finden wir bei den empirischen Kurven wieder. Dieses Schema hat natürlich nur einen demonstrierenden Zweck. Die angenommene Proportionalität zwischen Temperatur und Wachstum findet in Wirklichkeit bekanntlich nicht statt, da bei Überschreitung des Optimums die Intensität des Wachstums mit erhöhter Temperatur wieder abnimmt. Die gegebene Beschränkung rechtfertigt aber die gemachte Annahme. Schließlich seien die Werte der konstanten $\varkappa$, die man passend vielleicht „spezifische Wachstumsgeschwindigkeit" nennen könnte, zusammengestellt. Als Zeiteinheit ist 1 Tag angenommen. Diese Werte sind:

Fritillaria: $\varkappa = 0{,}00108$,
Dahlia: $\varkappa = 0{,}00156$,
Vicia Faba: $\varkappa = 0{,}0128$.

Der Vergleich der drei Werte zeigt, dass die „spezifische Wachstumsgeschwindigkeit" der Wurzel von *Vicia Faba* etwa achtmal größer als die des Stengels von *Dahlia* und etwa zwölfmal größer als die des Stengels von *Fritillaria* ist.

Tafelerklärung.

Taf. I. Die punktierten Kurven stellen die theoretischen dar.

Fig. 1. *Dahlia variabilis.* Kurve der x-Werte. *l* die Anfangslänge. Die Ordinaten veranschaulichen die in den bezüglichen Zeiten erreichten Längen des Stengels.

Fig. 2. Zuwachskurve derselben Pflanze.

Fig. 3. *Vicia Faba.* Kurve der x-Werte. Die Ordinaten sind die in den folgenden Tagen erreichten Längen eines anfänglich 1 mm langen Stückes nahe dem Vegetationspunkt.

Fig. 4. *Vicia Faba.* Zuwachskurve derselben Pflanze.

Fig. 5. *Fritillaria imperialis.* Zuwachskurve. Der letzte Zuwachs, für 15 Stunden gemessen, ist in der Berechnung nicht berücksichtigt.

Taf. II. Schematische Zuwachskurve, die die Abhängigkeit der Zuwachse von der Temperatur veranschaulichen soll. Sie wurde erhalten aus der Formel:

$$x = \frac{L \cdot l \cdot e^{L\varkappa t}}{L - l + e^{L\varkappa t}},$$

wo $L = Lo + b \cdot (\vartheta - \vartheta o) = f(\vartheta)$ sein soll. Die Temperaturschwankungen sollen sich in engen Grenzen zwischen Minimum und Optimum bewegen. Die Abhängigkeit ist eine vollständige innerhalb der Zone des Maximums der Zuwachse, jedoch nicht zu Anfang und gegen das Ende der Periode.

Beitrag zur Kenntnis des Ependyms im Fischgehirn.

Von Dr. V. Franz. Frankfurt a./M.
(Aus dem Neurologischen Institut zu Frankfurt a./M.)

Nach allem, was wir bisher vom Ependym des Gehirns und Rückenmarks wissen, besteht dieses den Ventrikel auskleidende Epithel aus Zellen von einerlei Art, nämlich aus Stützzellen, welche mit ihren peripheren Fortsätzen die ganze Gehirn- bezw.

Rückenmarkmasse durchsetzen und erst an deren äußerer Fläche endigen. Die apikale Endfläche dieser wohlbekannten Ependymzellen lässt meist einen Cilienbesatz erkennen (wobei zu jeder Cilie ein Basalkörperchen gehört), auch zeigen sich hier oft Sekretionserscheinungen, indem namentlich mitunter ein der Zelle aufsitzender Sekrettropfen beobachtet wird. Die näheren Verhältnisse, wie sie sich bei ausgewachsenen Tieren verschiedener Art sowie bei Embryonen darstellen, sind besonders in Cajal's Handbuch sowie in Studnicka's „Untersuchungen über den Bau des Ependyms der nervösen Zentralorgane" genau dargestellt.

Während also das Ependym des eigentlichen Gehirns aus Zellen lediglich von dieser Art besteht, sind in Ausstülpungen des Gehirns gegen die Körperperipherie hin außerdem auch Sinneszellen vorhanden, welche also den ursprünglichen Hirnventrikel auskleiden. Da sind ja in erster Linie die Sehzellen des Auges zu nennen, sodann das Scheitelauge der Saurier, welches nach Nowikoff augenscheinlich ein heute noch funktionierendes Lichtsinnesorgan darstellt; ferner scheint es mir nach Studnicka's Angaben (in: „Parietalorgane"), dass wir nicht nur bei den großen Parietalorganen der Cyclostomen mit Sinnesorganen zu rechnen haben, sondern auch bei der meist viel kleineren Epiphysis der übrigen Fische, welche ja stets deutlich innerviert ist und allem Anschein nach in der Auskleidung ihres Lumens Zellen trägt, die sich durch einen zentral gerichteten Fortsatz und vor allem durch ihre rückwärtige Verlängerung in eine Nervenfaser als Sinneszellen erweisen. Noch deutlicher ist neuerdings nachgewiesen, dass der Saccus vasculosus der Fische, jene bekannte ventrale, unpaare, epitheliale Ausstülpung des Hypothalamus, ein Sinnesorgan darstellt. Hier wären die Studien von Boeke und Johnston zu erwähnen, in welchen der alten Ansicht, der Saccus vasculosus sei ein Drüsengebilde, im Hinblick auf den von den Autoren gefundenen Härchenbesatz und die Innervierung des Organs durch den Edinger'schen Tractus sacci vasculosi entgegengetreten wird, vor allem aber die ausführliche Arbeit von Dammerman, in welcher diese Saccus-Zellen genauer beschrieben werden als „Krönchenzellen", wie der Autor sie nennt, d. h. als Zellen, deren apikales, in den Ventrikelraum hineinragendes Ende eine Anzahl geknöpfter Härchen, die von Basalkörperchen ausgehen und büschelförmig oder körnchenförmig auseinanderstehen, trägt. Dammerman kommt auch durch vergleichende Untersuchung des Organs bei den verschiedenen Fischarten unter Berücksichtigung der biologischen Verhältnisse zu einer bestimmteren Vermutung über die Funktion des Sinnesorgans: es handle sich um ein „Tiefeorgan", in welchem die hydrostatischen Druckunterschiede des den Fisch umgebenden Wassers durch Vermittlung der ausgiebigen Vaskularisation zur Rezeption gelangen.

Im Ventrikel des eigentlichen Zentralnervensystems (Gehirn und Rückenmark) sind Sinneszellen oder etwas ähnliches noch nie beschrieben worden, ausgenommen bei *Amphioxus*. Bei diesem Tiere allerdings gibt es nicht nur die von Hesse beschriebenen zweizelligen Sehorgane, sondern es sind auch Epithelzellen mit Härchenbesatz von Edinger und in etwas anderer Weise von Boeke beschrieben worden, bei denen eine gewisse Sinnesfunktion mindestens sehr wahrscheinlich ist.

Bei den ausschließlich histologischen Beobachtungen, die ich im folgenden mitteilen will, will ich zunächst an die Befunde von Dammerman anknüpfen. Fig. 1 zeigt ein Stück der Wand des Saccus vasculosus der Forelle, worin *a* aufs deutlichste die Krönchenzellen zeigt, wie sie sich bei Golgi-Imprägnierung dar-

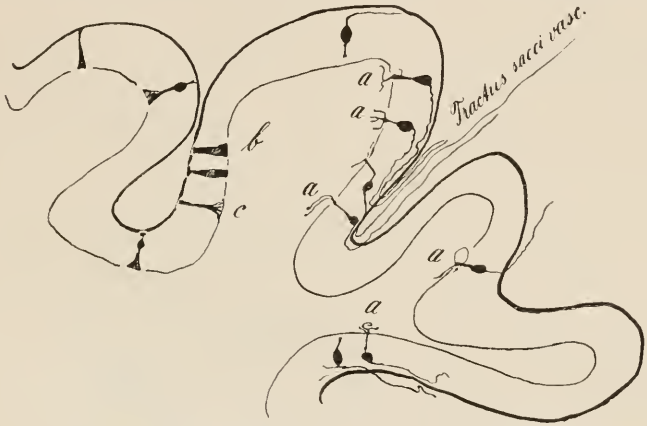


Fig. 1. Saccus vasculosus der Forelle, Stück aus der Wandung. Golgi-Imprägnierung.

stellen; man sieht die Endigungen in Form geknöpfter Härchen und die Nervenfasern, welche von den Basalenden dieser Zellen ausgehen und den Tractus sacci vasculosi ergeben. Der Befund stimmt vollkommen mit demjenigen Dammerman's überein, nur habe ich noch hinzuzufügen, dass sich außer diesen offenbaren Sinneszellen auch einfache Stützzellen von etwas verschiedener Form in der Saccus-Wand finden. Sie sind zum Teil von etwas breiter Gestalt (Fig. 1 *b*), zum Teil von dünner stäbchenförmiger, in welchem Falle dann der Zellkern öfter ganz nahe am Ventrikel in der trompetenartigen Verbreiterung der Zelle liegt (Fig. 1 *c*); das äußere Ende der Zelle kann übrigens auch eine kleine T-förmige Verbreiterung zeigen (Fig. 1 *d*). Wir haben also in der Saccus-Wand zwei Arten von Zellen, erstens Stützzellen, zweitens Sinneszellen, was ich hier hervorheben möchte, weil wir nicht ganz Unähnliches im eigentlichen Gehirnventrikel, speziell im Ventrikel des Thalamus alsbald wiederfinden werden.

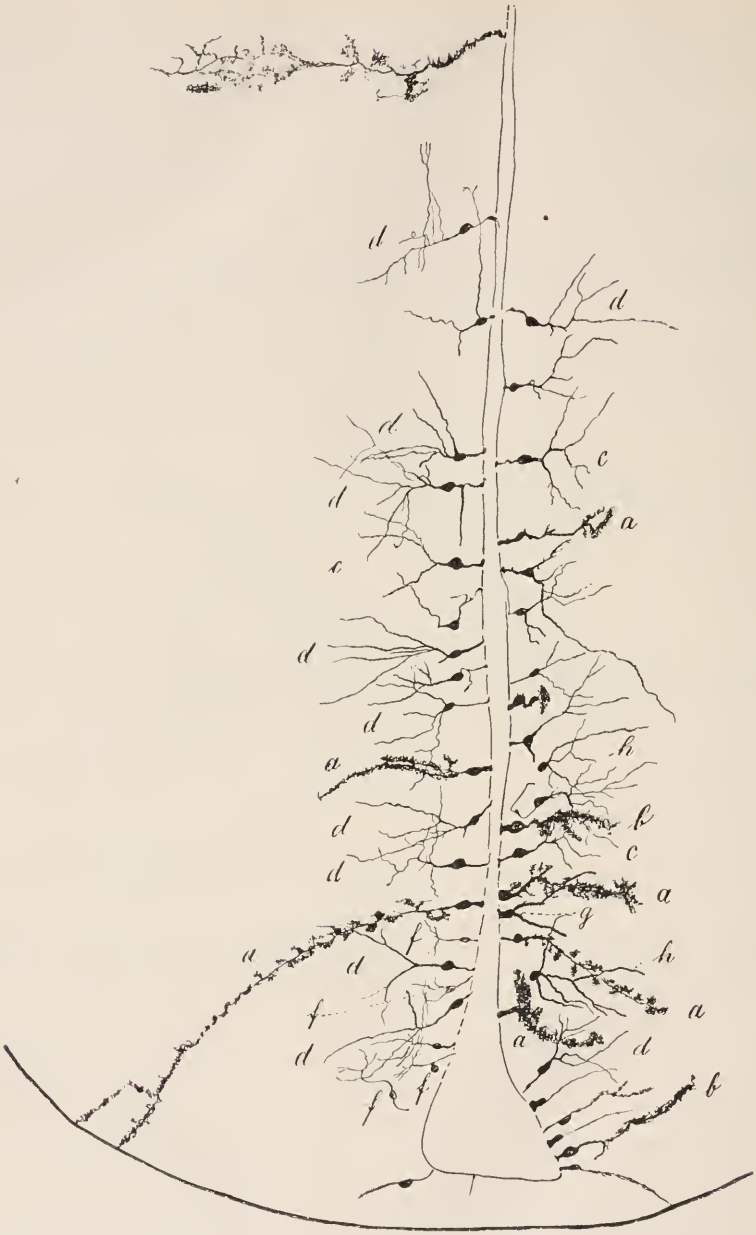


Fig. 2. Ependymzellen am Ventrikelspalt des Thalamus vom Goldfisch. Golgi-Imprägnierung.

Fig. 2 stellt einen Frontalschnitt durch das Gehirn eines Goldfisches dar, behandelt nach der Golgi'schen Methode; die Gegend, um die es sich handelt, ist der schmale Ventrikelspalt des Thalamus.

Auf den ersten Blick dürfte auffallen, dass die den Ventrikel auskleidenden Epithelzellen hier nicht von einerlei Art sind. Zunächst sieht man Zellen, welche in bekannter Art die ganze Gehirnmasse durchsetzen oder wenigstens eine Strecke weit ins Gehirn hinein zu verfolgen sind und hierbei deutlich die moosförmigen Verästelungen, wie sie bei den Ependymzellen der ausgewachsenen Tiere nicht selten sind, zeigen (Fig. 2 *a*, *b*). Daneben aber sind in großer Zahl Zellen vorhanden, deren peripheres Ende ganz anders gestaltet ist. Vom kernhaltigen Zelleibe geht ein, seltener zwei dünne Fortsätze aus, um sich in bald stärkerem, bald schwächerem Grade dendritenartig zu verästeln (Fig. 2 *c*—*f*). Ich glaube, dass hier eine vollständig neue Zellenart vorliegt, denn noch niemand hat einen derartigen Verästelungsmodus bei Zellen des Ependyms jemals gesehen. Da die Art der Verästelung durchaus an die bei Ganglienzellen vorkommenden Verhältnisse erinnert (besonders wohl an Ganglienzellen der Retina), so will ich diese Zellen hier der Einfachheit halber „Neuroependymzellen“ nennen, womit jedoch höchstens angedeutet, keineswegs aber behauptet sein soll, dass sie vielleicht eine gewisse Sinnesfunktion zu verrichten haben, also Reize mit ihrem ventrikulären Ende aufnehmen und durch die rückwärtigen dendritenartigen Verästelungen an anderweitige Zelldendriten des Gehirns weitergehen könnten. Jedenfalls verdient von diesem Gesichtspunkte aus sowie an und für sich auch die zentrale Endigungsweise der Zellen nähere Beachtung. Schon unter den offenbaren Stützzellen finden sich außer solchen mit zylindrischer Endigung (Fig. 2 *a*) auch solche mit stempel- oder T-förmiger (Fig. 2 *b*); und von den Zellen mit peripherer dendritenartiger Verästelung haben einige gleichfalls diese stempel- oder T-förmige Endigung (Fig. 2 *c*), häufiger jedoch ist ihr zentraler Teil fadenförmig und lässt an seinem äußersten Ende oft ein feines Knöpfchen, nicht selten dann auch noch ein von diesem ausgehendes, in den Ventrikel hineinragendes, dünnes und sehr kurzes Fädchen erkennen (Fig. 2 *d*). Es ist jedoch nicht meine Absicht, all die verschiedenen Zellformen, die sich gelegentlich finden und sich bei weiterer Suche gewiss noch vermehren ließen und durch Übergänge miteinander in Verbindung stehen, hier aufzuführen. Erwähnt seien nur noch einige Besonderheiten, z. B. Zellen mit zwei zentralen Enden, von denen jedoch nur eins bis an die Oberfläche reicht (Fig. 2 *e*), ferner ein besonders kleiner Typ von Zellen (Fig. 2 *f*), wo die Verästelung pinienförmig genannt werden kann und der Zellkern der übrigen Zelle mitunter seitwärts ansitzt.

Das wichtigste ist, dass wir es mit zwei ziemlich deutlichen, durch Übergänge jedoch untereinander verbundenen Zellarten zu tun haben. Zu denjenigen Zellen, welche man als Übergangsformen betrachten möchte, würde ich z. B. auch Fig. 2 *g* rechnen, welche

zwar eine kräftige Verästelung aufweist, hierbei jedoch in allen ihren Zweigen einen starren und etwas moosartigen Habitus behält, wodurch sie an die gewöhnlichen Stützzellen erinnert. Schwer ist auch zu entscheiden, ob die Zellen mit T-förmiger Endigung (Fig. 2 *b* und *c*) der Kategorie der Stützzellen oder derjenigen der „Neuroependymzellen" zuzurechnen seien, vielleicht gehören sie funktionell zum Teil dieser, zum Teil jener Kategorie an, wie ja auch die peripheren Endigungsweisen bei ihnen ganz verschiedene sind. Es bleibt eben dabei, dass wir zwischen den Extremen Übergänge finden, dennoch sind die Extreme sehr markant.

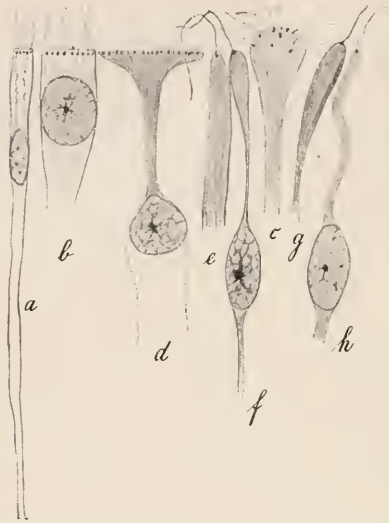


Fig. 3. Ependymzellen des Thalamusventrikels beim Karpfen. Fixierung in Gilson's Gemisch, Färbung mit Eisenhämatoxylin nach Heidenhain.

Hinweisen möchte ich auch auf einige Zellen ohne zentralen Fortsatz, bei denen der Zellkern etwas tiefer in der Gehirnmasse liegt als bei den Epithelzellen, und die wir nach der Verästelungsweise ihrer Dendriten ungezwungen Amakrinen nennen können (Fig. 2 *h*) und die vielleicht als Assoziationszellen zwischen den Neuroependymzellen in Betracht kämen.

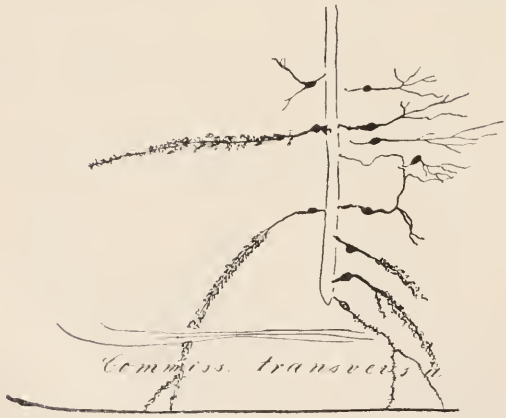


Fig. 4. Dasselbe wie Fig. 2, von der Forelle.

So stellen sich die Befunde mit der Golgi'schen Methode dar; in zahlreichen nach Bielschowsky und Cajal behandelten Silberpräparaten sind diese Zellen nicht hinreichend stark imprägniert, um deutliche Bilder zu geben, wohl aber möchte ich noch auf Aussehen dieser Zellen in Präparaten zu sprechen kommen, die das mit Gilson'schem Sublimatgemisch fixiert und nach Heidenhain gefärbt waren. Wie Fig. 3 zeigt, sind hier wiederum die verschiedenen Typen der Zellen zu erkennen, begreiflicherweise nur die

zentralen Endigungen, da die peripheren Enden bei den Stützzellen wegen ihrer Länge aus dem Präparat herausfallen und übrigens färberisch mit der Heidenhain'schen Methode nur sehr unvollkommen dargestellt werden, bei den „Neuroependymzellen" aber gleich allen ganglionären Dendriten wahrscheinlich überhaupt nicht gefärbt werden. *a* und *b* zeigt Stützzellen von durchaus bekannter Beschaffenheit — auch die feinen Fibrillen in ihnen beschreibt schon Studnicka —, *c* ist wahrscheinlich eine solche Zelle, die sich gerade anschickt, einen Sekrettropfen von sich zu geben, *d* ist eine wunderschöne stempelförmige Zelle, der man nach ihrer Endigungsweise wohl kaum eine andere Funktion als *a* und *b* zuschreiben möchte, *e*, *f*, *g* und *h* aber sind wahrscheinlich Neuroependymzellen; meist, aber nicht immer, konnte ich an ihnen eine ziemlich lange

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

Fig. 5. Forelle. Ependymzellen im Hypothalamus.
Fig. 6. Dasselbe.
Fig. 7. Ependymzelle im Hypothalamus des Goldfisches.
Fig. 8. Dasselbe, dicht am Eingang in der Saccus vasculosus.

Cilie nachweisen, die in manchen Fällen von einem Basalkörperchen auszugehen schien. Man sieht also, dass man auch bei den „gewöhnlichen", nicht-elektiven Färbemethoden hier Zellen von mehr als einerlei Art nachweisen kann. — Eigentümlich, aber für mich nicht erklärbar ist die Tatsache, dass sich in den Golgi-Präparaten fast nirgends die sonst leicht nachweisbaren Cilien der Zellen imprägniert hatten.

Bei der Forelle fanden sich, wie Fig. 4 zeigt, ganz ähnliche Verhältnisse wie beim Goldfisch, doch ist zweifellos, dass die Zellen bei dieser Art durchgehends von etwas schlankerem und eleganterem Habitus sind, wie sich bei Durchsicht aller Präparate immer aufs neue zeigte.

Natürlich habe ich mich gefragt, ob nicht auch an anderen Stellen als gerade hier am Thalamusventrikel ähnliche Neuroependymzellen nachweisbar sein würden, ich habe aber in fast allen übrigen Teilen des Gehirns und Rückenmarks sonst nur noch die

allbekannten Verhältnisse angetroffen. Ausgenommen hier und da im mächtig entwickelten Hypothalamus der Fische. Sowohl im Seitenventrikel, als auch im Mittelventrikel des Hypothalamus fanden sich, wie Fig. 5, 6 und 7 zeigen, mancherlei Ependymzellen, welche den gewöhnlichen Stützzellencharakter durchaus nicht zur Schau tragen, jedoch auch längst nicht immer den vollendet ausgebildeten „Neuroependymzellen" gleichen. Ganz nahe am Eingang am Saccus vasculosus fanden sich sogar Zellen von ausgesprochener Stützzellennatur (Fig. 8). — Erwähnen möchte ich noch, dass das epitheliale Zwischenhirndach, welches in der Gegend der Commissura posterior und Commissura habenularis aus hohen Zylinderepithelzellen besteht, nach meinen Beobachtungen keine Sinneszellen enthält, sondern nur Stützzellen ähnlich denen, die oben für den Saccus vasculosus beschrieben wurden. Dasselbe gilt von der Wandung des hohlen Epiphysenstils.

Da nicht ganz sicher ist, ob wir es bei dem neuen Zellentyp überhaupt wirklich mit Sinneszellen zu tun haben, so hat es wenig Wert zu diskutieren, welche Reizart für diese Zellen in Betracht kommen könnte, ob z. B. hydrostatische oder hydrodynamische Druckreize oder aber Lichtreize. Hinweisen möchte ich aber doch auf die Untersuchung von v. Frisch, welcher in der Epiphyse der Fische ein für den Farbwechsel bedeutungsvolles Organ erkannt hat, jedoch hervorhebt, dass auch noch andere in der Nähe der Epiphyse liegende Gehirnteile als lichtperzipierende und für den Farbwechsel bedeutungsvolle Teile aufgefasst werden müssen. Ihm kommt es nach seinen sehr genauen Untersuchungen am wahrscheinlichsten vor, „dass sich in der Zwischenhirngegend, wohl zwischen den Epithelzellen des Ventrikels und seiner Ausstülpungen, lichtperzipierende Zellen befinden, von denen Nervenfasern in die Tiefe des Gehirns ziehen" ... „sie können nicht auf das Pinealorgan allein beschränkt sein".

Die von mir aufgewiesenen Zellen eines neuen Typs, welche ja gerade im Zwischenhirnventrikel liegen, und die ich vorläufig „Neuroependymzellen" nenne, könnten vielleicht mit den von v. Frisch postulierten identisch sein.

Literatur.

Boeke, J., Die Bedeutung des Infundibulums in der Entwickelung der Knochenfische. Anat. Anz., Bd. 20, 1901.

— Das Infundibularorgan im Gehirne des *Amphioxus*. Anat. Anz., Bd. 32, 1908.

Cajal, R. y, Histologie du système nerveux de l'homme et des vertébrés. Ed. franç. Paris 1909/11.

Dammerman, K. W., Der Saccus vasculosus der Fische ein Tiefeorgan. Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 96, 1910.

Edinger, L., Einiges vom „Gehirn" des *Amphioxus*. Anat. Anz., Bd. 28, 1906.

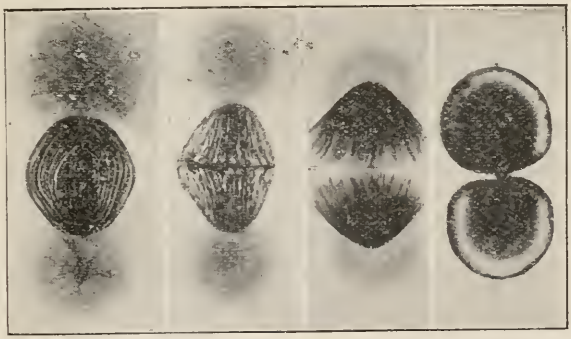
v. Frisch, K., Beiträge zur Physiologie der Pigmentzellen in der Fischhaut. Pflüg. Archiv, Bd. 138, 1911.

Hesse, R., Untersuchungen über die Organe der Lichtempfindung bei niederen Tieren. IV. Die Sehorgane des *Amphioxus*. Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 63, 1898.
Johnston, The brain of Acipenser. A contribution to the morphology of the vertebrate brain. Zool. Jahrb. Abt. f. Anat., Bd. 40, 1902.
Nowikoff, M., Untersuchungen über den Bau, die Entwickelung und die Bedeutung des Parietalauges von Sauriern. Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. 96, 1910.
Studnicka, F. K, Untersuchungen über den Bau des Ependyms der nervösen Zentralorgane. Anat. Hefte, Heft 48, 1900.
— Die Parietalorgane. In Oppel's Lehrbuch der vergleichenden mikroskopischen Anatomie der Wirbeltiere. Jena 1905.

St. Leduc. Das Leben in seinem physikalisch-chemischen Zusammenhang.

Übersetzt von Gradenwitz. Halle a. S., Hofstetter's Verlag, 1912. 232 S. mit 71 Abb. im Text u. einer Tafel. Brosch. 5, geb. 6 Mk.

Ein Hinweis auf das vorliegende Buch dürfte wohl am Platze sein, weniger des etwas phantastischen Inhalts wegen als um die Aufmerksamkeit auf die teilweise sehr eleganten Experimente zu lenken. Dem Verf. ist es gelungen, durch Diffusion und Osmose merkwürdige Figuren und Formen zu erzielen, die teilweise auffallend an Organismen oder deren Teile erinnern. Es werden Versuche



Vier aufeinanderfolgende Stadien der künstlichen Zellteilung (durch Diffusion).

vorgeführt und durch Photographien veranschaulicht, die zur Entstehung von pflanzenzellenartigen Gebilden, von kernteilungsähnlichen[1]), an Pilze, Seetiere u. dgl. erinnernden Formen führen. Diese Modelle wachsen, teilen und bewegen sich, kurz „sie besitzen nicht nur Struktur und äußere Form einer großen Anzahl von Lebewesen, sondern auch die hauptsächlichsten Funktionen des Lebens". Leider sind die Rezepte zur Wiederholung der Versuche, wo überhaupt, sehr knapp gegeben. Sie wären den meisten Lesern wohl lieber als der vorliegende Text, der sich aus elementaren physikalisch-chemischen Darlegungen, Zitaten aus anderen Autoren und Versicherungen der Bedeutung einer neuen Wissenschaft, der „synthetischen Biologie" zusammensetzt. **Ernst G. Pringsheim (Halle).**

1) Siehe Figur.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologisches Zentralblatt

Jahr/Year: 1912

Band/Volume: 32

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

Artikel/Article: Beitrag zur Kenntnis des Ependyms im Fischgehirn. 375-383