© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Die Struktur der Pigmentzelle.

Von Dr. V. Franz (Helgoland).

Noch heute ist bei den Biologen die Meinung weit verbreitet, die „Zusammenballung" der mesodermalen Chromatophoren beruhe auf einer amöboiden Bewegung dieser Zellen, nämlich auf einer Einziehung der pseudopodienähnlichen Zellfortsätze. Verworn bekennt sich in seinen Werken „Die Bewegung der lebendigen Substanz"[1]) und „Allgemeine Physiologie"[2]) zu dieser Meinung und sagt in dem letztgenannten Werke ausdrücklich (S. 245 Anm.), die in neuerer Zeit mehrfach geäußerte Ansicht, dass es sich bei den Bewegungen der Pigmentzellen allein um eine Wanderung der Pigmentkörnchen handle, ohne gleichzeitige Formveränderung des Protoplasmakörpers, habe bisher keine genügende Stütze erhalten[3]). Ähnlich sagt Wilson in seinem neuen Werke[4]) „The Cell" (S. 102): „These cells have, in an extraordinary degree, the power of changing their form and of actively creeping about".

Andererseits ist aber die zweite Ansicht der intrazellulären Körnchenströmung schon ziemlich alten Datums, und diejenigen Forscher, welche sich sehr eingehend mit den Pigmentzellen beschäftigt haben, sind sich, soweit sie überhaupt zu einer bestimmten Ansicht über die Frage kamen, darüber einig, dass die „Kontraktion" der Pigmentzellen nur eine scheinbare ist, dass in Wirklichkeit nur die Pigmentkörnchen innerhalb der Zellfortsätze bei der „Kontraktion" zentralwärts, bei der „Expansion" nach den peripheren Teilen hin wandern. Brücke erklärte schon 1852 in seiner klassischen Arbeit über den Farbenwechsel des Chamäleons[5]), die Ausläufer der Pigmentzellen würden nicht eingezogen, sondern sie werden nur von Pigmentkörnchen entleert, welche ihrerseits nach dem Zentrum der Zelle hinströmen. Diese Ansicht haben spätere Untersucher (R. Virchow[6]), J. Lister)[7]), angenommen, während andere (A. Lode[8]), W. Biedermann)[9]) zu keiner vollständigen Klarheit

---

1) Jena 1892.

2) III. Aufl., Jena 1901.

3) Auch Kennel spricht sich in seinem Lehrbuche der Zoologie (1903, S. 57/58) für die Annahme einer wirklichen Kontraktion und Expansion der Pigmentzellen aus, wie ich Ballowitz, Biol. Centralbl., Bd. XIII, S. 625, entnehme.

4) The Cell in development and Inheritance, New-York 1906 (Columbia University Biological Series IV).

5) Brücke, Denkschr. d. k. k. Akad. d Wiss., Wien 1852, Bd. 4.

6) R. Virchow, Chromatophoren beim Frosch. Arch. path. Anat, Bd. VI, 1854.

7) J. Lister, On the Cutaneous Pigmentary System of the Frog, Philos. Transact. of the Royal Soc. of London, Vol. CXLVIII, 1859.

8) A. Lode, Beitr. z. Anat. u. Physiol. des Farbenwechsels der Fische. Sitzber. d. k. Akad. d. Wiss., Bd. XCIX, Heft 1, Abt. 3, 1890.

9) W. Biedermann, Über den Farbenwechsel der Frösche. Pflüg. Arch. f. ges. Physiol., Bd. LI, 1892.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

über die Frage nach der Art der Zusammenballung kommen konnten[10]). Vor allem aber ist einer sehr schönen und sorgfältigen Untersuchung von B. Solger[11]) zu gedenken. Solger gelang es, an den Chromatophoren auf den Schuppen der Knochenfische, insbesondere des Hechtes, den Zellkontur der von Pigmentkörnchen entleerten, verästelten, protoplasmatischen Fortsätze der Pigmentzellen zu sehen und sie anderen Forschern in Glyzerinpräparaten zu demonstrieren. Damit ist m. E. schon der Nachweis erbracht, dass die Pigmentverschiebung auf einer intrazellulären Körnchenströmung beruht, selbst wenn Solger keine weiteren Tatsachen zur Stütze für seine Anschauung zur Kenntnis gebracht hätte. Tatsächlich gelang ihm jedoch auch noch der Nachweis eines außerhalb des Zellkerns gelegenen Zentrums der Pigmentverschiebung, nach welchem die Körnchen bei der Pigmentballung hinströmen. Übrigens hat auch Biedermann (l. c.) diese pigmentfreien Zellfortsätze zu Gesicht bekommen, ohne ihre Bedeutung vollständig zu würdigen. Ballowitz (l. c.) ist es sodann geglückt, die Fortsätze bis in die feinsten Verästelungen hinein mittels der Golgi-Methode zu färben, und derselbe Forscher kam auch zu Beobachtungen über die Innervation der Chromatophoren[12]): die Chromatophoren sind von feinsten Nervenfibrillen umsponnen, und wenn das Pigment nach dem Zentrum hin zusammengeballt ist, lässt sich aus der Verteilung der Neurofibrillen noch die ungefähre Lage der Pigmentzellenfortsätze erkennen.

Bei dieser literarischen Situation kann ich mich nur, wie ich es auch schon bei Gelegenheit einer früheren Arbeit[13]) tat, der zweitgenannten Ansicht anschließen, dass nämlich die Chromatophorenballung wirklich durch intrazelluläre Körnchenströmung zustande kommt.

Wenn Verworn zu dem entgegengesetzten Urteil kam, so will ich nur noch erwähnen, dass ihm die Arbeit von Solger durchaus nicht etwa entgangen war. Sie wird in der „Allgemeinen Physiologie“ an anderer Stelle zitiert.

Ich gestehe also, mich der Meinung Verworn's nicht anschließen zu können. Ja ich würde es gar nicht für nötig erachten, neue Be-

---

10) Vgl. hierzu auch das Referat von E. Ballowitz: Über die Bewegungserscheinungen der Pigmentzellen. Biol. Centralbl., Bd. XIII, 1893.

11) B. Solger, Über pigmentierte Zellen und deren Zentralmasse. Mitteil. aus dem naturwissenschaftl. Verein für Neu-Vorpommern und Rügen in Greifswald. XX. Jahrg., Berlin 1889.

12) E. Ballowitz, Die Nervenendigungen der Pigmentzellen, ein Beitrag zur Kenntnis des Zusammenhanges der Endverzweigungen der Nerven mit dem Protoplasma der Zellen. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zool., Bd. LVI.

13) V. Franz, Beobachtungen am lebenden Selachierauge. Jen. Zeitschr. f. Naturwissenschaft, Bd. XLI, 1906, S. 454.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

weise für die intrazelluläre Körnchenströmung in den Pigmentzellen zu häufen, wenn ich nicht zu sehr schönen und klaren Bildern am lebensfrischen Gewebe gelangt wäre und ferner auch einige weitere, auf die „Protoplasmastrahlung" der Pigmentzellen bezügliche Tatsachen mitteilen könnte.

Meine Beobachtungen wurden begünstigt durch ein äußerst geeignetes Objekt, welches noch keinem früheren Untersucher des Gegenstandes zur Verfügung gestanden hatte. Es sind dies Fischlarven. An diesen kleinen und außerordentlich zarten Tierchen, deren ich bei Gelegenheit anderer Studien in diesem Frühjahr sehr viele lebend in die Hände bekam, sind die Pigmentzellen noch sehr sparsam verteilt und verhältnismäßig sehr groß. Immer aufs neue lenken sie die Aufmerksamkeit des Beobachters auf sich, denn sie bieten dem Auge auch einen ästhetisch schönen Anblick, und fast unwillkürlich machte ich die Beobachtungen, die ich im folgenden darstellen will.

Ich untersuchte hauptsächlich Larven von *Pleuronectes platessa* L., *Gadus morrhua* Gthr., *Gadus merlangus* L., *Agonus cataphractus* (L.) und *Liparis vulgaris* Flem. Die ersten drei erhielt ich im Februar und März teils aus Planktonfängen an Bord des „Poseidon", teils aus den pelagischen Eiern, die in der Biologischen Anstalt auf Helgoland zur Entwickelung gebracht wurden. Die *Agonus*-Larve wird im März und April sehr häufig bei Helgoland im Plankton gefangen. *Liparis*-Larven wurden aus Eiern gezüchtet, die vom Meeresboden gedredgt waren.

Zellkontur.

Wie schon gesagt, ist der Nachweis des Zellkonturs an den von Pigment entleerten Fortsätzen der Chromatophoren die beste Stütze für die Annahme der intrazellulären Körnchenströmung, oder, wie man statt „Kontraktion" besser sagen kann, der Attraktion der Pigmentkörnchen. Statt Annahme sollte man lieber Tatsache sagen. Ich verweise auf das untrüglich klare Bild der pigmentfreien Fortsätze an gelben, wie an schwarzen Chromatophoren, die ich am 12. Februar 1908 im Flossensaum einer sehr jungen *Pleuronectes platessa*-Larve sah (Fig. 1). Als ich dieses mikroskopischen Bildes ansichtig wurde, habe ich es sofort mittels Zeichenapparates bei starker Vergrößerung festgehalten, und es wurde zum ersten Anstoß zu dieser Arbeit. Wir sehen in Fig. 1 links unten eine gelbe Chromatophore, deren gelbe Lipochromkörnchen sämtlich aus den Fortsätzen heraus und nach dem Zentrum der Zelle zu (nach unten im Bilde) geströmt sind, und rechts oben sehen wir eine schwarze Chromatophore, deren Pigment nicht ganz, aber doch zum großen Teil sich zentral gesammelt hat. Einige Melaninkörnchen sind hier in den Fortsätzen hängen geblieben, es tritt also hier in

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Erscheinung, was zuerst von Fr. Heincke[14]) und hernach von vielen anderen Forschern beobachtet wurde, dass nämlich bei der „Kontraktion" der Pigmentzellen häufig einiges Pigment nicht eingezogen wird, sondern in loco zurückbleibt. Ich bemerke noch, dass die Pigmentzellen auf dem Flossensaum der *Platessa*-Larve von

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

der normalen Sternform abweichen und als Ganzes mehr gestreckt sind, ähnlich wie es Zimmermann[15]) für die Pigmentzellen auf den Stacheln erwachsener Teleostier beschreibt und abbildet. Auf dem Rumpf derselben Larve sind die Pigmentzellen von der normalen Sternform, doch konnte ich hier die Fortsätze weniger weit verfolgen (Fig. 2). Ich habe die pigmentfreien Zellfortsätze später

14) Fr. Heincke, Bemerkungen über den Farbenwechsel einiger Fische. Schriften des naturwissenschaftl. Vereins f. Schleswig-Holstein, Bd. I, Heft 3.

15) Zimmermann, Stud. üb. Pigmentzellen I: Über die Anordnung des Archiplasmas in den Pigmentzellen der Knochenfische. Arch. f. mikr. Anat., Bd. XLI, 1893.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

noch öfter gesehen, aber mir mit Ausnahme der Fig. 3 (*Gadus merlangus*, „Poseidon", März 1908) keine Zeichnungen mehr davon gemacht, weil ich die Fortsätze niemals wieder in gleicher Vollständigkeit und Schönheit wie in Fig. 1 zu Gesicht bekam. Ich vermag nicht zu sagen, welche Bedingungen erfüllt sein müssen, damit der Zellkontur an den pigmentfreien Fortsätzen sichtbar wird. Nur soviel scheint mir sicher, dass hierzu ein bis zu gewissem Grade abnormer oder moribunder Zustand der Gewebe erforderlich ist. Niemals sah ich pigmentfreie Fortsätze an den noch in der ganz durchsichtigen Chorionhülle des Eies befindlichen Larven, niemals auch an solchen Larven, die eben vor meinen Augen ausgeschlüpft waren. Eine gewisse Moribundität tritt jedoch sehr leicht ein, da die zarten Tierchen gegen die Wärme des Laboratoriums sowie auch gegen Berührungen und sonstige Schädigungen sehr empfindlich sind. Wollte ich jedoch das Sichtbarwerden der Zellfortsätze experimentell hervorrufen, sei es auf osmotischem oder auf anderem Wege, so arbeitete ich stets erfolglos und blieb auf den Zufall angewiesen, der übrigens keineswegs immer günstig war. Bei *Agonus*- und bei *Liparis*-Larven konnte ich z. B. nicht ein einzigesmal die Zellfortsätze erblicken, obwohl die Pigmentzellen hier sicher von ganz derselben Natur sind wie bei *Pleuronectes* oder bei *Gadus* und überhaupt bei allen Teleostiern.

Radiäre Stäbe.

Eine weitere wichtige Eigenschaft der Pigmentzellen, auf welche zuerst Solger in seiner bereits erwähnten sowie in noch zwei anderen Arbeiten[16], [17]) hingewiesen hat, ist die radiäre Struktur der Pigmentzelle. Man sieht die Pigmentkörnchen häufig in radiären Reihen gruppiert und bemerkt auch eine feine „Protoplasmastrahlung", deren Zentrum außerhalb des Zellkerns liegt. Solger erblickte damals sofort in seiner Entdeckung ein Analogon zu dem kurz vorher von Boveri aufgefundenen Centrosom und erörterte auch die Beziehungen dieses Befundes zu der ingeniösen, später so vielfach bestätigten Hypothese van Beneden's, dass ein extranukleäres Zellzentrum in weitester Verbreitung in den lebenden Zellen vorkomme.

Tatsächlich ist ein solches dynamisches Zentrum auch in den Pigmentzellen sicher vorhanden, ja ein Zentrum von wunderbarer Gewalt, welches die Bewegungsvorgänge in einer bei großen Fischen oft millimetergroßen Zelle (mit Fortsätzen) beherrscht und dabei noch ziemlich schnelle Bewegungen auslösen kann. (Ein Fisch wechselt bei psychischer Erregung sofort zusehends die Farbe.)

---

16) Solger, Zur Struktur der Pigmentzelle, Zool. Anz., 1889.
17) Nachtrag zu dem Artikel „Zur Struktur der Pigmentzelle". Zool. Anz. 1890.

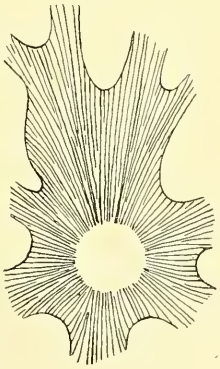
© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Und hieran wird gar nichts geändert, auch wenn ich der feinen „Protoplasmastrahlung", die von diesem Zentrum ausgeht, eine ganz andere Bedeutung zuschreibe. Diese „Protoplasmastrahlung" hat nach meinen Beobachtungen weder eine Verwandtschaft mit sonstigen radiärstrahligen Attraktionssphären, noch hat sie mit der

Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8.

Anziehung der Pigmentkörnchen nach dem Zentrum hin direkt etwas zu tun, sie besteht vielmehr aus starren skelettartigen Stäben. Schon Solger hat sich diesem Eindruck nicht ganz entziehen können, er spricht von geradlinigen, farblosen „Fortsätzen", die in starrer Ruhe verharrten, und dem entspricht auch seine Abbildung (Fig. 2 a und b in den Mitteil. d. naturw. Ver. f. Neu-Vorpommern und Rügen 1889) sowie die Figuren, welche Zimmermann (l. c.) gibt. Es ist zwar schwierig genug, diese Stäbe bei starken Vergrößerungen (Ölimmersion) und starker Abblendung im pigmentfreien Plasma zu sehen. Aber die Beobachtung wird bedeutend erleichtert, wenn Pigmentkörnchen neben den Stäben liegen und ihren Verlauf kenntlich machen. So konnte ich die Fig. 4—8 zeichnen. Besonders wichtig erscheinen mir die Verzweigungen, welche die Stäbe hier und da erkennen lassen. Die Stäbe sind übrigens auch überall in den verästelten Fortsätzen der Pigmentzellen zu sehen, und Fig. 8 mag vielleicht eine äußerste Endverästelung darstellen.

Fig. 9.



Für die Frage nach der Bedeutung dieser Stäbe ist ferner ihre periphere sowie ihre zentrale Endigung von Interesse.

Was die periphere Endigung der Stäbe betrifft, so konnte ich diese zwar direkt nicht sehen, doch lassen sich aus der Anordnung der Körnchen, welche ja, wie in Fig. 4, 5, 8, stets die Stäbe frei lassen, wichtige Aufschlüsse über den Verlauf der Stäbe entnehmen. Da ergibt sich nun, wie die schematische Fig. 9 zeigt, dass die Stäbe ein deutliches „Bestreben" verraten, steil und womöglich senkrecht auf die Zelloberfläche zu treten. Ähnliches zeigt

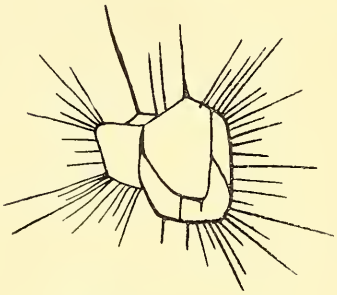
© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

übrigens auch die von Heidenhain[18]) entworfene Zeichnung einer Pigmentzelle.

Die Verzweigungen der Stäbe sowie die Endigungen steil bezw. senkrecht auf der Zelloberfläche beweisen, dass die Stäbe nicht unter einer Zugwirkung vom Zentrum aus stehen und vielmehr als Stützgebilde aufgefasst werden müssen.

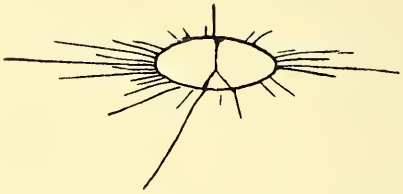
Für diese Auffassung spricht ferner die zentrale Endigung der Stäbe. Ich selbst kam bei der Untersuchung derselben am lebensfrischen Material zwar nicht allzuweit. Ich kann nur sagen, dass meistens (nicht immer!) eine sehr kleine zentrale Partie der Pigmentzelle pigmentfrei bleibt, dass dieser pigmentfreie Bezirk oft nicht kreisförmig, sondern polygonal begrenzt ist, und dass hier und da auch eine Reihe von Pigmentkörnchen quer über die zentrale, ungefärbte Partie hinwegging. Diese Beobachtungen stehen durchaus im Einklang mit jenen, welche Zimmermann (l. c.) mittels diffiziler Färbemethoden am Zentrum

Fig. 10.



Nach Zimmermann.

Fig. 11.



Nach Zimmermann.

der Pigmentzellen machte. Zimmermann färbte bei *Blennius trigloidea* die Stäbe, die „Archiplasmastrahlen", wie er sie nennt, und konstatiert dabei, dass sie im Zentrum nicht mehr radiär angeordnet sind, sondern ein äußerst mannigfaltig gestaltetes Netz bilden. Auf den äußersten Fäden dieses Netzes stehen die Plasmastrahlen steil oder meistens senkrecht In meiner Ausdrucksweise heisst das, die Stäbe bilden im Zentrum ein fachwerkartiges Gerüst, welches seinerseits die radiären Stäbe trägt. Ich erlaube mir hier zur Verdeutlichung des Gesagten zwei von den schönen Abbildungen Zimmermann's durch einfache Federstrichzeichnungen vergrößert wiederzugeben, Fig. 10 u. 11. Es erinnern diese Gerüststrukturen entschieden an jene, die namentlich neuerdings von Val. Haecker bei Acantharien beschrieben wurden, wo auch vielfach

18) M. Heidenhain, Plasma und Zelle I, S. 221, Jena 1907 (zugleich 14. Lief. d. Handb. d. Anat. d. Menschen, herausgeg. von K. v. Bardeleben).

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

radiäre Pfeiler, die die Plasmahaut stützen, auf einer gittrigen Skelettschale senkrecht stehen.

So glaube ich denn auch allen Grund zu haben, in beiden Fällen — Chromatophoren und Acantharien — eine ähnliche Funktion anzunehmen, und meine also, die Pigmentzelle birgt in sich ein aus Stäbchen bestehendes Skelett, dessen Zentrum mit dem dynamischen Zentrum der Pigmentattraktion zusammenfällt.

Die Frage ist wohl nicht allzu schwer zu beantworten, warum die Pigmentzelle ein solches Skelett enthält. In der Pigmentzelle finden viel regere intrazelluläre Verlagerungen statt als in irgendeiner anderen Zelle, und die Ausbildung eines, die Erhaltung der Form der ganzen Zelle gewährleistenden Skelettes wurde damit zur Notwendigkeit. Zugleich haben die Stäbe diejenige Anordnung, welche am allerbesten die bald zentral, bald peripher gerichteten Verschiebungen der Pigmentkörnchen ermöglicht.

Es wäre, wie ich beiläufig bemerken möchte, interessant, wenn sich ein ähnliches Skelett in den ektodermalen Pigmentzellen des Retinaepithels nachweisen ließe.

Hier finde ich wohl auch am ehesten Platz für eine kurze Erörterung der Frage, ob den Pigmentzellen eine aktive, amöboide, kriechende Beweglichkeit eigen sein mag.

Wenn dies von Verworn, Kennel, Wilson (l. c., s. o.) angegeben wird, so glaube ich, diese Forscher standen noch unter dem Eindrucke der älteren Annahme, dass alle Pigmentverschiebungen auf amöboiden Bewegungen der Zellen beruhen. Im Gegensatz dazu macht mir die Pigmentzelle als Ganzes mit ihrem Stäbeskelett einen recht starren Eindruck. Es ist indessen nicht ganz unmöglich, dass die Stäbe nur aus einer „relativ festen“ Substanz bestehen, und dass dennoch gewisse Bewegungen nach Art eines Kriechens vorkommen. Ich möchte bemerken, dass ich einmal gesehen habe, wie während der Beobachtungsdauer in einer Pigmentzelle zwei deutlich ohne Kunstgriffe sichtbare Kerne einander etwas näher rückten, wobei sie gleichzeitig sich etwas zu verkleinern schienen. Ich möchte daher auch eine aktive Beweglichkeit und ein Formveränderungsvermögen der ganzen Zelle nicht völlig in Abrede stellen, wie wohl auch ähnliches an den weitverästelten Ganglienzellen beobachtet wurde. Jedoch habe ich niemals ein Kriechen der Pigmentzellen wirklich gesehen, und in allzu ausgedehntem Maße kann es sicher nicht stattfinden, da die Anordnung der Pigmentierung bei den verschiedenen Fischlarven das beste spezifische Charakteristikum für die Systematik abgibt[19]). (Schluss folgt.)

19) Ähnliches gilt auch für Krustazeen, bei welchen übrigens gleichfalls die Pigmentverschiebungen intrazellular sind. Vgl. Keeble, Fr. und Gamble, F. W.: The Colour-Physiology of higher crustacea. Philos. Transact. Roy. Soc. London, Ser. B, vol. 196, 1904.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologisches Zentralblatt

Jahr/Year: 1908

Band/Volume: 28

Autor(en)/Author(s): Franz Viktor

Artikel/Article: Die Struktur der Pigmentzelle. 535-543