Fig. X. Querschnitt der Schleimhaut aus der regio olfactoria, in Osmium und Alkohol gehärtet und in Haematoxylin gefärbt. a) Epithel; b) schleimiger Abschnitt der Stützzellen mit austretenden Schleimpröpfen; c) Bowmann'sche Drüsen; d) Nervenbündel im Querschnitt. Im Präparate waren auch die Zellkerne gefärbt, in der Zeichnung sind sie ungefärbt, um die Zeichnung nicht zu compliciren. Hartn. S. 4.

(Aus dem medic.-physikal. Institut der Universität Königsberg i/Pr.)

Ueber Fettresorption und Darmepithel.

Von

A. Gruenhagen.

Hierzu Tafel VIII.

Das Bestreben, den Lymphzellen der Darmwandungen die bedeutsamste Rolle bei den Resorptionsvorgängen in der Darmhöhle zu übertragen, hat zu der Verirrung geführt, dem mit Basalsaum versehenen Cylinderepithel der Darmoberfläche, den Saumzellen, wie wir sie kurz nennen wollen, die ihnen so wiederholt von den besten Beobachtern zugeschriebene Funktion, das Nahrungsfett des Chymus in sich aufzunehmen und in die Saftbahnen der Schleimhaut zu befördern, abzusprechen. Zawarykin ¹⁾, dessen Angaben bereits eine mindestens theilweise Bestätigung erhalten haben und dem gar noch von einigen Seiten die Priorität seiner Entdeckungen streitig gemacht worden ist, glaubt bei Hunden und Fröschen sich überzeugt zu haben, dass nicht den Saumzellen, sondern den zwischen letzteren vertheilten lymphoiden Wander-

¹⁾ Zawarykin, Pflüger's Arch. 1883. Bd. XXXI, p. 231; 1885. Bd. XXXV, p. 145.

zellen die Aufgabe zugefallen sei, das fein emulsionirte Fett des Chymusbreis sich einzuverleiben. Die Wanderzellen sollen nach seinem Dafürhalten aus dem Bindegewebe der Darmwandungen zwischen den Saumzellen hindurch zur freien Darmoberfläche empor-kriechen, dort vermöge ihrer contractilen Fortsätze die feinen Fetttröpfchen des Darminhalts an sich reißen und dann beladen mit denselben dorthin zurückkriechen, woher sie gekommen sind.

Eigene Erfahrungen, welche auf eingehende Untersuchungen und eine grosse Zahl mikroskopischer Präparate fussen, standen dieser neuen Lehre widerspruchsvoll entgegen, und sie waren es, welche mich veranlassten auch in der neuesten Ausgabe meines Lehrbuchs der Physiologie ¹⁾ für die von Alters her den Saumzellen eingeräumte Bedeutung als Resorbenten des Fettes einzutreten. Was ich als eine noch offene Frage zu behandeln geneigt war, bezog sich lediglich auf die Möglichkeit, dass die lymphoiden Wanderzellen vielleicht neben den Saumzellen gleichfalls an der Fettresorption im Sinne Zawarykin's betheiligt wären; hierüber konnten aber nur neue Versuche Entscheidung bringen.

Solche Versuche sind unter meiner Leitung seit Ostern 1886 von einem meiner Schüler an Fröschen und Mäusen, als Repräsentanten einer kaltblütigen und einer warmblütigen Thierart, angestellt worden und werden von ihm bei einer andern Gelegenheit ausführlich mitgetheilt werden. An dieser Stelle gedenke ich nur über das Wesentliche aus seinen Untersuchungen in kurzer Zusammenfassung zu berichten.

Um dem Darm den erforderlichen fettigen Inhalt zu beschaffen, genügt es bei Fröschen, eine kleine Quantität Olivenöl oder Milch vom Munde aus einzufüllen, bei Mäusen denselben Speck zu beliebigem Genusse vorzuwerfen. Die so vorbereiteten Thiere sind dann nach Ablauf verschieden langer Zeiträume vom Beginn der Fütterung gerechnet am besten durch Decapitiren zu tödten und ihre Därme nach folgendem Verfahren zu behandeln. Nachdem man dieselben ihrer ganzen Länge nach aus der Leibeshöhle herausgewickelt und aufgeschlitzt hat, bringt man das so zugerichtete Präparat in eine nicht zu kleine Menge Flemming'scher Flüssigkeit (mindestens 15 ccm auf je einen ganzen Frosch- oder Mausdarm) und lässt es darin 4 höchstens 5 Stunden verweilen. Hierauf folgt

1) Gruenhagen, Lehrb. d. Physiol 1884/86. Bd. I. p. 252, 264.

eine sorgfältige Auswässerung der Präparate und eine 24 Stunden währende Nachhärtung in Alcohol absolut. Weiterhin wurden kleine Stücke der gehärteten Därme nach bekannten Methoden mit Paraffin durchtränkt und nach Einschmelzung in einen grösseren Paraffinblock mittels eines Jung'schen Mikrotoms in feinste Schnitte zerlegt. Letztere kamen nacheinander in Chloroform zur Entfernung des ihnen anhaftenden Paraffins, in Alcohol absol. zur Verdrängung des Chloroforms und aus dem Alkohol in eine verdünnte wässrige Lösung von Dahliablau zur Tinction. In der Färbeflüssigkeit verblieben die Schnitte mindestens 24 Stunden, worauf sie zur Entwässerung und zur Beseitigung des überschüssigen Farbstoffs wieder in Alcohol absol. übergeführt, zur Aufhellung in ein mit Chloroform (nicht mit Nelkenöl) gefülltes Schälchen eingelegt und endlich in einem Tropfen einer chloroformigen Canadabalsamlösung durch sanftes Aufdrücken eines Deckgläschens auf dem Objektträger dauernd fixirt wurden.

Das allgemeine Ergebniss, welches auf dem beschriebenen histologischen Wege erzielt wurde, und für dessen Beständigkeit eine grosse Zahl von Präparaten Zeugniss ablegt, war, dass nur die Saumzellen mit der Resorption des Nährfettes betraut sind, die lymphoiden Wanderzellen dagegen, mögen sie innerhalb oder ausserhalb des Epithelüberzugs getroffen werden, zu keiner Zeit und in keiner Form selbstthätig in diesen Vorgang eingreifen.

Von Einzelheiten, welche bei der mikroskopischen Besichtigung der Schnitte auffielen und direkt oder indirekt den eben ausgesprochenen Lehrsatz stützen, seien besonders folgende hervorgehoben.

Da das Flemming'sche Gemisch Ueberosmiumsäure enthält, von welcher das Fett bekanntlich schwarz gefärbt wird, so ist es an und für sich nicht wunderbar, dass diejenigen Darmregionen, in welchen Fettresorption stattgefunden hat, je nach dem Grade ihres Fettgehalts schon dem blossen Auge mehr oder minder tief geschwärzt erscheinen. Man würde eben nur aus der Gleichmässigkeit der Färbung den Schluss zu ziehen haben, dass die Gewebselemente, welche das Fett beherbergen, sehr zahlreich und sehr dicht aneinander gereiht sein müssten, dass also von Zawayrykin's Standpunkt aus eine äusserst hochgradige Durchsäung mit lymphoiden Wanderzellen zum wenigsten dem in Absorption begriffenen Darme zukäme, und zwar nicht allein seines Binde-

gewebes, sondern auch seiner inneren Epithelbekleidung, da Bruchstücke der letzteren auch nach Isolirung von ihrer Grundlage nichts von ihrer gleichmässig schwarzen Färbung einbüssen. Die grosse Unwahrscheinlichkeit eines in so ausserordentlichen Maassverhältnissen sich bekundenden Wandertriebes lymphoider Zellen innerhalb einer gesunden Darmschleimhaut leuchtet von selbst ein, und das mikroskopische Bild aller von uns angefertigten und durchgesehenen Schnittpräparate, welches stets nur eine sehr sparsame Vertretung jener Elemente in den intracpithelialen Spalten zur Wahrnehmung brachte, widerspricht auch thatsächlich dem Bestehen eines solchen auf das Entschiedenste. Sowohl beim Frosche als auch bei der Maus und ebenso ferner bei der Katze, deren Darm wir zur Vergleichung heranzogen, finden sich zwar regelmässig zwischen den Füssen der Saumzellen und zwischen den Körpern derselben lymphoide Zellen (vgl. w w w Fig. 1, 2, 3, 8) eingeklemmt, immer jedoch ist ihre Zahl so klein, dass selbst dann, wenn diese Zellen sämmtlich mit schwarz gefärbtem Fett vollgestopft wären, hierdurch niemals jene vorhin erwähnte gleichmässige Schwärzung des epithelialen Darmüberzugs durch dieselben bewirkt werden könnte. Die Fettträger sind denn auch in Wahrheit gar nicht die intracpithelialen Wanderzellen, sondern die in dichten Reihen nebeneinander aufgepflanzten Saumzellen. Erstere sind vielmehr unter allen Umständen, sogar bei reichlichster Füllung der letzteren, völlig fettfrei. Die auf Taf. VIII einzusehenden Abbildungen zeigen uns Fig. 1, 3 und 5 die mit Fett imprägnirten Saumzellen im Profilbilde, Fig. 2 und 4 die nämlichen Elemente im Flachschnitte, von oben her gesehen. Fig. 1 und 2 sind Präparaten eines Froschdarmes, Fig. 3, 4 und 5 solchen eines Mausdarmes entnommen, bei jenen erscheint das Fett in zierlichen kleinen Tröpfchen dem Protoplasma der Saumzellen eingelagert, bei diesen in grossen, theils kugligen, theils strahligen Klumpen. Dagegen lässt die Umgebung der durch ihre kleinen eckigen Kerne gekennzeichneten Wanderzellen (w w w Fig. 1, 2, 3) von eingesprengten Fettkörnchen keine Spur erkennen.

Besonders bemerkenswerth und für eine zukünftige physikalisch-chemische Deutung des Resorptionsvorgangs selbst nicht belanglos ist das Aussehen des Mausepithels. Die Zellen desselben erscheinen deutlich blasig aufgequollen, man sieht, dass ihr Protoplasma netzförmig ausgespannt ist, und dass die im Zellleibe enthaltenen Fettmassen die Maschen dieses Protoplasmanetzes erfüllten (vgl. nament-

lich Fig. 5 a), da also liegen, wo für gewöhnlich dem flüssigen Zellsafte, dem Paraplasma, sein Platz angewiesen ist. Es liesse sich hieran die Vermuthung knüpfen, dass bei der Fettaufnahme das Protoplasma direkt gar nicht betheiligt wäre, sondern dass dieselbe vielleicht ausschliesslich auf einem zwischen Paraplasma und Darminhalt sich abspielenden Diffusionsvorgange ¹⁾ beruhe, bei welchem zunächst nur die Constituenten des im Darmsafte zerspaltenen Neutralfettes jede für sich in das Zellinnere gelangten, um daselbst nachträglich durch chemische Einwirkungen von Seiten des Protoplasmas wieder zu Neutralfett vereinigt zu werden.

Gestatten die bisher mitgetheilten Erfahrungen, den intraepithelialen Wanderzellen alle und jede Mitwirkung bei der Fettaufnahme aus dem Chymus abzusprechen, so führt eine Reihe anderer Beobachtungen unabweislich zu dem fernerem Schlusse, dass auch die extraepithelialen Wanderzellen des Zottenstromas und überhaupt des gesammten Darmbindegewebes nichts mit dem uns hier beschäftigenden Resorptionsprocesse zu schaffen haben. Uebereinstimmend mit den Angaben der älteren Mikroskopiker lehren die mir vorliegenden Präparate des Maudarmes ebenfalls, dass das Fett in Form eines feinen Maschennetzes sich unterhalb der Füsschen der Saumzellen und im Zellengerüste (vgl. d. Abbildung des Zottenquerschnitts, Fig. 5) ausbreitet, mit feinkörniger Masse häufig noch das centrale Chylusgefäss längsdurchschnittener Zotten erfüllt und von hier auf Bahnen, welche ihrer ganzen Anlage nach mit dem durch Einstich zu injicirenden Lymphkanalsystem der Lieberkühn'schen Drüsen und des plexus lymphaticus submucosus zusammenfallen, zu den abtretenden Lymphgefässen des Mesenteriums gelangt. Auf der Skizze Fig. 6 sind die Fettstrassen an den Fundi der Lieberkühn'schen Drüsen wiedergegeben. Fettfrei zeigen sich dagegen allerorts die ihren Blutkörperinhalt zum Theil noch bewahrenden Blutgefässe (k Fig. 5, g Fig. 6), und, was für die hier vertheidigte Anschauung über die Beschaffenheit der das Fett aufnehmenden Organe noch erheblichere Bedeutung besitzt, nirgend begegnet man demselben an farblose Lymphzellen gebunden, sondern stets im emulsionirten Zustande als solches dem Saftstromen beigemischt.

Wir müssen demnach die von Zawarykin wiederholt verkündete Lehre von der Fettresorption durch lymphoide Wanderzellen der Darmwandungen auf das Nachdrücklichste bestreiten.

1) Vgl. Will, Pflüger's Arch. 1879. Bd. XX, p. 255.

Schliesslich noch einige kurze Mittheilungen von mehr morphologischer Bedeutung.

1. Schon oft ist den Saumzellen der Darmschleimhaut ein lang und fein auslaufendes Fussende zugeschrieben, ja sogar ein organischer Zusammenhang desselben mit den Bindegewebszellen der Darmmucosa behauptet worden. Wir finden, dass das konisch zugespitzte Fussende der Saumepithelien eine kleine platte Sohle bildet (s. Fig. 8), von deren unterer Fläche, wie günstig gelegene Schnitte wahrnehmen lassen, zarte protoplasmatische Fortsätze ausstrahlen¹⁾ (Fig. 3, 7, 8, 9). Letztere können bisweilen bis zu den Wandungen der Blutkapillaren (k, Fig. 7) verfolgt werden, erscheinen unter sich, sowie mit denjenigen der Nachbarzellen, netzförmig verbunden und enthalten in ihrem Maschenwerk hin und wieder lymphoide Zellen (Fig. 7 w).

2. Karyokinetische Zelltheilungen kommen zwar nicht häufig, aber doch auch nicht gerade selten im Gebiete des Cylinder-epithels vor. Zu ihrem Nachweise bildet die Schleimhaut des Froschdarms ein ganz vorzügliches Objekt. Die Theilungsebene der Kernspindel liegt in der Regel senkrecht zur Oberfläche der Schleimhaut; die in Theilung begriffene Zelle hat ein blasig aufgetriebenes Aussehen und scheint mit ihrem Fussende nicht bis zur bindegewebigen Unterlage herabzureichen. Die Kernspindel nimmt fast ausnahmslos einen weit über das Niveau der in Ruhe befindlichen Kerne der Nachbarzellen erhobenen Platz ein.

An Isolationspräparaten des Darmepithels begegnet man mitunter Saumzellen mit zwei übereinander gelagerten, völlig ausgebildeten Kernen, ohne dass der Zellkörper zwischen ihnen eine Theilungslinie erkennen liesse²⁾.

Viel häufiger als im Epithel der Darmoberfläche trifft man die Bilder der Karyokinese im Epithel der Lieberkühn'schen Drüsen (Maus, Katze) und im Bereiche der lymphoiden Zellen der Darmfollikel (Katze).

3. Die Darmmucosa des Frosches enthält Zellanhäufungen, welche wohl den solitären Darmfollikel der höhern Wirbelthiere homolog erachtet werden dürften.

1) Vgl. Gruenhagen, Lehrb. d. Physiol. 7. Aufl. 1884/86. Bd. I. p. 252. Fig. 21 f, g.

2) Vgl. Gruenhagen, Lehrb. d. Physiol. 7. Aufl. 1884/86. Bd. I. p. 252. Fig. 21 c.

4. An den Zellen junger, vier Wochen alter Kätzchen lässt sich ein schnelleres Wachsthum des Epithelmantels gegenüber demjenigen des bindegewebigen Kerns konstatiren. Das Epithel ragt als geschlossener Hohlkegel weit über den Gipfel der Bindegewebspapille empor (Fig. 9) und ist von letzterer durch einen mit feinkörnigem, amorphem, jedoch auch lymphoide Zellen einschliessenden Niederschlage theilweise angefüllten Raum geschieden. Die Zellbestandtheile des epithelialen Hohlkegels sind so enge aneinander gepresst, dass sie sich optisch kaum voneinander abgrenzen lassen, und führen ein trüberes Protoplasma als die auf der Bindegewebspapille aufsitzenden Epithelien.

An den Fussenden der Hohlkegelepithelien erkennt man ebenfalls ohne Schwierigkeit zarte Protoplasmafortsätze, welche im vorliegenden Falle in das Gerinnsel der Hohlkegelhöhle hereinragen (Fig. 9).

5. Grosses Interesse beansprucht das Verhalten des Epithelüberzugs auf dem gewölbten Gipfel der Zotten. Sowohl bei jungen Katzen als auch bei ausgewachsenen Mäusen, andere Thierarten wurden bisher nicht daraufhin geprüft, findet man daselbst eine grubenartige Einsenkung des Epithelüberzugs (e e Fig. 9), in welcher es leicht zu einem Auseinanderweichen der Zellreihen (vgl. den Längsschnitt durch den Zottengipfel e Fig. 7) kommt. Es sieht so aus, als ob hier eine präformirte Oeffnung, ein Stoma oder ein Porus, angebracht wäre, durch welche das Saftnetz der bindegewebigen Zottenpapille direkt ohne Vermittelung des Zottenepithels mit dem Darmchymus in Verkehr treten könnte.

6. Die Zahl der zwischen den Saumzellen zerstreuten Becherzellen (b b Fig. 1, 2, 7, 9) schwankt je nach der Thierart in weiten Grenzen. Sehr reichlich entwickelt findet man dieselben bei Frosch und Katze (Fig. 1, 2 vom Frosch, Fig. 9 von der Katze), sehr spärlich bei der Maus (b Fig. 7). Die Kerne der Becherzellen liegen regelmässig in einem tieferen Niveau als diejenigen der Saumzellen (vgl. Fig. 1, 7) und färben sich unter sonst gleichen Verhältnissen tiefer wie diese, sind also chromatinreicher. Nie betheiligen sich die Becherzellen an der Fettresorption, auf Flachschnitten des Epithels treten sie zwischen den mit Fetttröpfchen erfüllten polygonalen Querschnittsflächen der Saumzellen als farblose helle Flecken von rundlichem Umriss hervor (Fig. 2, b b' Frosch).

Erklärung der Abbildungen auf Tafel VIII¹⁾.

- Fig. 1. Profilsansicht der in Fettresorption begriffenen Darmepithelien des Frosches. b b b die Becherzellen. w w w Wanderzellen.
- Fig. 2. Flachschnitt der in Fettresorption begriffenen Darmepithelien vom Frosch. b b b Becherzellen. w Wanderzelle.
- Fig. 3. Profilsansicht der in Fettresorption begriffenen Darmepithelien der Maus mit Protoplasmafortsätzen der Fussenden. w w Wanderzellen.
- Fig. 4. Flachschnitt der in Fettresorption begriffenen Darmepithelien der Maus. Strahlige Verteilung der Fettkugeln im Protoplasma.
- Fig. 5. Querschnitt einer Darmzotte von der Maus. Fett im Epithel und im Zottenstroma. Bei k mit Blutkörpern erfülltes Gefäss im Querschnitt frei von Fett. Bei a eine Fettkugel, umgeben von dem Reticulum des Zellprotoplasmas.
- Fig. 6. Skizze eines Darmquerschnitts von der Maus. Ablagerung des Fettes am Umfange der Fundi der Lieberkühn'schen Drüsen (111). g Durchschnitt eines fettfreien mit Blutkörperchen erfüllten Blutgefässes.
- Fig. 7. Längsschnitt durch eine Zottenspitze von der Maus. c Zottenporus Protoplasmafortsätze der Epithelien, welche bis zu einem längsdurchschnittenen Kapillargefäss k heranreichen. b Becherzelle. w w Lymphoide Wanderzellen zwischen den Protoplasmafortsätzen der Epithelien.
- Fig. 8. Profilsansicht vom Darmepithel des Frosches mit feinen Protoplasmafortsätzen der Fussenden. w w Wanderzellen.
- Fig. 9. Darmzotten einer 4 Wochen alten Katze. Der Bindegewebskern der Zotten ist weit überragt von dem Hohlkegel des Epithelsüberzugs. e e Zottenporus. b b Becherzellen. w w w Wanderzellen.

1) Die Abbildungen sind sämtlich von H. Braune angefertigt.