brechenden Teil der Ommen bilden. Zuerst werden eine geringe Anzahl von Ommatidien angelegt, durch eine ununterbrochene Bildung neuer Ommatidien vornehmlich am inneren Rande des Auges findet jedoch ein starkes Wachstum des letzteren statt.

Die einzelnen Augen ragen gewöhnlich ziemlich über die Oberfläche hervor, außerdem sind sie bedeutend weit auseinander verteilt, so dass das Auge, von der Oberfläche betrachtet, den Eindruck erweckt, als ob viele einzelne einfache Augen (Occellen) auf einem engeren Raum zusammengerückt seien.

Es kommt außerdem zu keiner wohlausgeprägten Bildung der Linsen. Letztere werden durch mehr oder minder starke Verdickungen der Kornea repräsentiert, die von verschiedener Gestalt sein können. Dabei liegen diese Verdickungen in vielen Fällen nicht ganz genau über den Ommatiden. Die Linsenzellen sind 2, manchmal 3 an der Zahl. Ebenfalls variieren die Zellen der Kristallkegel zwischen vier und fünf; dementsprechend besteht letzterer aus vier respektiv fünf Teilen (Konomere).

Die Rhabdome stellen runde Stäbe dar, die infolge einer stärkeren Anhäufung von größeren Körnchen sich an ihrer Peripherie stärker färben als in ihrer Mitte. Weder in den jungen Stadien noch beim erwachsenen Auge sind Rhabdomere am Rhabdomen zu konstatieren.

Ist der Pecten des Vogelauges ein Sinnesorgan?

Von F. Blochmann und Ebba von Husen.

In mehreren Mitteilungen hat Franz die Ansicht zu begründen versucht, dass der für das Vogelauge so charakteristische Pecten[1]) im Sinnesorgan sei, welches dazu dienen soll, Schubbewegungen im Glaskörper (den hydrodynamischen Druck, wie Franz es nennt), die bei der Akkommodation durch Verschiebung der hinteren Linsenfläche entstehen würden, wahrzunehmen. So soll der Pecten dem Tier ein Gefühl von der Größe der Akkommodation und somit auch von der Entfernung des gesehenen Gegenstandes vermitteln.

Die Angaben, welche Franz über den feineren Bau des Pecten macht und ebenso die Abbildungen, die er dafür gibt, sind nicht sehr geeignet, seine Deutung zu unterstützen. Das gab die Ver-

---

1) Es mag hier einmal festgestellt werden, dass es unbedingt falsch ist, wenn verschiedene Autoren mit Konsequenz schreiben: „Das Pecten“: Pecten ist und bleibt generis masculini. Bei Zoologen sollte man diesen Fehler am wenigsten erwarten, da sie ja alle den Pecten jacabaeus, maximus u. s. w. kennen. Der eine oder andere wurde wohl dadurch irregeführt, dass er dem Latein von Sömmering (De oculorum hominis etc., Göttingen 1818) zu sehr vertraute. Sömmering gebraucht pecten als Neutrum. Das tut zwar der Güte seiner Beobachtungen keinen Eintrag, wohl aber der seines Lateins.

anlassung, die histologischen Verhältnisse des Pecten eingehender zu untersuchen, um so auf Grund genauer Kenntnis seines Aufbaues die Frage, ob Sinnesorgan oder nicht, entscheiden zu können.

Da die Fertigstellung der ausführlichen Arbeit noch einige Zeit in Anspruch nehmen wird, so sollen hier ohne eingehendere Berücksichtigung der umfangreichen Literatur die Hauptergebnisse mitgeteilt werden.

Zunächst dürfte es sich empfehlen, die Gründe anzugeben, die Franz veranlassten, den Pecten für ein Sinnesorgan zu erklären.

1. Aus der Beobachtung, dass die Grundsubstanz des Pecten sich bei Anwendung der van Gieson'schen Methode so färbt, wie der Sehnerv und die Retina, folgert Franz, dass Pecten, Sehnerv und Retina enger zusammengehören, und weiter auch, dass der Pecten mit der Chorioides nichts zu tun habe, was schon durch die entwickelungsgeschichtlichen Untersuchungen von Parreidt und von Bernd bewiesen war. Diese zeigen, dass der Pecten, ausgenommen die Blutgefäße von der Augenblasenwand seinen Ursprung nimmt.

2. Weitere Gründe sollen sich aus dem Gesamtbau des Pecten ergeben. Dieser soll höchst variabel sein, so dass er von Art zu Art in seiner Gestalt wechselt; auch individuelle Verschiedenheiten sind nicht selten. Die verschiedene Länge der Falten soll die Perzeption von verschieden starken Bewegungen der Glaskörpersubstanz begünstigen. Besonders bedeutungsvoll in dieser Hinsicht sollen die bei einigen Arten vorkommenden, der Linse zugekehrten Fortsätze (Spitzchen) sein.

3. Vor allem aber soll sich aus dem histologischen Bau ergeben, dass der Pecten ein Sinnesorgan ist.

Auf seiner Oberfläche finden sich nach Franz feine Härchen (Sinneshärchen); weiter kleine, etwas verschieden gestaltete Erhebungen, die Hütchen. In diesen oder unter ihnen liegen die Kölbchen, die sich auch an den Gefäßwänden finden.

Kerne sollen im Pecten spärlich sein, im oberen Teil sogar ganz fehlen. Auch das spreche für den nervösen Charakter des Gewebes. Besondere Nervenstämme fehlen. „Der ganze Pecten ist nervöses Gewebe von einerlei Art, sehr ähnlich dem der Nervenfaserschicht in der Retina, ausgenommen die Blutgefäße". Die reichlich im Pecten vorhandenen Fasern sollen Nervenfasern sein. Das Pigment des Pecten liegt wahrscheinlich nicht in Zellen. Es sieht dem Pigment der Chorioides nicht ähnlich. Die Gefäßwände, abgesehen von dem Endothel gehören auch zum Nervengewebe. Im Pecten kommen zweierlei Zellkerne vor. Die kleineren davon gehören vielleicht zu Gliazellen.

Das sind ungefähr die positiven Angaben, die Franz über den makroskopischen und mikroskopischen Bau des Pecten macht

und die nach seiner Ansicht beweisen sollen, dass das Organ ein Sinnesorgan ist. Dazu ist zu sagen:

Die unter 1. gemachten Angaben sind durchaus zutreffend und nach dem, was man über die Entwickelung des Pecten weiß, ist er, abgesehen von den Gefäßen, zweifellos ektodermalen Ursprungs.

Auf die unter 2. angeführten Punkte näher einzugehen, ist nicht nötig. An und für sich beweisen sie gar nichts. Wenn aus anderen Gründen der Pecten sicher als Sinnesorgan erkannt wäre, so könnten diese Dinge einen gewissen unterstützenden Wert haben.

Die unter 3. der Hauptsache nach zusammengestellten histologischen Angaben lauten mehrfach etwas unbestimmt. Auf keinen Fall wird durch sie bewiesen, dass wir in dem Pecten ein Sinnesorgan vor uns haben. Auch die Abbildungen sind, wie schon bemerkt, nicht überzeugend. Das kommt jedenfalls zum Teil daher, dass das von Franz untersuchte Material für histologische Zwecke nicht gerade besonders gut konserviert war, und dass auch die angewandten Untersuchungsmethoden dem erstrebten Zweck nicht ganz entsprachen. Franz hat diese Mängel auch selbst gefühlt, hat aber trotzdem seine zum mindesten etwas schwankenden Untersuchungsergebnisse in recht bestimmter Weise zur Grundlage einer neuen Ansicht über Bau und Funktion des Pecten gemacht. Dass der Pecten im Sinnesorgan ist, steht für den Autor fest. Vollkommene Zustimmung hat die neue Deutung des Pecten bei Kallius gefunden, wie der Satz zeigt: „In der Tat liegt in dem Fächer ein Hilfsorgan für den Akkommodationsakt vor — nämlich ein Sinnesorgan für die bei der Akkommodation entstehenden Druckschwankungen“. Ebenso hat Wiedersheim (1909, S. 410) keinen Zweifel an der sensorischen Funktion des Pecten.

Dagegen haben unsere Untersuchungen ergeben, dass der Pecten keine Sinnesorgane, ja überhaupt keine nervösen Elemente enthält. Der Pecten ist nichts weiter als eine Blutgefäße führende Gliawucherung.

Die Zellen, die ihn aufbauen, sind zum geringen Teil pigmentlose, der Hauptsache nach aber reichlich Pigment führende, mehr oder weniger verästelte Gliazellen. Kerne sind überall, besonders auch im oberen Teil, reichlich vorhanden. Die Fasern, die sich im Pecten finden, liegen alle in den Zellen und sind durchaus Gliafasern. Irgendwelche besondere Grundsubstanz, von der auch gelegentlich gesprochen wird, fehlt vollkommen.

Im einzelnen ist folgendes zu bemerken: Soll es sich bei dem Pecten um ein Sinnesorgan handeln, so müssen vor allem Nervenfasern nachzuweisen sein. Wir haben zahlreiche Versuche gemacht, solche durch vitale Methylenblaufärbung darzustellen, stets

ohne jeden Erfolg, während die den Präparaten zur Kontrolle beigefügten Retinastückchen vielfach Nervenfasern und Ganglienzellen in schönster Färbung zeigten. Ebenso ergab sich bei der Anwendung der Cajal'schen Fibrillenmethode, dass nie irgendeine Faser im Pecten gefärbt wurde, während sie im Sehnerven vortrefflich hervortraten.

Methoden, welche die Glia mit Sicherheit spezifisch färben, gibt es nicht. Gelang es aber mit einer der angewandten Methoden eine mehr oder weniger gute Färbung der Müller'schen Zellen der Retina zu erhalten, so zeigten sich auch die Elemente des Pecten mehr oder weniger gefärbt.

Dieses zunächst rein färberische Ergebnis: keine nervösen Elemente, nur Glia, wird durch die weitere Untersuchung durchaus bestätigt.

Es gelingt leicht, am frischen und am mazerierten Objekt, ebenso natürlich auch auf Schnitten von zweckmäßig fixiertem Material die den Pecten aufbauenden Gliazellen genauer zu studieren. Es handelt sich dabei der Hauptsache nach um mehr oder weniger verästelte, große Zellen, deren Ausläufer vielfach miteinander anastomosieren. Die Zellen legen sich teils mit dem Protoplasmakörper, teils auch nur mit den Ausläufern den Gefäßwandungen an. An der Oberfläche des Pecten sind die Zellen ganz regelmäßig gelagert, schließen dicht zusammen und bilden so eine epitheliale Schicht. Die Fortsätze sind dann natürlich nur nach unten hin entwickelt.

Zwischen den miteinander anastomosierenden Zellfortsätzen gibt es keine besondere Zwischensubstanz, sondern nur große, mit Flüssigkeit erfüllte Interzellularräume. Das Pigment ist in der Regel dem Körper der Gliazellen eingelagert. Manchmal liegen Pigmentkörnchen in ganz feinen Fortsätzen der Zellen. Außerhalb von Zellen liegendes Pigment wurde nicht beobachtet.

In den Zellen und ihren Ausläufern finden sich nun auch die Fasern, die bald mehr, bald weniger ansehnlich, am bedeutendsten in der sogen. Brücke und in den basalen Teilen des Pecten entwickelt sind.

Zellen, Fasern und Pigment zeigen an verschiedenen Stellen desselben Organs und bei verschiedenen Vogelarten gewisse Verschiedenheiten, auf die hier nicht näher einzugehen ist.

Die sternförmigen Zellen des Vogelpecten hat schon Parreidt erkannt und deutlich abgebildet (Taf. II, Fig. 13). H. Virchow (S. 832) hat sie bei *Varanus* gesehen und recht anschaulich beschrieben: „Das Pigment liegt in Zellen von sehr zierlich verästelter Form, welche in Gestalt eines areolären Netzes angeordnet sind.“ Auch Franz (1909) hat diese Zellen gesehen und, wenn auch etwas unvollkommen, abgebildet (Taf. 9, Fig. 37). Er erklärt sie

aber merkwürdigerweise für durch Verklebung entstandene Kunstprodukte (vgl. S. 237 und 238; ferner die Erklärung zu Fig. 37 auf Taf. 9)!

Auf die Beziehungen der Gliazellen zu den Gefäßwänden und auf den Bau der Gefäßwand selbst soll erst in der ausführlichen Arbeit genauer eingegangen werden.

Hier sei noch darauf hingewiesen, dass das Gewebe des Pecten sowohl durch die Ausbildung der charakteristischen verästelten Zellen, als auch dadurch, dass diese in der Regel reichlich Pigment führen, eine geradezu schlagende Ähnlichkeit mit den von Krückmann (1905) beschriebenen, unter pathologischen Verhältnissen auftretenden Gliawucherungen in der Netzhaut hat. Allein schon der Vergleich eines guten Präparates vom Pecten mit einer Abbildung, wie sie Krückmann auf Taf. V, Fig. 4, 5 und 5a, 9, Taf. XVIII, Fig. 11 gibt, muss zu der Überzeugung führen, dass der Pecten aus Glia besteht. Ganz ähnliche Verhältnisse beschreibt auch Imhof für das Gliagewebe, das den sogen. Lumbalwulst der Vögel bildet.

Abgesehen von diesem Lumbalwulst dürfte es wohl kaum ein Objekt geben, wo Neuroglia unter normalen Verhältnissen so leicht zu untersuchen ist wie am Pecten.

Die von Franz an der Oberfläche des Pecten beschriebenen Hütchen sind vorhanden. Sie sind an Schnitten von gut fixiertem Material, die entsprechend gefärbt sind, gar nicht schwer zu sehen. Reichlich finden sie sich auf der Oberfläche der sogen. Brücke des Pecten. Diese Hütchen sind nichts anderes als zipfelförmige Erhebungen der Zelloberfläche. Jede Zelle weist eine größere Zahl davon auf. In der ganzen Ausdehnung, in der sich die Hütchen finden, ist der Glaskörper sehr fest mit dem Pecten verbunden, während er sich an den übrigen Stellen der Pectenoberfläche leicht ablöst und auch im mikroskopischen Präparat, das ohne besondere Vorsichtsmaßregeln angefertigt ist, keine Verbindung erkennen lässt, Dieses Verhalten des Pecten ist schon öfter beschrieben und auch von uns sowohl makroskopisch als mikroskopisch genau festgestellt worden. Die enge Verbindung des Glaskörpers mit dem Zapfen der Reptilien bezw. Kamm der Vögel wird auch neuerdings von Froriep (S. 251 bezw. 253) wieder betont.

Die von Franz beschriebenen Kölbchen, im allgemeinen die etwa flaschenförmig oder birnförmig angeschwollenen Enden von Fasern, welche da und dort auch in die sogen. Hütchen eintreten, sind nichts weiter als die Enden von Gliafasern.

Weiter hat dann Franz auf der Oberfläche des Pecten Sinneshärchen in regelmäßiger Anordnung und Länge beschrieben und abgebildet (1908, S. 457; 1909, S. 239 u. Taf. X). Diese haben wir nicht gefunden. Dagegen sieht man gar nicht selten auf längere

oder kürzere Strecken Glaskörperfibrillen, die von den sogen. Hütchen entspringen. Das stimmt mit der Darstellung, die Wolfrum von dem Verhalten der Glaskörperfibrillen zu den Müller'schen Zellen der Retina gibt, wohl überein. In seinen Abbildungen 5, 6 u. 7 sieht man an einzelnen Zellen Erscheinungen, die man wohl mit den sogen. Hütchen vergleichen kann. Von der Spitze dieser Erhebung nimmt eine Glaskörperfibrille ihren Ursprung. Es darf bemerkt werden, dass Sinneshärchen an dieser Stelle — abgesehen von allen anderen — schon deshalb eine besondere Merkwürdigkeit wären, weil sie an der Basalfläche der Zelle stehen würden.

Auf der Oberfläche der sogen. Brücke zeigt der Glaskörper eine besonders dichte Beschaffenheit und bildet so eine auch färberisch deutlich differenzbare Schicht, die jedoch vom übrigen Glaskörper nicht scharf abgegrenzt ist.

Nach dem hier Mitgeteilten ist der Pecten also kein Sinnesorgan, sondern nichts weiter als eine gefäßführende Gliawucherung.

Franz hat wohl daran gedacht, dass vielleicht die Neuroglia im Aufbau des Pecten eine größere Rolle spielen könnte, als er ihr zugestehen möchte. Dass aber dem Pecten Sinnesorgane ganz fehlen, kann er sich offenbar nicht vorstellen, wie folgender Satz (1909, S. 247) zeigt: „Wollte jemand den bestimmten Nachweis erbringen, dass die Kölbchen dort gliös sind, so wäre ja auch dies sehr interessant, dann würde mich aber noch mehr die Frage interessieren, wo alsdann die sensibeln Elemente liegen.“

Darauf kann man nur antworten: Nirgends.

Die Funktion eines Organs, das nur aus Glia und Blutgefäßen besteht, kann natürlich nur an die Blutgefäße geknüpft sein. C. Rabl S. 114) hat die Vermutung ausgesprochen, dass der Pecten für die Kompensation des bei der Akkommodation entstehenden positiven Druckes eine Rolle spielen möge. Das erscheint recht einleuchtend. Jedoch widerspricht dem Abelsdorff auf Grund von Versuchen an curarisierten Tauben, bei welchen nach elektrischer Reizung der Akkommodationsmuskeln keine Bewegung des Pecten festzustellen war. Vielleicht ist aber durch diese Versuche die Frage doch noch nicht entschieden. Wenn durch die Kontraktion der Akkommodationsmuskulatur eine gleichmäßige Drucksteigerung im Glaskörper zustande kommt und so etwas Blut aus den Gefäßen des Pecten verdrängt wird, so muss sich das doch wohl nicht unbedingt in einer erkennbaren Bewegung des Organs äußern. Im übrigen hat man ja schon längst dem Pecten ernährende Funktion zugeschrieben, wofür auch neuerdings die Versuche von Abelsdorff und Wessely (1909) sprechen.

Zur Entscheidung dieser Fragen werden weitere physiologische Versuche nötig sein. Das aber hat die histologische Untersuchung

jetzt schon sichergestellt, dass im Pecten sich weder Sinneszellen, noch Ganglienzellen, noch Nervenfasern, sondern außer Blutgefäßen nur Neuroglia findet. Darum ist er auch kein Sinnesorgan.

Literatur.

Abelsdorff, G. 1910. Über das Verhalten des Pectens bei der Akkommodation des Vogelauges. Arch. f. vergl. Ophthalmologie. Leipzig. Bd. I, H. 3, S. 290—292.

Ders. und Wessely, K. 1909. Vergl. phys. Untersuchungen über den Flüssigkeitswechsel des Auges in der Wirbeltierreihe. I. Teil. Vögel. Arch. f. Augenheilkunde, Bd. 64. Ergänzungsheft S. 65—125.

Bernd, A. H. 1905. Die Entwickelung des Pecten u. s. w. Diss. Bonn.

Franz, V. 1908a. Der Fächer im Auge der Vögel. Verh. Deutsch. Zool. Ges. Stuttgart. S. 167—171.

Ders. 1908b. Das (!) Pecten, der Fächer im Auge der Vögel. Biol. Centralbl., Bd. XXVIII, S. 449—468.

Ders. 1909. Das Vogelauge. Zool. Jahrb. (Anat. Ontog.), Bd. XXVIII, S. 73—282.

Ders. 1910. Photographien mit ultraviolettem Licht. T. 23. Vom Vogelauge Arch. f. vergl. Ophthalmologie, Bd. I, H. 3, S. 283—292.

Froriep, A. 1906. Die Entwickelung des Auges der Wirbeltiere. Handbuch der Entwickelungsgesch. der Wirbeltiere, II. Bd., Teil I, Kap. 7.

Imhof, G. 1905. Anatomie und Entwickelungsgeschichte des Lumbalmarkes bei den Vögeln. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 65, S. 498—610.

Kallius, E. 1909. Sehapparat. Ergebnisse d. Anat. u. Entwickelungsgeschichte, Bd. XVII, 1907, S. 463—530.

Krückmann, E. 1905. Über Pigmentierung und Wucherung der Netzhautneuroglia. v. Graefe's Arch. f. Ophthalmologie, Bd. 60, S. 350—368 u. 452—512.

Parreidt, R. 1901. Beiträge zur Anatomie des Auges bei *Eydyptes chrysocome* und zur Entwickelung des Pectens im Vogelauge. Diss. Leipzig.

Rabl, C. 1899. Über den Bau und die Entwickelung der Linse. III. T. Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 67, 1900, S. 1—138.

Virchow, H. 1901. Fächer, Zapfen, Leiste, Polster, Gefäße im Glaskörperraum von Wirbeltieren u. s. w. Ergebn. d. Anat. u. Entwickelungsgesch., Bd. X, 1900, S. 720—844.

Wiedersheim, R. 1909. Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere. VII. Aufl., S. 410.

Wolfrum. 1907. Zur Entwickelung und Struktur des Glaskörpers. v. Graefe's Arch. f. Ophthalmologie, Bd. 65, S. 220—266.

O. Bütschli. Vorlesungen über vergleichende Anatomie.

1. Lieferung. Vergleichende Anatomie der Protozoen. Integument und Skelett der Metazoen. Leipzig. 1910. Verlag von Wilhelm Engelmann.

Ein Werk von Bütschli wird immer das größte Interesse der Fachgenossen wachrufen; dass er gerade eine vergleichende Anatomie schrieb, wird für viele unter ihnen eine große Überraschung gewesen sein. Das vorliegende Buch ist entstanden, indem der Verfasser, einem Wunsche seiner Schüler entsprechend, die Vorlesungen ausarbeitete, die er in Heidelberg über vergleichende Anatomie hielt, seit Gegenbauer seine Vorlesung über den Gegenstand eingestellt hatte. Er bekennt sich als Schüler des großen Altmeisters der ver-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologisches Zentralblatt

Jahr/Year: 1911

Band/Volume: 31

Autor(en)/Author(s): Blochmann Friedrich Johann Wilhelm

Artikel/Article: Ist der Pecten des Vogelauges ein Sinnesorgan? 150-156