

(Aus dem Pathologischen Institut der Universität Marburg.
Direktor: Prof. Dr. M. Versé.)

Beiträge zur Morphologie des Lipoidstoffwechsels.

I. Mitteilung.

Über die Steatosen der Augenhäute des Haushuhns unter normalen und abnormen Ernährungsbedingungen (Cholesterinölfütterung).

Von

Toru Uchiyama aus Sendai, Japan.

Mit 1 Tabelle.

(Eingegangen am 14. Oktober 1929.)

Bei den vielen experimentellen Untersuchungen über den Fett- und Cholesterinstoffwechsel ist der Vogel bzw. das Huhn wenig beachtet worden. Wegen der größeren physiologischen Schwankung des Blutcholesteringehaltes wurde angenommen, daß die Vögel zu experimentellen Cholesterinversuchen nicht geeignet seien. Aber gerade dieser Umstand und die Tatsache, daß das Huhn praktisch zu den Allesfressern gerechnet werden kann, bestimmten Prof. Versé, mich mit einer systematischen Prüfung der Cholesterin-Fett-Toleranz vom Gallus domesticus bei entsprechend abgestellten Fütterungen zu beauftragen. Über die teilweise schon vorher von Prof. Versé eingeleiteten und mit seiner Unterstützung von mir fortgesetzten Untersuchungen sei nun berichtet.

Material und Untersuchungsmethode.

Histologischer Aufbau und daran anschließende funktionell-morphologische Abweichungen der einzelnen Organe und Gewebe des Huhns sind in manchen Beziehungen noch nicht genügend aufgeklärt; infolgedessen mußte ich zuerst möglichst viele gesunde und kranke Tiere zum Vergleich untersuchen (im ganzen 19).

Zum Studium des Cholesterinstoffwechsels habe ich 9 Hähne verwandt, da beim Hahn die physiologische Schwankung des Cholesteringehaltes in Blut und Organen nicht so groß ist wie bei dem weiblichen Tier. Tägliche Fütterung mit 0,3 g in 6 ccm Leinöl gelösten Cholesterins, gemischt mit einer Handvoll Haferflocken; dazu etwas frisches Gemüse, um der sonst unvermeidlichen Avitaminose zu begegnen. Versuchsdauer: 12 bis zu 420 Tage (Nr. 21 = 12 Tage, Nr. 18 u. 19 = 20 Tage, Nr. 22 = 37 Tage, Nr. 20 = 100 Tage, Nr. 5 = 138 Tage, Nr. 2 u. 4 = 172 Tage, Nr. 3 = 420 Tage). Nr. 2, 4 u. 5 an Pneumonie gestorben; die anderen in gesundem Zustand getötet und sofort untersucht.

Fixierung der Augen in Formol, Einbettung in Gelatine, Gefriermikrotom-schnitte; übliche Fettfärbungen (Sudan, Nilblausulfat nach *Kleeberg*), Hämatoxylin-Eosin. Untersuchung auf Doppelbrechung im Polarisationsmikroskop.

Zum Nachweis von Cholesterin wurde die *Schultzsche* Reaktion angewandt, die bekanntlich nur bei positivem Ausfall beweisend ist. Andererseits wurde zur genauen Lokalisation der Lipoidtröpfchen in dem betreffenden Gewebe die *Ciaccio*-Methode benutzt und zur Feststellung der Fettart auch die Osmierung nach *Flemming*.

Zum Studium der feineren Struktur der Gewebe wurde einmal die Fixierung in *Zenkerscher* Lösung, ein anderes Mal die in *Flemmingscher* Mischung angewandt, und die Safranin- und *Heidenhainsche* Färbung angeschlossen. Außerdem wurden Hämatoxylin, van Gieson, Weigertsche Elastinfärbung, alle Klassifikationsverfahren von Lipoiden, wie die Methoden von *Fischler* und *Lorain-Smith-Dietrich* sowie die Färbung mit Scharlachrot usw. je nach Bedarf benutzt.

I. Die Hornhaut.

Der *anatomisch-histologische* Bau der Hühnerecornea ist dem der Säugetiere und Menschen sehr ähnlich. Sie besteht von außen nach innen aus einem geschichteten Epithel, der *Bowmanschen* Membran, einer dicken Schicht *Substantia propria*, aus der *Membrana Descemeti* und schließlich aus einer einreihigen Endothelschicht. Die *Substantia propria* ist bei den Haushühnern etwas anders gebaut. Die inneren Lamellen, etwa $\frac{1}{3}$ der ganzen Dicke, ist mit dem *Cramptonschen* Muskel befestigt, der eine Portion des Ciliarmuskels darstellt (*A. Müller, Brücke*). Durch die Zusammenziehungen des *Cramptonschen* Muskels wird die *Substantia propria* von allen Seiten angespannt. In dieser Weise nimmt die Hornhaut an der Akkommodationsbewegung des Auges teil, während bei den Säugetieren die Spannung hauptsächlich von der Füllung der Augenvorderkammer passiv beeinflußt wird. Die *Substantia propria* besteht wie bei den Säugetieren aus Lamellen und Hornhautkörperchen. Diese Hornhautlamellen sind bei Hühnern in der äußeren Schicht der Cornea sehr dicht zusammengerückt. Diese Schicht ist nach innen ziemlich scharf markiert. Die Übergangsschicht zwischen der äußeren und inneren Zone ist dagegen sehr locker und beim Schneiden leicht zerreiblich.

In der *Substantia propria* gibt es weder Blut- noch Lymphgefäße. Dieser eigentümliche Bau der Cornea bildet die Grundbedingung für die experimentelle Erzeugung eines *Arcus lipoides* beim Kaninchen durch Cholesterinfütterung (*Versé*), welcher dem Gerontoxon des Menschen völlig gleicht. Später haben *Rohrschneider* und *Kolen* die Lipoidablagerung in der Cornea beim Menschen nachgeprüft.

In allen meinen eigenen Untersuchungen an Hahn und Hühnern habe ich niemals einen makroskopisch erkennbaren *Arcus lipoides corneae* beobachten können, selbst nicht bei Cholesterintier 3, das 420 Tage im Versuch war. Dagegen habe ich bei mikroskopischer Untersuchung festgestellt, daß die verschiedenen Gewebe in sehr verschiedener Weise mit Lipoidsubstanzen beladen sind, nicht nur bei gefütterten Tieren, sondern auch bei den meisten anscheinend ganz gesunden Vergleichstieren oder an verschiedenartigen Erkrankungen gestorbenen.

Hornhautepithelien: Die oberflächliche Schicht der Epithelzellen färbt sich sowohl bei den mit Cholesterinöl gefütterten wie den Vergleichs-

tieren meistens mit Sudan III diffus rot oder gelbrot, nur bei einem Vergleichs-K. Nr. 5 und einem Cholesterinhahn Ch. Nr. 21 fiel die Sudanfärbung negativ aus. Bei den positiven Befunden handelt es sich meines Erachtens um eine Diffusion von Fettsubstanzen, die aus den *Meibomschen* Drüsen stammen. Die mittlere Schicht des Epithels ist in den meisten Fällen fettfrei. Die tiefste Schicht zeigt wieder sehr oft rote Reaktion mit Sudan III. Allerdings sind die einzelnen Zellen nicht gleichmäßig gefärbt; manche nehmen gar keinen Farbstoff an, obwohl die unmittelbar benachbarten Zellen sehr deutlich gefärbt sind. Bei diesen sind die einzelnen Fetttröpfchen mit stärkerer Vergrößerung kaum feststellbar, abgesehen von Ch. Nr. 5. Der Grad der Färbbarkeit scheint bei den Cholesterinhähnen mit zunehmender Versuchsdauer zuzunehmen. Unter Umständen kann sie auch bei Vergleichstieren ziemlich stark werden, besonders bei weiblichen.

Diese diffuse Färbung mit Sudan III soll in den gewöhnlichen Begriff der Verfettung nicht ohne weiteres eingeschlossen werden, sondern es wird angenommen, daß die sog. Liposomen im Protoplasma unter irgendwelchen, nicht immer feststellbaren Umständen sichtbar geworden sind.

Die Membrana Bowmani ist im Gegensatz zum Kaninchen (*Versé*) und zum Menschen (*Rohrschneider, Kolen*) in allen Fällen frei von Fettstoffen.

Die Substantia propria corneae besteht aus den lamellösen Hornhautfasern und Hornhautkörperchen; zwischen den Fasern befinden sich Lymphspalten. Fett wird nun entweder in gelöstem Zustand oder in Form einer Emulsion mit der Lymphe hierher gebracht und in Form feiner Tröpfchen in den Lamellenspalten niedergeschlagen. Auch können Fettstoffe von den dort befindlichen Hornhautkörperchen aufgespeichert werden. Diese für gewöhnlich sehr dünnen und schwer wahrnehmbaren Zellen werden dicker und voluminös, ihre Kerne werden spindelförmig oval und blasig. Ihr Leib färbt sich mit Sudan III rot. Im Inneren der einzelnen Hornhautfasern selbst konnte ich Fetttröpfchen nicht feststellen.

Neben diesen eigenen Gewebsbestandteilen der Hornhaut finden sich auch Wanderzellen (Histiocyten, Adventitialzellen) in den Lamellenspalten oder unmittelbar unter der Epithellage des Limbus corneae. Sie können unter Umständen gröbere Fetttröpfchen enthalten. Bei Hühnern wurden die Fetttröpfchen in fast allen untersuchten Fällen festgestellt, dagegen bei den meisten Vergleichshähnen in nur sehr geringem Maße. Bei gefütterten Cholesterinhähnen nimmt die Menge und die Größe der Fetttröpfchen bedeutend zu; allerdings wird die Verfettung nicht so hochgradig wie in der Hornhaut der Cholesterinkaninchen und bei dem Arcus senilis des Menschen.

Stärke und Lokalisation der Verfettung ist bei Hühnern je nach den Gewebsschichten und Gebiet verschieden; ebenso wechselt die Verteilung der Fettstoffe bei Kaninchen und Menschen. Darauf möchte ich noch näher eingehen. Bequemlichkeitshalber teile ich die *Substantia propria* in drei Schichten: eine äußere kompakte, eine mittlere sehr lockere Übergangsschicht und eine innere lockere Schicht. Weiter läßt sich ein mittlerer bzw. ein pupillarer Bezirk und ein Randbezirk unterscheiden.

Die äußere kompakte Schicht der Substantia propria: Die Hornhautkörperchen sind bei fast allen untersuchten Fällen von Cholesterinhähnen und von Vergleichstieren fetthaltig, abgesehen von Ch. Nr. 21.

Zwar nimmt bei den Cholesterinhähnen die Menge des Fettes erheblich zu; in den mittleren Teilen ist sie im allgemeinen geringer als in den Randteilen. Die einzelnen Fetttröpfchen sind immer so klein, daß sie erst bei stärkerer Vergrößerung wahrnehmbar werden. In wenig ausgeprägten Fällen lassen sie sich kaum erkennen.

Die mittlere sehr lockere Übergangsschicht der Substantia propria: Im Gegensatz zum Kaninchen und auch zum Menschen ist beim Hahn die mittlere Schicht in der Regel am stärksten von der Fettinfiltration betroffen. Schon im Übersichtsbild des Sudanpräparates fällt es meist auf, daß nicht nur im Rand-, sondern auch im Pupillargebiet die mittlere Schicht stark rot gefärbt ist. Bei Cholesterinhähnen ist die Farbe kräftiger als bei den meisten Vergleichstieren. In der Übergangsschicht findet sich außer der Verfettung der Hornhautkörperchen noch eine Anhäufung feiner Fetttröpfchen frei in den Lamellenspalten. Besonders stark ausgeprägt ist die Verfettung bei den Cholesterinhähnen Ch. Nr. 2 und 3. Bei den Vergleichstieren K. Nr. 3 und 6 ist keine Fettablagerung zu erkennen; dagegen ist sie bei Huhn K. Nr. 16 sehr deutlich. Darauf komme ich später noch zurück.

Bemerkenswert ist nun, daß bei Hühnern das Pupillargebiet bei der Verfettung in Mitleidenschaft gezogen wird, und zwar manchmal ebenso stark wie das Randgebiet, während das Zentrum bei Kaninchen und Menschen anscheinend immer verschont bleibt.

Die innere lockere Schicht der Substantia propria: Hier ist die Verfettung in der Regel viel schwächer als in der mittleren Schicht. Dagegen kann sie häufig die der äußeren Schicht an Stärke übertreffen, wie z. B. bei den Hähnen Ch. Nr. 2, K. Nr. 1 und 7 und auch bei Huhn K. Nr. 16.

Die Membrana Descemetii erscheint immer fettfrei; dagegen ist das hintere Endothel der Cornea wieder oft fetthaltig. Bei fast allen Cholesterinhähnen, abgesehen von den nur kurze Zeit gefütterten Ch. Nr. 18 und 21, fällt die Sudanfärbung positiv aus; die Fettablagerung erscheint entweder in diffuser oder in feinröhiger Form. Die Zellen sind oft blasig aufgequollen.

Der Limbus cornea und die Corneascleralgrenze: Dort, wo die Membrana *Bowmani* sich auflöst und das äußere Epithel faltige, kleine Papillen bildet, finden sich oft mononukleäre Wanderzellen, die meistens fetthaltig sind. Sie kommen mit Vorliebe direkt unter dem Epithel vor. Wenn sie in die Substantia propria cornea einwandern, werden sie langgestreckt und manchmal geknickt.

Bei den mit Cholesterinöl lange gefütterten Hähnen treten diese Histiozyten stets auf und sind besonders bei Ch. Nr. 2 und 5 deutlich zu beobachten. Bei Ch. Nr. 3, der 420 Tage im Versuch war, findet man sie auch, aber sie nehmen keinen Sudanfarbstoff an. Ihre Zahl und ihr Fettgehalt geht also nicht immer der Versuchsdauer und der gesamten Menge des einverleibten Cholesterins parallel. Bei den Vergleichstieren K. Nr. 1, 5, 6 und 7 kommt, wenn auch sehr wenig, die zellige Infiltration ebenfalls vor, während sie bei kurz gefütterten Hähnen Ch. Nr. 18, 22 und 20 fehlt. Bei dem Huhn K. Nr. 16, welches sonst in fast allen Organen starke Verfettung zeigt, finden sich hier nur wenige Monocyten; sie sind ganz frei von sichtbaren Fetttröpfchen.

Was nun die arteriellen Randschlingen der Cornea und besonders deren wandständige Adventitialzellen anbetrifft, so findet man manchmal eine deutliche Verfettung derselben. Die einzelnen Fetttropfen sind gewöhnlich viel größer, so daß man mit Nilblausulfat mitunter sogar Farbnuancen unterscheiden kann. Sie zeigen manchmal deutliche Doppelbrechung. Diese Adventitialzellen können anscheinend etwas vergrößert sein; aber sie bilden niemals gewaltige Lipoidophagen oder mehrkernige Riesenzellen, wie dies bei Kaninchen der Fall ist. Diese Verfettung der Adventitialzellen wurde nur bei den ziemlich lange gefütterten Hähnen Ch. Nr. 2, 4 und 5 und auch Ch. Nr. 18 festgestellt; bei Ch. Nr. 3 blieb sie aus. Die Endothelzellen der obengenannten Gefäße scheinen stets von der Verfettung verschont zu bleiben, wie *Versé* bei Kaninchen besonders betont hat.

Das Blutplasma in den Gefäßen ist häufig mit Sudan diffus färbbar; aber eine direkte Abhängigkeit von der Cholesterinfütterung ist nicht festzustellen.

Die Verfettung der Hornhautkörperchen und die feintropfige Fettinfiltration in den Lamellenspalten sind hier in der Regel stärker als in den mehr mittleren Hornhautabschnitten.

Eine vergleichende Betrachtung meiner Versuchsergebnisse mit den Befunden bei Kaninchen (*Versé*) und beim Menschen (*Rohrschneider*, *Kolen*, *Attias* u. a.) ergibt folgendes:

Bei Cholesterinfütterung des Kaninchens (*Versé*) und auch beim Menschen (*Kolen*) bleibt das Hornhautepithel immer frei von Fett; nur ausnahmsweise will *Kolen* beim Menschen ein wenig Fett im Epithel an der Übergangsstelle zur Conjunctiva beobachtet haben. *Attias* hat

beim Menschen in den der Membrana *Bowmani* anliegenden Epithelien eine Fettspeicherung nachgewiesen. Bei Hühnern aber können die Basalzellen des Epithels bei gefütterten und auch bei Vergleichstieren eine schwache Fettfärbung annehmen; aber dies kann meines Erachtens nicht zur Verfettung in gewöhnlichem Sinne gerechnet werden, weil hier die einzelnen Fettröpfchen bei stärkerer Vergrößerung nicht sichtbar sind.

Die Membrana *Bowmani* zeigt bei Cholesterinhähnen und auch Vergleichshühnern keine Fettfärbung, während sie bei Cholesterinkaninchen teilweise verfettet ist und beim Menschen die Fettfärbung sogar sehr stark ausgeprägt sein kann. Obwohl *Kolen* und *Rohrschneider* beim Menschen deutliche Verfettung und diffuse Sudanfärbung an der Membrana *Descemetii* beobachtet haben, fällt sie bei Hühnern, ebenso wie bei Cholesterinkaninchen, stets negativ aus. Dagegen soll das Hornhautendothel bei Kaninchen und Menschen immer von der Verfettung verschont bleiben, während ich bei Cholesterinhähnen wie auch bei manchen Vergleichshühnern sehr häufig diffuse Sudanrotfärbung und auch deutliche Fettropfen in den Endothelzellen festgestellt habe.

Substantia propria. Beim Kaninchen ist im Cholesterinölfütterungsversuch festgestellt worden, daß die Verfettung bzw. die Fettinfiltration der Hornhaut immer am oberen Rand beginnt und erst später auch nach unten zu fortschreitet. Dabei ist die äußere Schicht stets deutlich bevorzugt, während die innere nur gelegentlich eine Fettinfiltration der Hornhautkörperchen zeigt und das Pupillargebiet immer frei bleibt (*Versé*).

Beim Menschen ist von *Kolen* und *Rohrschneider* ungefähr dasselbe beobachtet worden, und zwar soll die mittlere Schicht am geringsten befallen sein. Bei Hühnern habe ich jedoch andere Beobachtungen gemacht. Hier ist nämlich die mittlere Schicht am stärksten befallen. Die Verfettung der oberflächlichen Schicht bleibt dagegen weit zurück; die innere Schicht kann manchmal mehr beteiligt sein als die äußere.

Man kann bei Hühnern keinen Unterschied im Grade der Verfettung zwischen oberem und unterem Hornhautrand feststellen. Das pupillare Gebiet bleibt von der Fettinfiltration nicht verschont. Allerdings tritt die Verfettung nie so ausgedehnt und intensiv auf, daß man sie makroskopisch als sog. *Arcus lipoides cornea* wahrnehmen kann. *Versé* meint mit Recht, daß die eigentümliche Verteilung der Fettsubstanzen und der regelmäßige Vorgang der Verfettung hauptsächlich durch den Lymphstrom zustande kommt. Ich pflichte seiner Ansicht bei, müßte aber bei Hühnern noch eine weitere Bedingung hinzunehmen, um die abweichende Lokalisation des Fettes völlig zu erklären. Da die *Cramp-tonsschen* Muskelfasern an der inneren Schicht der Hornhautlamellen ansetzen, wirkt sich hier die Zusammenziehung besonders stark aus.

Andererseits, leistet die äußere Schicht, weil sie, wie oben erwähnt, sehr dicht gebaut ist, der Akkomodationsbewegung einen gewissen Widerstand. So ist es leicht verständlich, daß die mittlere Schicht bei jeder Akkomodationsbewegung eine mehr oder weniger starke Tiefendehnung erfährt, wodurch sich die dort befindlichen Gewebspalten erweitern. Infolgedessen kann man ruhig annehmen, daß in der mittleren Schicht durch die Druckschwankungen in den Spalträumen ein ungleichmäßiger Lymphabfluß stattfindet. In der äußeren Schicht dagegen stehen die Lamellenfasern sehr dicht zusammen, so daß hier keine Erweiterung der Lymphspalten möglich ist. Trotzdem muß hier die Lymphströmung gleichmäßig beschleunigt sein, weil sie auf dem nächsten Weg zum Randschlingennetz führt. Wenn schon eine Lymphstauung in der mittleren Übergangsschicht vorhanden ist, ist es weiter leicht erklärlich, daß die Fettstoffe in der Lymphe — mag es in unsichtbarer Form oder schon in Emulsionform sein — mit Vorliebe in dieser Schicht abgefangen werden bzw. sich niederschlagen oder auch von den Hornhautkörperchen aufgenommen werden. Denn es ist eine bekannte Tatsache, daß an den Stellen, wo eine Saftstockung vorhanden ist, gern Fett in die Erscheinung tritt.

Ich möchte annehmen, daß damit die abweichende Lokalisation der Verfettung in der Hühnerhornhaut eine genügende Erklärung findet. Bemerken möchte ich noch, daß die Hornhautfasern bei Cholesterinhähnen von der Fettinfiltration immer verschont bleiben, während sie bei Kaninchen und Menschen in Mitleidenschaft gezogen werden sollen.

Vom Limbus corneaе bzw. von der Hornhaut-Lederhaut ist bezügl. der Fettablagerung nicht viel zu sagen. Die wandständigen Adventitialzellen können manchmal, besonders bei mäßig lange gefütterten Hähnen, deutliche Fetttröpfchen enthalten. Sie werden aber nie zu gewaltigen Schaumzellen oder zu fetthaltigen Riesenzellen.

In diesem Bezirk kommen öfters histiogene Wanderzellen vor, die meistenteils mit Sudan und auch mit *Ciaccio*-Sudan rot gefärbt werden. Sie finden sich sehr oft direkt unter der Epithellage im Limbus corneaе. Außerdem können sie noch in der tieferen Schicht weiter von dem Rand in die Tiefe hineinwandern. Aber im Vergleich mit den Cholesterinkaninchen stehen sie an Zahl und Menge bedeutend zurück. Bemerkenswert ist nur bei Ch. Nr. 3, dem am längsten (420 Tage) mit einer Gesamtcholesterinmenge von 126 g gefütterten Tier, daß keine Verfettung der Gefäßadventitia vorhanden ist. Man sieht wenig Wanderzellen in der Hornhaut, die mit Sudan III auch nicht färbbar sind. Dagegen zeigte ein an eitriger Enteritis eingegangenes Huhn — K. 16 —, in dessen Bauchhöhle einige unreife macerierte Eier lagen, stärkere Fettinfiltration der Hornhaut. Dabei ist auch eine Verfettung der Adventitialzellen und ebenfalls der Wanderzellen in der Cornea wahrzunehmen.

Dieser Befund muß meines Erachtens auf eine akute Überschwemmung des gesamten Kreislaufs mit Fettstoffen zurückgeführt werden.

Stets aber ist zu berücksichtigen, daß der Gehalt an Fettsubstanz bei Hühnern normalerweise bedeutend größer ist als bei anderen Versuchstieren, daß ebenfalls die Toleranzgrenze für den Fettstoffwechsel erheblich höher liegt und die Tagesschwankung und individuelle Schwankung besonders bei weiblichen Tieren entsprechend größer ist. Dazu möchte ich noch eine besonders hohe Anpassungsfähigkeit der Hühnerorgane und -gewebe an eine dauernde Lipämie annehmen.

Zusammenfassung.

1. Bei gesunden Hühnern kommt meist eine Fettablagerung und -speicherung in der Hornhaut vor, besonders häufig bei weiblichen Tieren.

2. Bei mit Cholesterinöl gefütterten Hähnen nimmt die Verfettung in der Hornhaut zu, ohne daß aber ein Unterschied in der Art der Fettablagerung eintrate, wie der Vergleich mit den Kontrolltieren zeigt. Es kommt immer nur zu einer Vermehrung der gewöhnlichen Fettablagerung.

3. Ein Arcus lipoides corneae ist bei Hühnern makroskopisch nicht zu beobachten.

4. In der Substantia propria ist die Verfettung in Hornhautkörperchen und Lamellenspalten besonders innerhalb der Mittelschicht lokalisiert. Die Hornhautfasern bleiben verschont. Die einzelnen Tröpfchen sind so fein, daß man sie mit Nilblausulfatfärbung nicht feststellen kann. Doppelbrechung konnte nur einmal beobachtet werden.

5. Diese Lieblingslokalisation in der Substantia propria corneae bei Hühnern ist eine ganz andere wie bei Cholesterinkaninchen (*Versé*) und wie beim Arcus senilis des Menschen (*Kolen, Rohrschneider* u. a.).

6. Im Limbus corneae bzw. an der Corneaskleralgrenze wird häufig eine geringe Fettinfiltration einkerniger Wanderzellen festgestellt. Die wandständigen Adventitialzellen der kleinen Gefäße enthalten manchmal größere Fettropfen, ohne daß es zur Bildung von Schaumzellen oder Riesenzellen käme.

7. Im Gegensatz zu den Befunden beim Kaninchen und beim Menschen sind in der Membrana *Bowmani* und Membrana *Descemeti* nie Fettropfen vorhanden; dagegen zeigen die Endothelzellen der Hornhautinnenfläche häufig Verfettung.

II. Die Sclera.

Anatomisch-Histologisches: Im vorderen Augenteil der Sclera finden sich beim Haushuhn Knochenplatten. Im Sagittalschnitt des Auges erscheint der Knochen, sog. Scleroticaring, gewöhnlich in Form von 2 dachziegelförmig übereinander liegenden Platten; der Scleroticaring beginnt dicht hinter der Cornealgrenze und erstreckt sich nach hinten bis zum Äquator des Auges, wo er ungefähr der Ora serrata gegenüber steht. Vorn erreicht er nicht den Hornhautrand, sondern zwischen

ihm und dem Hornhautrand findet sich stets ein Stück bindegewebiger Sclera. Die 2 sich überlagernden Knochenplatten sind auch durch Bindegewebe vereinigt. Sowohl an der äußeren als auch an der inneren Fläche des Knochens findet sich ein bindegewebiger Anteil der Sclera, der gleichzeitig den periostalen Überzug darstellt. Das äußere Periost geht entweder in lockeres Bindegewebe bzw. in orbitales Fettgewebe über oder verbindet sich mit den Ursprüngen der äußeren Augenmuskeln oder mit sonstigen benachbarten Gebilden des Augapfels. Das innere Blatt des Periostes bzw. die bindegewebige Sclera ist beim Haushuhn manchmal ziemlich dick und enthält mehr oder weniger reichlich Pigment. Im Übergangsteil zu den Hornhautlamellen bildet sich eine Vertiefung, die sog. Muskelnische. Sie wird durch den *Cramptonschen* Muskel überbrückt. Weiter seitlich von der Ursprungsstelle des *Cramptonschen* Muskels dient das Scleraperiost ebenfalls als Ansatz für den *Müllerschen* und für einen Teil des *Brückeschen* Muskels. Noch weiter lateral an der inneren Fläche der obigen bindegewebigen Sclera tritt ein eigenständiges faseriges mit einem Teil des *Brückeschen* Muskels in Verbindung stehendes und weit über die *Ora serrata* hinaus zwischen der Sclera und der Chorioidea nach hinten verlaufendes Gewebe auf. Am lateralen Rand des Sclerotica-rings fängt mittels einer schmalen bindegewebigen Zwischenlage der Scleralknorpel an, der sich ebenfalls in der Mittelschicht der Sclera findet und bis nahe an die Eintrittsstelle des *Nervus opticus* reicht. Der Knorpel ist ebenfalls von straffem Bindegewebe umgeben (Perichondrium). Das innere Bindegewebsblatt ist hier bedeutend schmäler als das Periost im vorderen Augenteil. Bekanntlich ist der Scleralknorpel hyalin; aber am Rand nimmt er die faserigen Bestandteile der perichondralen Zellen in sich auf.

Den Sehnerveintritt umfassend findet sich wiederum eine Knochenspange, die als Sehnervknochen bezeichnet wird. Dieser Knochen ist ziemlich wechselnd und kommt nicht in jedem Schnitt zum Vorschein. Bei jungen Hühnern kann er anscheinend vollständig fehlen.

Das Vorkommen von Fettstoffen in der Sclera. Die Fettablagerung findet sich hier: in dem faserigen Bindegewebe, der Gefäßadventitia, den Knorpelkörperchen, den dem Knorpelrand anliegenden Perichondriumzellen und der Knochenmarkshöhle.

Eine Fettspeicherung ist in den Zellen des faserigen Bindegewebes schon bei Vergleichshühnern recht häufig zu finden (wie z. B. Nr. 7, 3, 5, 16 usw.). Sie ist in dieser Form je nach Lage der Bindegewebszellen sehr verschieden. Eine der Lieblingsstellen ist das innere Blatt der faserigen bindegewebigen Sclera in der Gegend der *Ora serrata*. Hier ist die Verfettung am deutlichsten ausgeprägt. Die genannten Bindegewebszellen sind wenig dicht angeordnet, ihre Kerne mehr oder weniger eiförmig. Ferner finden sich eine Menge Pigmentkörnchen in den Zelleibern oder zwischen den Zellen. In dieser Gegend ist das chorioideale Blutgefäßgeflecht noch nicht entwickelt, und hier ist die Ansatzstelle der meisten Fasern des *Brückeschen* Muskels oder *M. tensor chorioideae*. Von hier aus verbreiten sich die Verfettungsflecke nach vorne lateral bis in das eingeschaltete Bindegewebe zwischen der Knorpel- und Knochenplatte. Gerade in dieser Spalte sieht man häufig bei Haushühnern, daß die Äste der Arterien und Venen die ganze Scleralschicht durchbohren.

Die dritte Lieblingslokalisation befindet sich in der Umgebung des Sehnerveintrittes, wo die Aa. ciliares posteriores breves eintreten. Außerdem findet man manchmal Gefäße in dem hinteren Augenabschnitt, welche die Knorpelhülle durchbohren. In der Umgebung der letztgenannten Gefäße zeigt sich evtl. eine Fettablagerung in den Zellen des faserigen Bindegewebes.

Es lagert sich somit die Fettsubstanz in den Bindegewebzellen der Sclera mit Vorliebe an denjenigen Stellen ab, die entweder vom Scleroticalring oder vom Scleralknorpel nicht gestützt werden und deshalb bei jeder Augenbewegung mehr oder weniger zusammengezogen oder ausgedehnt werden. Also kann man wiederum eine Analogie finden zu dem Verhalten, das ich zur Erklärung der Verfettungsstärke in der mittleren Übergangsschicht der Hornhaut hervorgehoben habe. Es handelt sich bei beiden um eine fortwährende Schwankung in der Menge und der Strömung der Gewebssäfte. Diese Bedingung muß meines Erachtens die Aufspeicherung der Fette in den dort befindlichen fixen Zellen besonders begünstigen.

Bei den Versuchen mit Cholesterinölfütterung nimmt die Verfettung der Zellen des faserigen Bindegewebes an Menge deutlich zu: aber, wie gesagt, die Stärke derselben geht nicht immer parallel mit der Versuchsdauer. Zwischen dem Ch. Nr. 3 (Versuchsdauer 420 Tage) und dem Ch. Nr. 2 (Versuchsdauer 172 Tage) und Ch. Nr. 5 (Versuchsdauer 138 Tage) ist kein bemerkenswerter Unterschied vorhanden. Bei Ch. Nr. 4, der ebensolange wie Ch. Nr. 2 mit Cholesterinöl gefüttert wurde, zeigt sich eine schwächere Verfettung. Bei kürzerer Fütterung mit derselben täglichen Menge ist die Verfettung meistens sehr schwach ausgeprägt. Der Hahn des 12 Tage dauernden Versuches zeigt keine Verfettung im Scleralgewebe. Bemerkenswert ist der Befund bei der Vergleichshenne Nr. 3, die an Einklemmung der Eier gestorben ist. Bei der Autopsie war eine Macerierung und eine partielle Resorption der unreifen Eier in der Bauchhöhle festzustellen. Hier fand sich nun eine ebenso starke Fettablagerung im Scleralgewebe wie bei den länger gefütterten Hähnen.

Fettspeicherung in den adventitzialen Zellen der Arterien und Venen kommt auch vor; aber sie ist weniger ausgesprochen und bleibt in ihrer Stärke ebenfalls weit zurück. Die einzelnen Fetttropfen in den Bindegewebzellen und auch in den Adventitialzellen sind meistens klein. Sie bilden weder ein großes Konglomerat noch einen atheromatösen Herd, wie man ihn beim Kaninchenversuch in der Sclera häufig zu sehen bekommt (*Versé*). Vor allem treten in dem Scleralgewebe weder große Schaumzellen noch verfettete Riesenzellen auf. Die Bindegewebzellen in der innersten Schicht der Sclera enthalten sehr häufig mehr oder weniger reichlich Pigment. In denselben Zellen treten die Fetttropfen mit Vorliebe auf.

Die histochemische Reaktion der auftretenden Fetttropfen ist mit Sudan III ausschließlich rot; mit Nilblausulfat färben sie sich meistens rot, zum Teil auch violett. Mit der Ciaccioschen Färbung sind sie ebenfalls darstellbar. Manchmal zeigen sie eine Doppelbrechung. Zwischen Vergleichstieren und den Cholesterinhähnen scheint kein wesentlicher Unterschied vorhanden zu sein. Auf Grund der obigen Befunde muß auf eine Mischung von Neutralfett mit Cholesterin und sehr wahrscheinlich mit noch anderen Lipoiden im engeren Sinne geschlossen werden.

Im einzelnen kann es strittig sein, ob man das Auftreten sichtbaren Fettes in den Knorpelzellen mehr als ein Degenerationszeichen oder mehr als Zeichen eines verminderten Stoffumsatzes in den betreffenden Zellen auffassen soll.

Aus meiner Untersuchung des Scleralknorpels ergibt sich, daß die Verfettung der Knorpelzellen in keinem Zusammenhang mit der Speicherung des Cholesterins bei Fütterungen steht. Auch das Geschlecht bleibt ohne erkennbaren Einfluß. Es scheint, daß die Verfettung mit dem Alter zunimmt. Bemerkenswert ist der Befund, daß die am Rand des Knorpels befindlichen perichondralen Zellen, die noch eine langgestreckte Form wie Bindegewebzellen haben, häufig verfettet sind. Ich nehme an, daß diese Zellen gerade in der Metamorphose stehen, und daß sich die Zustände in den betreffenden Zellen bei ihrer Metamorphose rasch ändern können. Das Auftreten des sichtbaren Fettes ist meines Erachtens ein Hinweis auf diese besonderen Umstellungen in der Zellfunktion.

Schließlich möchte ich über einige Befunde beim Knochenmark berichten.

Der Scleralknochen hat bei jüngeren Tieren (Nr. 7, 24) kein Knochenmark. Wenn das Huhn älter wird, entwickelt sich allmählich das Knochenmark an einigen bestimmten Stellen. In erster Linie findet die Markbildung in der Nähe des pupillaren Randes statt, wo der Knochen stets die größte Dicke hat. Im ersten Stadium besteht das Knochenmark aus mehreren vieleckigen protoplasmareichen Zellen, geringfügigen fibrösen Balken und aus kleinen Gefäßbästen. Dann speichern die vieleckigen Zellen in ihrem Protoplasma feine Fetttröpfchen, die sich vergrößern und allmählich zusammenfließen; so bilden sich schließlich die gewöhnlichen Fettzellen. Die Knochenmarkhöhle wächst auch dabei und enthält blutbildende Zellen.

Dieses Knochenmark wird ziemlich stark von der Cholesterinfütterung beeinflußt. Bei längerer Fütterung mit Cholesterinleinöl nimmt einerseits die Menge der Fettzellen zu und andererseits tritt eine Fetspeicherung in den dort befindlichen Bindegewebzellen auf. Es ist wiederum sehr merkwürdig, daß die Markbildung bei allen Cholesterinhähnen immer deutlich ausgeprägt ist, während sie bei ausgewachsenen Vergleichstieren manchmal nicht zu sehen ist. Es könnte sein, daß die Cholesterinfütterung fördernd auf die Markbildung des Knochens wirkt.

Diese Knochenmarksbildung scheint andererseits bei Hennen noch später und weniger häufig stattzufinden als bei männlichen Tieren.

Zusammenfassung.

1. Die Zellen des faserigen Bindegewebes der äußeren und der inneren Scleraschicht fallen häufig der Verfettung anheim, besonders die pigmenthaltigen der innersten lockeren Schicht.

2. Die stärkere Verfettung der Bindegewebszellen hält sich mit Vorliebe an Stellen, wo das Gewebe fortwährend zusammengezogen und ausgedehnt wird und dadurch Schwankungen im Saftwechsel entstehen. Die Fetttropfen lagern sich vorzüglich in der *Ora serrata*, in der bindegewebigen Schicht zwischen dem *Scleroticalring* und den Knorpelscheiben sowie ihrer Nachbarschaft, ferner in der Umgebung des Sehnerveneintrittes ab. Falls ein Gefäß die Knorpelplatten durchbohrt, findet man die Verfettung auch in seiner Umgebung.

3. Die Adventitialzellen der Gefäße nehmen bis zu einem gewissen Grade die Fettstoffe ebenfalls auf; aber sie treten bezüglich der Menge weit in den Hintergrund und bilden nie größere Schaumzellen. Die sonst beobachteten fetthaltigen Riesenzellen fehlen in der Hühner-sclera ebenfalls völlig. Bei längerer Fütterung nimmt die Menge der Fettablagerung deutlich zu. Die Verfettung geht aber doch nicht so weit, daß atheromatöse Herde zustande kommen, wie es beim länger dauernden Kaninchenversuch fast immer der Fall ist.

4. Die Knorpelkörperchen enthalten häufig sichtbare Fetttropfen. Die Verfettung der Knorpelkörperchen scheint in keinem Zusammenhang mit der Cholesterinfütterung zu stehen. Die perichondralen Zellen, die im Begriff sind, zu verknorpeln, sind häufig verfettet. Die Tatsache gibt meines Erachtens einen Hinweis auf eine Steigerung der Lebensvorgänge in den betreffenden Zellen.

5. In der Knochenplatte der Sclera entwickelt sich allmählich eine Markhöhle mit Knochenmark, in dem alle Stufen der Fettzellenentwicklung zu beobachten sind. Das Knochenmark lässt sich leicht durch Cholesterinfütterung beeinflussen. Die Menge der Fettzellen nimmt zu und die dort befindlichen Bindegewebszellen speichern auch Fetttropfen.

III. Die Aderhaut.

Sie kommt im hinteren Anteil der *Ora serrata* zum Vorschein und breitet sich im ganzen hinteren Teil des Augapfels aus, abgesehen von der Nerveneintrittsstelle. In dieser Schicht finden sich zahlreiche dünnwandige, ein verwickeltes Netzwerk bildende Venen. In der dünnen Adventitia sind eine Menge Pigmentzellen eingelagert. Interstitielle Fasern und Zellen sind sehr spärlich vorhanden. Wie Franz u. a. annehmen, finden sich in der *Chorioidea* des Haushuhns keine Tapetenzellen und auch keine Muskelfasern im hinteren Augenabschnitt.

Die in den Gefäßmaschen liegenden Bindegewebsszellen nehmen mehr oder weniger reichlich Fetttropfen auf. Die Stärke der Verfettung ist aber im allgemeinen weniger ausgeprägt als in der inneren lockeren Schicht der Sclera. Die Fetttropfen lagern sich etwas mehr an denjenigen Stellen ab, die den stärker verfetteten Scleralgebieten gegenüberstehen. In der Ora serrata, wo das Gefäßnetz noch wenig ausgebildet und an seiner Stelle noch reichliches Bindegewebe vorhanden ist, an dem ein großer Anteil der Brückeschen Muskelfasern ansetzt, findet die stärkste Fettablagerung statt. Bei den mit Cholesterinöl gefütterten Haushühnern verhält sich die Verfettung der Chorioidea wie die der Sclera.

IV. Die Netzhaut.

Die Retina setzt sich von außen nach innen aus folgenden Schichten zusammen: Pigmentepithelschicht, Stäbchenzapfenschicht, äußere Körnerschicht, äußere retikuläre Schicht, innere Körnerschicht, innere retikuläre Schicht, Ganglienzellschicht und Radialfaserschicht.

Die Pigmentepithelzellen enthalten bei Menschen und Kaninchen stets Fetttropfen, die sich bei Cholesterinölfütterung vergrößern (Versé). Bei Haushühnern dagegen kommen nach meinen Untersuchungen niemals Fetttropfen in den Pigmentepithelzellen vor, während bei den Feldhühnern teilweise kleine Fettröpfchen in den Zellen vorhanden sind.

In den Sehzellen des Vogels gibt es stets Öltropfen, die von Natur aus schon verschiedene Farbe haben und in der Sehfunktion eine besondere Rolle spielen. Diese Öltropfen kommen normalerweise bei Haushühnern vor. Ich habe besonders darauf geachtet, ob sie bei Cholesterinfütterung irgendwie beeinflußt sind, konnte aber eine sichtbare Veränderung nicht finden. Außerdem zeigen die Öltropfen histochemisch sehr verschiedene Reaktion, die ich besonders verfolgte. Ich werde sie in einer weiteren Mitteilung für sich behandeln.

Über den Fettgehalt der Netzhautnerven ist sehr wenig zu berichten. Änderungen des Fettgehaltes habe ich weder in Netzhaut noch Sehnerven feststellen können. Über einen Fall, Ch. Nr. 2, den ich als ein Beispiel herausgreife, möchte ich ein paar Worte sagen. In einem Auge von Ch. Nr. 2 kommt ein Degenerationsherd in der Retina vor, etwa $1\frac{1}{3}$ mm seitlich von dem Sehnerveneintritt. Der Degenerationsherd ist flach und etwa 2 mm breit. In dem Herd sind die Nervenfasern und sonstigen Nerventeile verwaschen und deutlich verfettet. Eine entzündliche Zellinfiltration ist nicht zu finden. Direkt angrenzend an den Herd ist eine Gruppe von Sehzellen verfettet. Dieser Degenerationsherd färbt sich mit Sudan III stark rot, mit Nilblausulfat teils rot, teils violett; hier finden sich auch deutlich doppelbrechende Sphärokristalle. Die verfetteten Sehzellen zeigen dieselbe Farbreaktion und auch Doppelbrechung. Wie diese Veränderung zustande gekommen ist, konnte ich nicht nachweisen. Ich nehme an, daß die Degeneration des Nerven-

Tabelle 1.

Zusammenfassende und vergleichende Übersicht der Verfettungen am Auge			
	des Kaninchens nach Versel	des Menschen (gew. als Alterserscheinung) nach Rohrkeider, Kolen, Atties	des Haushalts nach Uchiyama
Corneal- epithel	Frei von Fett	Meist nicht verfettet	Basalzellen vereinzelt verfettet
M. Bowmani Substantia propria cornea	Nicht verfettet Große Fettmengen in Hornhautlamellen, Hornhautkörperchen und Lamellenspalten. Am stärksten in der vorderen Schicht. Die Verfettung beginnt am oberen Rand, später folgt der untere. Das Pupillargebiet bleibt verschont. Schaumzellen sowie Leukozyten treten in der Cornea auf. Bei ungefütterten Tieren sind alle Schichten fettfrei	Stark verfettet In den Hornhautlamellen treten Fetttröpfchen auf, in den Lamellenspalten selten. Hornhautkörperchen kaum verfettet. Die äußere Schicht ist am stärksten (besonders am Rande), die mittlere Schicht sehr wenig, die innere wieder etwas stärker verfettet. Das Pupillargebiet bleibt verschont	Frei von Fett Fetttröpfchen kommen unter den gewöhnlichen Bedingungen in Hornhautkörperchen und auch in den Lamellenspalten vor. Die Lamellenfasern sind nicht verfettet. Die mittlere Schicht ist am stärksten verfettet, dann die innere, die äußere am wenigsten. Das Pupillargebiet wird von der Verfettung nicht verschont. Bei der Rettung nimmt die Fettmenge zu, aber relativ sehr wenig
M. Descemeti Hintere Endothellage	Nicht verfettet Frei von Fett	Stark verfettet Frei von Fett	Nicht verfettet Manchmal unter physiologischen Verhältnissen schon verfettet
Sclera und Chorioidea	Sehr ausgeprägte Verfettung. In der mittleren Schicht des hinteren Augenabschnittes kommt ausgedehnte Lipoiddegeneration mit Atheromabildung vor. Massenhaft Lipoidophagen. Die eigentlichen Scleralzellen sind auch verfettet. Mantelartige Fettablagerung in den Adventitialzellen um die Venen. Normalerweise fehlt jegliche Verfettung	In der mittleren Schicht des hinteren Augenabschnittes kommt ausgedehnte Lipoiddegeneration mit Atheromabildung vor. Massenhaft Lipoidophagen. Die eigentlichen Scleralzellen sind deutlich verfettet. In der Chorioidea ist die Verfettung wenig ausgeprägt. Nur die Lamina vitrea chorioidea ist deutlicher verfettet, besonders am hinteren Augenpol	Selbst bei gefütterten Tieren ist die Verfettung nicht so stark wie bei den vorigen Fällen. Die Verfettung der eigenen Bindegewebeszellen tritt gern in der Ora serrata, in der zentralen Knochen und Knorpel eingeschalteten Scheibe und in der Nähe des Sehnerveneintrittes auf. Lipoidophagen sind nie vorhanden. Lipoidablagerung in den Adventitialzellen sehr gering. Normalerweise kommt

Ciliarkörper	versuch die Lipoidinfiltration in ver- zweigten Stromazellen und auch in abgelösten Adventitialzellen; die letzteren bilden riesenhafte Lipoido- phagen	Die Pigmentepithelzellen haben im normalerweise Lipoidtröpfen. Ihre Größe nimmt bei der Fütterung zu	Keine Verfettung
	Die Pigmentepithelzellen enthalten normalerweise Lipoidtröpfen. Ihre Größe nimmt bei der Fütterung zu	Die Pigmentepithelzellen haben im physiologischen Zustand zahlreiche feine Fetttröpfchen	—
Retina			Die Pigmentepithelzellen sind frei von Fett, auch bei der Fütterung. (Bei den Feldkühen treten normaler- weise zuweilen feine Fetttröpfchen auf.)
Linse			Die Pigmentepithelzellen sind frei von Fett, auch bei der Fütterung. (Bei den Feldkühen treten normaler- weise zuweilen feine Fetttröpfchen auf.)

Ciliarkörper

gewebes nicht in direktem Zusammenhang mit der Cholesterinfütterung steht, zumal auch beim Kaninchen, dessen Augenhäute viel stärker auf diese Fütterungen reagieren, von *Versé* nie eine derartige Netzhautveränderung beobachtet wurde.

V. Die Regenbogenhaut und der Ciliarkörper.

Sie zeigen eine außerordentlich starke Verfettung der quergestreiften Muskelfasern, deren Verfettung hinsichtlich des Grades natürlich durch die Cholesterinfütterung zu beeinflussen ist. Was hier meine besondere Aufmerksamkeit erregte und was ich verfolgte, hat mit dem allgemeinen Stoffwechsel und der Cholesterinfütterung wenig zu tun, deswegen habe ich diese auffallende Muskelveränderung in einer später folgenden Mitteilung behandelt.

Ich möchte hier kurz bemerken, daß in der Iris und dem Ciliarkörper keine eigentlichen Fettzellen, keine Schaumzellen bzw. keine Lipoidophagen auftreten, und daß das Bindegewebe selbst bei Cholesterinfütterung auch kaum Fetttröpfchen speichert. Lediglich die Muskelfasern sind hier die

Teile, welche (auch unter normalen Bedingungen schon) reichlich Fettsubstanz enthalten.

VI. Die Linse.

Bekanntlich ist die Linse des Vogels auffallend stark konvex; man nennt ja das Vogelauge direkt ein Teleskopauge. Am Äquator der Linse findet sich ein eigenartiges Gebilde, der Ringwulst, der bei den Haushühnern ziemlich gut entwickelt ist. Sowohl bei Vergleichshühnern als auch bei den mit Cholesterin gefütterten Hähnen sind die Linsenfasern stets frei von Fett. Interessant ist es, daß die Kerne des Ringwulstes, die bekanntlich ihre Wachstumsenergie noch behalten, bei Osmiumbehandlung deutlich geschwärzt werden, während bei Sudan III oder Nilblaufärbung ein Fettgehalt nicht deutlich nachweisbar ist. Die Kerne des Hauptlinsenkörpers werden bei Osmiumbehandlung gar nicht geschwärzt; wodurch das Osmium elektiv in den erst erwähnten Kernen reduziert wird, kann ich nicht angeben.

VII. Die Tränendrüse.

Die Tränendrüse ist bei den Haushühnern ziemlich gut entwickelt. Bei Sudan III oder Nilblaufärbung heben sich in den Drüsenzellen keine Fetttropfen hervor, im Gegensatz zu der *Harderschen* Drüse beim Kaninchen. Bei Cholesterinfütterung nimmt die Fettspeicherung in dem interstitiellen Bindegewebe mehr oder weniger deutlich zu.

VIII. Der Pecten.

Von dem Pecten ist nichts weiter zu berichten, da er weder unter normalen noch unter abnormen Fütterungsbedingungen irgendwelche morphologisch nachweisbaren Fettstoffe enthält.

Schrifttum.

- Arndt, H. J.*, Verh. dtsch. path. Ges. **1925**, 143 (20. Tagung). — *Aschoff, L.*, Beitr. path. Anat. **47** (1910). — *Attias, G.*, Graefes Arch. **81**, 405 (1912). — *Beer, Th.*, Arch. ges. Physiol. **53**. — *Biedermann, W.*, Pflügers Arch. **202**, 223 (1924). — *Boeminghaus, H.*, Beitr. path. Anat. **67**, 533 (1922). — *Chalatow, S. S.*, Die anisotrope Verfettung im Lichte der Pathologie des Stoffwechsels. Jena 1922. — *Chuma, M.*, Virchows Arch. **242**, 275 (1923). — *Dietrich, A.*, Lubarsch-Ostertag **13**, H. 2, 283 (1909). — *Ellenberger, W.*, und *H. Baum*, Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere. 16. Aufl. Berlin 1928. — *Franz, V.*, Lehrbuch der vergleichenden mikroskopischen Anatomie. Sehorgane. Jena 1913 — Das Vogelauge. Zool. Jb., Abt. Anat. **28** (1909). — *Hoffheinz, S.*, Virchows Arch. **260** (1926). — *Hueck, W.*, Verh. dtsch. path. Ges. **1925**, 18 (20. Tagung). — *Jess*, Tagung der deutschen ophthalmologischen Gesellschaft 1925. Berichte im Zbl. Ophthalm. **15**, 213 (1925). — *Kajikawa, J.*, Graefes Arch. **112**, 260 (1923). — *Kaufmann, C.*, und *E. Lehmann*, Zbl. Path. **37**, Nr 4, 145 (1926) — Virchows Arch. **261**, H. 2, 623 (1926). — *Kawamura, R.*, Morphologie und Physiologie der Cholesterinsteatoze. Jena 1927 — Die Cholesterinesterverfettung. Jena 1911. — *Kleeberg, J.*, Virchows

Arch. **243**, 237 (1923). — *Kobashi, S.*, und *T. Nakanoin*, Berichte über die 16. Tagung der japanischen pathologischen Gesellschaft in Tokio 1926; ref. Zbl. Path. **40**, 90 (1927). — *Kolen, A.*, Virchows Arch. **263**, H. 1, 46 (1927). — *Kutschera-Aichbergen*, Virchows Arch. **256**, 569 (1925). — *Leupold, E.*, Lipoid-Glykogen- und Pigmentstoffwechsel. Abderhaldens Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Abt. III. Methode der experimentellen morphologischen Forschung. Teil 1, H. 4. — *Loewenthal, K.*, Verh. dtsch. path. Ges. **1926**, 209. — *Rohrschneider, W.*, Graefes Arch. **115**, 535 (1925) — *Klin. Mbl. Augenheilk.* **74**, 89 (1925) — Virchows Arch. **256**, 139 (1925). — *Romeis, B.*, Virchows Arch. **264**, 301 (1927). — *Schoenheimer, R.*, und *D. Yuasa*, Verh. dtsch. path. Ges. **1927**, 304. — *Schoenheimer, R.*, Virchows Arch. **249** (1924). — *Schultz, A.*, Verh. dtsch. path. Ges. **1926**, 205; **1925**, 120. — *Sugita, Y.*, Graefes Arch. **115**, 260 (1925). — *Szimonowicz, L.*, Lehrbuch der Histologie. 5. Aufl. Leipzig 1924. — *Versé, M.*, Münch. med. Wschr. **1916**, Nr 30, 1074. — Virchows Arch. **250**, 253 (1924) — Verh. dtsch. path. Ges. **1925**, 67. — *Wittich*, Graefes Arch. **1** (1855).