

## XVI.

**Zur Morphologie des Knorpelglykogens  
und zur Struktur der Knorpelzellen.**

Von

Prof. Dr. Julius Arnold in Heidelberg.

(Hierzu Tafel VIII.)

---

Durch zahlreiche und gründliche Untersuchungen sind wir über den Strukturwechsel, welchen die sezernierenden Drüsenzellen je nach ihrem Funktionszustand darbieten, unterrichtet. Bezüglich anderer Körperzellen fehlt es zwar nicht an Beobachtungen über funktionellen Strukturwechsel; sie haben aber bis jetzt die ihnen gebührende Beachtung nicht gefunden. — Seit vielen Jahren vertrete ich die Anschauung, daß das Strukturbild der Zellen kein unveränderliches ist, sondern durch den Zustand der Ernährung und Funktion wesentlich bestimmt wird. Als in dieser Hinsicht sehr lehrreiche Beispiele wurde von mir der Strukturwechsel der Zellen bei der Assimilation von Fett, Myelin, Eisen usw. und neuerdings von Glykogen hervorgehoben. Fanden sich doch z. B. an den Leberzellen, je nach ihrem Glykogengehalt und der wechselnden Anordnung dieses, diskrete Granula, Fäden, Fadencörner oder netzförmige Figuren. Wie ich bei einer anderen Gelegenheit (Literaturverzeichnis Nr. 8) schon angedeutet habe, erhielt ich auch an den glykogenhaltigen Knorpelzellen betreffs des funktionellen Strukturwechsels sehr bemerkenswerte Befunde. — Meines Erachtens ergeben sich aus ihnen nicht nur über den Aufbau der Knorpelzellen, sondern auch über bis jetzt noch wenig gekannte Vorgänge der Funktion wichtige Aufschlüsse. — Vielleicht tragen die nachfolgenden Schilderungen dazu bei, die Lehre von dem funktionellen Strukturwechsel mehr zur Geltung zu bringen. — Wiederholt habe ich schon darauf hingewiesen, daß bei den Untersuchungen über Plasmastrukturen die biochemischen Vorgänge, insofern sie mikroskopisch nachweisbar sind, mehr berücksichtigt werden müssen.

### Material und Methoden.

**Material.** Es wurden verschiedene Knorpel von Menschen und von Tieren untersucht. Die folgenden Darstellungen beziehen sich aber hauptsächlich auf Befunde am knorpeligen Episternum und Hyposternum des Frosches.

**Untersuchungen am lebenden und überlebenden Objekt.** — Prudden hat eine Methode angegeben, mittelst welcher man das knorpelige Episternum des Frosches, ohne daß es aus dem Zusammenhang mit dem Sternum gelöst zu werden braucht, und ohne daß die Ernährungsvorgänge in ihm wesentlich alteriert werden, tagelang in lebendem Zustande beobachten kann. Die Haut wird durch einen vom Unterkiefer zur Mitte des Sternums verlaufenden Schnitt durchtrennt und nach beiden Seiten zurückgeschlagen. Nach Durchschneidung der Musculi submaxillares kommt das knorpelige Episternum zum Vorschein, das man auf einen Glaswürfel (Objektenträger nach Thomas) lagert, während der Kopf des Frosches rechtwinkelig zurückgebogen wird. — Für viele Zwecke genügt die Beobachtung in überlebendem Zustande; man trägt das knorpelige Episternum durch einen Querschnitt ab und hängt es in einer durch Vaseline verschlossenen Glaskammer am Deckglas auf. Die Einwirkung der verschiedenen Reagentien läßt sich an solchen Präparaten sehr schön nachweisen.

**Vitale und supravitale Färbung.** Körnige Abscheidungen von Indigkarmin innerhalb der Knorpelkapseln und Knorpelzellen hatten Küttner und ich wahrgenommen. Der erstere infundierte Farbstofflösungen in die Lungen, während ich solche in das Blut und die Lymphsäcke lebender Tiere oder kleine Farbstoffkörnchen unter die Brusthaut einführte.

Später haben O. Schultze, Mitrophanow und Meyer bei ihren Versuchen mit Methylenblau und Neutralrot gefärbte Körner im Knorpel wahrgenommen. Die Farbstoffe waren teils verfüttert, teils in die Lymphsäcke injiziert worden. Bei meinen im Jahre 1900/1901 angestellten Versuchen schob ich Körnchen von Methylenblau und Neutralrot unter die Brusthaut (Verzeichnis Nr. 6).

Unter den zuletzt erwähnten Bedingungen ist es nicht möglich, die Zellen zuerst in ungefärbtem Zustande und dann die einzelnen Phasen der Färbung zu beobachten. Auf der anderen Seite ist das von Prudden angegebene Verfahren etwas kompliziert. Das eben angedeutete Ziel läßt sich erreichen, wenn man die eine Fläche eines Deckglases mit einer Lösung von Neutralrot oder Methylenblau usw. bestreicht, auf diese, nachdem die Farbstoffschicht getrocknet ist, das frisch abgetragene knorpelige Episternum ohne jeglichen Zusatz auflegt und endlich das Präparat in eine Glaskammer einschließt. Ich kann diese Methode gelegentlich empfehlen; sie bietet die Möglichkeit, die Knorpelzellen zuerst in ungefärbtem Zustande wahrzunehmen, und dann die einzelnen Phasen der Tinktion an dem gleichen Objekt zu verfolgen; bei Neutralrot tritt die Färbung nach sehr kurzer, bei Methylenblau erst nach längerer Zeit auf. Wer sich in der Granulafrage ein Urteil bilden will, sollte die Wiederholung dieses lehrreichen Versuchs nicht unterlassen.

Untersuchung konservierter Objekte. Als Konservierungsmittel kamen in Anwendung: Alkohol, Sublimatlösungen und das Benda'sche Gemisch: 15 Vol. 1 % Chromsäure, 4 Vol. 2 % Osmiumsäure, 3 Tropfen Acid. acet. glacial. 8—10 Tage; dann Acet. pyroignos. rect. und 1 % Chromsäure  $\alpha\alpha$  24 Stunden; solut. Kal. bichrom. 2 % gleichfalls 24 Stunden. Auswaschen, Alkohol von steigender Konzentration (die ganze Prozedur in der Dunkelkammer).

Einbettung in Celloidin und Paraffin; Anfertigung von Durchschnitten und Flachschnitten; diese wurden in Hämatoxylin-Eosin tingiert. Sehr ausgedehnten Gebrauch machte ich bei Alkohol-, Sublimat- und Chromosmiumpräparaten von der Eisenhämatoxylinfärbung für sich und kombiniert mit Säurefuchsin-Pikrinfärbung oder der neuen Bestschen Karminmethode.

Glykogen nachweis. Am überlebenden Objekt erwies sich als sehr zweckmäßig die oben erwähnte Deckglasmethode. Die Deckgläser wurden mit alkoholischer Jodlösung überstrichen und nach erfolgter Verdunstung das Episternum aufgelegt und in eine Glaskammer eingeschlossen. Bei Anwendung dieser Methode kommt das Glykogen nicht in der Art von größeren Tropfen oder in diffuser Verteilung zur Wahrnehmung; vielmehr erscheint dieses an Granula und Fäden gebunden.

An konservierten Präparaten leistete mir die neue Bestsche Karminmethode die besten Dienste; je nach dem Karmingehalt der Mischung genügen 10—15 Minuten oder es ist eine längere Zeit, 30 Minuten bis zu einer Stunde, erforderlich. Eine zu intensive Tinktion muß vermieden werden. Auch die Zelloidinschnitte dürfen nicht über 10  $\mu$  dick sein.

### Beobachtungen am lebenden und überlebenden Knorpel.

Wird das Episternum nach der oben angegebenen Methode in eine Glaskammer eingeschlossen, so zeigen die Knorpelzellen, auch wenn man mit der Herstellung des Präparates möglichst sich beeilt, ein sehr verschiedenes Verhalten ihres Plasmas. Die einen Zellen erscheinen selbst bei Anwendung stärkster Vergrößerungen gleichmäßig fein bestäubt; in anderen erkennt man Granula und Fäden (Fig. 1—3). Die Granula bieten in vielen Zellen eine eigenartige Anordnung dar, indem sie in Form einer Gruppe neben dem Kern gelagert sind; ich will sie als paranukleäre bezeichnen. Zahl und Größe dieser Granula wechselt; sie laufen zum Teil in gestreckte, seltener gewundene Fäden aus oder erscheinen in solche eingebettet. Die Abgrenzung dieser Granulagruppe gegen das umgebende Plasma ist gewöhnlich keine scharfe. In manchen Zellen habe ich an der Stelle dieser paranukleären Granulagruppen mehr bläschenförmige Gebilde gefunden, über deren feineren Aufbau ich aber

keine genaueren Angaben zu machen vermag. Die meisten Zellen enthalten nur eine paranukleäre Granulagruppe, manche aber deren mehrere, wenn auch nur ein Kern vorhanden ist. Manchmal sind die geschilderten Granula die einzigen, welche in das Plasma der Knorpelzellen eingebettet sind. Sehr oft enthält dieses aber Granula und Fäden in größerer Zahl; so daß es zur Bildung von Netzfiguren, welche eine verschiedene Ausbreitung über die Zelle zeigen, kommt. Manche Zellen sind mit größeren Granula so dicht erfüllt, daß das übrige Plasma ganz verdrängt wird und auch Fäden nicht mehr sich erkennen lassen.

An den Kernen der meisten Zellen kann man außer der Membran und den Kernkörperchen bald spärliche, bald zahlreichere Karyosomen und Fäden wahrnehmen.

**Vitale Färbung.** Es wurde bereits erwähnt, daß bei der vitalen Einführung von Indigkarmin in die Blut- und Lymphbahnen gefärbte Körner und Fäden in den Knorpelzellen, außerdem aber perizelluläre körnige, fädige und netzförmige Abscheidungen zum Vorschein kommen. Die letzteren sind zuweilen so dicht, daß es manchmal unmöglich ist, zu entscheiden, welche dieser Gebilde den Zellen angehören, welche zwischen Zellen und Kapsel gelegen sind. An Stellen, an welchen es zu perizellulären Abscheidungen nicht gekommen ist, kann man sich aber davon überzeugen, daß die Zellsubstanz gefärbte Körner und Fäden enthält. Es haben diese Verhältnisse in den früheren Mitteilungen (Nr. 2 und 3) eine ausführliche Erörterung erfahren; ich darf mich deshalb mit diesem kurzen Hinweis begnügen.

Bei der Verfütterung von Neutralrot und Methylenblau, sowie nach der Injektion solcher Farbstofflösungen haben, wie oben hervorgehoben wurde, O. Schultze, Mitrophanow und Meyer blaue und rote Körner im Knorpel beobachtet. Bei den im Jahre 1900/01 (Nr. 6) angestellten Versuchen führte ich Neutralrot und Methylenblau in Substanz unter die Brusthaut ein und erhielt zahlreiche gefärbte Körner und Fäden in der Zellsubstanz. — Renaut erwähnt die Färbung gewisser Granulaarten in den Knorpelzellen durch Neutralrot. Er faßt sie als Sekretgranula auf und hält die Knorpelzelle für eine Drüsenzelle, welche aus dem Gewebe Substanzen aufnimmt, und sie in Form von Sekretgranula im Zelleib deponiert.

**Supravitale Färbung.** Hat man die Deckgläser, an welchen die Knorpelplättchen in der feuchten Kammer aufgehängt sind, nach der oben angegebenen Methode mit Neutralrot beschickt, so färbt sich die paranukleäre Granulagruppe sehr bald und meistens zuerst; wenigstens findet sie sich in Zellen, welche sonst keine gefärbten Granula enthalten (Fig. 4). Ihre Färbung ist zunächst nur eine sehr schwache, nimmt aber mit der Zeit immer mehr an Intensität zu. Sehr bald färben sich auch andere Granula, vorerst in vereinzelter, endlich in so großer Zahl, daß die Zelle damit mehr oder weniger erfüllt sich zeigt (Fig. 5—8). Stellenweise nehmen auch die Fäden Farbstoffe an; es entstehen dann Netzfiguren von wechselnder Ausdehnung. Ähnliche Bilder, erhält man bei der Anwendung von Methylenblau und Azur II. Ob die mit Neutralrot bzw. Methylenblau gefärbten Gebilde identisch oder verschieden sind, wage ich vorerst nicht zu entscheiden.

**Glykogenreaktion.** Bei der Jodräucherung (s. o.) bräunen sich die paranukleären Granula gleichfalls sehr frühzeitig, später aber auch andere, sowie Netzfiguren und perizelluläre Gebilde.

In den Kernen habe ich weder mit Neutralrot noch mit Methylenblau oder Jod gefärbte Granula nachweisen können. Allerdings zeigen die paranukleären Granula zuweilen eine solche Lagerung an den Kernen, daß eine Verwechslung mit Karyosomen schwer zu vermeiden ist.

#### Beobachtungen am konservierten Knorpel.

**Alkoholpräparat; Tinktion mit Hämatoxylin und Eisenhämatoxylin.** — Wie am überlebenden Objekt so ist auch am konservierten das Strukturbild ein wechselndes. Das Plasma erscheint bald mehr homogen bald sehr fein granuliert, andere Male wabig oder spongiös. Während viele Zellen die Kapseln gleichmäßig ausfüllen, entsenden andere teils feinere, teils stärkere Ausläufer nach dieser, um an sie sich anzuheften oder frei im Kapselraum zu münden. Dieses Verhalten ist wohl zum Teil auf die Einwirkung des Alkohols zu beziehen; doch finden sich solche verästigte Zellen auch an Sublimat- und Chromosmiumpräparaten, allerdings vorwiegend an Stellen, an welchen Metamorphosen z. B. beginnende Verkalkung nachweisbar sind.

Paranukleäre Granula enthält die Mehrzahl der Zellen. Die Gruppe besteht bald nur aus wenigen, bald aus zahlreicheren Granula, deren Beziehung zu Fäden insofern eine wechselnde ist, als die Granula bald in Fäden sich fortzusetzen, bald den Verlauf dieser zu unterbrechen scheinen. Die Abgrenzung dieser paranukleären Granulagruppe ist meistens eine wenig scharfe; zuweilen hat man den Eindruck, als ob sie von einem membranähnlichen Gebilde umgeben wären.

Auch im übrigen Plasma der Zelle kommen Granula in wechselnder Anordnung, was ihre Verteilung, Zahl, Größe und Färbung anbelangt, vor. Manche Zellen enthalten nur einzelne gleich oder verschieden große und verschieden intensiv gefärbte Granula; andere sind mit solchen erfüllt. An Eisenhämatoxylinpräparaten ist die Farbe eine rauchgraue. Während bei den kleineren Granula die vorhin gekennzeichnete Beziehung zu Fäden leicht wahrgenommen werden kann, ist dies bei den größeren Granula zum Teil infolge der dichteren Lagerung öfters nicht möglich; so namentlich an den Zellen, welche an den Rändern der knorpeligen Fortsätze des Sternums gelegen und mit größeren Granula ganz erfüllt sind. Dagegen lassen die Zellen in der folgenden gegen die Mitte gelegenen Zone feinere Granula mit deutlichen Fäden erkennen; daran schließt sich eine Zone, in welcher die Zellen fein bestäubt sind, während andere ein spongiöses Plasma mit eingebetteten oder aufgelagerten Granula und nicht selten eine verästigte Form darbieten.

Die Kerne erscheinen teils hell und bläschenförmig, andere enthalten außer Kernkörperchen zahlreiche zum Teil durch Fäden verbundene Karyosomen. Die Kernmembran zeigt zuweilen Unterbrechungen oder fadenförmige Fortsätze, in ihrer Umgebung granulaaähnliche Gebilde. Da ich solche Bilder am überlebenden Objekt und an Flächenpräparaten vermißt habe, möchte ich vermuten, daß es sich um artefizielle Verletzung der Kerne und einen dadurch bedingten Austritt von Karyosomen handelt.

Auf die Struktur der Interzellulärsubstanz will ich nicht eingehen; ich möchte nur erwähnen, daß mit Eisenhämatoxylin gefärbte Kapseln an dem knorpeligen Episternum und Hyposternum in der Umgebung mancher Zellen nachzuweisen sind, bei anderen dagegen, und zwar in dem gleichen Schnitt, vermißt werden. Offenbar hängt dieser Wechsel in der Anordnung von der

Entwicklungsphase der betreffenden Gebilde ab, ebenso das Vorkommen einer zweiten äußeren Kapsel, welche wohl dem zirkumkapsulären Zellhof der Autoren entspricht.

**Glykogenreaktion.** Am überlebenden Objekt hatte ich mich davon überzeugt, daß die Jodreaktion positiv ausfällt, und daß das Glykogen mindestens zum großen Teil an Granula gebunden ist. Andererseits machte ich die Erfahrung, daß bei dem konservierten Präparat die Bestsche Karminmethode vor der Jodmethode große Vorzüge hat; außer der Dauerhaftigkeit der Präparate, welche bei länger währenden Untersuchungsreihen von großem Wert ist, sei hier erwähnt, daß bei Anwendung wässriger Jodlösungen der Glykogenegehalt der Präparate ein geringerer zu sein schien als bei der Karminmethode; auch der Wechsel der Farbenintensität der Granula kommt an Karminpräparaten besser zum Ausdruck. Sehr zu empfehlen ist die Vorfärbung mit Eisenhämatoxylin, weil an solchen Objekten die Beziehung der Granula zu den Fäden bzw. zum Spongionplasma deutlicher zur Darstellung kommt.

Die Anordnung der Glykogengranula zeigt gleichfalls einen großen Wechsel hinsichtlich ihrer Zahl, Größe, Farbenintensität, Lage und Verteilung innerhalb der Zelle (Fig. 9—15). — Es kommen Zellen vor, bei denen nur die paranukleäre Granulagruppe, bald nur einzelne, bald mehrere Granula, Glykogen führen; doch sind diese Formen nicht sehr häufig. Die Mehrzahl der Zellen enthält zahlreichere, verschieden große und verschieden, rot, graurot bis schwarz gefärbte Granula. Ihre Verteilung in der Zelle ist eine wechselnde; manchmal sind sie gleichmäßig über die Zelle angeordnet oder sie zeigen eine vorwiegend peripherische Aufstellung. Es ist mir nicht wahrscheinlich, daß diese die Folge einer postvitalen Verschiebung ist, weil eine solche immer nur nach der einen Seite der Zelle erfolgt, somit eine gleichmäßige Verteilung in der ganzen Zirkumferenz der Zelle kaum bewirken kann. Zuweilen können Beziehungen der gefärbten Granula zu Fäden nicht nachgewiesen werden, andermal liegen sie den Fäden an oder es wird der Verlauf ungefärbter oder gefärbter Fäden durch Granula unterbrochen; in dem letzteren Falle entstehen gefärbte netzförmige Figuren von wechselnder Ausbreitung. Die Anordnung des Glykogens ist meistens eine granuläre; diffuse Färbungen zeigen die Zellen in gewissen

Stadien der Verkalkung. Die Kerne sind immer frei von Glykogen. — Auf die Übereinstimmung dieser Befunde mit dem am lebenden und überlebenden Knorpel erhobenen will ich nicht unterlassen hinzuweisen.

Glykogengranula finden sich in spärlicher oder größerer Zahl zwischen Kapsel und Zelle. Diese perizelluläre Lage nimmt manchmal nur einen Teil des Kapselraumes ein und hat dann eine mehr sichelförmige Gestalt; seltener erfüllt sie den Kapselraum in seiner ganzen Zirkumferenz (Fig. 12, 13 u. 15). Es ist sehr schwierig, sich darüber ein Urteil zu bilden, ob diese perizelluläre Lage noch der Zelle angehört oder als ein mehr selbständiges Gebilde angesehen werden muß. Wenn die Zelle von der Kapsel sich zurückzieht, bleibt sie bald an dieser, bald an der Innenseite der Kapsel haften. Allerdings findet man solche perizellulären Massen auch in der Umgebung von Zellen, welche keine oder nur vereinzelte Glykogengranula erkennen lassen. Sie zeigen weitgehende Übereinstimmung mit den Bildern, welche man bei der Abscheidung von Indigkarmin erhält.

*S u b l i m a t p r ä p a r a t e.* Tinktion mit Eisenhämatoxylin und Bestschem Karmin. — Die Befunde waren im wesentlichen die gleichen. Die feineren Strukturen sind an ihnen im allgemeinen deutlicher, die Färbung mit Eisenhämatoxylin ist eine intensivere; dagegen schienen mir die Glykogengranula weniger gut erhalten.

*C h r o m o s m i u m p r ä p a r a t e* (Benda). Tinktion mit Eisenhämatoxylin (Fig. 16—18). Das Plasma erscheint auch an solchen Präparaten homogen oder feingekörnt, andermal mehr spongiös. In der Mehrzahl der Zellen findet sich eine Gruppe paranukleärer Granula, welche sich durch ihre rauchgraue bis schwarze Färbung von dem übrigen Plasma abhebt; ihre Abgrenzung ist zuweilen eine ziemlich scharfe, als ob sie durch ein membranöses Gebilde vermittelt würde. Die die Granula verbindenden Fäden sind nicht immer deutlich, verlaufen bald gestreckt, bald etwas gewunden. Die Lage zum Kern ist verschieden; gewöhnlich liegen sie neben, zuweilen mehr über dem Kern oder unterhalb dieses. Die Mehrzahl der Zellen läßt noch andere Granula und Fäden im Plasma erkennen, welche durch verschieden starke Färbung von dem übrigen Plasma sich abheben und im wesentlichen die oben beschriebene Anordnung darbieten. Sehr schön sind an solchen

Präparaten die Granula in den an den Rändern des Episternum und Hyposternum gelegenen Zellen.

Bei mit Eisenhämatoxylin und Karmin gefärbten Präparaten zeigen die Granula eine rote, rauchgraue bis schwarze Farbe.

Perizelluläre Granulaanhäufungen sind auch bei ihnen nachzuweisen (Fig. 17 u. 18).

**M e t a m o r p h o s e n** gehen die Zellen in zweierlei Richtung ein. Bei den einen wird das Plasma heller, wabig oder spongiös; in den Maschenräumen finden sich helle Gebilde, von welchen viele die Glykogenreaktion darbieten. Es sind dies gewöhnlich größere; die kleineren Glykogengranula liegen den Spongiosabälkchen auf oder sind in diese oder Fäden eingeschlossen. Zum Teil scheint also die Aufhellung des Plasmas mit der Umsetzung von Glykogen zusammenzuhängen. — Ob noch andere, z. B. mukoide Substanzen umgesetzt bzw. ausgeschieden werden, muß ich, so wahrscheinlich dies ist, unentschieden lassen; Muzingranula habe ich weder an Alkohol- noch an Sublimatpräparaten mittels der üblichen Methoden (Thionin, Muzikarmin usw.) nachweisen können.

Das Plasma anderer Zellen erfährt eine Trübung. Es erscheint fein bestäubt und enthält an Eisenhämatoxylinobjekten graue bis schwarze, an mit Karmin gefärbten rote Granula. Hat man mit Eisenhämatoxylin vorgefärbt und dann die Glykogenreaktion folgen lassen, so kommen in den Zellen neben roten und schwarzen Granula solche, welche in einem Mischton dieser Farben tingiert sind, vor. Das gleiche Verhalten bieten die an solchen Objekten oft stark entwickelten perizellulären Substanzen dar. Auch die umgebende Interzellulärsubstanz ist bald schwarz bald rot bald in einem Mischton gefärbt und zwar am stärksten die Kapsel; nach außen hin nimmt die Färbung allmählich an Intensität ab. Es entstehen so große ovale, polygonale oder mehr längliche Figuren, in deren Mitte die oft zackige, bald mehr grauschwarze, bald mehr graurot gefärbte Zelle gelegen ist; diese wird umgeben von einer verschieden breiten Lage perizellulärer Substanz, welche den gleichen Farbenwechsel aufweist, dann folgt die gleichfalls verschieden gefärbte Kapsel, nach außen von ihr die zirkumkapsuläre Lage der Interzellulärsubstanz. — Es ist wohl zweifellos, daß die eben geschilderten Veränderungen zu der Verkalkung in Beziehung stehen. Inwieweit

die Färbung der genannten Gebilde durch ihren Kalkgehalt oder durch andere Beimengungen bedingt wird, ist fraglich. Wenn die Verkalkung beendet ist, zeigen solche Partien des Knorpels eine intensive rote Färbung in den peripherischen, eine gelbrote in den zentralen Schichten.

Erwähnen muß ich noch, daß die Knorpelzellen des Episternum, wie Formol-Sudanpräparate lehren, fast immer Fett enthalten (Fig. 19—21). In den meisten Zellen finden sich nur vereinzelte Fettgranula und zwar sind es einzelne Granula der paranukleären Gruppe, welche Fett führen. Außerdem kommen aber namentlich an den Rändern des Knorpels Zellen vor, welche Fettgranula in größerer Zahl enthalten, so daß sie als Fettkörnchenzellen erscheinen. Ob das Fett ausschließlich in bestimmten Granula enthalten ist, oder ob ein und dasselbe Granulum gleichzeitig mehrere Substanzen enthalten kann, darüber lassen sich zurzeit sichere Angaben nicht machen.

### Zur Morphologie und Biologie der Knorpelzellen.

Schon in der älteren Literatur finden sich Angaben über das Vorkommen von Fadenbildungen im Plasma der Knorpelzellen (Frommann, Heitzmann, Flemming, J. Arnold, Schleicher, Genzmer u. a.). Besondere Beachtung ist den Darstellungen Flemmings zuteil geworden, denen zufolge der Zellkörper von ziemlich stark glänzenden Fäden durchzogen wird, welche meistens um den Kern dichter angeordnet und zugleich mehr wellig verschlungen sein sollen, während die Peripherie der Zellen von Fäden gewöhnlich frei bleibe. Von späteren Beobachtern wird das Plasma der Knorpelzelle bald als homogen, bald als fein granuliert, fädig oder wabig geschildert (Solger, Dekhuysen, van der Stricht, Studnicka, Heidenhain, Schaffer, Hansen, Smirnow, Retterer u. a.). — Nach den Untersuchungen von van der Stricht haben die Knorpelzellen in jugendlichem Zustande ein zentriertes Mitom. Wie Heidenhain hervorhebt, wird dieses jedoch bei älteren Knorpelzellen in ein Wabenwerk umgewandelt. Die Vakuolen sollen untereinander konfluieren und so ein Strangwerk entstehen, welches von der ursprünglichen Struktur vollständig verschieden sei und den Wert einer tertiären Struktur besitze. Schaffer schreibt dem Plasma der Knorpelzellen einen grobwabigen Bau mit teilweise radiär vom Kern gegen die Kapsel ziehenden Strängen zu. Hansen spricht von einem Spongioplasma der Knorpelzellen. Nach Retterer setzt sich das Zytoplasma aus chromophilen Elementen, welche die Form von Fäden haben und ein Retikulum bilden, zusammen.

Es ist nicht möglich, einen vollständigen Bericht zu geben; aus diesen Stichproben geht zur Genüge hervor, daß die Fadenbildungen des Plasmas der Knorpelzelle als die morphologisch und funktionell wichtigsten Strukturbestandteile angesehen werden und daß man das Bestreben hatte, den Wechsel in der Struktur, insofern man dessen Vorkommen überhaupt anerkannte, und bei der Beurteilung des Aufbaues der Zelle in Rechnung zog, auf das Mitom zurückzuführen <sup>1)</sup>).

Die Granula als wesentliche Strukturbestandteile des Plasmas der Knorpelzelle haben bis jetzt eine allgemeine Anerkennung nicht gefunden. Vielfach wurden solche Bilder als Täuschungen bedingt durch wirkliche oder optische Durchschnitte, Knickungs- und Umbiegungsstellen von Fäden, Quellungszustände solcher oder als Fällungsprodukte aufgefaßt, während andere sie als von außen aufgenommene Gebilde betrachteten oder ihre Entstehung auf Umwandlungen zurückführten, welche infolge regressiver Vorgänge im Plasma sich vollzogen hätten. — In diesen Anschauungen vermochten auch die Erfolge des vitalen und supravitalen Färbungsverfahrens (Schultze, Mitrophanow, Meyer, Arnold, Renaut u. a.) einen Wandel nicht anzubahnen. Von der Voraussetzung ausgehend, daß lebende Gebilde keinen Farbstoff annehmen, verwertete man vielmehr ihr Verhalten den Farbstoffen gegenüber zugunsten der Anschauung, daß wenn es sich überhaupt um Strukturbestandteile der Zellen handle, sie als lebend nicht angesehen werden können. Es haben diese Verhältnisse neuerdings durch Heidenhain eine eingehende Erörterung erfahren.

Für die Lehre, daß viele Granulaarten wirkliche Strukturbestandteile der Zellen sind, bin ich von jeher eingetreten, und zwar zunächst aus Gründen, die der Morphologie dieser Gebilde entnommen waren.

In dieser Richtung verwertete ich die Tatsachen: daß zwischen den Granula und Fäden strukturelle Beziehungen bestehen, daß die ersteren den letzteren auf- oder eingelagert sind, und daß viele Fäden aus Plasmosomen bzw. Granula sich zusammensetzen, indem diese vermittelt Bindeglieder sich aneinander reihen oder endlich zu gleichartigen Fäden und Fadennetzen verschmelzen.

<sup>1)</sup> Man vergleiche die Ausführungen von Meves: Die Chondriokonten in ihrem Verhältnis zur Filarmasse Flemmings.

Ich wies ferner darauf hin, daß der mikrosomatische Aufbau dieser sich der Beobachtung entziehen, und erst bei Anwendung bestimmter Untersuchungsmethoden, z. B. bei der vitalen und supravitalen Färbung, Osmiumeinwirkung, Maceration usw., insbesondere aber bei gewissen funktionellen Verrichtungen der Zellen zur Wahrnehmung kommen können. — Mit Rücksicht auf diese Erfahrungen habe ich die Anschauung vertreten, daß die Mikrosomen an dem Aufbau der verschiedenartigsten Fibrillen — Neurofibrillen, Myofibrillen, Bindegewebsfibrillen usw. — beteiligt seien.

Da diese Anschauungen mit der herrschenden Mitomlehre nicht vereinbar schienen, haben sie wenig Beachtung gefunden.

Um so erfreulicher ist es, daß, wie ich hoffe, die Granulalehre aus der Erforschung der Mitochondrien Gewinn ziehen wird. Ich muß mich auf die Erwähnung solcher Befunde an den Knorpelzellen beschränken.

Es wären in dieser Hinsicht die Mitteilungen Flemmings u. a., sowie die an Indigkarminpräparaten geschilderten Netzfiguren zu berücksichtigen.

Meines Wissens hat dann zuerst Pensa mittelst der Golgimethode im Innern der Knorpelzellen einen netzförmigen Apparat beschrieben. Dieser soll aus verästelten und sich durchflechtenden Fäden, welche im Innern des Zellkörpers gelegen sind, bestehen. Der Fadenapparat erstreckte sich durch den ganzen Zellkörper. Außerdem beschreibt Pensa in der Nähe des Kerns einen bläschenförmigen Körper und erörtert die Beziehung seiner Befunde zu der Zentrophäre einerseits, den Zentrophormien (Ballowitz), Zentralkapseln (Heidenhain) und Chondromiten (Benda) andererseits. — Smirnow schildert das Vorkommen durch Osmium geschwärzter fadenförmiger Gebilde in den Knorpelzellen, welche zum Teil in der Nähe des Kerns, zum Teil in einiger Entfernung von diesem gelegen sind, und bald vereinzelt bald in größerer Zahl getroffen werden. — Retterer hebt hervor, daß die zentralen Partien des Endoplasmas reich an chromophilen Granula (Mitochondrien) und Fäden (Chondromiten) seien. — Auch die von Loewenthal in den Knorpelzellen geschilderten Gebilde gehören wohl hierher; wenigstens zeigen sie in ihrer Anordnung mit der von mir beschriebenen paranukleären Granulagruppe weitgehende Übereinstimmung. Die am lebenden, überlebenden und konservierten Objekt angestellten Beobachtungen lehren, daß die Plasmosomen und Granula an dem Aufbau der Knorpelzellen in hervorragender Weise beteiligt sind.

So viel zur morphologischen Begründung der Plasmosomengranulalehre. Was deren biologische Seite anbelangt, so verdient die Tatsache hervorgehoben zu werden, daß die Vorgänge der Assimilation, Metathese und Synthese durch Granula vermittelt werden. Für die Knorpelzellen ist oben der Nachweis geführt, daß Glykogen und Fett sowie Farbstoffe in den Granula, und zwar namentlich auch in Fadenkörnern, unter anderen in denjenigen

der paranukleären Gruppe, umgesetzt werden. Da der Gehalt an Glykogen und Fett eine funktionelle Äußerung zur Voraussetzung hat, wird man aus der Farbstoffaufnahme nicht ohne weiteres den Schluß ziehen dürfen, daß die betreffenden Gebilde abgestorben sind; jedenfalls können sie nicht als von außen aufgenommene Gebilde angesehen werden; eine solche Annahme ist wegen der Lagerung in Fäden ausgeschlossen.

Die geschilderten morphologischen Verhältnisse und biologischen Vorgänge berechtigen meines Erachtens zu dem Ausspruch: auch in den Knorpelzellen stellen die Plasmosomen und Granula, sowie die Fadenkörner mit wichtigen Funktionen betraute Strukturbestandteile dar.

**Metamorphosen.** Das Plasma der Knorpelzellen erfährt, wie oben beschrieben wurde, sehr oft eine Aufhellung; die Granula werden deutlicher und größer; es kommt eine wabige Struktur zum Vorschein. Die Glykogenreaktion zeigt, daß diese Aufhellung zum Teil mit der Umsetzung des Glykogens zusammenhängt, und daß in solchen Zellen Glykogengranula in wechselnder Zahl und Anordnung und von verschiedener Größe und Farbenintensität enthalten sind. Der Glykogenumsatz ist hauptsächlich, wenn nicht ausschließlich an die Granula und Fadenkörner gebunden; wenigstens habe ich eine diffuse Färbung nur an solchen Zellen wahrgenommen, welche Zeichen einer Rückbildung, namentlich im Sinne der Verkalkung darboten. In den Kernen konnte ich niemals Glykogen nachweisen.

Über den Glykogengehalt der Knorpel haben zahlreiche Beobachter (Ranvier, Neumann, Jaffe, Barfurth, Ehrlich, Lubarsch, Fichera, Gierke u. a.) berichtet. Bezüglich der Form, in welcher die Knorpelzellen das Glykogen enthalten sollen, wird meistens angegeben, daß dieses in Form von Tropfen angeordnet oder diffus in den Zellen verteilt sei.

Außer Glykogen enthalten die Knorpelzellen wahrscheinlich eine mukoide Substanz; der sichere Nachweis ist mir allerdings nicht gelungen. Schaffer erwähnt des Vorkommens basophiler Granula, welche er auf das Vorhandensein von Chondromukoid zu beziehen geneigt erscheint. Inwieweit aus der mehr oder weniger intensiven Färbung mancher Granula mittelst Eisen-

hämatoxylin auf die Anwesenheit solcher Substanzen geschlossen werden darf, ist deshalb nicht zu entscheiden, weil bei eintretender Verkalkung gleichfalls eine stärkere Färbung zustande kommt.

Die in vielen Zellen eintretende Trübung des Plasmas und intensivere Färbung durch Eisenhämatoxylin hängt wohl gleichfalls mit dem Verkalkungsvorgang zusammen. Bemerkenswert ist, daß solche Granula auch die Glykogenreaktion zeigen. Bei der Eisenhämatoxylinfärbung finden sich in solchen Zellen rote und schwarze Granula, sowie solche, welche in einem Mischton dieser Farben tingiert sind. Auf die Beteiligung des Glykogens an dem Verkalkungsprozeß hat übrigens schon Gierke aufmerksam gemacht.

Ein interessantes Licht auf die eben geschilderten intrazellulären Vorgänge wirft das Vorkommen einer zwischen Kapsel und Zelloberfläche gelegenen — perizellulären — Substanz. Zuerst tat wohl Neumann einer solchen Erwähnung; wenn ich seine Mitteilungen richtig verstehe, beziehen sich aber seine Beobachtungen mehr auf ein eigenartiges Verhalten der peripherischen Abschnitte der Zelle; dagegen sind möglicherweise, den Abbildungen nach zu schließen, die von ihm an der Peripherie der Zellen wahrgenommenen Glykogensubstanzen wenigstens zum Teil perizellulär gelegen. Den oben erwähnten Befunden an Indigkarminpräparaten zufolge war ich für die Existenz einer perizellulären Substanz eingetreten. Dehuyzen erwähnt, daß eine Mikrosomenlage an der Peripherie der Zellen vorkommt. Sehr eingehend berichtete Solger über hyaline perizelluläre Abscheidungen sowie sichelförmige Figuren, welche er gleichfalls als das Produkt der Zellausscheidung betrachtet. Auch Hansen hebt hervor, daß zwischen Zelle und Kapsel eine der Zelle entstammende basophile Masse perizellulärer Substanz vorkommt. Desgleichen berichtet Schaffer von dem Auftreten basophiler Granula innerhalb der Knorpelhöhlen.

Wie bei den früheren, so habe ich mich auch bei diesen Untersuchungen von der Existenz einer perizellulären Substanz überzeugt. An dem überlebenden Objekt konnte ich mittelst der Jodmethode eine Lage granulärer Gebilde zwischen Zelloberfläche und Zellkapsel nachweisen. An konservierten Objekten fand sich wie an den Indigkarminpräparaten eine teils granuläre, teils netz-

förmige Masse, welche die Zelle bald sichelförmig bald in der ganzen Zirkumferenz einhüllte. Einige Granula waren rot, andere schwarz oder in einem Mischton gefärbt, wie die intrazellulär gelegenen Formen. Es wurde oben hervorgehoben, daß es schwierig ist, die perizelluläre Substanz von den peripherischen Teilen der Zelle abzugrenzen, daß aber bei der Ablösung der Zellen von dem Innenraum der Kapsel die perizelluläre Substanz an dieser haften bleibt und solche perizellulären Anhäufungen auch in der Umgebung von Zellen, welche keine gefärbten Granula enthalten, vorkommen. Meines Erachtens kann nach der übereinstimmenden Zusammensetzung der Zelle und der perizellulären Substanz diese nur als ein Ausscheidungsprodukt der Zelle angesehen werden. Wir hätten es hier mit dem bemerkenswerten Verhalten zu tun, daß das granuläre Sekret der Knorpelzelle noch eine Zeitlang innerhalb der Kapsel verbleibt. Die übereinstimmende Färbung der Kapsel und angrenzenden Interzellulärsubstanz weist auf die weitere Umwandlung und die Beteiligung der perizellulären Masse an diesen Vorgängen hin, wie dies auch von anderen Beobachtern angenommen wird.

### Schl u ß f o l g e r u n g e n.

Welches ist das Ergebnis der berichteten Befunde? Ich glaube die Antwort kann nur dahin lauten, daß an dem Aufbau des Plasmas der Knorpelzelle verschiedene Formgebilde beteiligt sind: Plasmosomen (primäre Mikrosomen), Granula und Granulaketten, Fäden und Fadenkörner. Wie ich schon wiederholt betonte, war der schwerwiegende Fehler der Mitomlehre *Flemmings* der, daß er das morphologische Wesen und die funktionelle Bedeutung der Granula verkannte, während *Altman*s Granulalehre die Fadenbildungen nicht genügend berücksichtigte. Das Bestreben der histologischen Forschung hatte lange Zeit zum Ziel, bestimmte Normen für die Struktur der Zellen aufzufinden; der durch die Funktion bedingte Strukturwechsel ist viel zu wenig berücksichtigt worden; es haben die für die Drüsenzellen bahnbrechenden Untersuchungen *R. Heidenhain*s für die Prüfung des funktionellen Strukturwechsels an anderen Körperzellen nicht so befruchtend gewirkt, wie man dies hätte erwarten sollen.

Was die Beziehung der genannten Strukturbestandteile zueinander anbelangt, so wäre zunächst zu erwähnen, daß die Um-

wandlung der Plasmosomen in Granula am lebenden und überlebenden, sowie am konservierten Objekt nachgewiesen werden kann. Mittels der von P r u d d e n angegebenen Methode ist es möglich, an den überlebenden Knorpelzellen wahrzunehmen, wie die kleinsten Mikrosomen bei Zusatz gewisser Substanz quellen und so in Granula übergehen. Bei der supravitalen Färbung lassen sich die verschiedenen Phasen direkt beobachten. Sehr lehrreich sind in dieser Hinsicht nach der B e s t schen Methode behandelte Glykogenpräparate, an welchen man alle Übergänge von den kleinsten zu den größten Granula oder tropfenförmigen Gebilden trifft.

Viel schwieriger ist es, über die Beziehung der Granula zueinander und zu den Fäden Aufschluß zu erhalten. Ich muß in dieser Hinsicht zunächst auf die früheren mittelst der Jodkalimethode gewonnenen Ergebnisse Bezug nehmen. Diesen zufolge ließ sich an manchen namentlich größeren Granula ein zentrales Korn (Endosoma) und eine peripherische (parasomatische) Schicht, sowie eine in verschiedenen Richtungen erfolgende durch Bindeglieder vermittelte kettenförmige und netzförmige Aneinanderreihung der Plasmosomen und Granula feststellen. Vielfach hatte man den Eindruck, als ob die Bindeglieder Fortsätze der äußeren parasomatischen Schicht seien und es auf diese Weise zu einer reihen- und netzförmigen Verbindung der Plasmosomen und Granula käme. Außerdem fanden sich aber Fäden, in deren Verlauf solche Gebilde in wechselnder Zahl eingelagert, seltener aufgelagert waren. Selbstverständlich konnte man mit Rücksicht auf die angewandte Methode über die Form der Bindeglieder ein Urteil nur gewinnen, wenn es sich um fester gefügte Fäden handelte. Um so bedeutungsvoller war es, daß diese Lücke durch Beobachtungen am lebenden und überlebenden Objekt mit und ohne Anwendung der vitalen und supravitalen Färbung ausgefüllt werden konnte. An diesem war es möglich, diskrete und in Fäden eingebettete Granula (Fadenkörner), homogene Fäden und netzförmige Figuren mit und ohne Körner ungefärbt, sowie die verschiedenen Phasen ihrer Tinktion direkt zu beobachten. Bald zeigten sich nur die Granula, bald auch die Fäden oder ganze Netzfiguren gefärbt. Ich will noch darauf aufmerksam machen, daß aus dem homogenen Aussehen der Fäden noch nicht geschlossen werden darf, daß sie keine Plasmomo-

somen enthalten; wiederholt habe ich gesehen, daß Fäden, welche zuerst eine homogene Beschaffenheit darboten, später als Fadenkörner sich darstellten; die Plasmosomen scheinen namentlich, wenn sie sehr klein sind, durch die parasomatische Substanz verdeckt werden zu können. Damit soll nicht in Abrede gestellt werden, daß es homogene Fäden gibt; es ist ganz gut denkbar, daß solche nur aus parasomatischer Fadensubstanz zusammengesetzt sind oder was mir wahrscheinlicher dünkt, daß sie durch innige Verschmelzung der Plasmosomen und der Fadensubstanz entstehen.

Was die diskreten, d. h. nicht durch Zwischenglieder bzw. Fäden verbundenen — freien — Granula anbelangt, so sind verschiedene Möglichkeiten in Betracht zu ziehen: entweder sie haben niemals einem Verband angehört oder aber sie haben sich aus einem solchen ausgelöst, wie dies im Verlauf der funktionellen Vorgänge darin sehr häufig vorkommt; die den Fäden aufliegenden Gebilde sind wohl in diesem Sinne zu deuten. Daß solche funktionellen Vorgänge in den Fadenkörnern sich abspielen, dafür sind oben die Beweise beigebracht. Besonders bemerkenswert dünkt mir der Gehalt der Fadenkörner der Knorpelzellen an Fett und Glykogen; ohne daß solche Substanzen in der Interzellulärsubstanz vorkommen.

Es kann sich unter diesen Verhältnissen nur um synthetische Vorgänge handeln.

Ob wir ihrem morphologischen Wesen, ihrer Morphogenese und funktionellen Bedeutung nach verschiedene Granulaarten, Fadenkörner und Fäden unterscheiden müssen, diese Frage läßt sich zurzeit noch nicht beantworten. Ich will deshalb nur hervorheben, daß Fadenkörner, welche von manchen Autoren als echte Mitochondrien anerkannt werden, ich meine die von mir als paranukleär bezeichneten, der Assimilation von Fett und Glykogen dienen.

Die oben erörterten Anschauungen über den Bau des Plasmas der Knorpelzellen sind auch geeignet, ein Verständnis der Erscheinungen des funktionellen Strukturwechsels anzubahnen. Die Vorstellung ist meines Erachtens vollständig zulässig, daß in der ruhenden Zelle die eine, z. B. die fädige Struktur vorherrscht, während bei lebhafterer Funktion der granulöse Bau mehr in den Vordergrund tritt; durch Quellung der Granula mögen Waben entstehen, außerdem aber für besondere Verrichtungen besondere

Einrichtungen existieren. Es können und sollen überhaupt diese Verhältnisse an dieser Stelle nur angedeutet werden.

Schließlich seien noch die an den Knorpelzellen geschilderten bemerkenswerten Sekretionsvorgänge, die Übereinstimmung in der Zusammensetzung dieser perizellulären Sekrete mit dem granulären Inhalt der Zelle und die Bedeutung dieser Vorkommnisse für die Umwandlung der Interzellulärsubstanz insbesondere auch bei der Verkalkung hervorgehoben.

### Literatur.

1. Altmann, Die Elementarorganismen usw. 2. Aufl. Leipzig, Veit & Cp. 1891.
2. Arnold, J., Über das Verhalten des Indigkarmins in den lebenden Geweben. Zentralbl. f. d. med. Wissensch. 1875.
3. Derselbe, Die Abscheidung des indigschwefelsauren Natrons im Knorpelgewebe. Dieses Arch., Bd. 73. 1878.
4. Derselbe, Über feinere Struktur der Zellen usw. Dieses Arch., Bd. 77, 1879.
5. Derselbe, Über Struktur und Architektur der Zellen. Arch. f. mikrosk. Anat., Bd. 52. 1898.
6. Derselbe, Über vitale Granulafärbung in den Knorpelzellen usw. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. 55. 1901.
7. Derselbe, Zur Morphologie des Leberglykogens usw. Dieses Arch. Bd. 192. 1908.
8. Derselbe, supravitale Färbung Mitochondrien ähnlicher Granula etc. Anatom. Anzeig. Bd. 32. 1908.
9. Barfurth, Vergleichend histochemische Untersuchungen über das Glykogen. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. 25. 1885.
10. Dekhuysen, Onderzoek. Physiol. Laborat. te Leiden. 1879.
11. Fichera, Verteilung des Glykogens usw. Zieglers Beitr. zur pathol. Anat. Bd. 36. 1904.
12. Flemming, Beiträge zur Kenntnis der Zelle usw. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. 16. 1878.
13. Derselbe, Zellsubstanz, Kern und Zellteilung. Leipzig; Vogel. 1882.
14. Frommann, Über die Struktur der Knorpelzellen. Sitzungsber. d. Jenaer Gesellsch. f. Med. u. Naturw. 1879.
15. Genzmer, Über die Reaktion des Hyalinknorpels usw. Dieses Arch. Bd. 67. 1876.
16. Gierke, Das Glykogen in der Morphologie des Stoffwechsels. Zieglers Beitr. Bd. 37. 1905.
17. Derselbe, Physiologische und pathologische Glykogenablagerung. Lubarsch Ergebn. Jahrg. XI. 1907.
18. Hansen, Untersuchungen über die Gruppe der Binde-substanzen; der hyaline Knorpel. Anatom. Hefte. Bd. 27. 1905.

19. Heidenhain, A., Über die Zentralkapseln usw. Anat. Anzeiger; S. 18. 1900.
20. Derselbe, Plasma und Zelle. G. Fischer, Jena. 1907.
21. Heitzmann, C., Untersuchungen über das Protoplasma. Wien. Sitzungsber. Bd. 67. 1873.
22. Derselbe, Morphologie. New York. 1883.
23. Küttner, Die Abscheidung des indigschwefelsauren Natrons in den Geweben der Lunge. Zentralbl. f. d. med. Wissensch. 1875.
24. Loewenthal, Zur Kenntnis der Knorpelzellen. Anat. Anzeiger. Bd. 30. 1907.
25. Lubarsch, Über die Bedeutung der pathologischen Glykogenablagerung. Dieses Arch. Bd. 183. 1900.
26. Meves, Die Chondriokonten in ihrem Verhältnis zur Filarmasse Flemmings. Anat. Anzeiger. Bd. 31. 1907.
27. Meyer, Über die Wirkung der Farbstoffe usw. Sitzungsber. des Deutsch. naturw. Vereins f. Böhmen. 1896.
28. Mitrophanow, Über die Zellgranulationen. Biolog. Zentralbl. Bd. IV. 1889.
29. Neumann, Bemerkungen über das Knorpelgewebe usw. Arch. d. Heilk. Bd. XI. 1870.
30. Derselbe, Die Jodreaktion der Knorpel- und Chordazellen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 14. 1877.
31. Pensa, Osservaz. sull' strutt. delle cellul. cartilag. Schwalb. Jahresber. 1901.
32. Prudden, Beobachtungen am lebenden Knorpel. Dieses Arch. Bd. 78. 1879.
33. Renaut, Les grains et les réticules d. ségrégation intraprotoplasmatiche des cellules du cartilage hyalin. Schwalb. Jahresber. 1904.
34. Retterer, De la structure réticulée de la cellule cartilagineuse. C. R. de l. soc. d. Biol. T. 63. 1904.
35. Schaffer, Knorpelkapseln und Chondrinballen. Anat. Anzeiger. Bd. 23. 1903.
36. Derselbe, Über den feineren Bau und die Entwicklung des Knorpelgewebes. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie. Bd. 80. 1905.
37. Schleicher, Nouvelles communications sur la cellule cartilagineuse vivante. Bull. d. l' acad. roy. d. Belg. Ser. II. T. 47. 1879.
38. Smirnow, Über die Mitochondrien. Anat. Anzeiger. S. 32. 1907.
39. Schultze, O., Die vitale Methylenblaureaktion der Zellgranula. Anat. Anzeiger. Bd. II. 1887.
40. Solger, Über perizelluläre und interzelluläre Ablagerungen im Hyalinknorpel. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 34. 1889.
41. Derselbe, Über Rückbildungserscheinungen im Gewebe des hyalinen Knorpels. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 42. 1893.
42. Spronck, Zur Kenntnis des Hyalinknorpels. Anat. Anzeiger. Bd. II. 1887.

43. Spuler, Beiträge zur Histologie und Histogenese der Bindesubstanzen. Anat. Hefte, Bd. 7.
44. van der Stricht, Recherches sur le cartilage hyalin. Arch. d. Biol.; Gand.; Bd. 7 1887.; Bd. 10. 1890.
45. Studnicka, Über die Histologie und Histogenese des Knorpels. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 48. 1897.; Bd. 51. 1898.

### Erklärung der Abbildungen auf Taf. VIII.

- Fig. 1. Überlebende Knorpelzelle aus dem Episternum des Frosches (*R. esculenta*); paranukleäre Granulagruppe mit ziemlich deutlicher Abgrenzung gegen das übrige Plasma.
- Fig. 2. Das gleiche Objekt; die paranukleäre Granulagruppe ausgedehnter und weniger deutlich begrenzt.
- Fig. 3. Das gleiche Objekt; Ausbreitung der Fadenkörner über das Plasma.
- Fig. 4. Das gleiche Objekt; supravitale Färbung der paranukleären Granula mit Neutralrot.
- Fig. 5. Das gleiche Objekt; supravitale Färbung der Fadenkörner mit Neutralrot.
- Fig. 6. Das gleiche Objekt; supravitale Färbung zahlreicher Granula mit Neutralrot.
- Fig. 7. Das gleiche Objekt; supravitale Färbung der paranukleären und anderer Granula mit Methylenblau.
- Fig. 8. Das gleiche Objekt; supravitale Färbung zahlreicher Fadenkörner mit Methylenblau.
- Fig. 9. Knorpelzelle aus dem Episternum des Frosches; Alkoholkonservierung; Tinktion mit Hämatoxylin und Best'schem Karmin; glykogenhaltige paranukleäre Granulagruppe.
- Fig. 10. Das gleiche Objekt; Konservierung und Tinktion wie in Fig. 9; zahlreiche Glykogengranula im Plasma der Knorpelzelle.
- Fig. 11. Objekt und Methoden wie bei Fig. 9; glykogenhaltige Granula und Fäden im Plasma der Knorpelzelle.
- Fig. 12. Objekt und Methoden wie bei Fig. 9; einzelne Glykogengranula im Plasma der Knorpelzelle, solche zahlreicher in der sichelförmigen perizellulären Zone.
- Fig. 13. Objekt und Methode wie bei Fig. 9; Knorpelzelle fein bestäubt; zahlreiche feine Granula im Plasma, größere in der perizellulären Substanz.
- Fig. 14. Knorpelzelle aus dem Episternum des Frosches; Alkoholkonservierung; Tinktion mit Eisenhämatoxylin und Best'schem Karmin; feinfädiges Spongioplasma, schwarze und rote Granula.
- Fig. 15. Objekt und Methoden wie bei Fig. 14; schwarze und rote Granula im Plasma; rote Granula in der perizellulären Zone.

- Fig. 16. Knorpelzelle aus dem Hyposternum des Frosches; Konservierung in Chromosmiumsäure nach Benda; Tinktion mit Eisenhämatoxylin; größere und kleiner Granula.
- Fig. 17. Objekt und Methoden wie bei Fig. 16; feine Granula im Plasma der Knorpelzelle und in der sichelförmigen perizellulären Lage.
- Fig. 18. Objekt und Methoden wie bei Fig. 16; an der Kapsel haftende perizelluläre Schicht.
- Fig. 19. Knorpelzelle aus dem Episternum des Frosches; Formolhärtung; Sudanfärbung; einzelne lipofere Granula.
- Fig. 20. Objekt und Methoden wie bei Fig. 19; mehrere lipofere Granula.
- Fig. 21. Objekt und Methode wie bei Fig. 19; zahlreichere lipofere Granula.

---

## XVII.

### Über Entartungs- und Heilungsercheinungen in der Amyloidniere.

(Aus dem Pathologischen Institut in Köln.)

Von

Dr. Richard Sarrazin,  
chem. Assistenten am Institut.  
(Hierzu eine Textabbildung.)

---

#### I. Entartungsvorgänge.

Die von Altmann festgestellte Tatsache, daß sich im Protoplasma der gesunden Körperzelle feinste Körnchen, die sog. Granula, finden, hat sich auch die pathologische Anatomie nutzbar gemacht. In dieser Richtung liegen im besondern für die Nierenzellen Untersuchungen von Burmeister<sup>6</sup>, Landsteiner<sup>8</sup>, Pfister<sup>10</sup> und Raubitschek<sup>12</sup> vor.

Alle fanden übereinstimmend eine unter krankhaften Verhältnissen auftretende Veränderung in der Körnelung der Nierenepithelien, vorzugsweise der Epithelzellen der gewundenen Harnkanälchen, die sie als einen regressiven Vorgang deuten. Während Burmeister, Landsteiner und Pfister diese Verhältnisse für verschiedene Formen von Nierenerkrankung untersuchen, streift Raubitschek im besondern kurz die Körnerbildung in den Epithelien der Amyloidniere, die auch Landsteiner und Pfister vergleichsweise untersucht haben. Die letztgenannten drei Beobachter sind auf die Eigenart der Granulabildung gerade in der Amyloidniere nicht ausführlich eingegangen. Raubitschek erwähnt nur ganz kurz gequollene Epithelien, die ein deutlich grobgekörntes Protoplasma zeigen. Landsteiner

