Zur Kenntniss der Hornhautzellen des Menschen und der Wirbelthiere¹⁾.

Von

Dr. med. E. Ballowitz,
ausserord. Prof. der Anatomie und Prosector an der Universität
Greifswald.

Hierzu Tafel II und III.

Bei meinen Studien über Zellsphären und Centralkörper²⁾ wurde ich darauf geführt, auch die Hornhautzellen der Wirbelthiere und des Menschen zu untersuchen. Ich dachte mir, dass gerade diese Zellen ein sehr günstiges Object für den Nachweis der Centralkörper im Ruhezustande der Zelle sein müssten. Denn sie bilden stark abgeplattete Elemente, welche mit ihrem dünnen, verästigt-

¹⁾ Bezügliche Präparate wurden auf der XII. Versammlung der anatomischen Gesellschaft in Kiel, 17.—20. April 1898, demonstrirt. Siehe den Demonstrationsbericht in den Verhandlungen der anatomischen Gesellschaft zu Kiel 1898. S. 267.

²⁾ E. Ballowitz, Ueber Sichelkerne und Riesensphären in ruhenden Epithelzellen. Anatomischer Anzeiger. Bd. XIII. 1897. Nr. 21/22. — Ueber Sichtbarkeit und Aussehen der ungefärbten Centrosomen in ruhenden Gewebszellen. Zeitschr. für wissenschaftliche Mikroskopie und für mikroskopische Technik. 1897. Bd. XIV. — Notiz über die oberflächliche Lage der Centralkörper in Epithelien. Anatomischer Anzeiger. Bd. XIV. 1898. Nr. 14. — Ueber Kernformen und Sphären in den Epidermiszellen der Amphioxuslarven. Anatomischer Anzeiger. Bd. XIV. 1898. Nr. 15. — Zur Kenntniss der Zellsphäre. Eine Zellenstudie am Salpenepithel. Archiv für Anatomie und Physiologie. Anat. Abtheilung. 1898.

ten Zellenleibe parallel den Oberflächen der Cornea zwischen den Bindegewebslamellen in den Saftlücken ziemlich in einer Ebene ausgebreitet sind. In Tangentialschnitten durch die Hornhaut parallel ihren Flächen kann man daher die fixen Zellen¹⁾ in ihrer ganzen Ausdehnung überblicken und ihre feinere Zusammensetzung in Folge der Dünnhcit ihres Protoplasmaleibes auf das genaueste feststellen.

Die Untersuchung bestätigte denn auch in der That meine Voraussetzungen und lieferte mir in den fixen Hornhautzellen ein ganz prächtiges Object für die Demonstration der Centrankörper in einer jeden ruhenden Zelle. Diese Thatsache dürfte auch für die Pathologie der Hornhaut im Hinblick auf das hohe Interesse, welches die Entzündungserscheinungen in der Cornea bei den pathologischen Anatomen stets gefunden haben, von einigem Werthe sein.

Hierdurch wurde ich veranlasst, die Centrankörper und ihr Verhalten zum Protoplasma und zum Kern in den Hornhautzellen einem eingehenden Studium zu unterwerfen. In der vorliegenden Abhandlung soll über die erhaltenen Resultate berichtet werden.

Bei der Untersuchung bediente ich mich der folgenden Methoden. Kleine, dem frisch getödteten Thiere entnommene Hornhautstücke, bei den kleinen Thieren auch die ganzen Hornhäute, wurden in concentrirter, wässeriger Lösung von Sublimat oder Eisessigsublimat (fünf Theile Eisessig auf 100 Theile Sublimatlösung) fixirt; auch die Hermann'sche und die Flemming'schen Lösungen kamen zur Anwendung. Ganz hauptsächlich aber wurden die Sublimatlösungen benutzt, welche sich vorzüglich bewährten. Nach der üblichen, von schwachem zu starkem Procentgehalt allmählich ansteigenden Alkoholhärtung und nach Jodbehandlung wurden die in Paraffin eingebetteten Stücke mikrotomirt, mit

¹⁾ Die Wanderzellen der Hornhaut bleiben in dieser Abhandlung unberücksichtigt.

destillirtem Wasser aufgeklebt und nach dem von M. Heidenhain ausgebildeten Eisenhaematoxylinverfahren gefärbt. Dass die Schnitte besonders dünn angefertigt werden, ist nicht erforderlich, vielmehr thut man gut, sie nicht zu dünn zu machen, damit man die Zellen in ganzer Ausdehnung erhält. Ich wählte daher eine Schnittdicke von 10 μ . Bei entsprechender Entfärbung der überfärbten Schnitte giebt die fibrilläre Zwischensubstanz die Farbe fast ganz wieder ab, so dass sie auch bei der angegebenen Schnittdicke durchaus nicht stört. Ebenso entfärbt sich das Protoplasma der Hornhautzellen und zwar derart, dass es in seiner Hauptmasse meist eben noch angedeutet und zu erkennen ist. Scharf gefärbt bleiben allein nur die Kerne, besonders die Kernkörperchen, und die Centralkörper¹⁾. Nachfärbung der Schnitte mit Eosin fand ich sehr vortheilhaft.

Die Figuren der beiden beigegeführten Tafeln sind nach derartigen Präparaten als einfache Contourzeichnungen der Kerne und Mikrocentren gezeichnet, was zur Demonstration der mitzutheilenden Befunde ausreicht. Die Randbegrenzung der Zellkerne soll aber nicht der Kernmembran entsprechen, sie wäre dafür zu dick. Die Kernkörperchen sind schwarz gehalten, ebenso die Centralkörper. Wo in den Kernen keine Kernkörperchen angegeben sind, waren die Kerne im Präparat noch zu intensiv gefärbt, so dass die Kernkörperchen nicht unterschieden werden konnten. Alle Figuren wurden nach den Zeiss'schen homogenen Immersionen, Apochr. 1,5 mm Apert. 1,30 und Apochr. 2,0 mm Apert. 1,40, Compensationocular Nr. 12, unter Anwendung concentrirter künstlicher Beleuchtung (Auerlicht) gezeichnet. Die Vergrößerung ist nicht bei allen genau in dem gleichen Verhältniss gehalten, insbesondere sind die Figuren 45—81 der Tafel II meistens im Verhältniss etwas grösser ausgefallen als die übrigen.

¹⁾ Bisweilen hatten sich die Hornhautnerven streckenweise mitgefärbt.

Als Studienobject wählte ich anfangs die Katze, weil mir gerade von diesen Thieren eine grössere Anzahl zur Verfügung stand. Bald dehnte ich meine Untersuchungen aber auf zahlreiche Wirbelthiere aller Klassen (ausschliesslich der Amphibien) und auch auf den Menschen aus.

Ich bemerke ausdrücklich, dass von allen Species nur ganz ausgewachsene, alte Thiere genommen wurden. Alle mitzutheilenden Beobachtungen gelten nur für diese; Embryonen und jugendliche Thiere (Kalb und Taube ausgenommen) wurden hier nicht berücksichtigt. Eine Ausnahme macht das menschliche Material insofern, als auch Hornhäute von Neugeborenen zur Untersuchung kamen.

Selbstverständlich handelt es sich hier nur um ganz normale Hornhäute.

Für die Schilderung meiner Befunde dürfte es wohl das Zweckmässigste sein, wenn ich systematisch vorgehe und die einzelnen Wirbelthierklassen gesondert behandle.

Mensch ¹⁾.

Vom Menschen konnte ich die unmittelbar nach der Decapitation mit Rabl'scher Pikrinsäuresublimatlösung fixirte Cornea eines in Güstrow in Mecklenburg im vorigen Jahre Hingerichteten untersuchen, welche ich der Freundlichkeit des Herrn Prof. Dr. Barfurth und des Herrn Privatdocenten Dr. Reinke in Rostock verdanke ²⁾.

Ausserdem erhielt ich durch freundliche Vermittelung des Herrn Geh. Medicinalrath Prof. Dr. Pernice in Greifswald und des Herrn Privatdocenten Dr. Gebhard in Berlin eine Anzahl sogleich nach dem Tode mit Subli-

¹⁾ Präparate der menschlichen Cornea wurden am 26. Okt. 1898 im Greifswalder medicinischen Verein demonstrirt. Siehe die Vereinsbeilage der Deutschen medicinischen Wochenschrift 1898.

²⁾ Die in toto fixirte Cornea war mit der Linse zunächst an Herrn Prof. Dr. Rabl in Prag gesandt. Herr College Rabl hatte die Liebenswürdigkeit, das Präparat nach der üblichen Alkoholhärtung vorzüglich conservirt mir zuzuschicken.

mat und Eisessigsublimat, sowie mit Flemming'scher Lösung fixirter Hornhäute von Neugeborenen und Kindern im Alter bis zu acht Tagen.

Berücksichtigen wir zuerst die Cornea des Erwachsenen! Vgl. Fig. 1—40 auf Taf. II.

Sogleich in den ersten Präparaten fiel mir eine ausserordentliche Polymorphie der Zellkerne auf.

Elliptische, ovale oder mehr kreisrunde Formen, wie sie gewöhnlich für die Kerne der Hornhautzellen angegeben werden, sind recht selten. Durchaus vorherrschend sind dagegen die unregelmässigen Formen. Die Kerne können dreieckig oder viereckig sein, am häufigsten aber finden sich die länglichen Formen; bisweilen sind sie zu langen, schmalen, bandförmigen Gebilden (Fig. 17) ausgezogen. An der Peripherie der Kerne befinden sich kleinere oder grössere Ausbuchtungen, nicht selten in grösserer Anzahl, so dass ganz bizarre Gestalten entstehen. Sichelförmige und nierenförmige Kerne sind auch nicht selten. Die Einbuchtungen sind ebenso, wie die Vorsprünge und Kernenden, abgerundet; nur selten kommt ein mehr spitzer Kernvorsprung zur Beobachtung. Ein Blick auf die Figuren 1—40 der Tafel II illustriert diese Kernpolymorphie am besten.

Im Uebrigen sind die Kerne, ebenso wie die Zellen selbst, platt und dünn ausgewalzt, mit zwei bis vier, seltener mehr, gewöhnlich ungleich grossen und etwas unregelmässig geformten Kernkörperchen. Das Chromatingerüst des Kernes ist sehr fein und dicht.

Die geschilderte Polymorphie der Kerne ist von den normalen Histologen, wenn nicht übersehen, so doch wenig beachtet worden. Jedenfalls ist sie nicht in dem Maasse betont und hervorgehoben, wie sie es mit Rücksicht auf die Pathologie der Hornhaut verdient.

So finden sich in den Lehr- und Handbüchern der normalen Histologie von A. v. Kölliker, Stöhr, Böhm und von Davidoff, Schenk und Anderen keine Angaben

über die Form der Kerne der Hornhautzellen, welche in dem Lehrbuche der Gewebelehre von Toldt (1884, S. 588) sogar als „eiförmig oder kreisrund“ bezeichnet wird. A. Rollett (Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben, Bd. II, 1872, S. 1098) beschreibt die Hornhautzellen dagegen schon als „glashelle Platten mit ovalem, länglichem oder unregelmässig eingebuchtetem einfachen selten doppelten Kerne“. Auch Schwalbe erwähnt in seinem Lehrbuche der Anatomie der Sinnesorgane (1887, S. 160), dass „der Kern verhältnissmässig gross, abgeplattet und oft von unregelmässigem Umriss ist, nämlich mit Einschnürungen oder Einbuchtungen versehen“.

Die genaueste Schilderung der Kernpolymorphie der Hornhautzellen vom Menschen habe ich in dem klassischen Handbuch der Anatomie des Menschen von Henle, Bd. II, Eingeweidelehre, S. 598, gefunden. Sie lautet: „Die Kerne sind platt, scharf contourirt, von äusserst wechselnder Form, rund, viereckig, keulen- oder biscuitförmig, die meisten jedoch stark und nach verschiedenen Richtungen in die Länge gezogen, bis 0,04 mm lang auf 0,005 bis 0,01 mm Breite“. Vgl. auch l. c. auf S. 595 die Figur 453, welche die polymorphen Zellkerne in dem Fragment einer in Chromsäure erhärteten Cornea bei Flächenansicht darstellt.

In jeder Hornhautzelle befindet sich nun neben dem Kern je ein Centrankörperpärchen; beide Centrankörper sind durch eine Zwischensubstanz mit einander verbunden, so dass hier eine typische Centrodese im Sinne von M. Heidenhain¹⁾ besteht. Schon bei einer guten mittelstarken Vergrösserung, z. B. Zeiss Apochr. 8,0 mm, Apert. 0,65 Compensationsocular Nr. 12, sind die Körperchen als kleiner, schwarzer Punkt sehr gut sichtbar. Ist die Färbung sehr intensiv, so lässt sich die Zwischensubstanz oft

¹⁾ M. Heidenhain, Neue Untersuchungen über die Centrankörper und ihre Beziehungen zum Kern und Zellenprotoplasma. Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. 43. 1894.

nicht deutlich abgrenzen; die ganze Bildung kann dann wohl als einfacher Centralkörper imponiren. Bei richtiger Differenzirung sind die beiden Körperchen von der etwas weniger gefärbten Zwischensubstanz aber stets gut zu unterscheiden. Wird das Präparat sehr stark entfärbt, so schwindet die Tinction der Zwischensubstanz, die beiden Centralkörper erscheinen dann isolirt gefärbt.

M. Heidenhain¹⁾ hat die Centralkörper und die sie verbindende Zwischenmasse als „Mikrocentrum“ der Zelle bezeichnet, weil es ihm (bei den Leukocyten) gelungen ist, eine Centrirung der Fadenmasse des Zellprotoplasmas gegen diese Stelle hin nachzuweisen. Der Bequemlichkeit halber werde ich diesen Ausdruck bei meiner Schilderung der Zellstructur mehrfach gebrauchen, betone aber ausdrücklich, dass ich in den Hornhautzellen eine Centrirung des Morphoplasmas²⁾ gegen dieses „Mikrocentrum“ hin nicht zu erkennen vermochte.

In erster Linie fesseln die Lage der Centralkörper und ihr Verhalten zum Kern die Aufmerksamkeit. Sie befinden sich stets im Zellprotoplasma ausserhalb des Kernbezirkes, so dass sie in Flächenansichten der Zelle, von denen hier immer nur die Rede ist, neben den Kern zu liegen kommen. Sie sind daher in dem aufgehellten, dünnen Zellprotoplasma leicht aufzufinden. In gut gelungenen Präparaten habe ich sie in keiner Zelle vermisst. Nur einige höchst wenige, ganz vereinzelt habe ich sie unter den vielen Tausenden von Zellen, welche ich untersuchte, im Kernbezirk angetroffen, natürlich ausserhalb des Kernes selbst, entweder oberhalb oder unterhalb desselben, in der Nähe seiner Peripherie dicht an der Kernmembran.

¹⁾ Loc. cit.

²⁾ Morphoplasma habe ich die geformte Substanz des Zellprotoplasmas genannt, im Gegensatz zu dem Hyaloplasma. Vgl. Archiv für Anatomie und Physiologie, anatomische Abtheilung, 1898, S. 140 und 141, Anmerkung.

Alsdann kann es, besonders bei noch intensiverer Färbung des Kernes, schwer, wenn nicht unmöglich sein, sie in der Zelle aufzufinden, da sie durch den Kern verdeckt werden. Das ist aber, wie hervorgehoben, nur äusserst selten der Fall.

Ihre Lage mit Bezug auf den Kern wechselt nun sehr und ist anscheinend ganz regellos. Die vereinigten Körperchen können in der Nähe des Kernes, selbst ganz dicht am Kernrande, sitzen; letzteres ist aber selten. Sie können sich dabei an den Längsseiten des Kernes an wechselnder Stelle oder an den Kernenden oder in der Nähe der letzteren befinden. Sehr oft entfernen sie sich aber auch mehr oder weniger weit vom Kern, so dass sie nicht selten um die Länge des Querdurchmessers des Kernes, seltener noch weiter, von dem Kerne abgerückt sind.

Höchst interessant ist das Verhalten der Centralkörper zu den Einbuchtungen des Kernes.

Flemming¹⁾ hat zuerst an den Leukocyten von Salamandra gezeigt, dass, wenn der Kern eine Einbuchtung besitzt, Mikrocentrum und Sphäre in diese hinein zu liegen kommen. Besonders an halbmondförmigen Kernen fand Flemming die Centralkörper immer in der Bucht des Halbmondes. Bei auseinandergezogenen Kernen waren sie in der Nähe der bald gröberen, bald feineren Verbindungsbrücken zwischen den beiden Kernlappen zu finden.

Die Befunde von Flemming wurden von M. Heidenhain²⁾ für die Leukocyten der Säugethiere (Kaninchen) bestätigt. Ausnahmen kamen allerdings vor.

Das Gleiche konnte ich als ganz typisches Verhalten an den Zellen des Salpenepithels³⁾ und den Epithelzellen

¹⁾ W. Flemming, Ueber Theilung und Kernformen bei Leukocyten und über deren Attractionssphären. Arch. f. mikroskop. Anatomie. Bd. 37. 1891. S. 284.

²⁾ Loc. cit. S. 490 u. ff.

³⁾ Vergl. Archiv f. Anatomie u. Physiologie, anatomische Abtheilung. 1898. Taf. VIII—XI.

an der Hinterfläche der Cornea gewisser Wirbelthiere¹⁾ nachweisen.

Ganz andere Befunde erhielt ich nun bei den Hornhautzellen, eine Mahnung, wie sehr man sich hüten muss, an einzelnen Zellenarten gemachte Erfahrungen zu verallgemeinern.

In den Hornhautzellen ist nämlich die Lage der Centralkörper auch in Bezug auf die Kerneinbuchtungen eine ganz willkürliche und anscheinend regellose. Allerdings wird das Mikrocentrum nicht selten in den Kerneinbuchtungen selbst angetroffen (Fig. 8, 25, 27, 28, 35, 37, 38) und zwar innerhalb der Einbuchtung in centrischer Lage (z. B. Fig. 37 und 38); häufiger aber liegt es excentrisch. Das wird am auffälligsten an den ausgeprägten Nieren- und Sichelformen. Noch häufiger aber werden die Centrakörper ganz ausserhalb der Kerneinbuchtung gefunden (Fig. 7, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 26, 29, 30, 31, 32, 33, 36, 39), oft weit davon ab (z. B. Fig. 12) oder sogar, bei Sichelkernen, an der convexen, der Kerneinbuchtung entgegengesetzten Kernseite (z. B. Fig. 39).

Die beiden Centralkörper liegen gewöhnlich nebeneinander in der Ebene der Zellplatte, so dass man beide bei derselben Einstellung scharf sichtbar erhält. Seltener befinden sie sich in verschiedenen Ebenen zu einander oder auch senkrecht über einander.

Von Wichtigkeit ist der Befund in zwei- (bis mehr)-kernigen Hornhautzellen, wie sie in normalen Hornhäuten bisweilen zur Beobachtung kommen. Hier konnte ich im Umkreise eines jeden Kernes stets ein Mikrocentrum nachweisen, so dass eine derartige Zelle ebenso viele Mikrocentren als Kerne besitzt. Vergleiche Fig. 32, in welcher ein Stück Zellenleib mit zwei Kernen und zwei Mikrocentren dargestellt ist.

¹⁾ Verhandlungen der anatomischen Gesellschaft zu Kiel 1898. S. 267.

Eine ähnliche Beobachtung hat K. W. Zimmermann¹⁾ kürzlich in dem Epithel des Nierenbeckens vom Kaninchen gemacht. Auch dieser Autor sah in einigen Zellen mit zwei Kernen bestimmt zwei Centralkörperpaare, von denen jedes der Lage nach je einem entsprechenden Kerne zugehörte.

Untersucht man die Form des Mikrocentrums und seiner Centralkörper näher, so ergeben sich mannigfache Verschiedenheiten und bemerkenswerthe Eigenthümlichkeiten.

Oben wurde von mir hervorgehoben, dass das Mikrocentrum von zwei Centralkörpern gebildet wird. Nur selten schien noch ein drittes vorhanden zu sein, wie z. B. in Fig. 11.

Die Form der Centralkörper glich meist kleinen, unregelmässig gestalteten, im Allgemeinen mehr rundlichen Körnchen, von denen das eine oft deutlich etwas grösser erschien als das andere. Auf diese Grössendifferenz der beiden Centralkörper eines Mikrocentrums hat Flemming bei den Leukocyten zuerst aufmerksam gemacht. Beide Körnchen lagen stets dicht aneinander, so dass nur wenig Verbindungssubstanz erforderlich war, um die Centralkörper zum Mikrocentrum zusammenzuschliessen. Die Verbindungsbrücke spannte sich in der Weise zwischen den Körnchen aus, dass das Ganze biscuitförmig, noch häufiger aber hantel- oder börsenförmig aussah. Das nahe Aneinanderliegen und das Vorhandensein der Zwischensubstanz bedingen, dass es oft recht schwierig ist, über die Form der Centralkörper etwas Bestimmtes zu eruiren.

Sehr oft vermochte ich festzustellen, dass die Centralkörper die Form kleiner, länglicher Schollen oder auch Stäbchen annahmen. Dabei wurde oft eine Formdifferenz zwischen den beiden Körperchen sehr auffällig, insofern,

¹⁾ K. W. Zimmermann, Beiträge zur Kenntniss einiger Drüsen und Epithelien. Archiv f. mikroskop. Anatomie und Entwicklungsgeschichte. Bd. 52. 1898. S. 672.

als das eine Körperchen etwas kürzer und dicker als das andere erschien. Das längere Stäbchen stellte sich dabei senkrecht auf die Mitte des kurzen ein, so dass das Mikrocentrum das Aussehen eines winzigen Ausrufezeichens oder auch eines Petschaftes erhielt. Vgl. die Mikrocentren in den Figuren 8, 14, 20, 24, 30, 31, 32 (links).

Die beiden Stäbchen konnten sich auch neben einander legen (Fig. 15, 27, 32 (rechts), 37) oder unter einem Winkel V-förmig zusammenstellen (Fig. 33).

An dem längeren Stäbchen oder an beiden erschienen bisweilen die Enden verdickt (z. B. in Fig. 32 rechts). Hierdurch können drei bis vier Centralkörper in einem Mikrocentrum vorgetäuscht werden. Hierauf möchte ich auch Bilder, wie in Fig. 14 und 16, zurückführen.

Die Verbindungslinie der beiden Centralkörper eines Mikrocentrums ist in den Zellen ganz verschieden zum Kern gerichtet, was mit meinen Befunden am Salpenepithel in Uebereinstimmung steht. Der kürzere Centralkörper kann dem Kern zu- oder abgewandt sein.

Eine eigentliche, gut ausgeprägte und von dem übrigen Zellprotoplasma scharf abgesetzte, das Mikrocentrum einschliessende Zellsphäre wurde in den Hornhautzellen von mir stets vermisst. Des öfteren sah ich indessen in geringer Entfernung von dem Mikrocentrum eine etwas hellere Zone, welche nach aussen von einem unvollständigen Kreise sehr feiner, kleinster Körnchen umgeben sein konnte. Dieser Befund war indessen durchaus nicht constant; die Körnchen habe ich deutlich auch nur wenige Male gesehen. Immerhin scheint diese Beobachtung darauf hinzuweisen, dass das Mikrocentrum auch bei den Hornhautzellen wahrscheinlich in einer Zone modificirten Protoplasmas liegt. Das Gleiche gilt für die von mir untersuchten Säugethiere.

Im Uebrigen habe ich in dem Zellprotoplasma selbst, wie oben schon angedeutet, keine bemerkenswerthen Structuren wahrnehmen können. Vor Allem habe ich in ihm keine

Centrirung gegen das Mikrocentrum hin irgend wie mit Sicherheit zu erkennen vermocht, was mit Bezug auf die von mehreren Autoren behauptete, auf Reiz in die Erscheinung tretende Contractilität der Hornhautzellen hervorzuheben ist. Dass eine Centrirung bestehen kann, wird durch diesen negativen Befund natürlich nicht absolut ausgeschlossen. In meinen Präparaten erschien das Morphoplasma der Zellen stets in der Form eines sehr feinen, zarten, feinstmaschigen Mitoplasmas.

In den Hornhäuten der Neugeborenen und Kinder erhielt ich im Wesentlichen den gleichen Befund (Fig. 41—44 der Tafel II). Nur war hier die Polymorphie der Kerne noch nicht so ausgesprochen. Ovale, elliptische oder auch im Umriss mehr rundliche Kerne herrschten vor; unter den unregelmässigen waren die länglichen am häufigsten.

Auch bot das Mikrocentrum weniger Abweichungen dar, es erschien gewöhnlich von Hantel- oder Biscuitform und auch etwas kleiner als bei dem Erwachsenen. Die Form der Centralkörper schien regelmässiger zu sein, sie machten mehr den Eindruck von rundlichen Gebilden.

Säugethiere.

Von Säugethieren untersuchte ich Katze, Hund, Steinmarder, Pferd, Schwein, Hammel, Kalb, Kaninchen und Eichkätzchen. Von der Katze wurde eine ganze Anzahl von Individuen benutzt.

Bei allen Säugern fand ich ziemlich dieselben Verhältnisse, wie sie oben vom erwachsenen Menschen geschildert wurden. Das gilt vor allem in Bezug auf die Zusammensetzung des Mikrocentrums, seine Lage im Protoplasma und sein Lageverhältniss zum Kern, wie ein Blick auf die Figuren 45—81 (Katze), 82 (Hammel) und 83—86 (Steinmarder) am besten zeigt.

Die Polymorphie der platten, dünnen Kerne war über-

all ausgesprochen, bei manchen Arten mehr, bei anderen etwas weniger. So wurden in der Cornea des Pferdes die ganz regelmässig ovalen und elliptischen Kerne häufiger gefunden als bei den anderen Säugern. Die Figuren 45—85 zeigen eine beliebige Auswahl dieser oft recht bizarren Formen, die sich unschwer vergrössern liesse. Die länglichen, bandartigen Kerne konnten leicht spiralig gedreht sein. Besonders hinweisen möchte ich noch auf Kerne, wie sie in Fig. 71, 77 (Katze) und 82 (Hammel) dargestellt sind. Diese Kerne erscheinen durch einen tiefen Einschnitt in zwei Lappen getrennt, die nur durch eine schmale Verbindungsbrücke zusammenhängen. In Fig. 71 und 77 liegt das Mikrocentrum ausserhalb der Einbuchtung und weit ab von ihr. In Fig. 82 befindet es sich in derselben, aber excentrisch. Ob hier, besonders in Fig. 77, eine amitotische Kernzerschnürung im Gange war, lasse ich dahin gestellt. Ich möchte nur hervorheben, dass ich bei meinen ausgedehnten Untersuchungen an normalen, gesunden Hornhäuten in den fixen Hornhautzellen niemals karyokinetische Kerntheilungsfiguren angetroffen habe, während man zwei ruhende Kerne in einer Hornhautzelle nicht gar zu selten findet.

In Bezug auf die Form der Centralkörper gilt dasselbe, was oben von der Cornea des erwachsenen Menschen berichtet wurde. Die Stäbchenform der Centralkörper und petschaftartigen Mikrocentren wurden bei den einen häufiger, bei anderen Arten seltener gefunden. Am regelmässigsten traf ich sie in der Cornea des Steinmarders an (Fig. 83 und 84). In Fig. 86 habe ich unter a—f eine Anzahl von verschiedenen Mikrocentren aus sechs Zellen dieses Raubthieres isolirt dargestellt. Bisweilen sah ich von dem freien Ende des längeren Centralkörpers eines petschaftförmigen Mikrocentrums ein feines, kurzes, nicht leicht wahrnehmbares, im Protoplasma sich verlierendes Fädchen ausgehen (Fig. 86 a) wie es ähnlich von K. W. Zimmermann¹⁾ am Mikrocentrum

¹⁾ Loc. cit.

der Epithelzellen in der Schilddrüse des Menschen, in den Ausführungsgängen des menschlichen Pankreas und besonders in der Kaninchenniere als „Innenfaden“ beschrieben ist.

Auch bei den Säugethieren sah ich nur selten eine Sphäre angedeutet (vgl. oben).

Centralkörper von der Form kleiner Stäbchen sind kürzlich auch von K. W. Zimmermann¹⁾ in gewissen Epithelzellen des Menschen und der Säugethiere gefunden worden. Der genannte Autor beobachtete sie besonders im Epithel des menschlichen Ureters, des Nierenbeckens des Kaninchens und der Thränendrüse des Menschen. Die Stäbchen, welche auch „in Folge Verdickung ihrer Enden vielfach angedeutet hantelförmig“ erschienen, sind hier, nach den Abbildungen zu urtheilen, ziemlich gleich gross, bilden stets einen, wenn auch variablen Winkel mit einander und lassen eine Centrodeseose vermissen. Die Stäbchenlänge betrug etwa das Drei- oder Vierfache der Stäbchenbreite. Hierher gehört auch die Beobachtung von Meves²⁾, welcher im Lepidopterenhoden V-förmige Mikrocentren nachgewiesen hat.

Vögel.

Aus dieser Wirbelthierklasse wurden von mir untersucht: Haushahn, Haustaube, Buchfink (*Fringilla caelebs* L.), Waldschnepfe (*Scolopax rusticola* L.), Sturmmöve (*Larus canus* L.), Zwergseeschwalbe (*Sterna minuta* L.).

Die Cornea vieler Vögel ist bekanntlich sehr dünn und zellenarm. Die Zellen befinden sich gewöhnlich nur zwischen den vorderen und hinteren Lamellenlagen. Das gilt unter den von mir untersuchten Vögeln für den Buchfinken, die Waldschnepfe, *Larus* und *Sterna*.

Die Zellkerne sind kleiner als bei den Säugern, ebenso das Mikrocentrum.

¹⁾ Loc. cit.

²⁾ Meves, Ueber Centralkörper in männlichen Geschlechtszellen von Schmetterlingen. *Anatom. Anzeiger*. 1897. Bd. XIV. Nr. 1.

Wie bei den Säugern, waren die Kerne bei allen von mir untersuchten Species polymorph. Vgl. Fig. 87 bis 90 vom Buchfinken.

Besonderes Interesse boten die Hornhautzellen von jungen, eben flügge gewordenen Tauben. Hier besitzen die Kerne nicht selten einen Eindruck, welcher sich derart vertiefen kann, dass ein Loch in der Substanz des Kernes entsteht. Hieraus resultiren typische Lochkerne mit je einem Loch. Das letztere ist am häufigsten nur klein und liegt centrisch oder auch excentrisch. Nicht selten wird das Loch ziemlich gross, so dass daraus ausgeprägte, mehr oder weniger unregelmässige Ringkerne hervorgehen. Diese Loch- und Ringkerne sind durchaus nicht selten, man sieht bisweilen bei mittelstarken Vergrösserungen im Gesichtsfelde mehrere gleichzeitig. In Fig. 91—98 habe ich eine kleine Auswahl dieser Formen dargestellt¹⁾.

In einer jeden Zelle der Vogelhornhaut treffen wir nun wieder neben dem Kern ein Mikrocentrum, welches sich aus zwei in Centrodeseose befindlichen, dicht neben einander liegenden Centralkörpern zusammensetzt und Biscuit- oder Hantelform zeigt. Bei der Kleinheit dieser Centralkörper lässt sich über ihre Form nicht viel Bestimmtes aussagen, sie machen den Eindruck unregelmässiger kleiner Kügelchen.

Hinsichtlich der Lage des Mikrocentrums und seines Lageverhältnisses zum Kern erhielt ich dieselben Befunde, wie bei den Säugern.

In den Zellen mit Loch- und Ringkernen bei der Haustaube war ich sehr überrascht, das Mikrocentrum niemals in dem Kernloch oder dem Ringlumen anzutreffen.

¹⁾ Vgl. E. Ballowitz, Ueber Ringkerne, ihre Entstehung und Vermehrung. Biologisches Centralblatt. 1898. Bd. XVIII. Nr. 8. In der Aufzählung der bis jetzt in den verschiedenen Geweben der Thiere beobachteten Ringkernformen ist dieser in der Hornhaut der Tauben nachträglich gemachte Befund nachzutragen.

Vielmehr befanden sich die Centralkörperchen stets ausserhalb desselben in geringerer oder grösserer Entfernung von der äusseren Kernperipherie. Dieses Verhalten ist um so auffälliger, als ich an dem Salpenepithel¹⁾ in den dort häufigen Ringkernen das Mikrocentrum stets innerhalb des Ringlumens gefunden habe; das letztere wurde hier von der grossen Zellsphäre mit ihren Centralkörpern sogar ganz ausgefüllt. Das Gleiche fand ich auch im Epithel der Amphioxuslarven.

Reptilien.

Von Reptilien konnte ich frisch fixirte Hornhäute der Sumpfschildkröte (*Emys lutaria* Marsili) berücksichtigen. Vgl. Fig. 99—101 auf Taf. III.

In allen Zellen wurde neben dem polymorphen Kern je ein Mikrocentrum gefunden, welches wiederum von zwei in Centrodeseose befindlichen kleinen Centralkörperchen gebildet wurde. Die Lage des Mikrocentrums war in Bezug auf den Kern, wie bei den Säugethieren, anscheinend ganz regellos.

Fische.

In den Hornhäuten der von mir untersuchten Knochenfische, *Abramis blicca* Ag. und *Leuciscus rutilus* L., waren die Zellen sehr reichlich, ihre Zellkerne verhältnissmässig klein. Die Form der Kerne erschien nicht ganz so vielgestaltig, wie bei den Säugern, längliche und abgerundete Formen herrschten vor. Im Kern befand sich gewöhnlich ein grosses, etwas unregelmässiges Kernkörperchen, seltener zwei bis drei.

In gut gelungenen Präparaten liess sich auch hier in jeder Zelle ein Centralkörperpärchen nachweisen, welches mit der verbindenden Substanz ein kleines Mikrocentrum bildete. Die rundlichen, kleinen Centralkörperchen liessen sie meist deutlich abgrenzen; das eine schien nicht selten etwas grösser zu sein als das andere. Ihre Lage war

¹⁾ Loc. cit., vgl. Taf. VIII—X. Siehe auch Biolog. Centralbl. loc. cit.

auch bei den Fischen sehr variabel, bisweilen konnten sich die Centralkörper ziemlich weit vom Kern entfernen (Fig. 102 und 103).

Aus der obigen vergleichenden Untersuchung geht hervor, dass bei dem Menschen und allen Wirbelthieren in einer jeden Hornhautzelle ein Mikrocentrum liegt, welches sich fast immer aus zwei in Centrodeseose befindlichen Centralkörpern zusammensetzt. Ihr Nachweis gelingt bei den einen Thieren leichter, bei anderen schwieriger. Die besten Demonstrationsobjecte lieferten mir die Cornea des Menschen und der Säugethiere. Hier konnte nicht selten eine Stäbchenform der Centralkörper und eine ausgesprochene Form- und Grössendifferenz der beiden Centralkörper eines Mikrocentrums deutlich erkannt werden. Auch die Form des ganzen Mikrocentrums differirte hier.

Eine Sphäre konnte bei dem Menschen und den Säugethiern höchstens nur in Andeutungen wahrgenommen werden. Eine Centrirung des Morphoplasmas gegen das Mikrocentrum hin war nicht zu erkennen.

Die Polymorphie der Kerne bestand in der Hornhaut erwachsener Exemplare bei allen Wirbelthieren, bei den einen mehr, bei den anderen weniger ausgesprochen. Am auffälligsten wurde sie bei dem Menschen (Erwachsener), den Säugethiern und Vögeln. Ringkerne kamen nur bei den letzteren zur Beobachtung.

Die Lage des Mikrocentrums zum Kerne war bei allen Wirbelthieren eine sehr wechselnde und anscheinend regellose. Vor allem erschien sie nicht an die Einbuchtungen des Kernes, resp. bei den Ringkernen an das Ringlumen gebunden.

Die mitgetheilten Befunde involviren erhebliche Unterschiede des feineren Baues der Hornhautzellen von dem der Leukocyten, wie der letztere durch die Untersuchungen von Flemming und M. Heidenhain festgestellt ist. Diese

Autoren fanden in dem Protoplasma der Leukocyten (Säugethiere und Amphibien) auch stets ein von zwei, seltener mehr, in Centroidesmose befindlichen Centralkörpern gebildetes Mikrocentrum, welches aber stets von einer deutlichen, relativ grossen Sphäre umgeben ist; die letztere wird durch ein van Beneden'sches Körnerstratum vom Zellprotoplasma abgegrenzt. Das Morphoplasma selbst ist gegen die Sphäre und in derselben gegen das Mikrocentrum hin radiär centirt. Auch liegt nach den genannten Autoren das Mikrocentrum in den Leukocyten gewöhnlich in den Kerneinbuchtungen, resp. in oder an dem Ringlumen der bei den Leukocyten in noch höherem Grade polymorphen Kerne.

Diese Structures sind allerdings in den Leukocyten der Amphibien (Salamandra) erheblich deutlicher, als bei den Säugern. M. Heidenhain¹⁾ sagt hierüber: „Auch beim Kaninchen wird das van Beneden'sche Mikrosomenstratum ab und zu einmal sichtbar. Freilich an den Biondi'schen Präparaten wird man sich bei den Lymphzellen eines Säugers schwer von seiner Gegenwart überzeugen können; dagegen haben die Eisenfärbungen die Eigenthümlichkeit, dass sie in einer Minderzahl von Fällen (namentlich an unterdifferenzirten Schnitten) an der Grenze der Sphäre bald ein, bald zwei oder auch mehrere van Beneden'sche Mikrosomen in intensiver Schwärzung oder Bräunung aufweisen. Von der internen Strahlung der Sphäre war bei Säugethierleukocyten in den meisten Fällen nichts zu sehen. Die Sphäre hebt sich hier aber gewöhnlich bei den mit Protoplasmafarbstoffen behandelten Objecten als ein dunkleres Scheibchen von ihrer Umgebung ab, auch ohne diese stärkere Färbung ist übrigens ihre Abgrenzung gegen das Zellenprotoplasma hin oft zu sehen“.

Weitere Untersuchungen mögen lehren, ob diese Unterschiede der Hornhautzellen von den Leukocyten praktisch verwertbar sind, um bei dem Studium der Entzündungs-

¹⁾ Loc. cit. S. 497.

vorgänge in der Cornea vielleicht die beiden Zellenarten mehr, als bisher möglich war, auseinander halten zu können, was für die Klarstellung der so auseinander gehenden Ansichten über die intimeren Vorgänge der Zellvermehrung und Zelleinwanderung in der gereizten Hornhaut gewiss von Werth sein würde.

Erklärung der Abbildungen auf Taf. II und III, Fig. 1—103.

Vorbemerkung.

Alle Figuren stellen Contourzeichnungen der Kerne von Hornhautzellen dar, in deren Umgebung die Mikrocentren in ihrem Lageverhältniss zum Kern angegeben sind. Kernkörperchen und Centralkörper sind schwarz gehalten. Die Randbegrenzung der Zellkerne soll nicht die Kernmembran bedeuten, dafür wäre sie zu dick. Die Figuren wurden nach den Zeiss'schen homogenen Immersionen, Apochr. 1,5 mm, Apert. 1,30, und Apochr. 2,0 mm, Apert. 1,40, Compensationocular Nr. 12, unter Anwendung concentrirter künstlicher Beleuchtung (Auerlicht) gezeichnet, jedoch ist die Vergrösserung nicht bei allen in genau gleichem Verhältniss gehalten, insbesondere sind die Figuren 45—81 auf Taf. II im Verhältniss meistens etwas grösser als die übrigen gehalten. Alle Abbildungen dienen zur Erläuterung der verschiedenen Kernformen, der verschiedenen Form und Grösse der Centalkörper, der verschiedenen Form, Grösse und Lage der Mikrocentren.

Tafel II.

Fig. 1—40. Aus der Cornea vom erwachsenen Menschen (Hingerichteter).

In Fig. 8, 14, 20, 23, 24, 30, 31, 32 (links) ausgesprochene Petschaftform des Mikrocentrums.

Fig. 32. Zwei Kerne und zwei Mikrocentren in einer Zelle.

Fig. 41—44. Aus der Cornea von Neugeborenen.

Tafel III.

Fig. 45—81. Aus der Cornea erwachsener Katzen.

Fig. 82. Aus der Cornea vom Hammel.

Fig. 83—86. Aus der Cornea vom Steinmarder (*Mustela foina* Briss), erwachsenes Weibchen. In Fig. 83—84 Petschaftform des Mikrocentrum.

Fig. 86 a—f. Sechs isolirt gezeichnete Mikrocentren aus sechs Zellen, um die verschiedene Form der Centalkörper und der Mikrocentren zu zeigen. In a ist der längere Centalkörper mit einem feinen, fadenartigen Fortsatz versehen.

Fig. 87—90. Aus der Cornea erwachsener Buchfinken (*Fring. caelebs* L.).

Fig. 91—98. Aus der Cornea eben flügge gewordener Haustauben. Loch- und Ringkerne; das Mikrocentrum stets ausserhalb des Loches und Ringlumens.

Fig. 99—101. Aus der Cornea einer erwachsenen *Emys lutaria* Marsili.

Fig. 102—103. Aus der Cornea erwachsener Blicken (*Abramis blicca* Ag.).