

(Aus dem pathologischen Institut der Universität Marburg
[Direktor: Prof. Dr. M. Versé].)

Beiträge zur Morphologie des Lipoidstoffwechsels.

III. Mitteilung.

Über die Öltropfen und Glykogéngebilde in den Sehzellen der Netzhaut des Haushuhns.

Von

Toru Uchiyama aus Sendai, Japan.

Mit 3 Abbildungen im Text.

(Eingegangen am 10. Dezember 1929.)

Bei der auf Veranlassung von Prof. Versé vorgenommenen Untersuchung des Cholesterinfettstoffwechsels beim Haushuhn erregten in den Sehzellen der Netzhaut die sog. Öltropfen, die durch ihre verschiedene Farbe besonders auffallen, meine Aufmerksamkeit.

Es ist schon mehrfach darauf hingewiesen worden, daß die Pigmentepithelzellen der Retina des Menschen und verschiedener Laboratoriumstiere schon physiologischerweise feine Lipoidtröpfchen enthalten, die gewöhnlich durch das reichlich vorhandene Pigment verdeckt werden und erst nach seiner Abbleichung zutage treten (Kolen, Attias u. a.).

Dieselben Zellen enthalten beim Kaninchen schon in normalem Zustand unter gewöhnlichen Bedingungen einen Fetttropfen von viel größerem Ausmaß, der anscheinend ziemlich frühzeitig bei Fütterungsversuchen mit Cholesterinleinöl beeinflußt wird (Versé). Fetttropfen in den Sehzellen aber werden selbst im Fettfütterungsversuch bei Kaninchen nie beobachtet (Versé).

Nach der Lehre von Schultze sind die Zapfen der Netzhaut wesentlich Farben-, die Stäbchen Hell-Dunkelperzeptoren. Damit würde übereinstimmen, daß die Retina der Tagesvögel verhältnismäßig zapfenreicher als die der Nachtvögel ist.

Doch widersprechen auch manche Angaben der Schultzeschen Lehre. Nach den Mitteilungen von Hesse beispielsweise finden sich bei verschiedenen Schildkrötenarten weder Stäbchen noch Sehpurpur, obgleich sie vorwiegend oder ausschließlich als Nachttiere leben. Er hat auch darauf aufmerksam gemacht, daß selbst die Retina der Hühner sehr arm an Stäbchen ist, obwohl sie eine ausgiebige Dunkeladaption besitzen.

Öltropfen kommen ausnahmslos bei fast allen Sauropsiden (Reptilien und Vögel) vor und zwar immer in den Zapfen (vgl. *Franz*). Sie sind auch bei Amphibien, Ganoiden und selten bei Säugetieren beobachtet worden.

Schultze hat nach der Farbe der Öltropfen farblose, gelbe bis rotgelbe und rote unterschieden; weiter hat er darauf aufmerksam gemacht, daß bei Eulen die rote Zapfen fehlen, blaßgelbe und farblose Zapfen dagegen reichlich vorhanden sind. *Krause* beschrieb statt der farblosen Tropfen blaßblaue und grünliche.

Mit der Untersuchung der Öltropfenfarbe in der Netzhaut haben sich in erster Linie *Talma* (1873), *Krause* (1894), *Heinemann* (1877), *Hannover* (1843), *Pacini* (1865), *H. Müller* (1872) und *Kühne* (1879) beschäftigt. Bis jetzt glaubte man im allgemeinen, daß die Öltropfen ausschließlich in den Zapfen vorhanden seien. Es ist auch angegeben worden, daß die Zapfen des Vogels manchmal sehr schmal werden und dann bis zu einem gewissen Grade den Stäbchen ähneln. Über die Verteilung der verschiedenfarbigen Öltropfen im Bereich der Retina wissen wir, daß sie im hinteren Augenabschnitt dichter angeordnet sind, ganz besonders in der Fovea-gegend. Hier sollen die roten Tropfen an Zahl überwiegen. Gerade bei Haushühnern ist die Fovea abgeflacht, so daß man sie mit bloßem Auge nicht wahrnehmen kann. Sonst finden sich bei den meisten Vögeln immer zwei Foveae. Die eine wird für das monokulare, die zweite lateral hinten liegende für das binokulare Sehen benutzt.

Material und Untersuchungsmethoden.

Im ganzen habe ich 35 Haushühner zur Untersuchung verwandt; davon waren 9 mit Cholesterinleinöl 12—420 Tage lang gefüttert. Anfangs wurden die Augen einige Tage lang in 10% Formol fixiert und in Carbolgelatine eingebettet. Die Gefrierschnitte wurden vorzugsweise mit Sudan III und Nilblausulfat, teils auch mit Neutralrot oder Scharlachrot gefärbt, ungefärbte Schnitte mit dem Polarisationsmikroskop untersucht. Zur Darstellung der Öltropfenlokalisierung habe ich das *Ciacciosche* Verfahren und auch die Osmierung nach *Flemming* bevorzugt. Das *Ciacciosche* Verfahren habe ich mehrfach zur Entfernung des Pigments in den Retinaepithelzellen mit der Salzsäurekaliumpchloratbehandlung verbunden. Im übrigen wurden noch Schnitte nach *Lorrain-Smith-Dietrich*, *Fischler* und *Schultz*, sowie mit *Lugolscher* Lösung und mit Jodschwefelsäure (nach *Aschoff*) behandelt.

Später habe ich auf den dankenswerten Rat des Herrn Prof. *Jacobshagen* vom hiesigen anatomischen Institut, folgendes Verfahren benutzt.. Die Netzhaut wird in frischem Zustand abgelöst, sofort in 33% Alkohol gebracht und im Brutschrank oder bei Zimmertemperatur eine bestimmte Zeit lang aufbewahrt; ab und zu wird vorsichtig geschüttelt. Auf diese Weise werden die einzelnen Sehzellen unversehrt voneinander gelöst. Die rote und auch die gelbe Farbe der Öltropfen wird hierbei in 24 Stunden nicht wesentlich verändert.

Untersuchungsergebnisse.

Bringt man ein Stück frischer Netzhaut unter das Mikroskop, so sieht man ein prachtvolles mosaikartiges buntes Bild von farbigen

Öltropfen. Bei den Haushühnern erscheinen die Öltropfen verschiedenfarbig: carminrot, dunkel- bis hellgelb, blaßgrün bzw. farblos. Die roten Tropfen sind durchschnittlich etwas größer als die übrigen. Im Gegensatz zu der Behauptung von *Franz*, daß die Übergangsfarben zwischen rot und gelb fehlen, finde ich bei den Hühnern doch deutliche rosagelbe oder orangegelbe Farbtöne. Je nach dem untersuchten Netzhautbezirk wechselt die Zahl der den einzelnen oben beschriebenen Farbgruppen zugehörigen Tropfen. Genauere Zahlenverhältnisse kann ich hier nicht angeben. Immerhin scheint es mir, daß im hinteren Abschnitt der Retina reichlicher rote Tropfen vorhanden sind als in der Zwischenzone und auch im Äquatorabschnitt. In den letzteren liegen die Öltropfen selbstverständlich weniger dicht; dafür sind aber die einzelnen Tropfen etwas größer. Die Sehzellen stehen hier bekanntlich nicht so eng beieinander wie im Augenhintergrund und besonders in der Fovea-gegend.

Wie schon erwähnt, werden die Öltropfen und auch ihre Farbe durch eine kurze Behandlung mit 33% Alkohol nicht besonders geschädigt. Durch die Loslösung der einzelnen Sehzellen treten ihre Umrisse sehr deutlich hervor. Sowohl die Stäbchen als auch die Zapfen sind an der Grenze von Außen- und Innenglied sehr leicht zerbrechlich; die Bruchstelle befindet sich meist gerade außerhalb der Öltropfen, die in dieser Grenzzone liegen.

Die Annahme der meisten Untersucher, daß die Öltropfen sich nur in Zapfen finden, mußte ich schon bei der Durchsicht der gewöhnlichen Schnittpräparate anzweifeln. Durch das zuletzt erwähnte Verfahren ließ sich einwandfrei feststellen, daß sich die Öltropfen auch in fast allen Stäbchen finden. Allerdings sollen im hinteren Augenabschnitt mancher Vögel nach *Franz* u. a. die Zapfen sehr schmal sein und fast stäbchenähnlich werden.

Bei Haushühnern ist die Fovea schwer aufzufinden. Im hinteren Abschnitt der Retina stehen die schmalen und langen Sehzellen sehr eng aneinander. Immerhin lassen sich Zapfen und Stäbchen dadurch unterscheiden, daß erstere im Gegensatz zu den Stäbchen ein breites Innenglied und ein kurzes Außenglied haben. Zweifellos sind Öltropfen nun auch in solchen Zellen nachweisbar, die ein fadenförmiges Innenglied und ein sehr langes Außenglied besitzen und deren Kern weit unter dem Gerüst der Membrana limitans ext. liegt, die also den *Stäbchen* zuzurechnen sind.

Was die Farbe der Öltropfen anbelangt, so ist es sehr auffallend, daß die meisten roten Tropfen in den Stäbchen, dagegen die hellgelben und farblosen in den Zapfen liegen. Allerdings kann sich die Farbe der Tropfen in den Zapfen bis zum Orange abwandeln, die in den Stäbchen etwas nach dem Gelb hin; aber der grundsätzliche Farbunterschied bleibt immer gewahrt.

Im Verfolg der alten Lehre von *Schultze*, daß die Zapfen hauptsächlich farbenempfindlich und die Stäbchen helligkeitsempfindlich sind, nehmen die meisten Forscher an, daß die Öltropfen in den Zapfen durch ihre Eigenfärbung bestimmte Lichtanteile durchlassen oder aufsaugen und damit die Farbenempfindung begünstigen. So hat z. B. *Waelchli* die Reihe der Öltropfenfarbe: farblos, grün, hellgelb, orangegelb und rot,

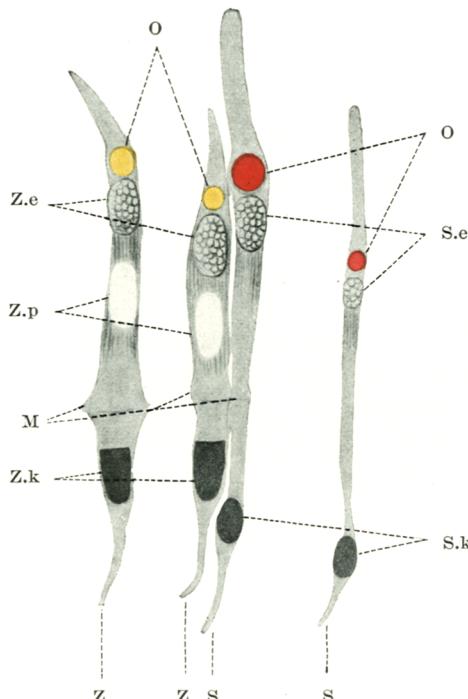


Abb. 1. Frische, in Alkoholwasser aus dem Verbande gelöste Retinazellen (ungefärbt). In der Zwischenzone von Außen- und Innenglied der Zapfen (Z) orangegelbe Öltropfen (O). Im Innenglied ein Zapfenellipsoid (Z.e) und auch ein Paraboloid (Z.p). Das letztere entspricht der Lokalisation nach dem Glykogengebilde (Abb. 3). In den Stäbchen (S) carminrote Öltropfen (O). Das Stäbchenellipsoid (S.e) ist deutlich; ein Paraboloid fehlt. Das Stäbchenkorn (S.k) liegt viel tiefer unter der Membrana limitans ext. (M) als das Zapfenkorn (Z.k). (Gezeichnet von Dr. Yō Okada, Obj. 6, Okul. 9.)

sehr genau mikrospektroskopisch untersucht. Auf Grund meiner Feststellungen kann ich den bekannten Anschauungen über die Helligkeits- und Farbenempfindung nicht ganz beistimmen. Es ist wohl denkbar, daß diese auffallende Eigenfarbe der Öltropfen für die Farbenempfindung eine gewisse Rolle spielen mag. Ob nun aber die Stäbchen ausschließlich der Helligkeitsempfindung dienen, scheint mir zweifelhaft, da sie in der Hauptsache die roten Fettropfen enthalten. Aus diesem Grunde möchte ich eher annehmen, daß auch sie sich an der Farbenaufnahme beteiligen.

Physikalische und chemische Untersuchung des Öltropfenfarbstoffes.

Anfänglich habe ich die Augen der Haushühner meist in Formol oder in der *Ciaccioschen* Lösung vorgehärtet. Bis zur weiteren Verarbeitung dauerte es immerhin 5 oder 6 Tage. Bei der Untersuchung dieser Präparate hatte ich nie die Eigenfarbe der Öltropfen wahrgenommen, so daß ich schon daran zweifelte, daß überhaupt bei den Haushühnern farbige Öltropfen vorkämen.

Später wurde mir dann bei Untersuchung frischen Materials klar, daß die Formolhärtung eine Bleichung der Öltropfenfarbe verursachte. Es blieb nur festzustellen, ob das Formaldehyd als solches oder aber die sich darin allmählich entwickelnde Ameisensäure die Abblässung des Farbstoffes herbeiführt. Ferner konnte auch eine Beeinflussung durch das Wasser oder eine Lichtwirkung vorliegen.

Wenn man den herausgenommenen hinteren Augenabschnitt einfach in einer leeren Flasche oder mit etwas physiologischer Kochsalzlösung in einer dunklen Eiskammer hält, so kann man nach 10 Tagen noch deutlich die Eigenfarbe der Öltropfen erkennen, während der Bau der Sehzellen undeutlich erscheint. In 2%iger Ameisensäure war die Farbe nach zwei Tagen noch gut erhalten. Zur weiteren Prüfung der Widerstandsfähigkeit des Öltropfenfarbstoffes verwandte ich an Säuren 2%ige Salzsäure, 1%ige Schwefelsäure und 2%ige Salpetersäure, an Alkalien 2%ige Natronlauge, 2%ige Kalilauge und 2%iges Ammoniak. Das Ergebnis war ungefähr dasselbe: nach 24 Stunden ist die Farbe noch deutlich. Auch nach 48 Stunden ist sie noch zu erkennen, nach 4 Tagen aber meist verschwunden. Durch kurzdauernde Erhitzung in den oben genannten Lösungen wird die Farbe wenig geändert. Als starkes Oxydationsmittel habe ich eine 2%ige alte Salpetersäure mit Zusatz von Kaliumchlorat gewählt; darin hält sich die gelbe und rote Farbe der Öltropfen 30 Stunden lang noch ziemlich gut. Der Farbstoff ist also gewöhnlichen Säuren und Alkalien gegenüber selbst bei gleichzeitiger Hitzeeinwirkung ziemlich widerstandsfähig.

Dann habe ich zur Feststellung des Lichteinflusses die Netzhaut bei Sonnenschein in den Brennpunkt einer Konvexlinse von 15 cm Durchmesser gestellt: Ungefähr zwei Stunden lang bleibt die rote und die gelbe Farbe unverändert. Schließlich schloß ich noch eine Phosphoreszenzprüfung an, indem ich das frische Sehzellenpräparat, auf dem Mikroskop genau eingestellt, den direkten Sonnenstrahlen 30 Minuten lang aussetzte. Zur Anpassung meines Auges saß ich während dieser Zeit in einer Dunkelkammer, in der ich das belichtete Präparat dann untersuchte. Irgendein Nachleuchten war jedoch nicht wahrzunehmen.

Kühne (1879) hat eine chemische Trennung der Öltropfenfarbstoffe (Chromophane) bei Tauben und Hühnern versucht. Er will aus dem Alkoholextrakt einer großen Zahl von Augen drei verschiedene Farbstoffe festgestellt haben: grünes Chlorophan, gelbes Xantophan und

rotes Rhodophan. Weiter meint er, daß das Chlorophan sehr lichtempfindlich ist und innerhalb von zwei Stunden im Tageslicht vollständig abblaßt. Das Xantophan soll in bezug auf die Lichtwirkung ungefähr die dreifache, das Rodophan etwa die 20fache Widerstandsfähigkeit besitzen.

Bei der Färbung der Einzelzellen mit Sudan- oder Nilblausulfatlösung und auch bei Osmiumbehandlung habe ich einen sehr merkwürdigen Unterschied gegenüber den Schnittpräparaten gefunden. Die in 33% Alkohol aus dem Verbande gelösten Sehzellen wurden auf einen Objektträger gebracht und mit einem auf Glasnadeln liegenden Deckglas lose bedeckt. Unter ständiger mikroskopischer Beobachtung wurde vom Rand aus die oben genannte Farblösung zugefügt und nach bestimmter Zeit wieder mit Kochsalzlösung oder mit entsprechenden Differenzierungsflüssigkeiten abgespült. Vor allem fiel auf, daß die Öltropfen in diesem Zustand viel schwerer färbbar sind als nach der Härtung beispielsweise mit Formol. Bei der Färbung mit Sudan III nehmen die Öltropfen erst nach 20 Minuten die rote Farbe an. Bei kurzdauernder Behandlung mit Nilblausulfat färben sich die Öltropfen überhaupt nicht im Gegensatz zum Zelleib und Kern. Selbst nach einstündiger Nilblausulfatbehandlung behalten die Öltropfen ihre eigene Farbe. Um die Öltropfen herum sieht man eine dunkelblaue Zone. Schützt man das Präparat sorgfältig vor Verdunstung, so hält sich die Färbung noch gut 24 Stunden lang. Nach ein paar Tagen geht sie aber ins Blau über. Eine bemerkenswerte Erscheinung tritt ein, wenn das mit Nilblau gefärbte Präparat nicht abgeschlossen wird und allmählich das Wasser verdampft. Plötzlich platzt der Öltropfen; die rote Farbe fließt mit dem Öl zusammen aus und nach kurzer Zeit sieht man von ihr keine Spur mehr. Dies läßt sich meines Erachtens am besten damit erklären, daß die Öltropfen der Sehzellen von einer Hülle umgeben sind, die in frischem Zustand das Eindringen der Farblösung in den Öltropfen erschwert. So ist es auch leicht zu verstehen, warum die Färbezeiten der Sudan III-Alkohollösung und der Nilblausulfat-Wasserlösung so sehr verschieden sind. Wenn die Netzhäute im Formol oder in sonstigen Härtungsflüssigkeiten aufgehoben werden, so ändern sich auch die Öltropfenhüllen und damit auch ihre Durchlässigkeit, so daß die Nilblausulfatlösung oder auch andere Farblösungen leichter eindringen können. Dieses Verhalten kann man auch bei Osmiumbehandlung sehen. Das im *Flemming*-Gemisch gehärtete Präparat zeigt starke Schwärzung der Öltropfen; bringt man dagegen die frischen Sehzellen in Osmiumdämpfe, so färben sich die Öltropfen erst nach 24 Stunden schwach grau, während sonstige dazwischenliegende Fetttropfen schon sehr stark geschwärzt sind.

Die Annahme einer Durchlässigkeitsänderung der Tropfenhülle durch die Härtung könnte auch eine Erklärung dafür abgeben, daß

in Formol die rote und gelbe Naturfarbe der Öltropfen in wenigen Tagen ausbleicht, wozu die weitere Annahme nötig ist, daß dieser Farbstoff nicht unmittelbar mit wesentlichen Öltropfenbestandteilen chemisch in Verbindung steht, sondern in der Fettsubstanz gelöst ist. Im Gegensatz zur Fixation bleibt die Hülle in der physiologischen Kochsalzlösung besser erhalten, so daß die Farbe nach 10 Tagen noch deutlich wahrnehmbar ist. Dieses Verhalten des Farbstoffes, welcher an sich gegen Säuren, Alkalien, Hitze, sowie Sonnenlicht so widerstandsfähig ist, in wenig konzentrierten Härtungsflüssigkeiten dagegen schnell verschwindet, läßt sich so am besten verstehen.

Noch einen Hinweis auf das Vorhandensein einer Grenzhülle des Öltropfens bringt der Befund im Gelatineschnitt sowohl als auch der *Ciaccio*-Paraffinschnitt. Bei diesen Präparaten erscheint häufig neben den kugeligen Öltropfen eine Menge ovaler oder abgeflachter Gebilde, die dieselben Eigenschaften wie die kugeligen haben. Manchmal sieht man sogar eine Schattenfigur der Tropfen. Bei diesen findet sich in der Tat eine ungefärbte dünne Hülle, die im schrägliegenden Licht leuchtet. Ich glaube somit das Vorhandensein einer besonderen Hülle um den Öltropfen festgestellt und dadurch die oben geschilderten mannigfaltigen Erscheinungen erklärt zu haben.

Da Unterschiede in der Zusammensetzung der Öltropfen also färberisch im frischen Zustand kaum zu fassen sind, kommt für ihre Darstellung hauptsächlich gehärtetes Material in Frage. Im Gefrierschnitt werden die Öltropfen mit Sudan III immer lebhaft rot; nach dem *Ciaccioschen* Verfahren fällt die Färbung im Paraffinschnitt ebenfalls positiv aus. Beseitigt man vorher den Eigenfarbstoff durch Kaliumchlorat in 5%iger Salzsäure, so ist die Färbung immer noch positiv, ja, sie wird anscheinend sogar stärker. Nilblausulfat färbt etwas verschieden. Ist die Netzhaut kurz in Formol gehärtet und schnell in Gelatine eingebettet worden, so erscheinen die Öltropfen zum kleineren Teil rot oder violett mit einer dunkelblauen Hülle; die meisten sind aber dunkelblau. Doch verliert sich auch bei Lichtabschluß nach mehreren Tagen die rote Farbe und geht in Blau über. Ältere Netzhäute färben sich stets dunkelblau. Im Sinne der Angabe von *Boeminghaus* nehme ich an,

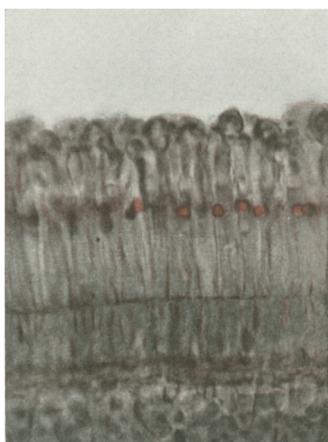


Abb. 2. Cholesterin-Hahn 21. Retinalzellen des hinteren Augenabschnittes. *Ciaccio*-Fixation mit Aceton-Sudan III- und Hämatoxylinfärbung. Die Öltropfen ordnen sich ungefähr in derselben Höhe der Sehzellen und liegen in der Grenzzone zwischen den Außen- und Innengliedern der Stäbchen und Zapfen. Mikrofarbenaufnahme, Zeiß Obj. 8 mm, Homal 1.

daß in den Öltropfen eine Art von ungesättigten Fettsäuren vorhanden sind.

Bei Untersuchungen zur Bestimmung des Cholesterinbeisatzes zeigt ein Teil der Öltropfen unter dem Polarisationsmikroskop im frischen Zustand oft nur andeutungsweise eine Doppelbrechung, nach Formolhärtung erscheint auch nach einmaliger Erhitzung manchmal eine deutliche Doppelbrechung. Die *Schultzsche* Reaktion fällt meist positiv aus. Die Erörterung über den Geltungsbereich der *Schultzschen* Reaktion ist meines Erachtens noch nicht ganz endgültig abgeschlossen; gerade bei tierischen Geweben erscheint es noch zweifelhaft, ob man mit Bestimmtheit aus der blauen Färbung auf die Anwesenheit von Cholesterin schließen darf, und umgekehrt ist das Fehlen der Farbbildung noch weniger ein Beweis für die Abwesenheit von Cholesterin! Muß es doch erst in Oxycholesterin übergeführt werden.

Die sog. Lipoidfärbung nach *Lorrain-Smith-Dietrich* fällt an den Öltropfen positiv aus, dagegen die sog. Fettsäurereaktion nach *Fischler* negativ. Die Osmiumbehandlung nach *Flemming* schwärzt die Öltropfen; aber bei Behandlung im Osmiumdampf färben sich die Öltropfen in frischem Zustand nach 24 Stunden nur grau, während die anderen Fettropfen und zum Vergleich genommenes Vaselin dunkelschwarz werden.

Bemerkenswert ist der Befund bei Jodanwendung. Mit *Lugolscher* Lösung sowohl als auch mit verdünnter Jodtinktur werden die Tropfen braun; bei weiterem Zusatz von konzentrierter Schwefelsäure färben sie sich schwarz, was *Aschoff* als eine Eigenart der Pflanzenlipoide und der Lipoide in den Luteinzellen bezeichnet hat.

Aus allen diesen Untersuchungsergebnissen möchte ich schließen, daß die Öltropfen in den Sehzellen des Haushuhns bei Zimmertemperatur noch flüssig sind und von einer besonderen Hülle umgeben werden. Sie bestehen aus einem Lipoidgemisch, in welchem sich höchstwahrscheinlich Cholesterine und ungesättigte Fettsäuren und wahrscheinlich auch eine Art Phosphatide finden.

Einfluß der Cholesterinölfütterung auf die Öltropfen der Sehzellen beim Haushuhn.

Wie ich schon eingangs kurz angedeutet habe, wurde bei meinen Untersuchungen besonders darauf geachtet, ob die Öltropfen bei Cholesterinleinölfütterung eine Änderung ihrer Größe oder ihrer chemischen Zusammensetzung erfahren. Es ist bekannt, daß in den Pigmentepithelien der Kaninchennetz haut die größeren Fettropfen bei der Cholesterinleinölfütterung schon frühzeitig besser färbbar werden (*Versé*). Im übrigen bilden sie einen physiologischen Bestandteil dieser Zellen; dagegen ist in den Sehzellen des Kaninchens Fett nicht nachweisbar, selbst nicht bei der Cholesterinölfütterung (*Versé*). Auch beim Menschen ist beobachtet worden, daß die Pigmentepithelien feine Fettröpfchen

enthalten. Im Gegensatz dazu habe ich beim Haushuhn niemals Fetttropfen in den Pigmentzellen feststellen können; dafür finden sich immer die großen sog. Öltropfen in den Sehzellen. Bei den Feldhühnern hingegen enthalten auch unter den gewöhnlichen Bedingungen die Pigmentepithelien der Netzhaut feine Fetttröpfchen.

Übermäßige Cholesterinölzufuhren scheinen keinen wahrnehmbaren Einfluß auf die Öltropfen in den Sehzellen der Hühner auszuüben. Jedenfalls habe ich bei 9 Hähnen, die 12—420 Tage lang täglich mit 0,3 g Cholesterin in 6 ccm Leinöl gefüttert worden sind, keine merkbare Zunahme in Größe und Menge der Öltropfen und auch keine Erhöhung ihres Cholesteringehaltes, soweit dies überhaupt mit unseren verhältnismäßig unzulänglichen Mitteln bestimmbar ist, festgestellt. Man wird also annehmen dürfen, daß die Öltropfen auch von den gewöhnlichen Schwankungen des allgemeinen Fettstoffumsatzes kaum oder gar nicht berührt werden.

Anhangsweise möchte ich kurz darauf hinweisen, daß in der Irismuskulatur, die schon im normalen Zustand eine ausgedehnte Verfettung zeigt, manchmal Fetttropfen vorkommen, die histochemisch dieselbe Beschaffenheit wie die Öltropfen in den Sehzellen haben. Sie sehen in frischem Zustand auch deutlich gelb oder grün aus.

Das Glykogengebilde in den Netzhautsehzellen beim Haushuhn.

Sundberg hat 1924 angegeben, daß bei menschlichen Embryonen feintropfiges Glykogen in der polaren Austrittsstelle des Nervus opticus und innerhalb der retinalen Zellmasse auftritt. Nebenbei hat er auch eine verbreitete rötliche Färbung in den polaren Retinazellen beobachtet; die letztere wollte er aber nicht mit dem Glykogengehalt in Beziehung bringen. Bei Diabetikern hat *Hoffmann* (1913) Glykogentropfen in der äußeren Körnerschicht der Netzhaut beschrieben. Sie kommen besonders zahlreich in den Zapfenkernen zu beiden Seiten des Sehnerven und auch in dem Innenglied einiger Zellen vor.

Bei gewöhnlichen Färbungen von Schnitten der Hühnernetzhaut erscheint in dem Innenglied der Zapfen meist ein heller Bezirk unter dem Zapfenellipsoid, der als Paraboloid bekannt ist. Bei der Glykogenfärbung nach *Best* wird diese Stelle lebhaft rot. Dieses homogene Gebilde hat meist Kegelform, seine Basis sieht nach außen, d. h. der chorioideale Anteil ist breiter als der vitrale. Um das Wesen dieses Gebildes sicherzustellen, habe ich eine Verdauungsprobe vorgenommen. Behandelt man die Netzhautschnitte 20 Minuten lang im Brutofen mit speichelhaltigem Wasser vor, so bleibt die *Bestsche* Färbung vollständig aus, während Vergleichsschnitte aus reinem Wasser einen deutlich positiven Ausfall zeigen. Infolgedessen muß ich annehmen, daß die Einlagerung in der Tat aus Glykogen besteht. Dieses Glykogengebilde ist im hinteren Abschnitt der Retina mehr schmal und langgestreckt, in der Äquatorgegend plump und oval, in Übereinstimmung mit der Gestalt der

betreffenden Sehzellen. Nach der Lokalisation entspricht das Glykogengebilde der Innenlinse *Virchows* oder dem sog. Paraboloid des Zapfens, welches sich im Glaskörperanteil des Zapfens, dem „Zapfenmyoid“ *Engelmanns*, findet und durch seine Farbunempfindlichkeit gekennzeichnet ist. Nach meinen Untersuchungen ist also in dem Innenglied der Zapfen zweifellos ein Glykogengebilde vorhanden, während ich es in den Stäbchen nicht sicher feststellen konnte. Immerhin neige ich zu der Ansicht, daß es auch dort vorkommen kann.

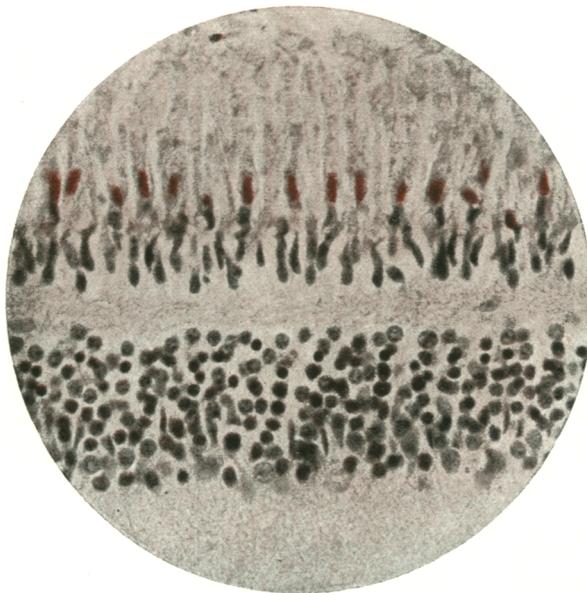


Abb. 3. Cholesterin-Hahn 18. Retinasehzellen des hinteren Augenabschnittes. Alkoholhärtung und Glykogenfärbung nach *Best*. Hämatoxylin-Kernfärbung. In den Innengliedern der Zapfen rot gefärbte homogene Glykogengebilde. Mikrofarbenaufnahme. Zeiß Obj. 8 mm, Hornal 1.

Zusammenfassung.

1. In den Retinasehzellen des Haushuhns sind stets Öltropfen vorhanden, die von Natur aus verschiedene Farbe besitzen. Sie erscheinen in frischem ungefärbten Präparat carminrot, orangegelb bis hellgelb, farblos, zuweilen auch mit einem etwas grünen Ton. Zahlenmäßig überwiegen die gelben Öltropfen.
2. Die Farbe der Öltropfen ist ziemlich widerstandsfähig gegenüber verdünnten Säuren, Alkalien und Oxydationsmitteln, sowie gegen Sonnenbestrahlung. Phosphorescenz ist an den Öltropfen nach der Belichtung nicht festzustellen.
3. Bei Zimmertemperatur bleiben die Öltropfen flüssig. Sie werden umschlossen von einer besonderen (lipoiden?) Membran, die im frischen

bzw. unveränderten Zustand das Eindringen von wässerigen Fettfarbstofflösungen und Reaktionsmitteln erschwert, während alkoholische die Öltropfen schnell färben.

4. Die Eigenfarbe der Öltropfen schwindet bei Härtung bzw. Aufbewahrung in Formol innerhalb von 5 Tagen.

5. Nach den verschiedenen Trennungsverfahren der Lipoidstoffe ist anzunehmen, daß die Öltropfen in den Sehzellen aus einem Lipoidgemisch bestehen, in dem sehr wahrscheinlich Cholesterine, ungesättigte Fettsäuren und auch vielleicht eine Art Phosphatide vorhanden sind.

6. Die bisherigen Angaben, daß die Öltropfen nur ein Bestandteil der Zapfen seien, stimmen mit meinen Untersuchungsergebnissen nicht überein. Zweifellos enthalten auch die Stäbchen Öltropfen, und zwar sind sie in den Stäbchen meistens carminrot, in den Zapfen dagegen vorwiegend hellgelb.

7. Die Größe der einzelnen Öltropfen ist je nach dem Netzhautbezik verschieden; unter den einzelnen Tieren ist jedoch ein deutlicher Größenunterschied nicht nachzuweisen.

8. Die Cholesterinleinölfütterung bewirkt keine feststellbare Zunahme der Größe und Menge der Öltropfen und auch keine nachweisbaren chemischen Veränderungen.

9. Bei gesunden Tieren enthält das Innenglied der Zapfen stets eine große kegelförmige Glykogeneinlagerung, deren gleichmäßige Beschaffenheit im alkoholgehärteten Präparat besonders bemerkenswert ist. Nach der Lokalisation entspricht das Glykogengebilde dem bekannten Paraboloid des Zapfens. Im Stäbcheninnenglied ist eine derartige Einlagerung bisher nicht nachweisbar gewesen.

Schrifttum.

- Arndt, H. J.: Verh. dtsch. path. Ges. 20. Tagung 1925, S. 143. — Beitr. path. Anat. **79**, 69—116 u. 523—588. — Aschoff, L.: Beitr. path. Anat. **47**, 1 (1910). — Attias, G.: Graefes Arch. **81**, 405 (1912). — Boeminghaus, H.: Beitr. path. Anat. **67**, 533 (1920). — Franz, V. Ph.: Das Vogelauge. Zool. Jb. Abt. Anat. **28**. — Lehrbuch der vergl. mikroskopischen Anatomie, Sehorgane. Jena 1913. — Henning: Pflügers Arch. **178**. — Hoffmann: Arch. Augenheilk. **73**, 261 (1913). — Kolen, A. A.: Virchows Arch. **263**, 46 (1927). — Krause, W.: Intern. Monatschr. f. Anat. u. Histol. Bd. 11. 1894. — Kuehne: Chemie der Netzhaut. Hermanns Handbuch der Physiologie. Bd. 3. Sinnesorgane, I. Teil, Gesichtssinn. 1879. S. 290. — Leupold, E.: Lipoid-, Glykogen- und Pigmentstoffwechsel. Abderhaldens Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Berlin-Wien 1925. Abt. III. Methoden der experimentellen Forschung. Teil I, H. 4. — Scheerer, R.: Netzhaut und Sehnerv. Lubarsch-Ostertag. Jg. 21, Ergänzungsband 1928, S. 242. — Schultze, M.: Arch. mikrosk. Anat. **2** (1867). — Schultz, A.: Verh. dtsch. path. Ges. 20. Tagung 1925. S. 120. — Schwalbe, J.: Handbuch der gesamten Augenheilkunde v. Graefe-Sämisch. I. Aufl. Bd. 1. 1874. — Steinlin, W.: Arch. mikrosk. Anat. **4** (1868). — Sugita, Y.: Graefes Arch. **115**, 260 (1925). — Sundberg, C.: Z. Anat. **73**, 168 (1924). — Tigerstedt, Lehrbuch der Physiologie des Menschen. 7. Aufl. S. 269. 1913. — Versé, M.: Virchows Arch. **250**, 253 (1924). — Verh. dtsch. path. Ges. 20. Tagung 1925, S. 67. — Waelchli, G.: Graefes Arch. **29**, 205 (1883).