

Aus dem Laboratorium für experimentelle Histologie und Biologie (Vorstand Prof. Dr. ZAWARSIN) des Staatlichen Institutes für Röntgenologie und Radiologie (Direktor Prof. Dr. NEMENOW).

Der Einfluß von geringen Dosen der Ultraviolettstrahlen auf die Stabilität des Sporulationszyklus bei Kaninchencoccidien.

Von

Dr. G. Litwer.

(Hierzu 15 Textfiguren.)

Der Einfluß physikalischer Bedingungen auf die Entwicklung der Coccidiencysten wurde bereits von zahlreichen Forschern studiert, jedoch die überwiegende Mehrzahl der Arbeiten ist der Wirkung der Temperaturfaktoren gewidmet (BECKER and CRONCH, 1931; PERARD, 1924; REICHENOW, 1930; REICHARDT und BECKER, 1933) und nur etliche unter ihnen haben es mit dem Einfluß der Strahlenenergie zu tun (FISCH, 1932; LITWER, 1934).

Die grundlegenden Schlußfolgerungen der beiden letzten Verfasser, die den Einfluß des Ultravioletts auf die Oocysten sporulation der Coccidien beobachteten, sollen kurz dargelegt werden, dank ihrer großen Bedeutung für die vorliegende Arbeit.

FISCH (1932) kam bei Bestrahlung mit dem Ultraviolett von Oocysten des Hühnercoccidiums (*Eimeria tenella*) zu dem Schluß, daß sich die nicht segmentierten Formen weniger standhaft gegen Ultraviolett erweisen als die segmentierten. LITWER (1934) machte in seinen ausführlichen Studien über die Wirkung der Ultraviolettstrahlen auf die Kaninchencoccidien (*Eimeria perforans* und *Eimeria stiedae*) (abhängig vom Sporulationsstadium) folgende grundlegende Schlußfolgerungen: die Strahlen des Ultravioletts (bei gewisser Dosierung)

hemmen dann die Entwicklung der Coccidienoocysten, wenn die Bestrahlung mit dem Teilungsmoment der Oocyste zusammenfällt, unabhängig davon ob Sporoblasten oder Sporozoiden gebildet werden.

Aus diesen beiden Arbeiten ist also ersichtlich, daß die Ultraviolettstrahlen die Sporulationsprozesse aufhalten. Was nun die Studien über die Beschleunigung des Sporulationsprozesses unter Einfluß des Ultravioletts anbelangt, so fehlen solche, soviel mir bekannt ist, in der Coccidienliteratur.

Jedoch sehen wir in der modernen Zeit nicht nur eine Reihe von Arbeiten, die sich mit dem allgemeinen Problem des stimulierenden Einflusses der ultravioletten Strahlen auf die Teilungsprozesse in den verschiedensten Zellen beschäftigen (GURWITSCH und seine Schüler), sondern auch spezielle Studien, die dem Einfluß des Ultravioletts auf die Beschleunigung der Teilungsprozesse bei einzelligen Tierkörpern gewidmet sind (ROSKIN und SCHISCHLAJEWA, 1933; ALAPATOW und KOSTJUKOWA, 1932).

In den genannten Arbeiten sind die Autoren auf Grund von sorgfältig angestellten Versuchen mit Anwendung statistischer Methoden zu dem Schluß gekommen, daß geringe Dosen des Ultravioletts (einige Sekunden Bestrahlungsdauer auf Abstand von 0,5—1 m) die Teilungsprozesse bei den Protisten stimulieren. Die angeführten Literaturangaben über den Einfluß des Ultravioletts als Stimulationsfaktoren auf die Teilung der Einzelligen veranlaßten mich, den Einfluß geringer Dosen auf den Sporulationsprozeß der Coccidien zu studieren.

Methodik und einige vorläufige Beobachtungen.

Vor Anstellung der unmittelbaren Versuche hielt ich es für notwendig, einige vorläufige Experimente auszuführen, die über die Synchronie der Entstehung der einzelnen Stadien des Sporulationsprozesses, den Zeitraum zwischen den einzelnen Entwicklungsstadien, die Variationen der Entwicklungsgeschwindigkeit unter denselben Bedingungen und über den Einfluß von totaler Lichtlosigkeit auf die Oocystenentwicklung aufklären sollten. Außerdem war es notwendig, ein Kriterium zu finden, um den Stimulationseffekt des Ultravioletts auf den Sporulationsprozeß möglichst genau zu schätzen. Die Schätzung des Stimulationseffektes kann eine verschiedene sein; erstens kann man als Beschleunigungskriterium die Zahl der sich in einer gewissen Zeiteinheit nach der Bestrahlung teilenden Formen annehmen im Vergleich mit dem unbestrahlten Kontrollversuch. Dieses Kriterium der Ultraviolettwirkung ist sehr populär und u. a. von

GURWITSCH und seinen Schülern angewandt. Jedoch kann auch ein anderes Kriterium gebraucht werden, und zwar: die Zeitdifferenz zwischen den unbestrahlten Kulturen, in der die unbestrahlte Kultur ebensoviel Teilungsformen erreicht als die bestrahlte.

Es wurden bei Ausführung der vorliegenden Versuche beide Kriterien angewandt, da nur ihre Verbindung den Stimulationseffekt der angewandten Agentien demonstrativ zu zeigen vermochte. Das erstgenannte Kriterium wurde jedoch häufiger gebraucht, da es sich technisch bequemer erwies.

Als Objekt für meine Versuche bediente ich mich einer beim Kaninchen parasitierenden Coccidiengattung — *Eimeria stiedae*. Jedoch wurden etliche Versuche mit anderen Gattungen ausgeführt — *Eimeria magna* und *Eimeria perforans*. Die Oocysten wurden von jungen (3—7 Wochen alten) Kaninchen entnommen, entweder unmittelbar nach dem Defäkationsakt oder aus dem Blinddarm nach der Dissektion. Letzteres hatte den Vorzug, daß es gleichzeitig mit großen Mengen von Oocystenmaterial zu experimentieren erlaubte. Die Oocysten wurden demnach mit einer geringen Menge von 2proz. Kaliumbichromatlösung verdünnt, sorgfältig in einem Mörser verrieben, durch ein grobes Marlentuch filtriert (um unverdaute Nahrungsreste zu entfernen) und in PETRI-Schalen von 4—5 cm Diameter verteilt. Das Niveau der Lösung in den PETRI-Schalen war nicht höher als $\frac{1}{4}$ cm. Mit den so bearbeiteten Kulturen wurden sämtliche nächstfolgende Versuche ausgeführt.

Wie es vorläufige Beobachtungen zeigten, entwickeln sich die Coccidienoocysten nach dem Austritt aus dem Rektum niemals synchronisch, dessenungeachtet, daß sie den Kaninchendarm gleichzeitig verließen. Wir beobachteten gleichzeitig in den Kulturen Oocysten, die sich in verschiedenen Entwicklungsstadien befanden, und nur abhängig von der Entwicklungszeit ließen sich verschiedene Mengen von Formen beobachten, die in ihrer Entwicklung mehr oder weniger vorgeschritten waren. Daher stellte ich mir in den ersten 25 Versuchen zur Aufgabe, die Möglichkeit zu erlangen, in jedem gegebenen Moment die Entwicklungsgeschwindigkeiten der Oocysten in den Kulturen durch eine Kurve zu charakterisieren, die das Prozent der anwesenden verschiedenen Sporulationsstadien ausdrücken sollte. Ferner ließ sich nach den Ablenkungen der Kurve hin und jenseits, d. h. nach der Seite des Auftretens großer Mengen vorgeschrittener Entwicklungsformen, oder in Abwesenheit von weiteren Entwicklungsstadien im Vergleich zur Kontrolle — auf den Effekt der Anwendung des Ultravioletts schließen.

Wie es aus den Arbeiten von PERARD (1924), REICHENOW (1930) und CHEISSIN (1934) ersichtlich ist, kann die Entwicklung der Oocyten von *Eimeria stiedae* und *Eimeria magna* morphologisch in zwölf Entwicklungsstadien unterteilt werden:

Im ersten Entwicklungsstadium bilden sich nach der Entstehung in der Plasmakugel von lichtbrechenden Körnchen vier Anschwellungen, die sich im weiteren von der übrigen Plasmamasse trennen und sogenannte „extra residual body“ ergeben. Das zweite und dritte Stadium werden von vier abgerundeten Sporoblasten charakterisiert, die voneinander abgesondert sind und aus den Anschwellungen des ersten Stadiums gebildet worden waren. Im Laufe des vierten Stadiums ziehen sich die Sporoblasten in die Länge aus. Im fünften Stadium entstehen die „Pyramiden“, die aus den ausgezogenen Sporoblasten gebildet werden. Im sechsten und siebenten Stadium werden abgerundete Sporoblasten beobachtet, die in bedeutendem Abstand voneinander liegen. Im achten Stadium verwandeln sich die Sporoblasten in sekundär ausgezogene. Im neunten und zehnten Stadium wird das „intra residual body“ gebildet und es entstehen Sporoblasten mit den STIEDA-Körperchen. Das elfte Stadium ist an der Sporozoitenteilung in den Sporoblasten bemerkbar. Im zwölften Stadium wird das Polarkörperchen abgesondert.

Die von CHEISSIN (1934) vorgeschlagene Einteilung der Entwicklung in zwölf Stadien hat eine große Bedeutung für die Morphologie der Entwicklung, ist jedoch für das gegenwärtige Studium zu kompliziert; es ist daher notwendig, das vorgeschlagene Entwicklungsschema etwas zu vereinfachen, und sie bis auf vier bedingte Entwicklungsstadien zu verkürzen:

Unter der ersten Etappe sollen die Entwicklungsstadien 1—4 verstanden werden, d. h. bis zur „Pyramidenbildung“ (Fig. 1).

Unter der zweiten Etappe die Stadien von 5—10, d. h. bis zur Teilung der Sporoblasten in Sporozoitent (Fig. 2).

Unter der dritten Etappe das 11. und 12. Entwicklungsstadium (Fig. 3).

Außerdem war es notwendig, eine besondere 0-Etappe abzusondern, zu der alle die Formen zugerechnet werden, in denen keine Entwicklung zu bemerken ist (Fig. 4).

Die ersten 25 Versuche hatten das Ziel, die Synchronie der Entwicklung mit Anwendung der obenerwähnten Einteilung auf Etappen festzustellen; sie ergaben übereinstimmende Resultate, und zwar zeigten sie, daß in jedem darauffolgenden Moment Formen

verschiedener Entwicklungsstadien zu beobachten waren und nur abhängig von der Zeit der Entwicklung waren mehr oder weniger in ihrer Entwicklung vorgeschrittene Formen anzutreffen.

Die beigelegten Kurven illustrieren die erhaltenen Resultate.

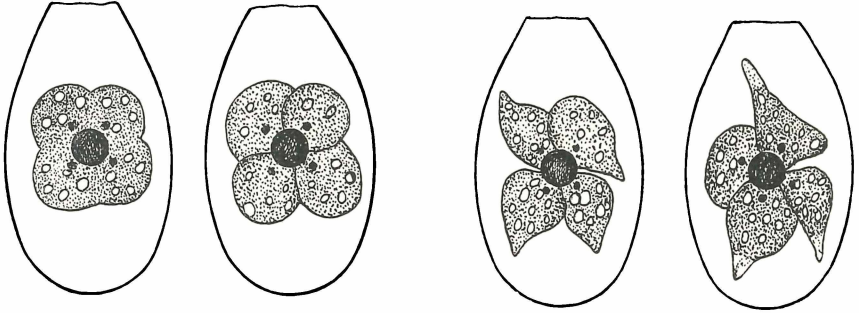


Fig. 1.

Kurve Nr. 5 ist so aufgebaut: auf der Abszisse sind die Etappen von 0—3 wiedergegeben; auf der Ordinate das Prozent dieser Formen bei Temperatur von 12—14° C. Die Kurve Nr. 6 ist nach demselben Prinzip aufgebaut, jedoch wurden die angegebenen Daten 2 Tage später gewonnen als die auf Kurve Nr. 5.

Beide Kurven zeigen deutlich, daß keine Synchronie der Entwicklung existiert, und wenn es notwendig ist, die Beschleunigung der Oocystenentwicklung zu charakterisieren, so kann sie nur durch eine Kurve ausgedrückt werden. Folglich kann man die Sporulationsbeschleunigung in den Kulturen nur nach der Verschiebung in solchen Kurven schätzen.

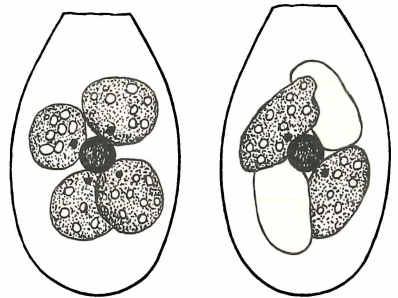


Fig. 2.

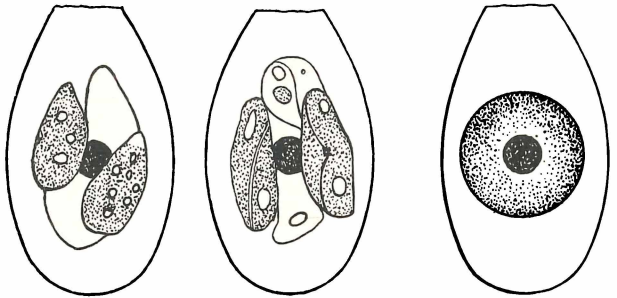
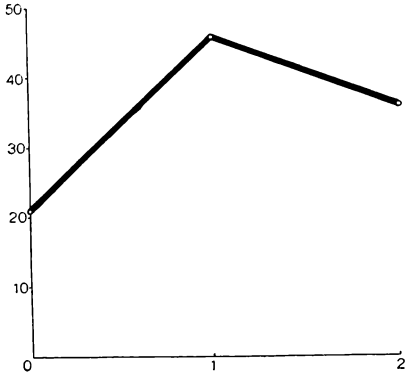


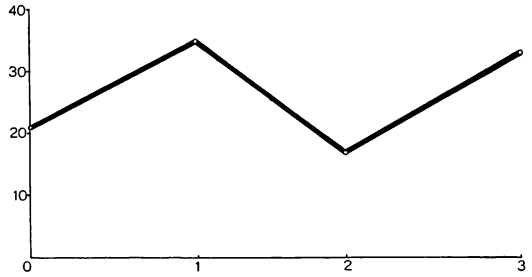
Fig. 3.

Fig. 4.

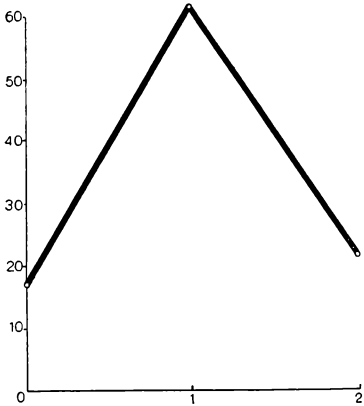
Die nächstfolgenden Versuche wurden angestellt, um den Einfluß der Temperatur auf die Synchronie der Entwicklung festzustellen. Die Ergebnisse sind auf den Kurven 7 und 8 wiedergegeben. Beide zeigen, daß keine Synchronie der Oocystenentwicklung existiert, jedoch besteht zwischen den beiden Kurven ein bedeutender Unterschied.



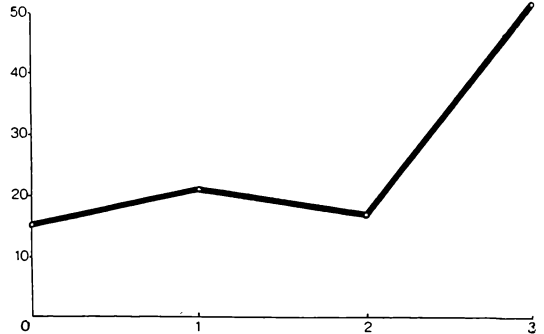
Kurve 5.



Kurve 6.



Kurve 7.



Kurve 8.

Kurve 7, die die Oocystenentwicklung bei hoher Temperatur illustriert, gibt einen großen Zacken auf einer Entwicklungsetappe und eine Reihe von sehr kleinen Zacken auf den anderen, d. h. zeigt eine verhältnismäßig unbedeutende Asynchronie. Kurve 8 illustriert die Asynchronie der Oocystenentwicklung bei niedriger Temperatur. Die Kurve ist gleichmäßiger, alle Zacken sind fast gleich hoch — folglich ist hier die Asynchronie ausgesprochen. Auf Grund der

dargelegten Versuche, die eine größere Synchronie der Entwicklung bei hoher Temperatur zeigen, erscheint es, als wäre es bequemer, bei den weiteren Versuchen mit der Einwirkung von kleinen ultravioletten Dosen sich dieser Kulturen zu bedienen. Jedoch haben die nächstfolgenden Versuche gezeigt, daß, dessen ungeachtet das bei niedriger Temperatur die Asynchronie der Entwicklung ausgesprochen ist, in solchen Kulturen dank der langsameren Entwicklung der beschleunigte Effekt eines beliebigen Agenten bequemer zu beobachten ist.

Und umgekehrt hoher Temperatur ausgesetzte Kulturen bieten wegen rascher Entwicklung gewisse Schwierigkeiten dem Beobachter, da die einzelnen Sporulationsstadien öfters nicht zu erhaschen sind: so verläuft z. B. das „Pyramidenstadium“ in sehr kurze Zeit — von 2—3 Stunden. Deswegen wurden die meisten Versuche mit Kulturen ausgeführt, die bei niedriger Temperatur sporulierten.

Beobachtungen der unmittelbaren Wirkung geringer Ultraviolettdosen.

Nach Feststellung des Kriteriums der Entwicklungsstimulation und des Charakters der Synchronie der Stadien in den Oocysten-kulturen wurde zu unmittelbaren Experimenten geschritten. Das Coccidienmaterial aus dem Blinddarm wurde in PÉTRI-Schalen verteilt und einer einmaligen Bestrahlung mit BACH'S Quecksilber-quarzlampe auf Abstand von 50 cm während 10—12 Sekunden auf verschiedene Entwicklungsstadien ausgesetzt. Vor jeder Bestrahlung wurde von den Oocysten die Kaliumbichromatlösung sorgfältig abgewaschen. Bestrahlt wurde in Wasser, dessen Schicht nicht über 2—2½ mm betrug. Nach der Bestrahlung wurde das Wasser abermals mit einer 2 proz. Kaliumbichromatlösung ersetzt. Somit erhielt man fünf Versuchsserien, die voneinander sich darin unterschieden, daß jede nächstfolgende Serie auf vorgeschrittenem Stadium bestrahlt wurde als die vorhergehende.

Täglich und manchmal auch zweimal am Tage wurden die Sporulationsstadien jeder Versuchsserie berechnet und Kurven nach dem im vorausgegangenen Kapitel dargelegten Prinzip aufgebaut. Die Kontrolle wurde ebenfalls bestrahlt, jedoch durch eine 4 mm dicke Glasscheibe. Es wurden 56 Versuche aufgestellt, wobei ihrer 50 befriedigende, übereinstimmende Resultate ergaben. Die Ergebnisse der sechs ersten Versuche mangelten an genügender Klar-

heit, wahrscheinlich war das Handhaben der Methodik in ihnen noch unvollkommen.

Um die Ergebnisse klarzumachen, ist es notwendig, das Protokoll der Versuche und die Kurven anzuführen, die auf Zahlendaten eines von den 50 Versuchen aufgebaut worden waren.

Die im Versuchsprotokoll angeführten Daten machten es möglich, eine Reihe von Kurven und Diagrammen aufzubauen, die die Veränderungen in den Sporulationsprozessen unter Einwirkung geringer

Ultraviolett Dosen deutlich illustrierten. Fig. 9 stellt einen Kurvenkomplex dar, der die Veränderung der Sporulationsgeschwindigkeit unter Einwirkung von kurzer Beleuchtung mit der Quecksilberquarzlampe zeigt. Die Kulturen wurden am 21. Mai 1934 um 10 Uhr abends bei einer Temperatur von 11—13°C aufgestellt und am 23. Mai 1934 gegen 9 Uhr morgens fixiert. Kurve „a“ dieses Kurvenkomplexes stellt die Kontrolle dar; Kurve „b“ gehört einer einmal auf der zweiten Entwicklungsstunde mit der Quecksilberlampe bestrahlten Kultur an während 15 Sekunden auf Abstand von 50 cm bei Stromstärke von 4 Ampere und Spannung von 110 Volt. Kurve „c“ stellt eine mit derselben Dose einmalig bestrahlte Kultur dar, jedoch auf der 18. Entwicklungsstunde. Sämtliche Kurven sind nach folgendem Prinzip aufgebaut: Auf der Abszisse sind die

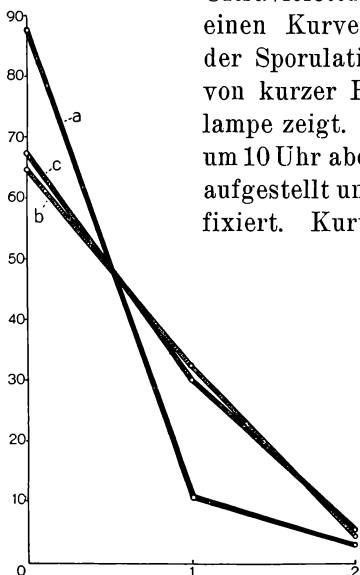


Fig 9.

Entwicklungsetappen, auf der Ordinate das Prozent der gegenwärtigen Formen wiedergegeben. Bei Betrachtung dieser Kurvenverbindung sieht man, daß unter Einfluß der Bestrahlung in den Kulturen „b“ und „c“ im Vergleich zur Kontrolle „a“ eine scharfe Verschiebung im Sinne der Steigerung des Prozentes von Formen der ersten Entwicklungs- etappe (von 29—30 Proz.), d. h. auf dieser Etappe eine bedeutende Beschleunigung in der Entwicklung der bestrahlten Kulturen eingetreten ist. Noch augenscheinlicher ist diese Erscheinung zu demonstrieren, wenn man diese Daten auf dem Diagramm (Fig. 10) besichtigen wird, wo Kolonne „a“ die Kontrolle darstellt und Kolonne „b“ und „c“ die bestrahlten Kulturen. Auf diesem Diagramm läßt sich nach der Vergrößerung der Kolonne

Versuchsprotokoll.

Die Oocystenkultur <i>Eimeria stiedae</i> , aufgestellt am 21. 5. 1934 um 10 Uhr abends bei einer Temperatur von 11—13° C	Die Kultur fixiert am 23. 5. 1934 9 Uhr morgens	Die Kultur fixiert am 24. 5. 1934 9 Uhr morgens	Die Kultur fixiert am 24. 5. 1934 11 Uhr abends	Die Kultur fixiert am 26. 5. 1934 11 Uhr abends	Die Kultur fixiert am 27. 5. 1934 12 Uhr nachts	Bemerkungen
Die Entwicklungsetappen	0 1 2 3	0 1 2 3	0 1 2 3	0 1 2 3	0 1 2 3	Sämtliche Zahlen drücken das Proz. der Formen aus, die die angegebenen Entwicklungsetappen erreicht haben. Die Berechnung wurde mit REICHERTS Ok. Nr. 4 Ob. N. 7 gemacht. Das Proz. wurde bei Berechnung von ca 400 Formen ermittelt.
Die Kontrollkulturen	88 10 2 0	19 50 31 0	20 45 35 0	20 34 15 31	16 20 20 44	
Einmalige Bestrahlung der Kultur mit der Quecksilberquarzlampe am 22. 5. 1934, 12 Uhr nachts. Dauer 15 Sek.	65 32 3 0	21 30 49 0	18 30 52 0	20 37 13 30	16 20 16 48	
Einmalige Bestrahlung der Kultur mit der Quecksilberquarzlampe am 22. 5. 1934, 4 Uhr nachmittags. Dauer 15 Sek.	67 29 4 0	19 30 51 0	21 29 50 0	18 34 16 33	15 20 19 47	
Einmalige Bestrahlung der Kultur mit der Quecksilberquarzlampe am 24. 5. 1934, 9 Uhr abends. Dauer 15 Sek.	—	22 39 39 0	20 40 40 0	17 37 13 33	18 20 17 47	
Einmalige Bestrahlung der Kultur mit der Quecksilberquarzlampe am 24. 5. 1934, 9 Uhr abends. Dauer 15 Sek.	—	—	21 46 33 0	20 34 15 31	18 18 20 45	
Einmalige Bestrahlung der Kultur mit der Quecksilberquarzlampe am 26. 5. 1934, 9 Uhr morgens. Dauer 15 Sek.	—	—	—	20 32 15 31	17 18 21 45	

der darauffolgenden Entwicklungsetappe in den bestrahlten Kulturen („b“ und „c“) im Vergleich zur Kontrolle und nach der Verkleinerung der vorhergehenden Stadien derselben Kulturen im Vergleich zur Kontrolle von der in dieser Periode gegenwärtigen Stimulation schließen.

Fig. 11 demonstriert die Veränderung der Sporulationsgeschwindigkeit in bestrahlten Kulturen, in derselben Frist aufgestellt wie diejenigen von Fig. 9, jedoch bedeutend später fixiert (am 24. Mai 1934 9 Uhr morgens); wobei die Kurven „a“, „b“ und „c“ denselben von Fig. 9 in Bestrahlungsfristen und Dosierung entsprechenden und Kurve „d“ eine Kultur darstellt, die gleichzeitig aufgestellt, aber mit derselben einmaligen Bestrahlungsdosis auf der 47. Entwicklungsstunde behandelt wurde. Bei Bestrahlung dieser Kurven kommen

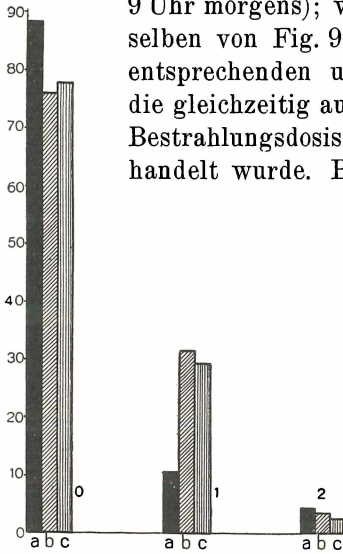


Fig. 10.

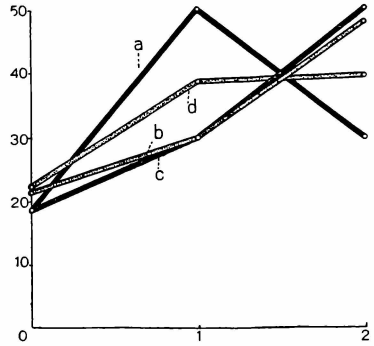


Fig. 11.

wir zu dem Schluß, daß die Kurven „b“ und „c“ wie im ersten Fall auf eine Entwicklungsstimulation hinweisen (Steigerung auf 20 Proz. der Entwicklungsformen der zweiten Etappe); Kurve „d“ dagegen zeigt deutlich, daß die Bestrahlung auf vorgeschrittenen Entwicklungsfristen zwar einen Stimulationseffekt ergibt, jedoch einen weit geringeren (8 Proz.).

Diese Gesetzmäßigkeit ist noch demonstrativer auf dem Diagramm 12 zu sehen, wo die Kolonnen „b“ und „c“ Kulturen darstellen, die auf den 2. und 18. Entwicklungsstunden bestrahlt wurden und Kolonne „d“ eine auf der 47. Entwicklungsstunde behandelte Oocystenkultur. Es ist deutlich zu sehen, daß auf der zweiten Entwicklungsetappe die Kulturen „b“ und „c“ die Kontrolle bedeutend überholt haben, dagegen die Entwicklungsgeschwindigkeit der Kultur „d“ eine unbedeutende geblieben ist.

Fig. 13 illustriert im weiteren die Beeinflussung von geringen Ultraviolett-dosen auf die Sporulation der Coccidien. Die Kulturen „a“, „b“, „c“ und „d“ stellen dieselben Kulturen wie in obenerwähnten Fällen dar, jedoch bedeutend später fixiert (am 24. Mai 1934 um

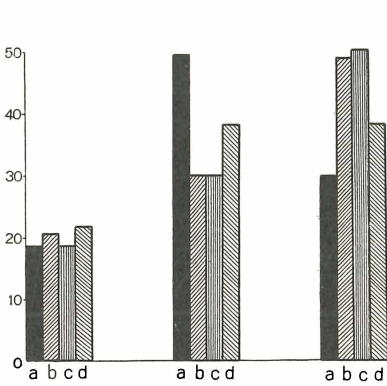


Diagramm 12.

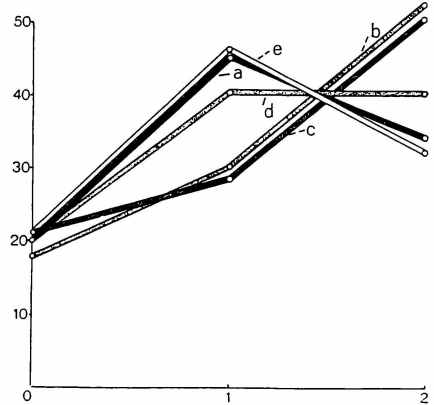


Fig. 13.

9 Uhr morgens), Kurve „e“ stellt eine auf der 59. Entwicklungsstunde bestrahlte Kultur dar.

Die Betrachtung dieser Kurven zeigt, daß, je später bestrahlt wird, desto weniger die Stimulation ausgesprochen ist. Kurve „e“ stimmt mit der Kontrolle überein.

Höchst interessante und unerwartete Resultate ergab das Studium des weiteren Schicksals von stimulierten und Kontrollkulturen.

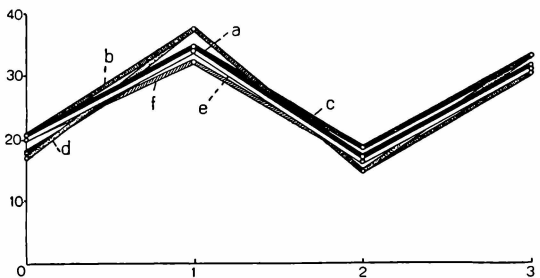


Fig. 14.

Fig. 14 demonstriert auf den Kurven „a“, „b“, „c“, „d“ und „e“ die Veränderungen in denselben Kulturen, die jedoch an dem 6. Entwicklungsstadium fixiert wurden.

Zu dieser Zeit erreichen bereits die Kulturen die dritte Entwicklungsstufe. Erstaunlich wirkt eine fast vollkommene Identität aller Kurven; und zwar sind die Kulturen, die in der ersten Entwicklungsperiode unter Einwirkung der Ultraviolettbestrahlung die

Kontrolle bedeutend überholt hatten, jetzt in ihrer Entwicklung weit zurückgeblieben und ergeben über 6 Tage dasselbe Prozent von Formen der dritten Sporulationsetappe wie die Kontrollkulturen. Dieselbe Gesetzmäßigkeit sieht man in der darauffolgenden Oocystenentwicklung. Das Diagramm 15 stellt dieselben Kulturen dar, jedoch an dem 7. Entwicklungstage fixiert, Kolonne „a“ entspricht der Kontrolle, „b“ einer auf der 2. Entwicklungsstunde bestrahlten Kultur, „c“ einer auf der 18. Stunde bestrahlten, „d“ auf der 47., „e“ auf der 59., „f“ an dem 6. Tage der Entwicklung bestrahlten Kultur. Auf der Abszisse sind die Entwicklungsetappen wiedergegeben, auf der Ordinate das Prozent von Formen, die die entsprechende Etappe erreicht haben. Bei Betrachtung des Diagramms 15

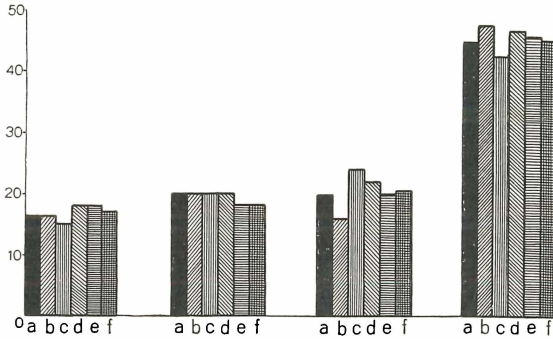


Diagramm 15.

läßt sich konstatieren, daß die meisten Formen eine endgültige Entwicklung erreicht haben; dabei erreichten sowohl die stimulierten Kulturen als auch die auf vorgeschrittenen Entwicklungsetappen bestrahlten Kulturen, wo bereits keine Stimulation beobachtet wird, die endgültige Entwicklung gleichzeitig. Das dargelegte Experiment demonstriert, daß eine einmalige Bestrahlung (unabhängig von den Entwicklungsetappen) keine Beschleunigung des ganzen Sporulationszyklus der Coccidien-oocysten hervorzurufen vermochte, sondern eine Verschiebung etlicher Entwicklungsstadien im Zeitraum beförderte, jedoch nur bei der Bestrahlung auf frühen Entwicklungsetappen.

Die erhaltenen Resultate mögen wohl damit erklärt werden, daß eine einmalige Bestrahlung ungenügend für den Stimulationsprozeß ist. Daher wurde in weiteren Versuchen eine mehrfache Bestrahlung mit derselben Strahlendosis oder eine progressiv wachsende im Verlauf des ganzen Zyklus auf verschiedenen Sporulationsetappen angewandt. Aus den Daten der vorlaufenden Versuche war ersichtlich, daß auf der 18.—20. Entwicklungsstunde (bei Temperatur von 12° C) die Coccidienoocysten von *Eimeria stiedae* unempfindlich gegen geringe Ultraviolett Dosen sind. Falls aber die Oocysten während

der ersten 24 Stunden ihrer Entwicklung einer mehrmaligen Bestrahlung mit derselben Strahlendose unterworfen wurden, so erwies es sich (es wurden 18 Experimente aufgestellt), daß unter Einwirkung einer solchen häufigen Bestrahlung eine Degeneration der Oocysten eintrat, die zu ihrem Untergang führte. Folglich hatten wir bei Anwendung der erwähnten Methodik gleichfalls keinen Stimulationseffekt des ganzen Entwicklungszyklus zu erzielen vermocht.

Schlußfolgerungen.

Bei kritischer Betrachtung der erhaltenen Daten ist es notwendig, folgende aufgetretene Fragen zu analysieren: Erstens, ob nicht die darauffolgende Verlangsamung in der Entwicklung der stimulierten Kulturen als Folge der Entwicklungshemmung unter Einwirkung der Bestrahlung mit dem Ultraviolett eintritt.

Aus zahlreichen Studien an einer Reihe von Protozoen ist bekannt, daß die Ultraviolettstrahlen anfänglich ihre Lebenstätigkeit anreizen, um sie alsdann zu hemmen (ZIEGLER und PHILIPP, 1925); unsere Versuche jedoch zeigen, daß die im Anfang ihrer Entwicklung stimulierten Kulturen im weiteren, unabhängig von der Bestrahlungsdosis, von der Kontrolle nicht abweichen und ihre volle Entwicklung gleichzeitig mit den Kontrollkulturen erreichen. Diese Erscheinung kann nicht mit der darauffolgenden, von den Ultraviolettstrahlen bedingten, Entwicklungshemmung erklärt werden, da in jenem Fall wir es mit einer der veränderten Stimulationsdosis entsprechenden Hemmung zu tun hätten¹⁾. Statt dessen ergibt die Bestrahlung mit einer beliebigen Dosis, die auf frühen Sporulationsetappen eine Stimulation hervorruft, einen gleichen Effekt im Sinne der Erreichung von gleichzeitiger Entwicklung sowohl von aktivierten als auch von Kontrollkulturen. Ein Zurückbleiben in dem Eintreten der dritten Entwicklungsstufe war in den bestrahlten Kulturen im Vergleich zur Kontrolle gleichfalls nicht zu beobachten.

Somit ist die Vermutung, daß die Strahlen des Quarzbrenners bei gegebenen Dosen im weiteren den Entwicklungszyklus der Oocysten hemmen, wenig glaubwürdig. Dieses Phänomen ist richtiger zu deuten, wenn man die Ursache der gleichzeitigen Entwicklung aller Versuchskulturen in einer Stabilität des Sporulationszyklus sehen will. Der komplizierte exogene Entwicklungszyklus

¹⁾ Beim Experimentieren wurde festgestellt, daß in unserer Ultraviolettquelle die die ersten Entwicklungsstadien verschiebenden Strahlendosen von 5—20 Sekunden schwanken.

Den besten Effekt erzielten wir bei der Dosis von 15 Sekunden, die daher am häufigsten angewandt wurde.

der Oocysten ist streng an einen gewissen Zeitraum adaptiert. Eine solche Adaptität vermochte während eines höchst komplizierten und differenzierten Evolutionsprozesses ausgearbeitet werden, die die Coccidien durchgemacht hatten, während ihrer Umwandlung in streng spezialisierte Parasitenformen. Die Verschiebung im Zeitraum der einzelnen Entwicklungsstadien in Grenzen eines stabilen Gesamtzyklus war wahrscheinlich nicht so streng von der natürlichen Zuchtwahl fixiert, und die Norm der Reaktion auf exogenen Einfluß behielt im Rahmen des Zyklus breitere Grenzen als die Norm der Reaktion „im Sinne der Entwicklungsgeschwindigkeit“ des gesamten Zyklus. Dieser Umstand erklärt es, daß die Ultraviolettstrahlen des Quarzbrenners die ersten Entwicklungsstadien wohl verschieben, jedoch den Verlauf des gesamten Zyklus nicht zu beschleunigen vermochten. Folglich bedingt die Beschleunigung der Entwicklung von frühen Sporulationsetappen keine Beschleunigung im Auftreten der nächstfolgenden Stadien.

Somit wird die Stabilität des Zyklus reguliert. In der Literatur treffen wir eine Reihe von Angaben, die unsere Vorstellung von der Stabilität des gesamten Entwicklungszyklus bei höheren Organismen in bezug auf Einwirkung von verschiedenen Gattungen von Strahlen bestätigen. HALBERSTÄDTER und SIMONS (1922) kamen in ihren Studien über den Einfluß von Röntgenstrahlen auf keimende Samen und Sprößlinge von Pflanzen zu dem Schluß, daß die anfängliche Förderung des Wuchses eine rasch vorübergehende Erscheinung darstellt, und daß im weiteren die bestrahlten Keime gleichzeitig sich mit der Kontrolle entwickeln.

ARNTZEN und KREBS (1925), die sich mit dem Studium vom Einfluß der Röntgenstrahlen auf den Wuchs einiger Papillnaceae beschäftigten, überzeugten sich gleichfalls, daß geringe Strahlendosen eine vorübergehende Wachstumsförderung hervorrufen.

Von großer Bedeutung ist für unsere Arbeit das Studium über *Phaseolus vulgaris* von ROCHLIN und GLEICHGEWICHT, das im Staatlichen Institut für Röntgenologie ausgeführt wurde.

„Aufgequollene Samen von *Phaseolus vulgaris*, die von einer $\frac{1}{4}$ HED bestrahlt wurden, ergaben Pflanzen, die während 15—20 Tagen die Kontrolle überholten, sowohl bezüglich des Wuchses der Hauptwurzel und der Seitenwurzel als auch in bezug des Auftretens der ersten und zweiten Blätterpaare.

Im weiteren glich sich der Wuchs von bestrahlten und Kontrollpflanzen aus. Sie gingen gleichzeitig (Versuchs-

bedingungen über 5—6 Wochen) im gleichen Entwicklungszustande unter (zitiert nach Prof. NEMENOW).

Die Beobachtungen dieser Verf. führen ebenfalls zur Vorstellung, daß der anfänglich beschleunigte Entwicklungszyklus im weiteren gehemmt wird und alsdann die endgültige Entwicklung gleichzeitig mit der Kontrolle eintritt.

STRELIN (1930), der es mit der Wirkung von verschiedenen Dosen der Röntgenstrahlen auf die Entwicklung der Eier von *Gastroidea viridula* zu tun hatte, kam zu folgenden Schlußfolgerungen: „Ich muß betonen, daß ungeachtet der sorgfältigsten Beobachtung über das Auskriechen der Larven es mir unmöglich war, jemals eine Verkürzung der embryonalen Periode zu konstatieren, die über die physiologische Norm des Zyklus trat.“

Jedoch nächst diesen Arbeiten weisen eine Reihe von Autoren (NADSON u. PHILIPPOW) auf eine Stimulation des geschlechtlichen Entwicklungszyklus bei niederen Pflanzen. Benannte Verf. bestrahlten mit den Ultraviolettstrahlen Kulturen des Pilzes *Mucor genevensis* durch eine spezielle in der Mitte durchlöchernte Glasscheibe, wodurch je nach Entfernung des Objektes vom Loch es einer geringeren Strahlendosis ausgesetzt wurde.

Bei Anwendung dieser Methodik hatten die Autoren eine bedeutende Beschleunigung im Auftreten der Zygotensporen erzielt.

Somit ist wahrscheinlich bei den niederen Pflanzen der Geschlechtszyklus ein labilerer in bezug zur Strahlenenergie, als es bei Organismen, die einen komplexierteren und differenzierteren Evolutionsprozeß durchgemacht haben. Das Studium des Einflusses der Ultraviolettstrahlen auf den gesamten Entwicklungszyklus der Oocysten gibt, wie es uns scheint, gewisse methodische Hinweisungen, und zwar: daß beim Studium der Einwirkung von Strahlenenergie auf die Beschleunigung der Lebensvorgänge man unbedingt die Veränderungen des gesamten Zyklus in Betracht ziehen soll, und daß alle Verallgemeinerungen falsch sein werden, die auf Grund der Beschleunigung der Entwicklung einiger ihrer Phasen gemacht werden. Die Ursache der Verschiebung der ersten Entwicklungsstadien der Oocysten nach der Behandlung mit dem Ultraviolett während der ersten 18 Stunden nach der Rektumentleerung läßt sich erklären, wenn man die Zeit der Strahlenwirkung mit den morphologischen Prozessen in Betracht zieht, die sich in der Oocyste während der ersten 18 Stunden der Entwicklung abspielen (bei Temperatur von 12—13° C).

Diese Periode ist durch eine Teilung der Oocyste in vier Kugeln charakterisiert, die von einer Kernteilung begleitet wird. Nach Literaturangaben (LITWER, 1934) wissen wir, daß zur Zeit der Teilung die Oocysten gegen Ultraviolett am empfindlichsten sind, und daß diese Empfindlichkeit schroff abfällt beim Eintreten der morphogenetischen Prozesse. Dieselbe Gesetzmäßigkeit wird gleichfalls bei Einwirkung von geringen Ultraviolettdosen beobachtet.

Die Periode der Unempfindlichkeit gegen Strahlenenergie stellt nun den Zeitarum dar, währenddessen die Stabilität des Zyklus reguliert wird.

Grundlegende Schlußfolgerungen.

1. Während der Entwicklung der Oocysten von *Eimeria stiedae*, *Eimeria perforans* und *Eimeria magna* wird keine Synchronie der Entwicklung beobachtet, d. h. in jedem nächstfolgenden Sporulationsmoment lassen sich auf verschiedenen Entwicklungsstadien stehende Oocysten beobachten. Abhängig von der Sporulationszeit aber werden größere bzw. kleinere Mengen in ihrer Entwicklung vorgeschrittene Formen angetroffen.

2. Bei Temperatursteigerungen wird die Asynchronie bedeutend herabgesetzt, verschwindet jedoch nicht.

3. Die Behandlung mit geringen Dosen von Ultraviolettstrahlen der Quecksilberquarzlampe führt zu keiner Beschleunigung des gesamten Entwicklungszyklus der Oocysten, beschleunigt nur die Erscheinung der ersten Sporulationsstadien, d. h. es findet unter Einwirkung des Ultraviolettes eine zeitliche Verschiebung etlicher Entwicklungsstadien statt.

4. Die Beschleunigung der ersten Entwicklungsstadien wird nur bei Bestrahlung der Oocysten mit dem Ultraviolett während des Beginnes des Sporulationszyklus beobachtet.

5. Je nach dem Vorschreiten der Sporulation tritt eine Herabsetzung ihrer Empfindlichkeit gegen die Ultraviolettstrahlen im Sinne der Verschiebung einzelner Sporulationsstadien ein.

6. Die Empfindlichkeit der ersten Sporulationsetappen gegen Ultraviolett trifft mit dem Moment der Kernteilung zusammen.

7. Beim Studium der beschleunigten Wirkung der Strahlenenergie auf biologische Entwicklungszyklen ist es notwendig, die Beschleunigung des gesamten Entwicklungszyklus in Betracht zu ziehen und keine Schlußfolgerungen von der Beschleunigung auf Grund der Verschiebung seiner einzelnen Teile zu ziehen.

Literaturverzeichnis.

- ALAPATOW u. KOSTUKOWA (1932): Der Einfluß von Ultraviolettstrahlen auf die Teilungsprozesse der Paramäcien. Nachrichten d. russ. Akad. d. Wissensch.
- ARNTZEN and KREBS (1925): Investig. into the biolog. effect of filtr. and unfiltr. x-rays as measured on peas. Acta radiologica Vol. 4 F. 1.
- BECKER (1931): A method of straining the oocysts of coccidii. Science.
- BECKER u. CROUCH (1931): Der Einfluß von Temperatur auf die Entwicklung der Coccidienoocysten.
- CHEISSIN, E. (1934): Morphologie und Physiologie der Entwicklung von Eimeria magna. Vortrag in d. Leningrader Gesellsch. f. Parasitologie.
- FISCH (1931): The effect of physical and chemical agents on the oocysts of Eimeria tenella. Science Nr. 1889.
- HALBERSTÄDTER u. SIMONS (1922): Zum Problem der Reizwirkung der Röntgenstrahlen. Fortschr. auf dem Gebiete d. Röntgenstrahlen.
- LITWER, G. (1934): Von der hemmenden Wirkung der Ultraviolettstrahlen auf den Sporulationszyklus der Coccidien. Vortrag in d. Leningrader Gesellsch. f. Parasitologie.
- NADSON, G. (1925): Sur l'accélér. du temps d. l. vie et la virilisc. prématuré chez les organis. inf. sous l'infl. d. rayons x et du radium. C. R. Soc. Biol. Vol. 93. Paris.
- NADSON u. PHILIPPOW (1927): Von der reizenden Wirkung der Ultraviolettstrahlen auf die Entwicklung der Hefe- und Schimmelpilze. Nachr. f. Röntgenologie Bd. 5.
- NADSON u. ROCHLINA (1927): Von der Bildung der Oxalatkristalle von Calcium in Pflanzenzellen unter Einwirkung von Ultraviolettstrahlen. Nachr. f. Röntg. Bd. 5.
- (1928): Vom Einfluß der Ultraviolettstrahlen des Quarzbrenners auf die chlorophylltragenden Zelle. Nachr. f. Röntgen- u. Radiologie Bd. 6.
- NEMENOW, M. (1933): Allgemeine Röntgenologie. Medgis.
- PERARD, CH. (1924): Recherches s. l. coccides et les coccidioses du lopin. Annales de l'Institut Pasteur.
- ROSKIN u. SCHISCHLAJEWA (1933): Der Einfluß von Ultraviolettstrahlen auf die Lebensvorgänge bei Protozoen. Russ. Arch. f. Embryol. u. Histol.
- ROCHLIN, D. u. GLEICHGEWICHT, E.: Zur Frage über den biologischen Einfluß der Röntgenstrahlen. Fortschr. auf dem Gebiete d. Röntgenstrahlen Bd. 34 Heft 1.
- STRELIN, G. (1930): Der Einfluß von Röntgenstrahlen auf die Entwicklung der Eier von Gastroidea viridula. Nachr. f. Röntgenologie.
- ZUELZER u. PHILIPP (1925): Beeinflussung des Kolloidenzustandes des Zellinhaltes von Protozoen durch Radiumstrahlen. Biol. Zentralbl. Bd. 95 Heft 9.

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): Litwer G.

Artikel/Article: [Der Einfluß von geringen Dosen der Ultraviolettstrahlen auf die Stabilität des Sporulationszyklus bei Kaninchencoccidien. 395-411](#)