

(Aus der Universitäts-Frauenklinik in Hamburg, Professor Dr. *Heynemann*,
Eppendorfer Krankenhaus.)

Histologische Untersuchungen über die Einwirkung der Röntgenstrahlen auf das Zellprotoplasma.

Zugleich ein Beitrag zur Kenntnis der Plastosomen.

Von

Privatdozent Dr. **Ludwig Nürnberger.**

Mit 20 Textabbildungen.

(Eingegangen am 18. Juni 1923.)

Einleitung.

In den bisherigen Untersuchungen über die aktinodynamische Beeinflussung der Zelle wurde der Akzent fast ausschließlich auf die Veränderungen des *Kernes* gelegt. Bereits im Jahre 1906 stellten *Bergonié* und *Tribondeau*¹⁾ das Gesetz auf, daß die Zellen um so strahlenempfindlicher sind, je größer ihre karyokinetische Energie („*Activité karyokinétique*“) und je länger ihr karyokinetischer Ablauf („*Avenir karyokinétique*“) ist. Als dann *Oskar, Günther* und *Paula Hertwig*^{4) 5) 6)} den tiefgreifenden Einfluß des strahlengeschädigten Kernchromatins auf die Integrität der Zelle im Experiment zeigen konnten, da schien dem *Protoplasma* nur mehr eine sekundäre, untergeordnete Bedeutung in der Frage der Strahlenwirkung zuzukommen.

So begründet die Akzentuierung der Kernveränderungen im Hinblick auf die bisher erhobenen histologischen und entwicklungsmechanischen Befunde auch ist, so wenig berechtigt ist sie in rein theoretischer Hinsicht. Schon der Umstand, daß die Strahlenwirkung auf die Zelle letzten Endes ein Problem der Molekularphysik ist, gestattet keine Bevorzugung des Kernes vor dem Protoplasma. Außerdem ist das Protoplasma aber auch der Sitz hochkomplizierter chemischer und physikalischer Vorgänge und endlich spielt es, wie die Untersuchungen von *Meves*¹⁰⁾, *Held*³⁾, *Romeis*¹³⁾ u. a. so gut wie sicher gemacht haben, eine — heute leider noch kaum gewürdigte — Rolle bei der Vererbung.

Aus allen diesen Gründen erscheint es von großem Interesse die aktinodynamische Beeinflussung des Zellprotoplasmas näher zu studieren.

Freilich stoßen derartige Untersuchungen auf sehr erhebliche Schwierigkeiten.

Die einfache Feststellung von Strukturveränderungen oder Färbungsdifferenzen leidet darunter, daß die histologischen Bilder weitgehend von der Art, der Konzentration und der Temperatur des Fixierungsmittels, sowie von der Art der gefällten Kolloide abhängig sind [Schaffer¹⁴]. Nun wäre es zwar ungerechtfertigt, wenn man etwaige Strukturveränderungen in einwandfreien Vergleichspräparaten nur als Artefakte ansprechen würde. Andererseits ist aber nicht zu leugnen, daß die Abhängigkeit des histologischen Bildes von äußeren, akzidentellen Variablen ein großes Moment der Unsicherheit in die Beurteilung der mikroskopischen Befunde hinein bringt.

Es erscheint deshalb zweckmäßig zum morphologischen Studium der Protoplasmaveränderungen durch die Röntgenstrahlen bestimmte, morphologisch und tinktoriell scharf charakterisierte Gebilde zu wählen. Ferner erscheint es empfehlenswert diese Gebilde an Zellen zu untersuchen, die eine ausgesprochene Strahlenempfindlichkeit besitzen.

Aus diesem Grunde wurden die nachfolgenden Untersuchungen an den Plastosomen*) der Eizellen angestellt. Aus äußeren Gründen wurden zu den Versuchen weiße Mäuse gewählt.

Methodik der Versuche.

Zu den Versuchen wurden 2 Serien von erwachsenen weißen Mäusen in einer mit Gaze überzogenen Pappschachtel vom Rücken her in folgender Weise bestrahlt.

Serie I. Symmetrie C. A. VII. Fokusabstand 23 cm, $\frac{1}{2}$ mm Zink, 3 mm Aluminium, 14,6 Widerstand, 215 Volt, 85—90 Sklerometer, 6 Ampère, 2 Milliampère, 3,0 Fürstenau. Bestrahlungsdauer: 30 Minuten.

Von den betreffenden Tieren wurde je eines am 1., 3. und 5. Tage nach der Bestrahlung getötet.

Serie II. 4 weibliche Mäuse wurden 35 Minuten lang in folgender Weise bestrahlt:

Symmetrie Metro-Rohr I. Fokusabstand 23 cm, $\frac{1}{2}$ Zink, 3 mm Aluminium, 220 Volt, 85 Sklerometer, 14, 6 Widerstand, 5 Ampère, 2 Milliampère, 3,0 Fürstenau.

Von diesen Tieren wurden je eines 18 Stunden; 2, 4, 6 Tage nach der Bestrahlung getötet. Da die histologischen Befunde in den beiden Serien qualitativ durchaus gleich waren und sich nur quantitativ unterschieden,

*) Nach dem Vorschlage von Meves⁹⁾ wurde im folgenden für die unter dem Namen „Mitochondrien“ (Benda) oder „Chondriosomen“, — Chondriomiten und Chondriokonten — (Meves) bekannten Gebilde die Bezeichnung „Plastosomen“ gebraucht. Diese zerfallen, je nachdem sie körnig oder stabförmig sind, in zwei Unterabteilungen: Plastochondrien und Plastokonten. Die Gesamtheit der Plastomosen (= Chondriosomen) einer Zelle wird unter der Bezeichnung *Chondriom* zusammengefaßt.

so wurden Mikrophotogramme nur von Schnitten der zweiten — stärker bestrahlten — Serie angefertigt.

Außerdem wurden noch mehrere andere unbestrahlte Kontrollmäuse verwendet.

Alle Tiere wurden durch Äther getötet. Die Ovarien wurden sofort exstirpiert, lebenswarm in *Altman'sche* Flüssigkeit (2proz. Osmiumsäure und 5proz. wässrige Kaliumbichromatlösung) gebracht und hier 24 Stunden fixiert. Dann wurde 24 Stunden lang in vielfach gewechseltem destilliertem Wasser ausgewaschen und langsam durch 70proz., 80proz., 96proz., absoluten Alkohol und Xylol in Paraffin eingebettet.

Die 2,5 μ dicken Schnitte wurden nach *Altmann-Meves* in folgender Weise behandelt. Nach der Entfernung des Paraffins wurden sie durch die fallende Alkoholreihe in destilliertes Wasser überführt. Dann wurden sie in hoher Schicht mit Anilinwasser-Säurefuchsin (20 g Säurefuchsin auf 100 ccm Anilinwasser) übergossen und vorsichtig über der Flamme erwärmt, bis Dämpfe aufstiegen. Nachdem sie abgekühlt waren, wurde dieses Erwärmen noch einmal in gleicher Weise wiederholt. Nach vollständigem Erkalten wurde die überschüssige Farblösung vom Objektträger abgegossen. Dann wurde dieser in Pikrinsäurelösung (1 Vol. gesättigte alkoholische Pikrinsäurelösung auf 4 Vol. 20proz. Alkohol) abgespült. Zum Differenzieren diente ein zweites Glas, das mit der gleichen Pikrinsäurelösung gefüllt war. Endlich wurde dann noch in einer verdünnten Pikrinsäurelösung (1 Vol. gesättigte alkoholische Pikrinsäurelösung auf 7 Vol. 20proz. Alkohol) weiter differenziert. Nach gründlichem Auswaschen in 96proz. Alkohol kamen die Schnitte durch absoluten Alkohol und Xylol in Kanadabalsam.

Neben dieser *Altmann-Meves'schen* Methode wurde stets auch noch mit Eisenalaun-Hämatoxylin nach *Heidenhain* gefärbt.

Zu den Mikrophotographien wurden ausschließlich nach *Altmann-Meves* gefärbte Präparate verwendet.

Ergebnisse der Untersuchungen.

Den Ausgangspunkt für die Beurteilung etwaiger Strahlenveränderungen mußte in unseren Versuchen naturgemäß das Verhalten der Plastosomen in den Eiern der unbestrahlten Kontrolltiere bilden.

Eingehendere Untersuchungen über den Chromidialapparat in den Eiern der weißen Maus scheinen noch nicht vorzuliegen. In der Literatur konnte ich nur in einer Arbeit von *Lams* und *Doorme?*) einige Angaben auffinden.

Die beiden Autoren untersuchten nur die reifen oder fast reifen Eier und fanden in diesen zahlreiche Granulationen, die zwischen den deutoplasmatischen Kugeln verteilt sind und Ketten oder kleine Haufen bilden.

Für die Beurteilung etwaiger Strahlenveränderungen sind diese Beobachtungen nicht genügend. Es sei deshalb gestattet, auf Grund eigener

Untersuchungen etwas näher auf das Verhalten der Plastosomen in den Oocyten der weißen Maus einzugehen.

A) *Das Verhalten der Plastosomen in den Eiern der normalen weißen Maus.*

Der relativ schmale Protoplasmasaum der Primordialfollikel ist in unregelmäßiger Weise durchsetzt von dichtgedrängten Plastosomenhaufen (Abb. 1). Eine ausgesprochen halbmondförmige Anhäufung um den Kern, wie sie zuerst von *van der Stricht*¹⁵⁾, dann auch von *M. Loyez*⁸⁾ in den jungen Oocyten des Menschen, ferner auch in denen des Meerschweinchens beschrieben wurde, haben wir in den Primordialfollikeln der erwachsenen weißen Maus nicht gesehen. Selbst wenn man auch hier und da den Eindruck von umschriebenen Verdichtungsherden an einer Seite des Kernes hatte, so zeigte sich doch beim Einstellen anderer Ebenen des betreffenden Schnittes, daß auch im übrigen Protoplasma mehr oder weniger zahlreiche Plastosomen vorhanden waren.

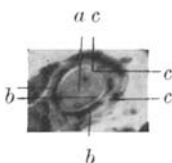


Abb. 1. Primordialfollikel aus dem Ovarium der weißen Maus. a) Kern mit Kernkörperchen; b) perinucleärer Plastosomenring; c) plastosomenfreie Partien des Eiprotoplasmas.

In den größeren Follikeln läßt sich kein einheitliches Verhalten des Eichondrioms nachweisen. Nur das eine haben alle Eier gemeinsam, daß man in ihnen keine Plastokonten, sondern nur Plastochondrien findet.

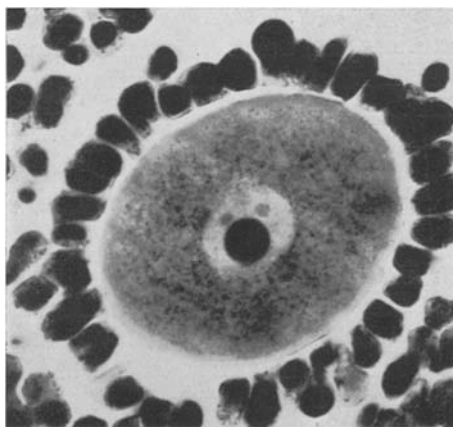


Abb. 2. Ei der weißen Maus mit diffuser Anordnung der Plastosomen. In der Randzone keine Plastosomen.

Teils liegen die Plastochondrien diffus im Protoplasma zerstreut (Abb. 2), teils bilden sie ein fein- oder grobmaschiges Netz (Abb. 3 und 4).

Dabei kann die Randzone des Eies frei von Granula sein (Abb. 2), häufig findet man aber auch eine mehr oder weniger dichte plastochondriale Randzone (Abb. 5).

Weiter findet man Eier, in denen die Plastosomen zu dicken unregelmäßigen Haufen zusammengeballt sind (Abb. 6 und 7).

Weitaus die meisten dieser Eizellen haben ihre normale rundliche Form verloren, ihr Kontur ist eckig oder unregelmäßig ausgebuchtet, die wabige Strukturierung des Protoplasmas ist verwaschen oder sie fehlt vollständig. Von diesen noch wenig deformierten Formen bestehen

fließende Übergänge zu elliptischen, hantel-, halbmond- oder keulenförmigen Eiern mit scholligem oder unregelmäßig verdichtetem Protoplasma, das einen oder mehrere unregelmäßige Plastosomenklumpen

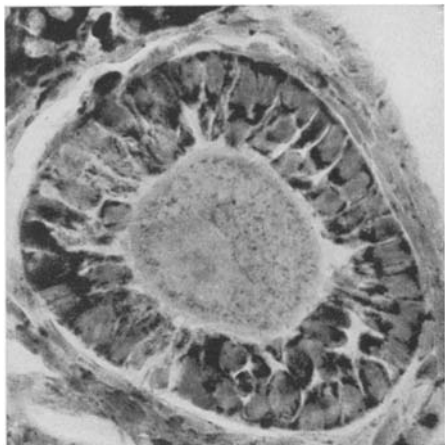


Abb. 3. Ei der weißen Maus mit feinretikulärer Anordnung der Plastosomen.

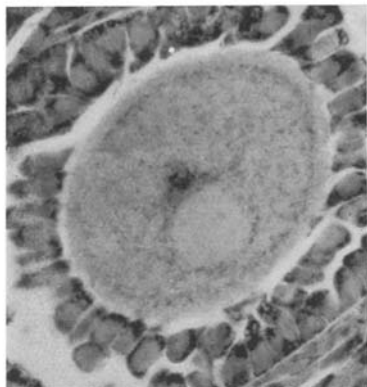


Abb. 4. Ei der weißen Maus mit grobretikulärer Anordnung der Plastosomen.

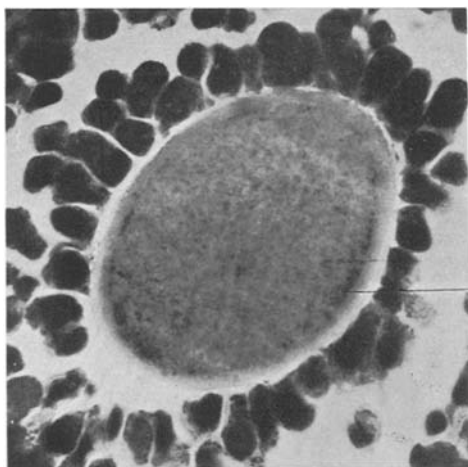


Abb. 5. Ei der weißen Maus mit deutlicher plastochondriale Randzone.

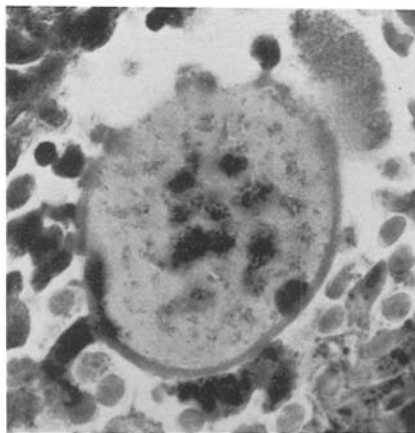


Abb. 6. Ei mit zusammengeballten Plastosomen. Normales Ovarium der weiß. Maus.

und Kernreste enthält (Abb. 8). Endlich findet man Eizellen, in denen auch die Plastosomenhaufen und Kerntrümmer fehlen. Das Protoplasma erscheint eigentümlich gebändert und gefaltet sowie mehr oder weniger diffus gefärbt (Abb. 9).

Es kann wohl kein Zweifel darüber bestehen, daß es sich bei allen diesen Formen der Abb. 6—9 um degenerierende Eizellen, also um

einen Ausschnitt aus dem Bilde der physiologischen Follikelatresie handelt. Diese Vermutung gewinnt eine weitere Stütze dadurch, daß sich in den zugehörigen Follikelepithelien reichlich osmierte Substanz, also wohl Fett, findet.

Betrachtet man das eigentümliche Verhalten der Plastosomen in diesen degenerierenden Eizellen, dann liegt der Gedanke nahe, daß die

Verklumpung der Plastochondrien in den anscheinend noch intakten Eiern schon der erste Ausdruck der Degeneration, also der beginnenden Follikelatresie ist. Diese Vermutung erhält eine weitere Stütze durch das Studium der bestrahlten Ovarien.

B. Das Verhalten der Plastosomen in den Eizellen der bestrahlten Ovarien.

Bei der Betrachtung der von den bestrahlten Ovarien angefertigten Schnitte läßt sich zunächst die Tatsache feststellen, daß man Eier findet,

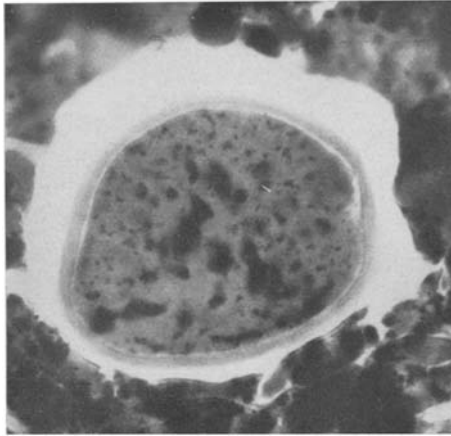


Abb. 7. Ei mit zusammengeballten Plastosomen. — Normales Ovarium der weißen Maus.

deren Chondriom als vollkommen intakt bezeichnet werden muß, insofern als man weder in seinem Aufbau noch an seinen einzelnen Elementen eine Abweichung von der Norm feststellen kann (Abb. 10). Herr Professor



Abb. 8. Degenerierende Eizelle aus dem Ovarium einer normalen weißen Maus. Polarer Plastosomenhaufen.



Abb. 9. Degenerierte Eizellen aus dem Ovarium einer normalen Maus. Das Protoplasma erscheint unregelmäßig gebändert. Plastosomen und Kernreste sind nicht mehr vorhanden.

v. Möllendorff, dem ich auch an dieser Stelle meinen ergebensten Dank für die lebenswürdige Durchsicht der Präparate und des Manuskriptes

aussprechen möchte, machte mich darauf aufmerksam, daß es sich bei den Eiern mit intaktem Chondriom auffallend häufig um fast reife Follikel handelte. Dies deutet nach der durchaus wahrscheinlichen Ansicht von Herrn Professor *v. Möllendorff* vielleicht darauf hin, daß Eier von einer gewissen Differenzierungshöhe resistenter gegen die Strahlen sind als andere, weniger weit entwickelte Ovula.

Diese rein morphologische Intaktheit, d. i. die völlige Übereinstimmung mit den in nicht bestrahlten Ovarien vorhandenen Bildern schließt natürlich nicht aus, daß an dem Chondriom nicht doch irgendwelche Veränderungen vor sich gegangen sind, etwa in dem Sinne, daß die diffuse

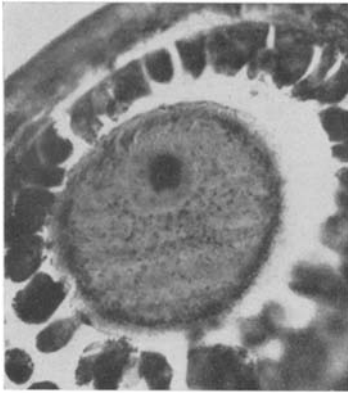


Abb. 10. Ei 6 Tage nach der Bestrahlung. Intaktes Chondriom.

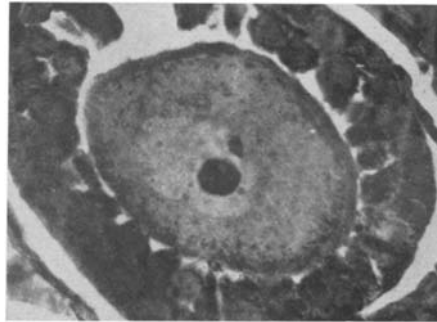


Abb. 11. Ei 6 Tage nach der Bestrahlung. Intaktes Chondriom. Nucleolus nicht gleichmäßig gefärbt.

Anordnung in die retikuläre übergang und umgekehrt. Ebensovien läßt sich die Möglichkeit ausschließen, daß sich die betreffenden Eizellen in einem Zustande der latenten Schädigung befinden, der sich nur morphologisch noch nicht geltend macht oder wenigstens noch nicht erkennbar ist.

So ist in Abb. 11 eine Eizelle dargestellt, deren Chromidialapparat noch intakt ist, deren Nucleolus aber unregelmäßig gefärbt ist, und in anderen Schnitten sieht man Eizellen mit ebenfalls intaktem Chondriom, aber mehr oder weniger diffuser Färbung der Zona pellucida.

Diese beiden Erscheinungen — unregelmäßige Färbung des Nucleolus und Fuchsinfärbung der Zona pellucida — konnte ich in gut differenzierten Altmannpräparaten aus normalen Ovarien nie feststellen. Jedenfalls erscheint der Befund auffallend, wenn ich auch keine weiteren Folgerungen an ihn knüpfen möchte als die, daß es sich *möglicherweise* um den Ausdruck einer Schädigung der Eizelle handelt.

Neben diesen Eizellen mit morphologisch intaktem Chondriom findet man nun andere, deren Plastosomen nicht die diffuse oder retikuläre Anordnung zeigen, sondern verklumpt und zu Haufen geballt erscheinen,

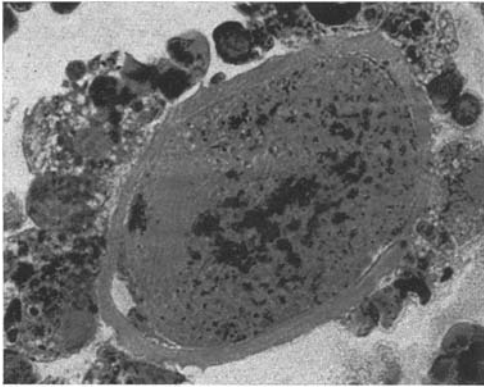


Abb. 12. Beginnende Verklumpung der Plastosomen.
18 Stunden nach der Bestrahlung.

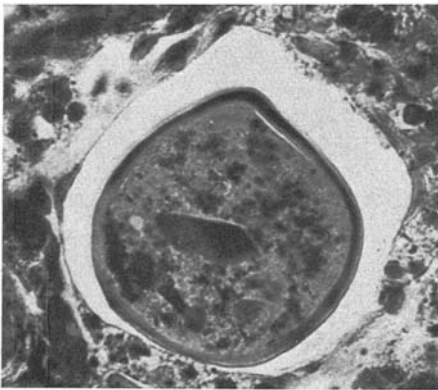


Abb. 13. 42 Stunden nach der Bestrahlung. — Weiter fortgeschrittene Verklumpung der Plastosomen. Beginnende Deformierung des Eies. Unregelmäßige Färbung der Zona pellucida.

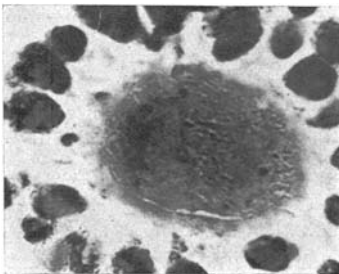


Abb. 14. 18 Std. nach der Bestrahlung. Verklump. u. polare Anhäuf. d. Plastosomen.

während das übrige Protoplasma frei von Granula ist. Gleichzeitig läßt auch der Protoplasmaleib Abweichungen von der Norm erkennen. Der normalerweise kreisrunde Umriß zeigt Eindellungen oder Ausbucklungen oder die Eizelle ist in ein schmales elliptisches, keulen- oder halbmondförmiges Gebilde umgewandelt (Abb. 12 bis 17).

Es entstehen so die gleichen Bilder, wie sie in den unbestrahlten Ovarien beschrieben wurden. Auch hier lassen sich wieder alle Übergänge von den Eizellen mit diffuser oder retikulärer Anordnung des Chondrioms zu solchen mit plastochondrialer Haufenbildung und von diesen zu deformierten plastosomenlosen Eiern nachweisen.

Konnte man beim Betrachten der Schnitte von normalen Ovarien im Zweifel sein, ob es sich bei den Eiern mit geballten Plastosomen tatsächlich um einen kata-

biotischen Zustand handelt, so erscheint dieser Zweifel beim Studium der bestrahlten Ovarien nicht mehr berechtigt.

Ein ausgesprochener Unterschied zwischen den bestrahlten und den nicht bestrahlten Ovarien besteht aber darin, daß sich in den bestrahlten Ovarien die beschriebenen Bilder entschieden häufiger finden als in den unbestrahlten Ovarien.

Abb. 15. 42 Stunden nach der Bestrahlung. Keulenförmige Deformierung des Eies. Im Protoplasma unregelmäßige Plastosomenhaufen.

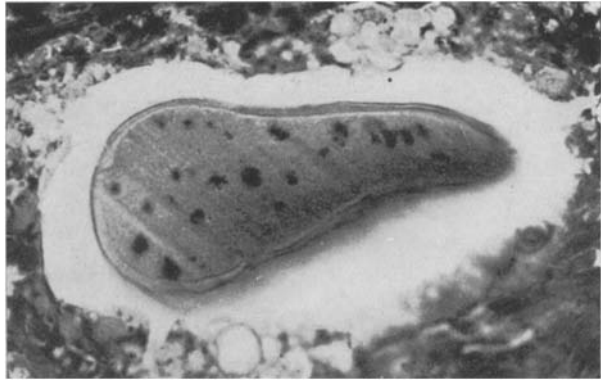


Abb. 16. 42 Stunden nach der Bestrahlung. — Halbmondförmige Deformierung des Eies. Im Protoplasma unregelmäßige Plastosomenhaufen. Beginnender Zerfall des Protoplasmas.

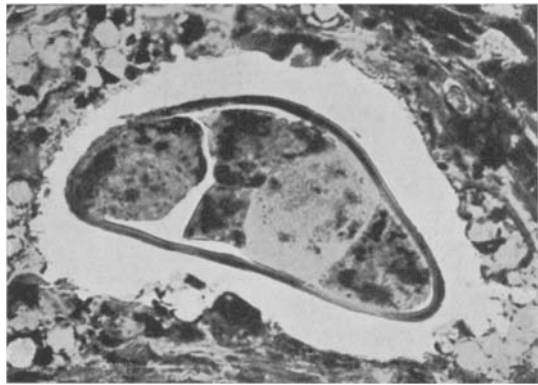
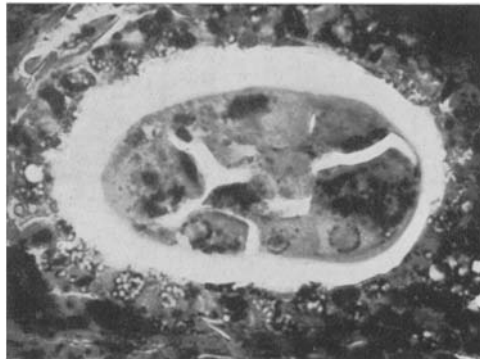


Abb. 17. Unregelmäßige Plastosomenhaufen. Weiter fortgeschrittener Zerfall des Protoplasmas. — 42 Stunden nach der Bestrahlung.



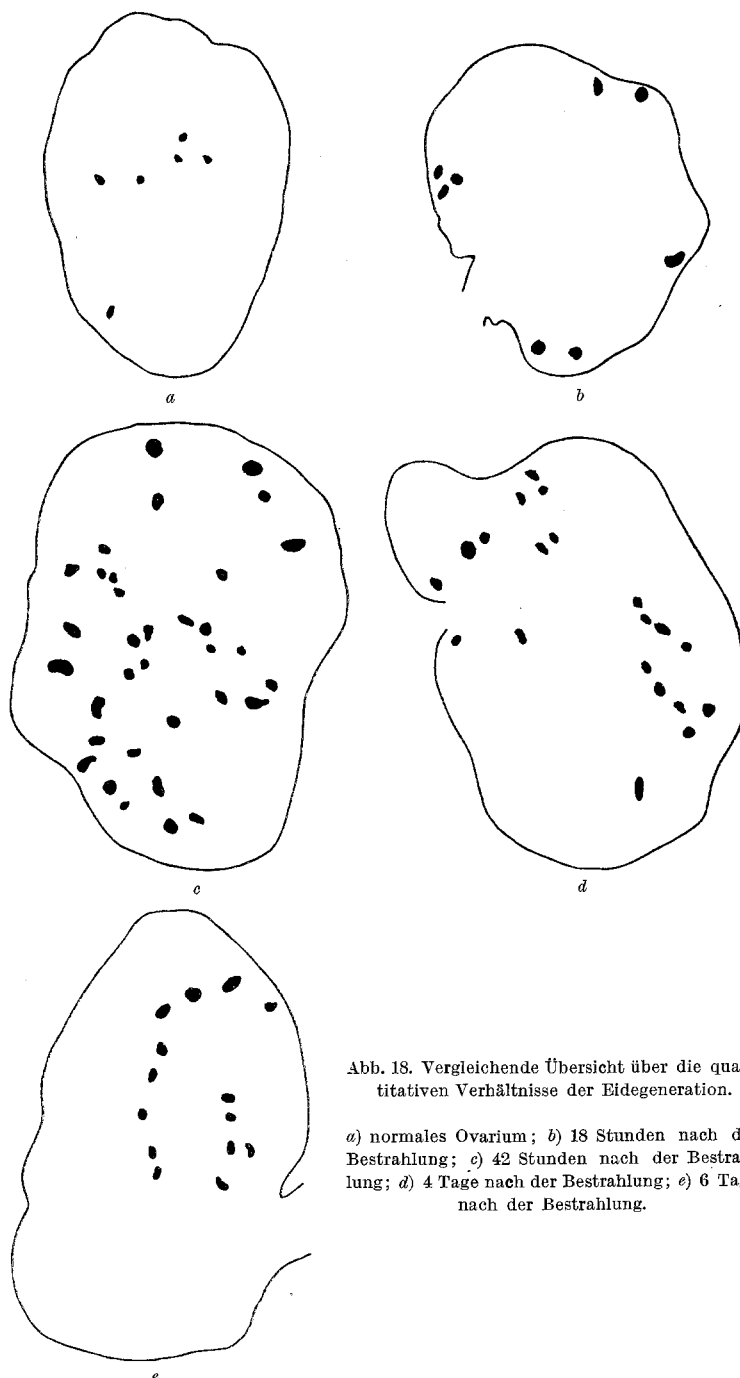


Abb. 18. Vergleichende Übersicht über die quantitativen Verhältnisse der Eidegeneration.

a) normales Ovarium; b) 18 Stunden nach der Bestrahlung; c) 42 Stunden nach der Bestrahlung; d) 4 Tage nach der Bestrahlung; e) 6 Tage nach der Bestrahlung.

Eine Vorstellung von diesen Verhältnissen sollen die vorstehenden Abbildungen geben (Abb. 18 a—e). Diese wurden dadurch gewonnen, daß von dem photographischen Übersichtsbild je eines Schnittes aus dem betreffenden Ovarium die degenerierenden Eizellen unter Kontrolle des Mikroskopes durchgepaust wurden.

Natürlich kann man den Einwand erheben, daß bei der Auswahl der Schnitte mit einer gewissen Willkür verfahren wurde. Es ist auch zugegeben, daß sich der zwingende Beweis erst durch die Zählung der degenerierenden Eier in lückenlosen Serien von bestrahlten und unbestrahlten Ovarien erbringen lassen wird. Allein die betreffenden Bilder kehrten in den zahlreichen untersuchten Schnitten so gleichmäßig wieder, daß der subjektive Eindruck ihrer numerischen Zunahme ohne Zweifel der objektive Ausdruck einer statistisch nachweisbaren Tatsache ist.

Jedenfalls läßt sich aber so viel behaupten, daß in den nach Röntgenbestrahlungen degenerierenden Eizellen die Plastosomen in Haufen zusammengeballt und in späteren Stadien der Degeneration nicht mehr nachweisbar sind und ferner, daß sich die gleichen Bilder auch in normalen, nicht bestrahlten Ovarien finden.

Von großem Interesse ist nun weiter die Frage, ob die Verklumpung der Plastosomen das erste Zeichen einer Protoplasma degenerationserscheinung ist oder ob wir in ihr nur den sekundären Ausdruck irgendwelcher anderer Protoplasma veränderungen zu erblicken haben.

Für die Entscheidung dieser Frage kann man vielleicht folgende Beobachtung heranziehen: In den Eizellen mit retikulärer Anordnung der Plastosomen finden sich in den Maschen des Reticulums helle runde Lücken, über deren Natur man heute noch nicht im klaren ist. Teils nimmt man an, daß es sich um Vakuolen handelt, teils glaubt man sie als körperliche Gebilde ansprechen zu müssen. Außerdem sieht man nach Osmiumsäurefixierung im Protoplasma der Eizellen häufig auch braunschwänzliche Kugeln, die „boules le grisées“ von Lams und Doorme⁷⁾.

Da nun diese paraplasmatischen Gebilde beim Auftreten der ersten plastochondrialen Verklumpungserscheinungen in der Regel noch nachweisbar sind, so muß man daraus den Schluß ziehen, daß die Zusammenballung der Plastosomen zum mindesten ein sehr frühes Stadium der Eidegeneration ist.

Eine weitere Frage ist die, ob die Verklumpung der Plastosomen und die ihnen möglicherweise vorausgehenden cytoplasmatischen Spannungsveränderungen nicht selbst erst wieder die Folge einer Strahlenschädigung des Kernes sind. Diese Frage ist um so berechtigter, als ja bekanntlich der Kern schon kurze Zeit nach der Bestrahlung deutliche Degenerationserscheinungen aufweist [Reifferscheid¹²⁾].

Naturgemäß gewähren die mikroskopischen Bilder keinen Einblick in kausale Zusammenhänge, aber selbst über die zeitlichen Korrelationen zwischen den Kern- und Protoplasmaveränderungen läßt sich aus unseren Präparaten nur schwer ein Urteil gewinnen. Die Schwierigkeit liegt vor allem darin, daß in den größeren Eizellen der weißen Maus weder mit der *Altmann*- noch mit der *Heidenhain*färbung Chromatinstrukturen nachzuweisen sind.

Auch die jungen Oocyten, deren Kern eine deutliche Chromatinzeichnung aufweist, sind zur Entscheidung dieser Frage nicht geeignet. Es läßt sich zwar zeigen (Abb. 19), daß in dem Protoplasma der bestrahlten Primärfollikel das Chondriom noch scharf hervortritt, während am Kern die Zeichen der Chromatolyse schon deutlich ausgeprägt sind.

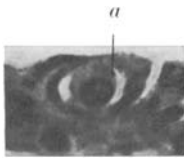


Abb. 19. Primärfollikel 18 Stunden nach der Bestrahlung. Färbung mit Eisenalaun-Hämatoxylin. Der Kern ist unregelmäßig schollig tingiert, die Kernzeichnung fehlt (beginnende Chromatolyse). Im Protoplasma bei a) morphologisch intakte Plastosomen.

Da aber die Plastosomen in den jungen Oocyten schon physiologischerweise in Haufen liegen, so läßt sich aus der morphologischen Integrität des Chondrioms nur der Schluß ziehen, daß dieses den Beginn der Kernveränderungen überdauert, nicht aber, daß es keine Veränderungen erfährt.

Zu ganz analogen Folgerungen kommt man beim Betrachten der *Follikelepithelien* (Abb. 20).

Auch an ihnen kann man feststellen, daß die Plastosomen, selbst in vorgeschrittenen Stadien des Kernzerfalles, noch vorhanden sind. Da an ihnen aber — im Gegensatz zu dem Chondriom der Eizellen — keine Haufenbildung nachzuweisen ist, so lassen sich auch daraus keine zwingenden Schlüsse für das Verhalten der Eizellen ableiten.

Wir müssen deshalb die Frage nach den zeitlichen Verhältnissen zwischen der Kern- und Plasmadegeneration in den Eizellen unentschieden lassen.

Dagegen glauben wir, zum Schluß noch auf einen anderen Punkt hinweisen zu dürfen, nämlich auf eine gewisse *Strahlenunempfindlichkeit der Plastosomen*. Unsere Beobachtungen haben gezeigt, daß sich die Plastosomen der Eizellen im Anschluß an die Bestrahlung zwar zusammenballen, daß die Plastosomenhaufen aber bei schon weit fortgeschrittener Degeneration der Eizellen noch nachzuweisen sind. Die gleiche morphologische Widerstandsfähigkeit der Plastosomen konnten wir auch an den Primärfollikeln und an den Follikelepithelien feststellen.

Diese auffallende Resistenz der Plastosomen gegenüber dem Strahlentrauma — und auch den zur physiologischen Follikelatresie führenden Schädlichkeiten — steht in einem krassen Gegensatz zu der außerordentlich großen postmortalen Labilität dieser Gebilde.

Man darf daraus wohl schließen, daß die intravitalen und postmortalen Absterbevorgänge an den Zellen nicht ohne weiteres identifiziert werden dürfen.

Überblicken wir zusammenfassend das Ergebnis unserer Untersuchungen, so haben sie gezeigt, daß das Eiprotoplasma der weißen Maus durch die Röntgenstrahlen eine ausgesprochene Schädigung erfährt. Diese dokumentiert sich in Verklumpung und schließlichem Schwunde

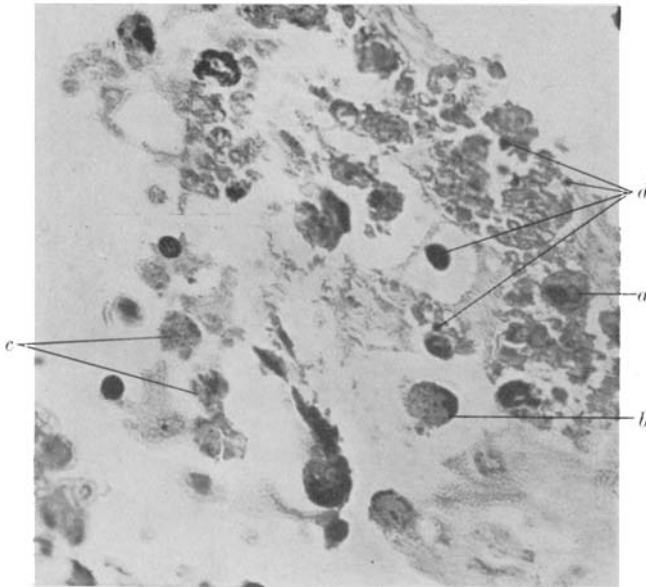


Abb. 20. Degenerierende Follikelepithelien aus einem bestrahlten Ovarium. 18 Stunden nach der Bestrahlung. *a)* im Zerfall begriffener Kern; *b)* mit halbmondförmigem, wandständigem Chromatinrest an der teilweise geschwundenen Kernmembran; *c)* Kernlose Zellreste. *In allen diesen Zellen sind die Plastosomen deutlich zu erkennen. d)* größere und kleinere Chromatinkugeln (globuläre Chromatinderogeneration).

der Plastosomen unter gleichzeitiger Deformierung und Schrumpfung des Protoplasmaleibes.

Kontrolluntersuchungen an normalen Ovarien haben gezeigt, daß sich ganz die gleichen Veränderungen auch an unbestrahlten Eiern feststellen lassen.

Diese Tatsache ist von Bedeutung für die korrelative Wertung der Befunde an den bestrahlten und an den nichtbestrahlten Ovarien.

Bei der Orientierung der Röntgenveränderungen an den normalen Befunden kommt man zu dem Schlusse, daß sich die Wirkung der Röntgenstrahlen auf das Zellprotoplasma nicht in spezifischer, nur für die Strahlenwirkung charakteristischer Weise manifestiert. Die aktino-

dynamischen Veränderungen des Zellprotoplasmas gleichen durchaus den Bildern, die man auch in normalen Ovarien findet. Diese Feststellung steht in vollkommener Übereinstimmung mit der schon früher konstatierten Tatsache, daß auch die Strahlenschädigung des Zellkernes durchaus nicht spezifisch für die Strahlenwirkung ist¹¹⁾.

Die Orientierung der normalen Befunde an den Röntgenveränderungen erhält ihre spezifische Note durch die morphologische Identität der degenerierenden Eizellen in den bestrahlten und nichtbestrahlten Ovarien. Der numerische Reichtum an Übergangsbildern in den bestrahlten Ovarien gestattet aber, weit besser als dies in den normalen Ovarien möglich ist, die einzelnen Phasen des Degenerationsprozesses zu verfolgen. Dabei ergab sich, daß man in der Verklumpung des Chondrioms eine katabiotische Erscheinung zu erblicken hat.

Diese Erkenntnis ist von einer gewissen praktischen Bedeutung. Sie zeigt uns, daß das Verhalten der Plastosomen ein äußerst feines morphologisches Reagens auf die Integrität der Eizelle ist. *Die Plastosomenfärbung gestattet also, die Frühstadien der Follikelatresie schon zu einer Zeit zu erkennen, in der dies bei Verwendung der üblichen Kern- und Protoplasmafärbungen nicht möglich ist.*

Literaturverzeichnis.

- ¹⁾ Bergonié et Tribondeau, Cpt. rend. des séances de la soc. de biol. **143**, 983. 1906. — ²⁾ Duesberg, Ergebn. d. Anat. u. Entwicklungsgesch. **20**, II, S. 567. 1911. — ³⁾ Held, Arch. f. mikroskop. Anat. **89**, II. Abt., S. 59. — ⁴⁾ Hertwig, Günther, Arch. f. mikroskop. Anat. **77**, II. Abt., S. 165. 1911. — ⁵⁾ Hertwig, Oskar, Arch. f. mikroskop. Anat. **77**, II. Abt., S. 1. 1911. — ⁶⁾ Hertwig, Paula, Arch. f. mikroskop. Anat. **77**, II. Abt., S. 301. 1911. — ⁷⁾ Lams et Doorme, Arch. de biol. **23**. — ⁸⁾ Loyez, M., Cpt. rend. Acad. Science de Paris **136**, zitiert nach Duesberg. — ⁹⁾ Meves, Arch. f. mikroskop. Anat. **75**. — ¹⁰⁾ Meves, Arch. f. mikroskop. Anat. **76**. — ¹¹⁾ Nürnberger, Strahlentherapie **10**, 874. 1920. — ¹²⁾ Reifferscheid, Strahlentherapie **5**, 407; **14**, 628. — ¹³⁾ Romeis, Arch. f. mikroskop. Anat. **81**, II. Abt., S. 129. — ¹⁴⁾ Schaffer, Anat. Anz. **51**, 353. 1918. — ¹⁵⁾ van der Stricht, Verhandl. d. anatom. Ges. Kiel 1908.