

Zeitschrift: Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft =
Bulletin de la Société Entomologique Suisse = Journal of the Swiss
Entomological Society

Herausgeber: Schweizerische Entomologische Gesellschaft

Band: 33 (1960-1961)

Heft: 4

Artikel: Über die Kristallkegel in den Komplexaugen der Honigbiene (*Apis
mellifica* L.)

Autor: Fyg, W.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-401390>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 06.02.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Über die Kristallkegel in den Komplexaugen der Honigbiene (*Apis mellifica* L.)

von

W. FYG

Bienenabteilung der Eidg. milchwirtschaftlichen Versuchsanstalt Liebefeld - Bern

In den euconen Komplex- oder Fazettenaugen der Honigbiene besitzt jedes einzelne Ommatidium (Abb. 1 und Abb. 2) am distalen Ende einen dioptrischen Apparat, welcher aus einer leicht bikonvexen Linse (Cornea, L) und einem Kristallkegel (K) besteht. Dieser konische Kristallkörper wird intrazellulär von vier Kristallzellen (Kz), den sogenannten SEMPER'schen Zellen ausgeschieden und setzt sich dementsprechend aus ebenso vielen Segmenten zusammen. Er liegt mit seiner Basis der Innenseite der Linse an und berührt mit der Spitze das axiale Rhabdom (Rh) der rosettenförmig angeordneten Retinula- oder Sehzellen (Sz), die bis zur Basalmembran (Bm) des Auges reichen und durch Nervenfasern (N) mit den primären Sehzentren der Lobi optici in Verbindung stehen. Kristallkegel und Sehzellen werden mantelartig von Pigmentzellen (Hpz, Npz, Rpz) umhüllt, welche gemeinsam die optische Isolierung der Augenkeile besorgen. Alle diese Bauelemente der Ommatidien sind Abkömmlinge des Ektoderms. Nach den Untersuchungen von PHILLIPS (1905) gehen sie während der Ontogenese aus den Augenimaginalscheiben hervor, die als Epidermisverdickungen bereits im Embryo über den Sehlappen des Cerebralganglions unmittelbar hinter den Antennenanlagen nachzuweisen sind (NELSON, 1915). Die gestaltliche Differenzierung der Augenkeile beginnt mit der Metamorphose und kommt in der zweiten Hälfte der Puppenperiode zum Abschluss.

Die Linsen, die eine lamellöse Struktur erkennen lassen, sind cuticulare Bildungen und bestehen aus Chitin. Über den stofflichen Aufbau der Kristallkegel war bis jetzt offenbar nichts bekannt. Das dürfte übrigens nicht nur für die Honigbiene, sondern für alle Insekten mit euconen oder pseudoconen Komplexaugen gelten. Jedenfalls findet man in der Fachliteratur darüber keine nähern Angaben. Es wird lediglich auf die verschiedene Entwicklungsweise und Beschaffenheit der Kristallkegel hingewiesen (BERLESE, 1909; JORDAN, 1929; WEBER, 1933,

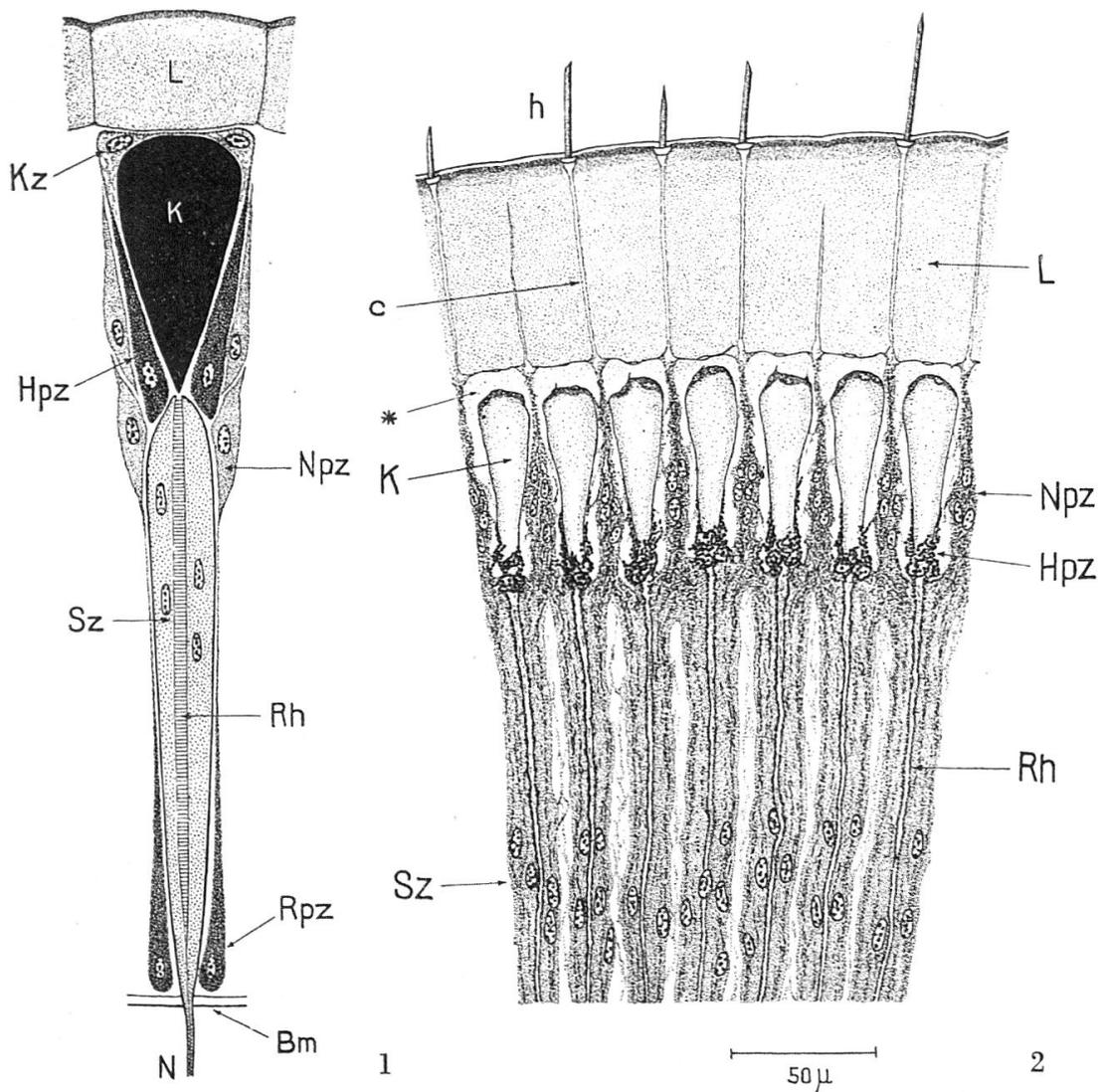


Abb. 1 und 2. — Bau eines euconen Ommatidiums (schematisch). — 2. Ausschnitt aus dem Komplexauge einer adulten Drohne.

* Der Hohlraum zwischen den Linsen und den Kristallkegeln ist auf eine Schrumpfung des Objektes während der Einbettung zurückzuführen.

Zeichenerklärung zu den Abb. 1-11

a :	Ausläufer der Sehzellen	L. gl :	Lamina ganglionaris (primäres Sehzentrum)
Bm :	Basalmembran	L. opt :	Lobus opticus
c :	Haarkanäle	N :	Nervenfortsatz
F :	zerfallende Fettkörperzellen	Npz :	Nebenzellen
h :	Haare	Pz :	Pigmentzellen
H :	pupales Blutkörperchen (Hämocyt)	Re :	Retinalu (Sehzellen)
Hpz :	Hauptpigmentzellen	Rh :	Rhabdom
K :	Kristallkegel	Rpz :	Retinapigmentzellen
Kz :	Kristallzellen	Sn :	Sehnerven
L :	Linse	Sz :	Sehzellen
La :	Lakunen zwischen den Sehnerven	Glykogen	(in den Abb. 3 und 5-10) schwarz

1954 ; WIGGLESWORTH, 1950 ; v. BUDDENBROCK, 1952 ; DETHIER, 1953 ; SNODGRASS, 1956). Auch die Abhandlung von GOLDSMITH (1958) über das visuelle System der Honigbiene und die von LANGER (1960, 1960a) veröffentlichten Untersuchungsergebnisse über den chemischen Aufbau der Augen von *Calliphora erythrocephala* Meig. geben uns in dieser Hinsicht keinen Aufschluss. Beim Studium der Glykogenverteilung im Zentralnervensystem der Bienenkönigin stellte ich fest, dass sich die Kristallkegel der Komplexaugen in zweckdienlich fixierten und nach der Methode von BEST behandelten Schnittpräparaten stets intensiv rot färben, also stark glykogen-positiv reagieren. Diese Beobachtung veranlasste mich, die Untersuchungen auch auf die Arbeitsbienen und Drohnen und ihre Entwicklungsstadien auszudehnen, um mit Hilfe histochemischer Methoden die Frage abzuklären, ob die Kristallkegel wirklich aus Glykogen oder einem ähnlichen Polysaccharid bestehen.

Zu diesem Zwecke wurden die Vorderenden von Vorpuppen- und Puppenstadien, sowie die abgetrennten und sagittal durchschnittenen Köpfe von adulten Königinnen, Arbeitsbienen und Drohnen 6–12 Stunden in VAN LEEUWEN'S Gemisch¹ fixiert und anschliessend unmittelbar in absoluten Aethylalkohol übertragen. Diese Fixierungsflüssigkeit wurde deshalb gewählt, weil neuere Untersuchungen ergeben haben, dass sich alkoholische Pikrinsäuregemische für die topochemische und lokalisationsgetreue Glykogen-Fixation besonders gut eignen (GENDRE, 1937 ; GRAUMANN, 1958). Die Objekte wurden sodann entweder über Methylbenzoat und Benzol in Paraffin oder nach dem Verfahren von APATHY (ROMEIS, 1948) in Celloidinparaffin eingebettet. Das Aufkleben der 4–8 μ dicken Paraffinschnitte erfolgte mit Eiweissglycerin und 70 %igem Aethylalkohol, in welchem Glykogen praktisch unlöslich ist. Für die Celloidinparaffinschnitte wurde dagegen das Verfahren von RUIJTER (1931 ; ROMEIS, 1948) benützt. Aus Sicherheitsgründen schien es mir angezeigt, alle Paraffinschnitte nach der Entparaffinierung in Xylol und der Überführung in absoluten Alkohol mit einer dünnen Celloidinschicht zu überziehen, um einer Auflösung oder Verlagerung des Glykogens bei den Färbeprozessen vorzubeugen, obwohl GRAUMANN und CLAUSS (1959) diese Vorsichtsmassnahme als unnötig erachten.

Für den Glykogennachweis in den Schnittpräparaten wurden vier verschiedene, als zuverlässig geltende Methoden angewandt, nämlich :

1. die LANGHANS'sche Jodprobe mit LUGOL'scher Lösung (ROMEIS, 1948) ;
2. die Carminfärbung nach BEST (1906 ; ROMEIS, 1948 ; GOMORI, 1953) ;
3. die BAUER'sche Polysaccharidreaktion (BAUER, 1932 ; ROMEIS, 1948) ;
4. die PAS- oder Perjodsäure-Leucofuchsin-Reaktion nach HOTCHKISS (ROMEIS, 1948 ; RAUEN, 1956).

Zum differentialdiagnostischen Nachweis des Glykogens diene ausserdem der Diastasetest, welcher darauf beruht, dass das Glykogen

¹ Zusammensetzung : 1%ige Pikrinsäure in absolutem Alkohol 12 Teile ; 40%iges Formalin 2 Teile ; Chloroform 2 Teile ; Eisessig 1 Teil.

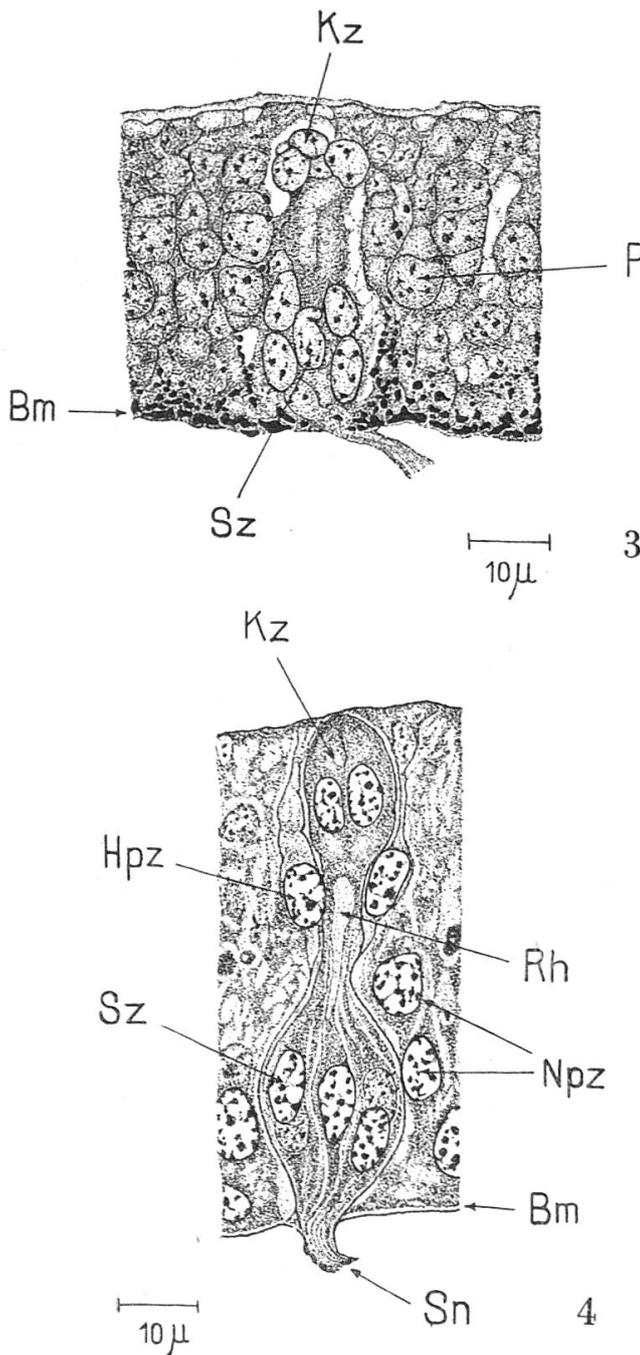


Abb. 3 und 4. — Ausschnitt aus dem Komplexauge einer eintätigen Arbeiterinnenpuppe. — 4. Ommatidium einer jungen, unpigmentierten Königinpuppe.

vor dem histochemischen Nachweis mit einem substrat-spezifischen Ferment abgebaut und aus den Kontrollschnitten herausgelöst wird (ROMEIS, 1948 ; RAUEN, 1956).

Diese histochemischen Untersuchungen ergaben folgendes: Die Kristallkegel in den Komplexaugen der Honigbiene zeigen bei allen vier erwähnten Verfahren zur Darstellung des Glykogens in Gewebeschnitten eine eindeutig positive Reaktion. Sie färben sich mit LUGOL'scher Lösung intensiv braunrot, mit der Carminlösung nach BEST leuchtend rot, bei der BAUER'schen Methode in einem etwas bläulichem Rot und nach dem Verfahren von HOTCHKISS rotviolett. Im Gegensatz zu den Kristallkegeln tingieren sich die chitinösen Linsen nicht, sondern behalten stets ihre natürliche blassgelbe Farbe. Behandelt man die Schnittpräparate vor dem Glykogen-nachweis im Brutschrank bei 37°C während 2-5 Stunden mit einer 1%igen Diastaselösung, so reagieren die Kristallkegel nicht mehr positiv. Nach dieser Vorbehandlung bleibt von ihnen nur ein hyalines Stroma übrig, bei dem es sich vermutlich um eine eiweissartige Substanz handelt.

Alle histochemischen Befunde sprechen somit dafür, dass die Kristallkegel in den Komplexaugen der Honigbiene tatsächlich aus einer protoplasmatischen Grundsubstanz und Glykogen bestehen.

Dass dieses Polysaccharid am stofflichen Aufbau der Kristallkegel sehr stark beteiligt ist, zeigen übrigens auch die histochemischen Untersuchungen an den Puppenaugen. Bei den eintägigen, noch völlig unpigmentierten Arbeiterinnenpuppen (Abb. 3) bestehen die Komplexaugen aus einem mehrschichtigen Epithel, das bereits eine gewisse Gruppierung der verschiedenen Bauelemente der Ommatidien erkennen lässt. Die Kristallzellen (Kz) liegen distal, die Sehzellen (Sz) mehr basal und seitlich von beiden differenzieren sich die Pigmentzellen (Pz). In diesem Entwicklungsstadium enthalten die Augenanlagen schon ziemlich viel Glykogen. Es findet sich in Form von kleinern und grössern Schollen vorwiegend in und dicht über der Basalmembran (Bm). Bei gleichalterigen Königinnenpuppen (Abb. 4), die sich bekanntlich rascher entwickeln, sind die Ommatidien schon bedeutend besser ausgebildet. Die Lokalisation des Glykogens, auf deren Darstellung in diesem Schnittbild verzichtet wurde, ist aber die nämliche.

Die Komplexaugen der zweitägigen Arbeiterinnenpuppen (Abb. 5) unterscheiden sich von denjenigen der eintägigen Puppen nicht nur durch die weiter fortgeschrittene histologische Differenzierung der

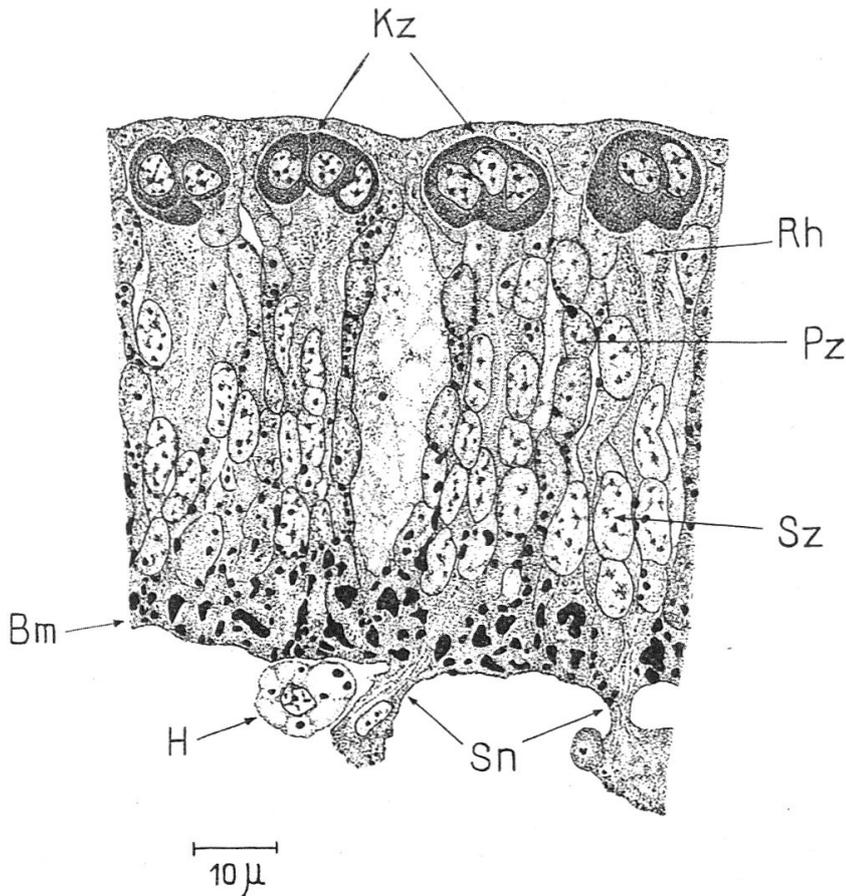
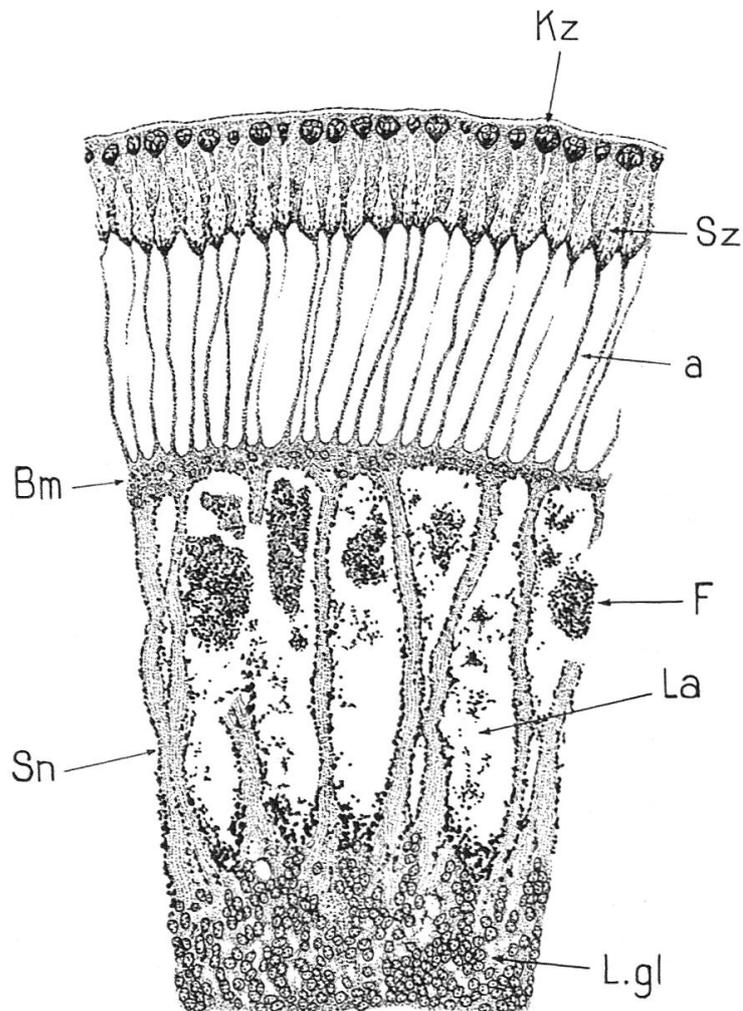


Abb. 5. — Ausschnitt aus dem Komplexauge einer zweitägigen Arbeiterinnenpuppe.

Augenkeile, sondern in der Regel auch durch einen grössern Glykogengehalt. Man gewinnt den Eindruck, dass sich das Glykogen vor allem in den säulenförmig angeordneten Pigmentzellen (Pz) von der Basis in distaler Richtung auszubreiten beginnt. Besondere Beachtung verdienen die Kristallzellen (Kz) und zwar deshalb, weil ihr Plasma schon zu dieser Zeit bei allen histochemischen Methoden zum Nachweis des Glykogens deutlich positiv reagiert.



L. opt

100 μ

Abb. 6. — Schnitt durch das Komplexauge einer zirka dreienhalb Tage alten Arbeiterinnenpuppe.

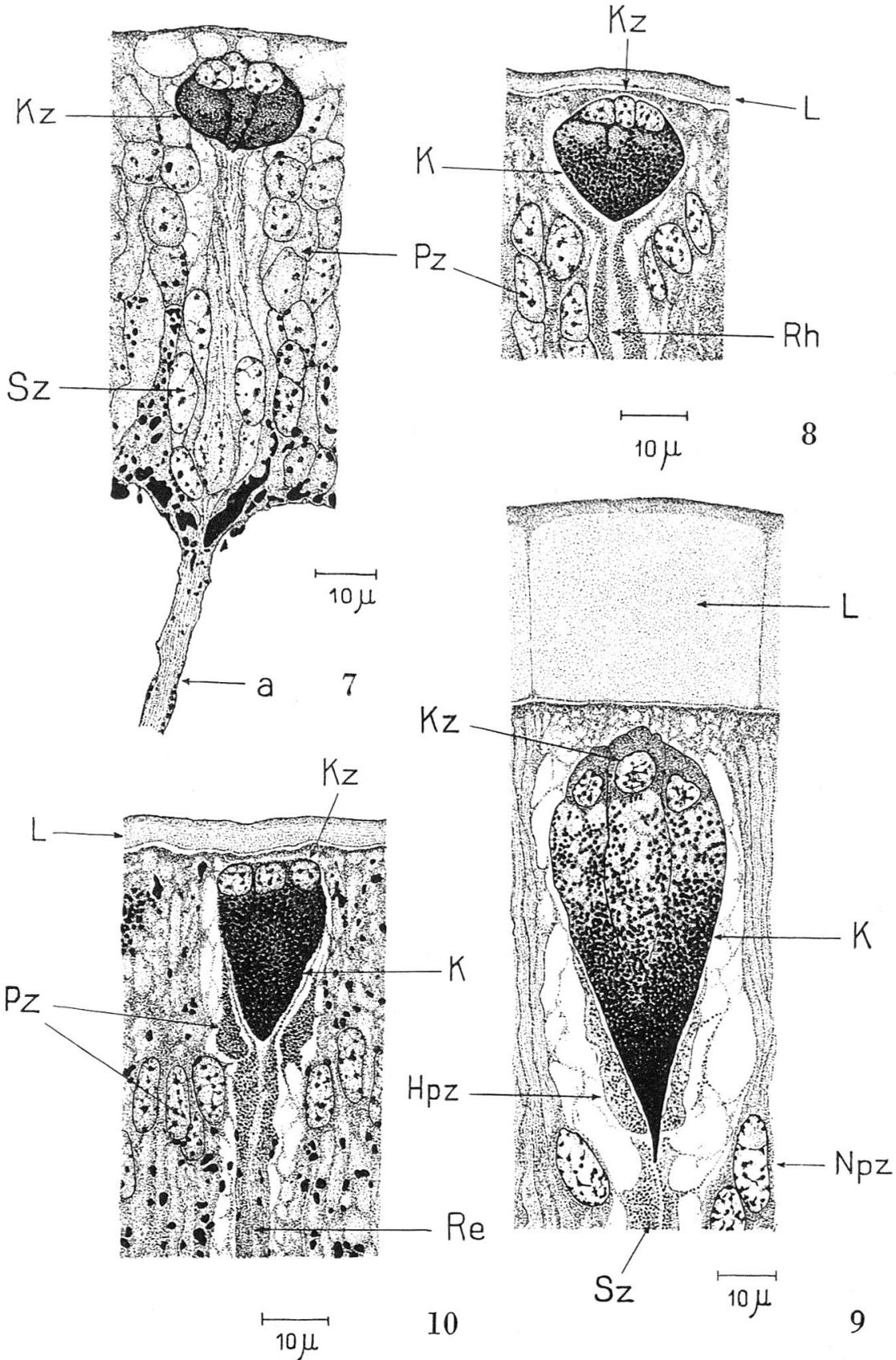


Abb. 7 bis 10. — 7. Ommatidium einer dreitätigen Arbeiterinnenpuppe. — 8. Kristallkegel einer veiertätigen Arbeiterinnenpuppe. — 9. Kristallkegel einer Drohnenpuppe. — 10. Kristallkegel einer fünftätigen Arbeiterinnenpuppe.

Bei den drei bis dreieinhalb Tage alten Puppen (Abb. 6 und Abb. 7) ist die Reaktion noch viel prägnanter. Im Cytoplasma der Kristallzellen treten zahlreiche feine, noch gleichmässig verteilte Glykogengranula auf. Ob das Polysaccharid in den lebenden Kristallzellen wirklich in dieser granulösen Form vorliegt oder ob wir es dabei lediglich mit einem Fixierungsartefakt zu tun haben, ist nicht bekannt. Immerhin halte ich das erstere für möglich, da das Glykogen in andern lebenden Geweben der Honigbiene, beispielsweise im Zwischen- und Dünndarmepithel tatsächlich in Körnchenform beobachtet werden kann.

Im Verlaufe der weitem Entwicklung werden die Kristallzellen grösser und vereinigen sich in jedem Augenkeil zu einem konischen Gebilde (Abb. 8), in dessen distaler Kalotte die Zellkerne liegen. Die Glykogengranula im Cytoplasma nehmen an Zahl und Grösse rasch zu und ballen sich im proximalen Teil der Zellkörper mehr und mehr zusammen. Die wesentlich grössern Kristallzellen der Drohnenpuppen (Abb. 9) zeigen diese an der Kegelspitze beginnende und in distaler Richtung fortschreitende Agglomeration des Glykogens ganz besonders deutlich.

Bei den fünftägigen Arbeiterinnenpuppen (Abb. 10) enthalten die Kristallzellen bereits so reichlich körniges Glykogen, dass von den Zellkörpern nur noch eine ganz schmale Plasmazone über den Kernen und eine dünne, kaum sichtbare Hülle rings um den Kegel glykogenfrei bleibt. In der zweiten Hälfte der Puppenperiode nehmen die Kristallkörper ihre definitive Gestalt an (Abb. 11). Das Glykogen verdichtet

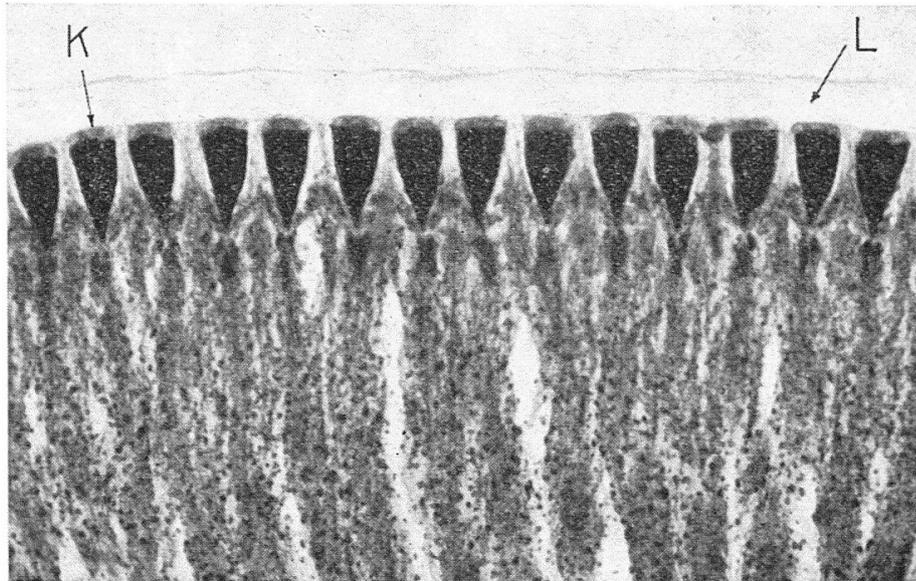


Abb. 11. — Ausschnitt aus dem Komplexauge einer siebentägigen Arbeiterinnenpuppe. Glykogenfärbung nach Best. (Mikrophot. Hättenschwiler).

sich noch mehr und bildet schliesslich mit der protoplasmatischen Grundsubstanz eine homogene Masse, wie sie den Kristallkegeln der adulten Königinnen, Arbeitsbienen und Drohnen eigen ist. Damit ist die intrazelluläre Bildung der Kristallkörper abgeschlossen.

Nach diesen Feststellungen wäre es gewiss interessant und wertvoll, den stofflichen Aufbau der Kristallkegel auch bei andern Insekten mit euconen oder pseudoconen Komplexaugen histochemisch zu untersuchen. Vielleicht gibt die vorliegende Mitteilung die Anregung dazu.

Zusammenfassung

Mit histochemischen Methoden konnte nachgewiesen werden, dass die Kristallkegel in den Komplexaugen der Honigbiene aus einer protoplasmatischen Grundsubstanz und Glykogen bestehen. Die intrazelluläre Bildung der Kristallkegel wird beschrieben.

Résumé

A l'aide de méthodes histochimiques il a pu être prouvé que les corps vitrés dans les yeux composés de l'abeille consistent en une substance basale protoplasmatique et en glycogène. On décrit la formation intracellulaire des corps vitrés.

Summary

By means of histochemical methods it could be proved that the crystalline cones in the compound eyes of the honey bee consist of a protoplasmic ground substance and glycogen. The intracellular formation of the crystalline cones is described.

LITERATURVERZEICHNIS

- BAUER, H., 1932. *Mikroskopisch-chemischer Nachweis von Glykogen und einigen andern Polysacchariden*. Z.mikr.-anat. Forsch. 33: 143-160.
- BERLESE, A., 1909. *Gli insetti*. Vol. primo. Soc. Edit. Libr. Milano.
- BEST, F., 1906. *Über Karminfärbung des Glykogens und der Kerne*. Z.wiss. Mikr. 23 (3): 319-322.
- v. BUDDENBROCK, W., 1952. *Vergleichende Physiologie*. Bd. I: Sinnesphysiologie. Verlag Birkhäuser, Basel.
- DETHIER, V. G., 1953. *Vision*. in ROEDER, K. D.: *Insekt Physiology* John Wiley & Sons, New York.
- GENDRE, H., 1937. *A propos des procédés de fixation et de détection histologique du glycogène*. Bull. Hist. appl. 14: 262-264.
- GOLDSMITH, T. H., 1958. *The visual system of the honeybee*. Proc. Nat. Acad. Sci. 44 (2): 123-126.

- GOMORI, G., 1953. *Microscopic Histochemistry*. Univ. of Chicago Press, Chicago.
- GRAUMANN, W., 1958. *Untersuchungen zum cytochemischen Glykogennachweis. II. Mitt. : Chemische Fixation auf Pikrinsäurebasis*. *Histochemie*, 1 (2) : 97-108.
- GRAUMANN, W. und CLAUSS, W., 1959. *Untersuchungen zum cytochemischen Glykogennachweis. III. Mitt. : Versuche zum Diastasetest*. *Histochemie*, 1 (4) : 241-246.
- JORDAN, H. J., 1929. *Allgemeine vergleichende Physiologie der Tiere*. Walter de Gruyter & Co., Berlin-Leipzig.
- LANGER, H., 1960. *Über den chemischen Aufbau des Fazettenauges von Calliphora erythrocephala Meig. und seine Veränderungen mit dem Imaginalalter*. *Z.vergl. Physiol.* 42 (6) : 595-626.
- LANGER, H., 1960 a. *Die Wirkung von Licht auf den chemischen Grundaufbau des Auges von Calliphora erythrocephala Meig.* *J. Ins. Physiol.* 4 (4) : 283-303.
- NELSON, J. A., 1915. *The Embryology of the Honey Bee*. Univ. Press, Princeton.
- PHILLIPS, E. F., 1905. *Structure and development of the compound eye of the honey bee*. *Proc. Acad. Nat. Sci., Philadelphia*, 123-157.
- RAUEN, H. M., 1956. *Biochemisches Taschenbuch*. Springer-Verlag, Berlin.
- ROMEIS, B., 1948. *Mikroskopische Technik*. 15. Aufl., Leibniz-Verlag, München.
- RUIJTER, J. H., 1931. *Eine einfache Methode für das Aufkleben von Celloidin-Paraffinschnitten*. *Z.wiss. Mikr.* 48 : 226.
- SNODGRASS, R. E., 1956. *Anatomy of the Honey Bee*. Comstock Publ. Assoc. Ithaca, New York.
- WEBER, H., 1933. *Lehrbuch der Entomologie*. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- 1954. *Grundriss der Insektenkunde*. 3. Aufl., Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- WIGGLESWORTH, V. B., 1950. *The Principles of Insect Physiology*. Methuen & Co. LTD., 4. Ed., London.