Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.

Wirkung von Schlangengiften auf Leben und Silberliniensystem von Infusorien.

Von

Bruno M. Klein (St. Andrä-Wördern, Nieder-Österreich).

Mit Tafel 11.

In einer Reihe früherer Arbeiten (Klein (14, 15), Klein u. Missriegler (17)) untersuchte ich die Reaktionen des Silberlinien- oder neuroformativen Systems (Klein (2—13)) lebender Infusorien auf verschiedene Schädlichkeiten chemischer und physikalischer Natur. Es zeigte sich, daß das Silberliniensystem auf alle Schädlichkeiten mit strukturellen oder formativen Reaktionen oder beiden antwortet bzw. von der anderen Seite gesehen, daß die Tiere entsprechende, mehr oder weniger starke, oft tödliche Ausfallserscheinungen in ihrem lebendigen Verhalten aufweisen.

Da Schlangengift in äußerst geringen Dosen nicht nur auf Beutetiere und Menschen in höchstem Grade schädlich bzw. tödlich wirkt, sondern eine schädliche bzw. tödliche Wirkung auch auf Einzeller und Einzelzellen (Pawlowsky (20), Kraus-Werner (19)) ausübt, versuchte ich festzustellen, wie das Silberliniensystem von Einzellern, und zwar von Infusorien, durch dieses Gift verändert wird, d. h. welche strukturellen und formativen Reaktionen (Klein (14, 15)) es auf dieses Gift gibt und welche Ausfallserscheinungen dabei im Leben der betreffenden Tiere auftreten.

Da die Wirksamkeit des Schlangengiftes von verschiedenen Zuständen der betreffenden Schlangen abhängig ist, wie Ernährungs-, Häutungs- bzw. allgemeinem Gesundheitszustand, so verwendete ich nicht Gifte von längere Zeit in Europa, in Terrarien gefangen gehaltenen, in solchen unnatürlichen Verhältnissen nicht mehr voll-

gesunden Tieren, sondern nur Gifte, die von frisch gefangenen, vollwertigen Tieren in ihrem Heimatlande entnommen wurden.

Das Gift der javanischen Kobra oder Speischlange, *Naja naja sputatrix* Boie, dasjenige der Pamahschlange, *Bungarus fasciatus* Schn. (Java) und der Kettenviper, *Vipera russelli* Shaw (Java) sammelte für mich, 1935/36, in liebenswürdigster Weise Herr Dr. F. Kopstein, Java, wofür ich ihm auch hier bestens danken möchte.

Die Gifte südamerikanischer Schlangen, *Crotalus terrificus* Laur., Schauerklapperschlange und *Bothrops jararaca* Wied., einer Lanzenschlange, bekam ich, durch freundliche Vermittlung von Herrn Dr. Otto v. Wettstein, aus dem serotherapeutischen Institut in Butantan, Brasilien.

Sämtliche Gifte erhielt ich in gut gtrocknetem Zustand, in welchem sie, ohne an Wirksamkeit zu verlieren, fast unbegrenzt haltbar sind (Faust (1), Taschenberg (22), Pawlowsky (20)). Die Lösung des Trockenrückstandes in destilliertem Wasser übt in ursprünglicher Stärke alle Wirkungen des nativen Giftes aus.

Zur Charakterisierung des Schlangengiftes als Agens kann hier nur das zum Verständnis der betreffenden Sachlage Allernötigste gesagt werden. Für alles Weitere muß auf das diesbezügliche Schrifttum (zusammenfassende Arbeiten: Faust (1), Kraus-Werner (19), Pawlowsky (20), Phisalix (21), Taschenberg (22), dort weitere Literaturangaben) verwiesen werden.

Das Schlangengift ist toxikologisch nicht einheitlich, d. h. es ist weder bei allen Arten gleich noch ist seine Wirksamkeit durch eine einzelne, chemisch gut charakterisierbare Substanz bedingt. Es ist vielmehr ein Gemisch verschiedener, verschieden wirksamer Stoffe. Es setzt sich aus proteolytischen Fibrin- und Antifibrinfermenten, Cytolysinen, Agglutininen, antibakteriziden Stoffen und ein oder mehreren Neurotoxinen zusammen, besteht also aus einer auf das Blut und einer auf das Nervensystem wirkenden Gruppe von Stoffen.

Im Gift der *Colubridae* (Nattern) überwiegen die Neurotoxine, im Gift der *Viperidae* (Vipern) die Blutgifte. Dementsprechend sind die Bißwirkungen verschieden (Pawlowsky (20); Kopstein (18)).

Die erste Gruppe wird hier vertreten durch die javanische Cobra, *Naja naja sputatrix* Boie und *Bungarus fasciatus* Schn. (Java), die zweite Gruppe durch *Vipera russelli* Shaw (Java), *Bothrops jararaca* Wied. (Brasilien) und *Crotalus terrificus* Laur. (Brasilien).

Auf Grund fast aller seiner Bestandteile kann das Schlangengift auch auf Einzeller und Einzelzellen wirken, so z. B. auf Zellen der Leber, der Niere, der Milz, auf Nervenzellen, Spermatozoide, auf Eier von Fischen, Fröschen, Gliedertieren, Würmern, Stachelhäutern (besonders das Gift der Cobra). Leukocyten werden durch Schlangengift entweder zuerst verklebt und dann gelöst oder unmittelbar gelöst.

Wie Schlangengift auf Infusorien und deren Silberliniensystem wirkt, wäre hier nun festzustellen. Die bei dieser Gelegenheit auftretenden strukturellen und formativen Zustände bzw. Reaktionen des Silberliniensystems werden in der Art bezeichnet, wie dies früher (Klein (14, 15)) geschehen ist. In dieser Hinsicht muß auf die eben angezogenen Arbeiten verwiesen werden, da es zu weit führen würde, die betreffenden, dort ausführlich dargelegten Begriffe, hier neuerlich zu entwickeln. Übrigens dürfte es durch die Zusammenhänge immer klar werden, was diesbezüglich gegebenenfalls gemeint ist.

Über Versuchsbedingungen und Darstellungsmethode nun kurz noch folgendes. Vor Durchführung der Versuche wurden die betreffenden Gifte im Mäuseversuch auf ihre tatsächlich erhaltene Wirksamkeit geprüft. Zu den Versuchen wurde das trockene Gift in einer entsprechenden Menge destillierten Wassers gelöst. Die Stärke der Konzentration ist in Gewichtsprozenten Trockensubstanz angegeben. Das Verhältnis dieses Konzentrationsgrades zur Konzentration des nativen Giftes ergibt sich nach der Tatsache, daß die Trockensubstanz im nativen Gift 20—38 Proz., also durchschnittlich rund $^1/_3$ beträgt. Zu jeder Versuchsreihe wurden Traggläser mit Giftlösung beschickt und in diesen Tropfen die betreffenden Infusorien eingesetzt: Dann Lebendbeobachtung bzw. in den Zwischenzeiten in der feuchten Kammer im Dunkeln. Nach Ablauf der jeweiligen Versuchszeit wurden die Tiere auf dem Tragglas entquollen, was ziemlich rasch vor sich ging, da Schlangengiftlösungen rasch trocknen. Nachher erfolgte die Versilberung nach der von mir angegebenen und ständig für diese Zwecke benutzten Methode (Klein (2—13; Klein u. Missriegler (16)). Jeder Versuch wurde mit mindestens zehn Gläsern gemacht und auch die entsprechenden Kontrollpräparate ohne Gift angelegt, um nach Ablauf der Versuchszeit sowohl für die Lebend- als auch für die Silberbefunde Vergleichsmöglichkeiten zu besitzen.

Die beigegebenen Bilder mögen die beschriebenen Veränderungen am Silberliniensystem in einigen charakteristischen Fällen anschaulich machen.

A. Gift der Colubridae.

1. *Naja naja sputatrix* Boie.

Zu den folgenden Versuchen wurden zwei Kulturen verwendet, weil jede derselben andere Tiere enthielt. In Kultur 1 lebte *Euplotes*, *Paramaecium*, *Colpidium colpoda* und *Cyclidium* (in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit aufgezählt), in Kultur 2 hingegen nur massenhaft *Colpidium campylum* Stockes.

Giftkonzentration 4 Proz. (entspricht etwa der achtfachen Verdünnung des nativen Giftes).

Lebendbefund: Kultur 1: Sämtliche Tiere werden fast augenblicklich bewegungslos. Es ist an ihnen kein Lebenszeichen mehr zu bemerken, weder an Bewegungsorganellen noch an Vakuolen oder anderem. Die Tiere sind abgestorben, ohne ihre Form verändert zu haben. Sie zerfließen nicht, werden nicht gelöst, werden nur trüber im Innern. Bei *Euplotes* ist unmittelbar nach dem Einbringen in das Gift noch normale Cirrenbewegung zu sehen, die aber rasch gehemmt wird, um etwa nach 2—3 Sekunden ganz aufzuhören. Nach dieser Zeit stehen die Cirren starr am Körper ab, ohne zu zerfließen. Die Bewegung wurde in dieser kurzen Zeit vollständig gelähmt.

Kultur 2: Es tritt augenblickliche Lähmung und Tod ein.

Silberbefund: (Entquellung sofort nach dem Absterben der Tiere). Kultur 1: Sämtliche Tiere sind homogenisiert, erscheinen durchaus braun gefärbt. Bei *Euplotes* heben sich hier und da die Basalkörner der adoralen Zone als wulstige Bildungen andeutungsweise ohne alle Einzelheiten und ohne jeden Farbkontrast ab. Vom Silberliniensystem keine Spur mehr. Form der Tiere verhältnismäßig gut erhalten. Ihre Kontur meist relativ scharf. Kultur 2: Dieselben Befunde, nur fällt die Bemerkung über die Basalkörner der adoralen Zone natürlich aus.

Giftkonzentration 2 Proz. (entspricht etwa der 16fachen Verdünnung des nativen Giftes).

Lebendbefund: Kultur 1 und 2: alles fast augenblicklich tot, im übrigen wie vorher.

Silberbefund: Kultur 1 und 2: wie vorher.

Giftkonzentration 1 Proz. (entspricht etwa der 32fachen Verdünnung des nativen Giftes).

Lebendbefund: Kultur 1: *Cyclidium* springt noch etliche Sekunden ganz normal. Die übrigen Tiere verhalten sich wie früher. Kultur 2: fast sofortige Lähmung und Tod.

Silberbefund: Kultur 1 und 2: Die homogenisierten Tiere auch mehr oder weniger stark vakuolisiert. Ihre Kontur meist unscharf.

Giftkonzentration 0,5 Proz. (entspricht etwa der 64fachen Verdünnung des nativen Giftes).

Lebendbefund: Kultur 1 und 2: wie vorhin.

Silberbefund: Kultur 1 und 2: wie vorher.

Giftkonzentration 0,25 Proz. (entspricht etwa der 128fachen Verdünnung des nativen Giftes).

Lebendbefund: Kultur 1: Die Cirren von *Euplotes* bewegen sich schon etwas länger, bevor Lähmung und Tod eintritt. Auch *Cyclidium* springt schon Sekunden länger, während *Paramaecium* und *Colpidium colpoda*, wie bei den früheren Konzentration, fast sofort absterben. Kultur 2: Fast alle Tiere bewegen sich noch 30—50 Sekunden, bevor Lähmung und Tod eintritt.

Silberbefund: Kultur 1: wie vorher.

Kultur 2: Unter der großen Masse der gleichmäßig gebräunten, homogenisierten und vakuolisierten Tiere (Taf. 11 Fig. 2) fallen etliche auf, bei denen das Silberliniensystem vollkommen in positivem Strukturzustand erhalten ist (vgl. hierzu Taf. 11 Fig. 1). Daneben gibt es viele Übergänge zu völligem Zerfall. Die entsprechenden Mittelglieder zeigen, daß der Zerfall des Silberliniensystems an den Meridianen zweiter Ordnung beginnt, die sich ja auch im normalen Leben der Tiere z. B. anläßlich der Protrichocystenausstoßung, als sehr labil erweisen (Klein (12)). Die Taf. 11 Fig. 3 zeigt ein solches Tier, bei dem die vorderen Abschnitte der Meridiane zweiter Ordnung stark aufgeteilt sind, aber nicht nur diese formative Reaktion aufweisen, sondern gleichzeitig auch die strukturelle Reaktion des Zerfalls im Anfangsstadium ausgebildet haben; die hinteren Abschnitte sind noch nicht aufgeteilt (die nicht in der Einstellebene liegenden, teilweise mit Niederschlägen gefüllten Gruben über den Nahrungsvakuolen mögen nicht für Teile des Silberliniensystems gehalten werden).

Giftkonzentration 0,12 Proz. (entspricht etwa einer 250fachen Verdünnung des nativen Giftes).

Lebendbefund: Kultur 1: *Euplotes* lebt größtenteils noch 10 Minuten, manche Exemplare aber, wie früher, sofort bewegungslos. Es zeigt sich hierin wieder sehr schön der individuell verschiedene Reaktionsanfall (Klein (14, 15)). Aber auch die artlichen Unterschiede im Reaktionsanfall treten hier sehr deutlich in die Erscheinung: *Paramaecium* und *Colpidium colpoda* sterben wie früher fast sofort.

Kultur 2: Die Tiere zeigen gelähmte bzw. abnorme Bewegungen insofern, als sie an Ort und Stelle Kreise beschreiben, wobei ihre Längsachse radial zu diesem Kreis eingestellt ist. Außerdem rotieren sie um ihre Längsachse. Die Bewegungen halten etwa 5 Minuten an, dann tritt totale Lähmung bzw. Tod ein. An oder unter Detritus halten sich die Tiere länger, während sie im „Freien" nach dem Tod zu zerfließen beginnen. Ein Zerfließen wurde bei den höheren Giftkonzentrationen nicht beobachtet, so daß es naheliegt, daß die höhere Viskosität der stärkeren Konzentration dem Zerfließen entgegenwirkt. Trotzdem diese höheren Konzentrationen in gleichem Maße rascher und unbedingter tödlich wirken.

Silberbefund: Kultur 1: Tiere sind heller und weniger homogenisiert. Hier und da ist bei *Euplotes* stellenweise das Silberliniensystem, wenn auch in mehr oder weniger negativem Strukturzustand erhalten. Kultur 2: Sehr viele Tiere schon mit gut erhaltenem Silberliniensystem (positiver Strukturzustand). Die Meridiane zweiter Ordnung meist einfach, ohne Relationskörner, wie nach der Reaktion der Ausstoßung der Protrichocystenkörner.

Giftkonzentration 0,06 Proz. (entspricht etwa einer 512fachen Verdünnung des nativen Giftes).

Lebendbefund: Kultur 1: An *Euplotes* treten Lähmungserscheinungen erst nach 15 Minuten ein. An *Paramaecium* und *Colpidium colpoda* bereits viel früher, bei *Paramaecium* fast sofort. Kultur 2: die Tiere sind nach 10 Minuten alle gelähmt.

Silberbefund: Kultur 1: *Euplotes* zeigt bereits sehr häufig sein Silberliniensystem in positivem Strukturzustand, eine Reihe von Übergängen zeigt alle Zwischenstadien bis zum völligen Zerfall dieses Systems, entsprechend dem verschiedenen Grad der eingetretenen Schädigung, die die einzelnen Tiere erlitten haben. Kultur 2: Das Silberliniensystem fast aller Tiere in positivem Strukturzustand. Meridiane zweiter Ordnung einfach, meist nur wenig oder keine Relationskörner in ihnen. Durch die viel größere Zahl von Tieren mit gut erhaltenem Silberliniensystem, im Vergleich zu *Euplotes*, geht hervor, daß gegen die hier vorliegende Schädlichkeit *Colpidium campylum*, soweit es das Silberliniensystem betrifft, weniger empfindlich ist als *Euplotes*.

In der Folge wurden Nachversuche auch mit anderen Arten vorgenommen, so mit *Chilodon cucullus*, *Chilodon uncinatus*, *Lacrymaria*, *Enchelys mutans* Mermod., *Stylonychia* und *Vorticella*. Alle diese Arten verhielten sich ungefähr so, wie dies hier für *Colpidium campylum* geschildert worden ist, mit Ausnahme von *Lacrymaria* und

Enchelys, die sich äußerst widerstandsfähig zeigten, indem sie in jeder Konzentration mindestens um das Doppelte an Zeit länger aushielten als alle anderen Tiere.

2. *Bungarus fasciatus* Schn.

Die zu den hier angeführten Versuchen verwendete Kultur enthielt folgende Arten: *Colpidium campylum*, *Colpidium colpoda*, *Chilodon uncinatus*, *Chilodon cucullus*, *Paramaecium*, *Lacrymaria*, *Enchelys mutans* Mermod., *Euplotes*, *Stylonychia* und *Vorticella*.

Die Giftkonzentration betrug für alle Versuche 8 Proz. (entspricht etwa der dreifachen Verdünnung des nativen Giftes). Diese Konzentration wurde deswegen nicht verändert, weil sie vorerst keine tödliche Wirkung ausübt. Diese stellt sich vielmehr erst mit der Zeit ein. Es braucht deshalb nicht die Konzentration, es konnte die Einwirkungszeit variiert werden.

Nach 30 Minuten Einwirkungszeit.

Lebendbefund: Alle Tiere leben, ihre Bewegungen sind kaum verlangsamt und nicht gestört. Eine merkliche Verlangsamung der Bewegungen zeigt nur *Paramaecium*. Dies dürfte aber wohl auf ein ungünstiges Verhältnis von Tiergröße und deren Ciliatur einerseits und der ziemlich hohen Viskosität des kolloidalen Mediums andererseits zurückzuführen sein.

Silberbefund: Bei allen Tieren herrscht positiver Strukturzustand vor. Formzustand desselben durchaus normal. Positiver Strukturzustand des Silberliniensystems bei *Euplotes* und den beiden *Chilodon*-Arten fast allgemein. Die Meridiane II. Ordnung sind bei *Colpidium colpoda* und *C. campylum* meist einfach und nur selten in Regenerationsphasen.

Nach 5 Stunden Einwirkungszeit.

Lebendbefund: Nicht nur, daß alle Tiere noch leben, finden sich bei *Euplotes* und *Colpidium campylum* sogar einzelne Exemplare in Teilungsstadien. Diese Tatsache zeigt, daß das Gift bis jetzt die Lebenstätigkeit der Tiere noch nicht in schädlicher Weise beeinflußt hat.

Silberbefund: Entsprechend dem Lebendbefund findet sich das Silberliniensystem durchaus in normalen Zuständen, überwiegend liegt positiver Strukturzustand vor. Die Meridiane II. Ordnung sind bei den zwei *Colpidium*-Arten einfach, nur selten verdoppelt und gänzlich oder größtenteils frei von Relationskörnern.

Einwirkungszeit 14 Stunden.

Lebendbefund: Alles lebt, Bewegungen normal. Nur *Stylonychia* beginnt deformiert zu werden, als sollten die Tiere zerfließen.

Kein Silberbefund genommen.

Einwirkungszeit 36 Stunden.

Lebendbefund: Ohne Ausfallserscheinungen leben *Euplotes*, *Paramaecium*, *Colpidium colpoda*, *Lacrymaria* und *Enchelys*. Von *Colpidium campylum* lebt nur mehr ein Teil, etwa $^1/_4$, während die übrigen Tiere abgekugelt sind, oft zerfließliche Kontur zeigen, an Größe sehr abgenommen haben und keine Bewegungserscheinungen mehr aufweisen, also tot sind. Auffallend in dem Kulturtropfen mit *Colpidium campylum* sind die massenhaft entwickelten Sumpfwasserspirillen, die sich in lebhaftester Bewegung befinden, *Stylonychia* ist verschwunden.

Aus den angeführten Tatsachen geht hervor, daß das Gift mit der Zeit zu wirken beginnt, und zwar auf *Stylonychia* bereits nach 14 Stunden, auf *Colpidium campylum* nach 36 Stunden, und zwar vorerst nur auf einen Teil der Tiere, während es auf die anderen Arten noch keinerlei Wirkung ausübt. Es zeigt sich hier wieder, wie schon früher (Klein (14, 15)) bei der Einwirkung verschiedenster Schädlichkeiten, der artlich und individuell verschiedene Reaktionsanfall bzw. die artlich und individuell verschiedene Widerstandsfähigkeit gegenüber einem bestimmten Agens.

Silberbefund: Bei *Euplotes*, *Paramaecium*, *Chilodon cucullus*, *Vorticella* und *Colpidium colpoda* ist das Silberliniensystem gut erhalten, meist in positivem Strukturzustand. Die Meridiane sind bei *Colpidium colpoda* höchstens doppelt, meist aber einfach und in beiden Fällen mit nur ganz wenigen Relationskörnern, öfters aber ganz frei von ihnen. Die Fibrillen des Silberliniensystems sind sehr dünn und zeigen hier und da Neigung zum Zerfall. Hingegen sind die Basalkornapparate in Absicht auf ihre Größe und die Tiefe ihrer Färbung sehr betont: die Zirkularfibrille hat an Umfang gewonnen und die in ihr liegenden Relationskörner scheinen vergrößert. Da auch das von ihr begrenzte Feld dunkel angefärbt ist, tritt der Basalkornapparat um so wuchtiger hervor. Es beginnt hier eine formative Reaktion, die einer Art „Hypertrophie“ des Basalkornapparates zustrebt, was sich später noch deutlicher zeigen wird.

Das Silberliniensystem von *Colpidium campylum* zeigt, entsprechend dem Lebendbefund, ganz verschiedene Bilder, die noch am Leben gewesenen Tiere zeigen ihr Silberliniensystem gut erhalten, meist in positivem Strukturzustand, die getöteten, abgekugelt gewesenen Tiere zeigen überhaupt keine Spur mehr des Silberlinien-

systems, sondern nur schwarze, unregelmäßige Körnungen, ihre Kontur ist unscharf. Zwischen diesen beiden Polen bieten sich ganze Reihen von Übergängen dar, die vom positiven Strukturzustand über immer schwerer werdende Zerfallserscheinungen bis zu den feingekörnten „Schatten" der tot gewesenen Tiere führen. Hier und da aktiviert sich, bevor Zerfallserscheinungen am Silberliniensystem auftreten, das engmaschige Gitter (Klein (12)).

Einwirkungszeit 84 Stunden (3 $^1/_2$ Tage).

Lebendbefund: *Colpidium campylum* ist hier ausgeschaltet, da diese Art bereits nach 36 Stunden der Giftwirkung zu erliegen beginnt und um diese Zeit schon $^1/_4$ der diesbezüglichen Befunde sich auf vor der Entquellung abgestorbene und postmortal veränderte Tiere, auf „Leichen" beziehen. Die übrigen Arten, und zwar *Euplotes*, *Paramaecium*, *Chilodon cucullus*, *Colpidium colpoda* und *Vorticella* leben, weisen aber verlangsamtes Bewegungstempo auf, ohne besondere Ausfallserscheinungen zu zeigen.

Silberbefund: Silberliniensystem im allgemeinen gut erhalten, meist in positivem Strukturzustand. Die Meridiane II. Ordnung sind bei *Colpidium colpoda* durchaus einfach, ohne alle Relationskörner, was der Weiterbildung der bei 36 Stunden bereits einsetzenden diesbezüglichen formativen Reaktion entspricht. Die Basalkornapparate sind, ebenfalls in Weiterbildung der betreffenden Veränderungen, noch stärker betont wie vorhin, die Fibrillen sind noch feiner geworden. Die Cytopyge liegt bei dieser Art sehr oft im Zustand der Defäkation vor (Klein und Missriegler (17)).

Auch bei *Paramaecium* tritt der Basalkornapparat sehr hervor durch Vergrößerung des Umfanges der Zirkularfibrille und Massigerwerden der in ihr liegenden Relationskörner. Das indirekte System ist hier, nicht so wie das direkte System, immer dargestellt, liegt vielmehr oft teilweise oder gänzlich dissoziiert vor. *Euplotes* und *Chilodon cucullus* zeigen positiven Strukturzustand, die letztere Art besonders deutlich die Einzelheiten der Basalkornapparate.

Wenn nun, nach erfolgter Schilderung der Einzelbefunde, die Wirkung der beiden, nächstverwandten Gattungen angehörigen, Colubriden-Gifte in Absicht auf ihre Wirkung auf Leben und Silberliniensystem der Infusorien zusammenfassend überschaut werden soll, so ergibt sich folgendes, an Unerwartetem ziemlich reiches Bild. Einmal ist es merkwürdig, daß die Wirkung der Gifte von einander systematisch so nahestehenden Schlangengattungen, die für Menschen, Säuger und Vögel recht einheitlich ausfällt, insofern sie gleich gefährlich ist und schwere Störungen auf dem Gebiet

nervöser Zentren bzw. den Tod dadurch bedingt, auf Infusorien ganz verschieden einwirken: das Naja-Gift, noch sofort tödlich bis zu einer Konzentration von 0,25 Proz. herunter, während Bungarus-Gift in einer 8 proz. Lösung, also 32 fach höher konzentriert, momentan keine Wirkung ausübt, vielmehr die diesbezüglich empfindlichsten Arten (*C. campylum*) erst nach 36 stündiger Einwirkung nach und nach zu töten beginnt. So verschieden wie die beiden Gifte auf das Leben der Ciliaten wirken, so verschieden sind die durch sie ausgelösten Reaktionen im Silberliniensystem: das Gift der Naja bewirkt bei entsprechender Dosierung hauptsächlich strukturelle Veränderungen, Zerfall, bei *Colpidium campylum* eingeleitet durch eine ganz kurze, auf Dissoziation gehende formative Reaktion in MII, während das Gift von Bungarus bei entsprechender Dosierung vor allem eine langsame formative Reaktion auslöst, die in einer „Hypertrophie" der Basalkornapparate bei gleichzeitig einsetzender „Atrophie" der Fibrillen besteht.

B. Gift der Viperidae.

a) *Viperinae* (echte Ottern).

1. *Vipera russelli* Shaw, Kettenviper, Java.

Die zu den Versuchen verwendeten Infusorienarten: *Euplotes*, *Colpidium colpoda*, *Colpidium campylum*, *Paramaecium*, *Chilodon uncinatus*, *Vorticella*.

Giftkonzentration 8 Proz. (entspricht etwa der dreifachen Verdünnung des nativen Giftes).

Momentane Wirkung wird nicht gezeitigt. Die sofort entquollenen Tiere zeigen alle sehr gut erhaltene Silberliniensysteme. Die Meridiane zweiter Ordnung bei *Colpidium colpoda* uud *C. campylum* meist einfach, selten mäßig aufgeteilt, wenig Relationskörner in ihnen.

Einwirkungszeit 30 Minuten.

Lebendbefund: Alle Tiere leben ohne Ausfallserscheinungen in der Bewegung. Diese ist nur bei *Paramaecium* etwas verlangsamt.

Silberbefund: Silberliniensystem aller Tiere gut erhalten, vorwiegend positiver Strukturzustand. Ein *Paramaecium* mit Teilungsfurche! Meridiane zweiter Ordnung bei *Colpidium colpoda* ebenfalls meist einfach, ohne Relationskörner.

Einwirkungszeit 5 Stunden.

Lebendbefund: Alles lebt, keine Ausfallserscheinungen in den Bewegungen.

Silberbefund: Silberliniensystem meist in positivem Strukturzustand. Meridiane zweiter Ordnung bei *Colpidium colpoda* meist einfach, fast ohne Relationskörner, hier und da Aktivierung des engmaschigen Gitters. Häufig findet sich die Cytopyge in Defäkation. Bei *Colpidium campylum* sind die Meridiane zweiter Ordnung ebenfalls einfach mit wenig oder keinen Relationskörnern. Häufig zeigen die Tiere dieser Art, als erstes Anzeichen der Teilung, die Anlage des zweiten, neuen Cytostoms. Die Cytopyge findet sich auch hier oft während der Defäkation.

Einwirkungszeit 36 Stunden.

Lebendbefund: Schon viele Tiere tot, und zwar verteilen sich die toten Tiere über alle vorhandenen Arten. Die noch lebenden Tiere, am meisten ist noch von *Paramaecium* übriggeblieben, sind in ihren Bewegungen sehr verlangsamt. Von *Colpidium campylum* ist das meiste abgekugelt und bewegungslos. Nur wenige Tiere leben noch, zeigen aber auch schon verlangsamte Bewegungen.

Silberbefund: Entsprechend dem Lebendbefund, der zeigt, daß die Tiere der Giftwirkung bereits zu erliegen beginnen, sind die Silberbefunde. Das Silberliniensystem liegt nur mehr selten in positivem Strukturzustand vor, meist ist es schon mehr oder weniger stark dissoziiert, vor allem in seinen Fibrillen. Die Basalkornapparate sind wieder vergrößert, stechen, besonders wenn die Fibrillen schon ganz verschwunden sind, als schwere Kleckse aus den betreffenden Bildern heraus und befinden sich auch schon in Zerfall. Die Tiere sind sehr plastisch, haben an Größe bedeutend abgenommen, wahrscheinlich durch Wasserabgabe an die Umgebung, sehen glasigverhornt aus.

Im besonderen liegen diese Verhältnisse auch bei *Colpidium campylum* vor. Auch hier ist das Silberliniensystem meist schon stark dissoziiert, die Tiere kontrahiert und meist auch in ihrem Inneren vom Silber gefärbt.

b) *Crotalinae* (Lochottern).

2. *Bothrops jararaca* Wied., Brasilien.

Bisher mit diesem Gift vorgenommene Versuche finden sich in Klein (15).

Giftkonzentration 12 Proz. (entspricht etwa der doppelten Verdünnung des nativen Giftes).

Arten: *Colpidium campylum* Stockes.

Einwirkungszeiten $2^1/_2$, 12, 24 Stunden.

Lebendbefund für diese Zeiten: Alles lebt ohne jede Ausfallserscheinung in den Bewegungen. Silberbefunde wurden aus diesen Proben nicht genommen, da aus dem Lebendbefund eine Veränderung des Silberliniensystems noch nicht zu erwarten ist.

Einwirkungszeit: 36 Stunden.

Lebendbefund: Die Tiere zeigen normale, aber ziemlich verlangsamte Bewegungen. Eine Wirkung des Giftes macht sich also bereits bemerkbar.

Silberbefund: Die Tiere sind eingelagert in das vom Silber dunkelbraun gefärbte Kolloid des Giftes. Sie haben sich ungemein plastisch erhalten, haben an Größe merklich abgenommen (vgl. diesbezüglich Taf. 11 Fig. 4 mit Fig. 1, die Tiere entstammen derselben Kultur) und zeigen ihre Basalkornapparate in den Meridianen erster Ordnung ungemein betont: Die Zirkularfibrillen haben sich sehr erweitert, so daß sie im Meridian bereits aneinanderstoßen. Die in der Zirkularfibrille liegenden Relationskörner sind vergrößert. Durch eine von den Meridianen aus beginnende Aktivierung des engmaschigen Gitters erscheinen die Basalkornapparate noch mächtiger, wodurch der Gegensatz der diese hypertrophierten Basalkornapparate führenden Meridiane erster Ordnung gegen die fast relationskornlosen Meridiane zweiter Ordnung noch gesteigert wird (Taf. 11 Fig. 4). Bothropsgift zeitigt somit bei genügend langer Einwirkungszeit eine deutlich ausgesprochene formative Reaktion, die in der Hyperthrophie der Basalkornapparate in den Meridianen erster Ordnung, der Aktivierung des engmaschigen Gitters und dem Verschwinden der Relationskörner in den Meridianen zweiter Ordnung besteht.

3. *Grotalus terrificus* Laur., Schauerklapperschlange, Brasilien.

Früher mit diesem Gift vorgenommene Versuche finden sich in Klein (15).

Giftkonzentration 12 Proz, (entspricht etwa der doppelten Verdünnung des nativen Giftes).

Arten: *Colpidium campylum* Stockes.

Giftkonzentration 12 Proz. (entspricht etwa der doppelten Verdünnung des nativen Giftes).

Lebendbefund: Bei Eintragung des Kulturtropfens in den Gifttropfen entsteht ein weißer, fädig-schleimiger Niederschlag, dessen enge Maschen die Bewegungen der Tiere mechanisch etwas behindern. Nach einer Einwirkungszeit von $2^1/_2$, 12 und 24 Stunden leben die Tiere noch durchaus und zeigen keinerlei Ausfallser-

scheinungen, weshalb von diesen Zeiten keine Silberbefunde genommen wurden.

Einwirkungszeit 36 Stunden.

Lebendbefund: Von den Tieren leben nur mehr sehr wenige, diese bewegen sich aber, obwohl verlangsamt, normal. Auffallend ist, daß auch in diesem Giftkulturtropfen, in dem ursprünglich *Colpidium campylum* fast rein vorlag, *Stylonychia* und *Lacrymaria* zur reichlichen Entwicklung kam! Da es zu den schwierigsten Aufgaben gehört, von diesen Arten das Silberliniensystem in positivem Strukturzustand zu erhalten, sind sie bei dem folgenden Befund nicht berücksichtigt.

Silberbefund (bezieht sich nur auf *Colpidium campylum*): Da sich der ursprünglich beim Zusammenbringen von Kulturtropfen und Gift gebildete Niederschlag nicht gelöst hatte, bedeckte er nach der Versilberung die Tiere mit schwerem schwarzem Belag, so daß das Silberliniensystem unsichtbar wurde. An wenigen Stellen, wo nur leichter Niederschlag sich findet, sieht man hier und da das Silberliniensystem in feinkörnig dissoziiertem Zustand. Aus diesen durch den Zerfall hinterlassenen Spuren muß auf normalen Formzustand geschlossen werden, so daß der Zerfall ohne vorübergehende formative Reaktionen sich vollzog.

Zusammenfassung.

Schlangengifte wirken in verschiedener Intensität auf das Leben der Infusorien und in verschiedener Intensität und Art auf deren Silberliniensystem.

Die Verschiedenheit der Wirkung auf das Leben der Infusorien geht nicht parallel mit der verschiedenen Wirkung auf das Leben höherer Tiere bzw. des Menschen, denn während auf diese letztere die Gifte der Colubriden einerseits und diejenigen der Viperiden andererseits in ihrer Wirkung wenigstens ungefähr einheitlich sind, diesbezüglich zwei Gruppen bilden, von denen die eine vornehmlich neurotoxisch und die andere vornehmlich hämatotoxisch wirkt, verwischt sich dieser Unterschied bei Infusorien völlig, denn diese werden von Giften ein und derselben Gruppe (*Naja*, *Bungarus*) ganz verschieden (besonders in Absicht auf Intensität) beeinflußt.

Sehr wenig toxisch wirken auf Infusorien die „Blutgifte“ der *Viperiden*, während gewisse „Nervengifte“ der Colubriden (*Naja*) ungemein toxisch wirken.

Die Wirkung auf das Silberliniensystem ist ebenfalls verschieden, da ein Teil der Gifte (*Naja*) vor allem strukturelle

Reaktionen, Zerfall auslöst, wobei eine kurze formative Reaktion vorhergehen kann (*Colpidium*, *campylum* in M II) während der andere Teil der Gifte (*Bungarus* und *Viperidae*) hauptsächlich langsam verlaufende formative Reaktionen auslöst (Hypertrophie des Basalkornapparates).

Alle diese auf Leben und Silberliniensystem feststellbaren Wirkungen treten bei den verschiedenen Infusorienarten bzw. bei den verschiedenen Individuen ein und derselben Art, ein und demselben Gift gegenüber nicht gleichzeitig, nach Ablauf einer immer gleichen Reaktionszeit ein, sondern zeigen diesbezüglich sowohl artlich als auch individuell Unterschiede, die oft sehr groß sind, d. h. der Anfall der betreffenden Reaktion, also die Reaktionszeit ist artlich und individuell verschieden, eine Tatsache, die auch bei der Einwirkung verschiedenster anderer Schädlichkeiten schon seinerzeit (Klein (14, 15)) festgestellt wurde.

Literaturverzeichnis.

1. Faust, E. St. (1906): Die tierischen Gifte. Braunschweig.
2. Klein, B. M. (1926): Über eine neue Eigentümlichkeit der Pellicula von Chilodon uncinatus Ehrbg. Zoolog. Anz. Bd. 67.
3. — (1926): Ergebnisse mit einer Silbermethode bei Ciliaten. Arch. f. Protistenk. Bd. 56.
4. — (1926/27): Über die Darstellung des Silberliniensystems des Ciliatenkörpers. Mikrokosmos.
5. — (1927): Die Silberliniensysteme der Ciliaten. Arch. f. Protistenk. Bd. 58.
6. — (1928): Die Silberliniensysteme der Ciliaten. Ibid. Bd. 62.
7. — (1929): Weitere Beiträge zur Kenntnis des Silberliniensystems der Ciliaten. Ibid. Bd. 65.
8. — (1928/29): Die Formbildung bei den Infusorien. Der Naturforscher, Heft 11.
9. — (1930): Das Silberliniensystem der Ciliaten. Arch. f. Protistenk. Bd. 69.
10. — (1930): Über das Silberliniensystem einiger Flagellaten. Ibid. Bd. 72.
11. — (1931): Über die Zugehörigkeit gewisser Fibrillen bzw. Fibrillenkomplexe zum Silberliniensystem. Ibid. Bd. 74.
12. — (1932): Das Ciliensystem in seiner Bedeutung für Lokomotion, Koordination und Formbildung mit besonderer Berücksichtigung der Ciliaten. Erg. d. Biol. Bd. 8.
13. — (1933): Silberliniensystem und Infraciliatur. Arch. f. Protistenk. Bd. 79.
14. — (1934): Strukturelle und formative Reaktionen des Silberliniensystems. Annales de Protistol. Bd. 4.
15. — (1934/35): Reaktionen des Silberliniensystems auf Schädlichkeiten I. u. II. Ann. del R. Ist. Agrario di Milano Bd. 4 u. 6.

16. Klein, B. M. und Missriegler, A. (1935): Die Darstellung des Silberlinien- oder neuroformativen Systems nebst Grundsätzlichem zur Silbermethodik. Ztschr. f. wiss. Mikrosk. Bd. 52.
17. — (1936): Strahlenenergetische Einflüsse auf das neuformative System. Biol. Zentralbl. Bd. 56.
18. Kopstein, F. (1930): Die Giftschlangen Javas und ihre Bedeutung für den Menschen. Zeitschr. f. Morphol. u. Ökol. d. Tiere Bd. 19.
19. Kraus, R. und Werner, Fr. (1931): Giftschlangen und die Serumbehandlung der Schlangenbisse. Jena.
20. Pawlowsky, E. N. (1927): Gifttiere und ihre Giftigkeit. Jena.
21. Phisalix, M. (1922): Animaux venimeux et venins. Paris.
22. Taschenberg, O. (1909): Die giftigen Tiere. Stuttgart.

Tafelerklärung.

Tafel 11.

Präparate nach meiner Silbermethode hergestellt.

Aufgenommen mit Reichert Apochromat-Öl-Immersion 2 m/m und Kompensationsokular 6 (8 ×), Vergr. 1100 ×. Romeis Kamera v. Reichert, Wien.

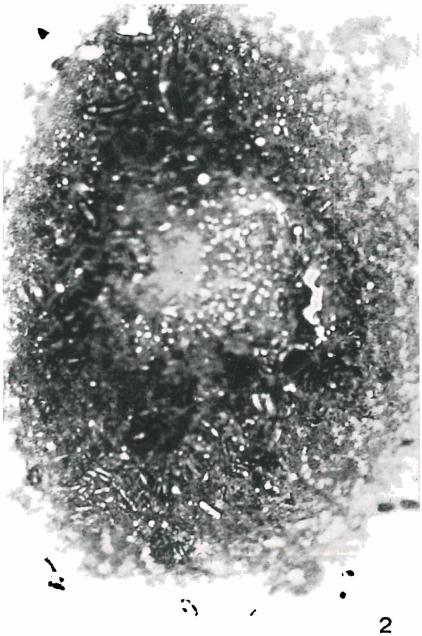
Fig. 1. Silberliniensystem von *Colpidium campylum* Stockes. Das Tier war keinerlei Gifteinwirkung ausgesetzt, so daß für die folgenden Bilder ein normales Vergleichsobjekt vorliegt: positiver Strukturzustand, normaler Formzustand (Vollphase).

Fig. 2. *Colpidium campylum* Stockes nach Einwirkung einer 0,25 proz. Lösung des Giftes von *Naja naja sputatrix*. Momentan getötetes Tier, homogenisiert und vakuolisiert, heller Kernschatten deutlich. Vom Silberliniensystem keine Spur mehr.

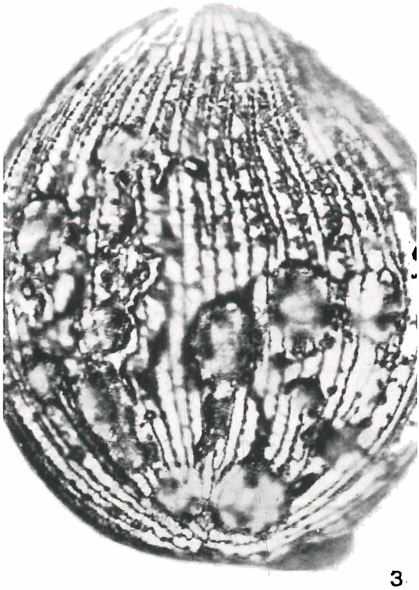
Fig. 3. *Colpidium campylum* Stockes, nach Einwirkung einer 0,25 proz. Lösung des Giftes von *Naja naja sputatrix*, Einwirkungszeit = Entquellungszeit. Das Silberliniensystem dieses Tieres zeigt an der vorderen Hälfte an den Meridianen zweiter Ordnung eine formative Reaktion (starke Aufteilung) als Vorstadium des in Fig. 2 gezeigten totalen Silberlinienzerfalls. Die Eindellungen über den Nahrungsvakuolen, die nicht in der Einstellebene liegen, mögen nicht mit Formationen des Silberliniensystems verwechselt werden.

Fig. 4. *Colpidium campylum* Stockes. Nach 36 stündigem Aufenthalt in 12 proz. Lösung des Giftes von *Bothrops jararaca*. Verringerung der Größe des Tieres (vgl. mit Fig. 1), im Silberliniensystem die Basalkornapparate hypertrophiert (vgl. ebenfalls Fig. 1).

1



2



3

4

Klein.

VERLAG VON GUSTAV FISCHER IN JENA

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Archiv für Protistenkunde

Jahr/Year: 1936

Band/Volume: 87_1936

Autor(en)/Author(s): Klein Bruno Maria

Artikel/Article: Wirkung von Schlangengiften auf Leben und Silberliniensystem von Infusorien. 299-313