, Erythrozyten, HK, Hb) wurden bereits oben als eine Hypohydramie gedeutet. Diese müßte allerdings hormonell bedingt und gesteuert sein, da die von uns untersuchten Tiere im Wasser überwinterten, so daß eine passive Exsikkose nicht in Frage kommt.

Die meisten Untersuchungen über das Blut der Amphibien berücksichtigen jahreszeitliche Schwankungen nicht. Selbst so ausführliche Darstellungen wie die von KLIENEGER (1927) und SCHERMER (1954) enthalten keine Angaben über die Zeit, in der die jeweiligen Werte ermittelt wurden. Da jedoch die einzelnen Blutwerte erheblichen jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen sind — bei den Erythrozytenzahlen z.B. mehr als 100% — ist es wenig sinnvoll, Zahlenangaben zu einzelnen Blutanteilen zu machen, ohne die jeweilige Untersuchungszeit mit anzugeben.

ZUSAMMENFASSUNG

An einer größeren Zahl von *Rana temporaria* wurden ein Jahr lang monatlich Blutwerte (Erythrozytenzahl/mm³, Hämatokritwerte, Hämoglobingehalt, Hämoglobinnmenge pro Erythrozyt, Blutzuckerspiegel, Blutsenkungsgeschwindigkeit, Gesamteiweiß, qualitative Bestimmung der Serumeiweiße und Differentialblutbild) dargestellt. Es konnte gezeigt werden, daß nicht nur Unterschiede zwischen Sommer- und Wintertieren bestehen, sondern daß die Schwankungen der einzelnen Werte vielfältiger sind. Die Ergebnisse werden im Hinblick auf ihre Beziehung zu jahreszeitlichen Änderungen in der Lebensweise der Tiere diskutiert.

RÉSUMÉ

Les variations mensuelles des constituants sanguins ont été étudiées pendant un an sur un grand nombre de *Rana temporaria* (le nombre d'érythrocytes/mm³, les valeurs d'hématocrit, la concentration d'hémoglobine, la quantité par érythrocytes, le taux de glycémie, la vitesse de sédimentation du sang, l'albumine totale, la détermination qualitative du serum d'albumine et un hémogramme différentiel).

On a pu démontrer qu'il n'existe pas seulement des différences entre les individus en été et en hiver, mais que les variations des différentes valeurs sont multiples. Les résultats sont discutés en fonction des variations saisonnière de la vie de ces batraciens.

LITERATURVERZEICHNIS

- ADLER, A. und E. HUBER, 1923. Untersuchungen über Blutzellen und Zellbildung bei Amphibien und Reptilien. *Folia haemat.* 29: 1-22.
- BANERJEE, M. und V. BANERJEE. 1966. Seasonal variation of erythrocyte number and hemoglobin content in the common Indian toad *Bufo melanostictus*. *Proc. Zool. Soc., Calcutta* 19: 173-178.
- BANG, I. 1913. Der Blutzucker. *Bergmann, Wiesbaden*.
- BERGERHOFF, K. und W. HANKE. 1967. Die Regulation des Kohlenhydratstoffwechsels durch Nebennierenhormone bei Anuren und Fischen. *Zool. Anz., Suppl.* 31: 530-541.
- BLEIBTREU, M. 1911. Weitere Untersuchungen über das Verhalten des Glykogens im Eierstock. *Pflügers Arch. ges. Physiol.* 141: 328-342.
- BUDDENBROCK, W. von. 1967. Vergleichende Physiologie. Bd. 6. Blut und Herz. *Birkhäuser, Basel*.
- BURMEISTER, J. und A. BECKMANN. 1966. Der Einfluß von UV- Bestrahlung auf Leukozytenanhänge, weißes Blutbild und Pigmentierung von *Rana ridibunda*. *Folia haemat.* 86: 148-152.
- CHERIAN, A.G. und B.S. VASU. 1960. A note on the hemoglobin content and sedimentation rate in blood of frog. *Zool. Anz.* 167: 163-166.
- DEKHUYZEN, M.C. 1892. Über das Blut der Amphibien. *Anat. Anz. Ergänzungsheft* 7: 90-103.
- FLINDT, R., H. HEMMER, und R. JAEGER. 1968. Das Serumeiweißbild mitteleuropäischer Anuren. *Zool. Jb. Physiol.* 74: 155-163.
- FRIMBERGER, F. 1968. Kombinierte Blutsenkung, eine Fortentwicklung der Westergreen Methode. *Med. Wochenschr.* 45: 155-163.
- GAULE, J. 1901. Veränderungen des Froschorganismus (*Rana esculenta*) während des Jahres. *Pflügers Arch. ges. Physiol.* 87: 473-537.
- GEISSELMANN, B., R. FLINDT, und H. HEMMER. 1971. Studien zur Biologie, Ökologie und Merkmalsvariabilität der beiden Braunfroscharten *Rana temporaria* L. und *Rana dalmatina* Bonaparte. *Zool. Jb. Syst.* 98: 521-568.

- GOLDFEDOROWA, A. 1926. Le glycogène au cours de l'ontogénese de la grenouille et sous l'influence des saisons. *C. Séanc. Soc. Biol.* 95: 801-804.
- HEESEN, W. 1924. Über die Zahlenverhältnisse der roten und weißen Blutkörperchen der heimischen Amphibien im Wechsel der Jahreszeiten. *Z. vergl. Physiol.* 1: 500-516.
- HOLZAPFEL, R.A. 1937. The cyclic character of hibernation in the frogs. *Q. Rev. Biol.* 12: 65-84.
- KAPLAN, H.M. and G.T. CROUSE. 1966. Blood changes underlying the seasonal resistance of frogs to disease. *Copeia* (1966): 52-54.
- KAPLAN, H.M., W.M. PRESLEY and W.H. PARIS. 1953. Factors influencing the packed cell volume of the frog blood. *Trans. Ill. Acad. Sci.* 46: 203-207.
- KATO, K. 1910 Concerning the glycogene content of frog ovaries at different times of the year. *Pflügers Arch. ges. Physiol.* 132: 545-579.
- KLIENEBERGER, C. 1927. Die Blutmorphologie der Laboratoriumstiere. 2. Aufl. *Leipzig*.
- LANGE, W. 1919. Untersuchungen über Hämoglobingehalt, die Zahl und die Größe der roten Blutkörperchen mit besonderer Berücksichtigung der Domestikationseinwirkung. *Zool. Jb. Physiol.* 36: 657-698.
- LOEWITT, M. 1909. Diabetesstudien. I. Der Kältediabetes beim Frosche. Ein Beitrag zur Kenntnis der Kältewirkung bei Winter- und Sommerfröschen. *Arch. exp. Path. Pharmakol.* 60: 1-41.
- MOORE, J.A. 1964. Physiology of the Amphibia. *Academic Press, New York London*.
- NÖLLER, H.G. 1959. Eine einfache Technik der Blutentnahme beim Frosch. *Pflügers Arch. ges. Physiol.* 269: 98-100.
- PENTIMALLI, F. 1909. Über die Zahlenverhältnisse der weißen Blutkörperchen bei den Amphibien in verschiedenen Zuständen. *Int. Mschr. Anat. Physiol.* 26: 206-222.
- REIN H. und M. SCHNEIDER. 1971. Einführung in die Physiologie des Menschen. 16. Aufl., *Springer, Berlin, Heidelberg, New York*.
- ROGGE, D. und L. SEGAL. 1968. Veränderungen an Vogelseren in Abhängigkeit von der Reproduktionsphase. *Biol. Zbl.* 87: 343-352.
- RUHRMANN, G. 1955. Vergleichende morphologische und physiologische Untersuchungen zur experimentellen Dys-Proteinanämie an Winter- und Sommerfröschen. *Virchows Arch.* 327: 366-390.
- SCHERMER, S. 1954. Die Blutmorphologie der Laboratoriumstiere. *Barth, Leipzig*.
- SCOTT, E.L. and N. KLEITMAN. 1921. Sugar in the blood of the common frog. *Am. J. Physiol.* 55: 355-361.
- SMITH, C.L. 1949. Seasonal changes in blood sugar, fat body, liver glycogen and gonads in the common frog, *Rana temporaria*. *J. Exp. Biol.* 26: 412-429.
- SMITH, C.L. 1951. The temperature-pulse rate curve of the isolated frog's heart (*Rana temporaria*). *J. Exp. Biol.* 28: 141-164.
- STURM, A. 1968. Grundbegriffe der inneren Medizin und Neurologie. *Fischer, Stuttgart*.
- WIELAND, H. und K. DOSE. 1954. Veränderungen der Proteinverteilung im Blutserum bei der Amanitinvergiftung. *Biochem. Z.* 325: 439-447.
- WISMER, H. 1934. Untersuchungen über die physikalischen Elemente des Blutes von *Rana temporaria*. *Biologia gen.* 10: 1-16.
- ZEPP, P. 1923. Beiträge zu vergleichenden Untersuchungen hier heimischer Froscharten. *Z. Anat. Entwgesch.* 69: 84-180.

Anschrift der Verfasser :

Doz. Dr. R. Flindt
 Pädagogische Hochschule
 714 Ludwigsburg
 Fach Biologie
 Deutschland



Flindt, R and Gimbel, M. 1975. "SEASONAL CHANGES IN THE BLOOD VALUES OF RANA-TEMPORARIA." *Revue suisse de zoologie* 82, 207-218.

<https://doi.org/10.5962/bhl.part.78262>.

View This Item Online: <https://www.biodiversitylibrary.org/item/127363>

DOI: <https://doi.org/10.5962/bhl.part.78262>

Permalink: <https://www.biodiversitylibrary.org/partpdf/78262>

Holding Institution

Smithsonian Libraries and Archives

Sponsored by

Biodiversity Heritage Library

Copyright & Reuse

Copyright Status: In Copyright. Digitized with the permission of the rights holder.

Rights Holder: Muséum d'histoire naturelle - Ville de Genève

License: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Rights: <https://www.biodiversitylibrary.org/permissions/>

This document was created from content at the **Biodiversity Heritage Library**, the world's largest open access digital library for biodiversity literature and archives. Visit BHL at <https://www.biodiversitylibrary.org>.