dass der Verfasser des ersten Teiles seinen Abschnitt auf die Höhe des Standes der Wissenschaft bringt. Eine Darstellung der Biologie von so verschiedenen und einander ergänzenden Seiten, wie sie die Zusammenarbeit der drei Verfasser dann darbieten würde, dürfte des Interesses eines ausgedehnten Leserkreises sicher sein. Dass das Lehrbuch der Biologie in seiner äußeren Form allen Ansprüchen gerecht wurde, dafür hat der Verleger gesorgt, indem er das Buch gediegen ausgestattet und mit prächtigem Bilderschmuck (ich verweise nur auf die vortrefflichen Vegetationsbilder im botanischen Teil) versehen hat. Übersichtliche Anordnung des Inhalts, genügende Literaturnachweise und ein reichhaltiges Register erleichtern die Orientierung und das Nachschlagen.

Heinrich Vogt. Geometrie und Ökonomie der Bienenzelle.

Breslau 1911, Trewendt u. Granier. 68 S. Gr. 8°. 8 Tabellen. 14 Figuren.

Als Normalform der Honigbienenzelle wird von jeher das regelmäßige sechsseitige Prisma angesehen, als Bodenabschluss dieses Prismas gilt seit 200 Jahren die sogen. Maraldische Pyramide. Fast ebensolange gilt es nach König für sicher, dass die Bienenzelle den für die Brut oder den Honig nötigen Raum mit möglichst geringem Wachsaufwand umschließt, dass also in ihr ein Minimalproblem praktisch gelöst ist.

Diese Thesen sind nicht durch eingehende Messungen gesichert, vielmehr ruhen sie zum Teil auf unzulänglichen Beobachtungen, zum Teil auf reiner Spekulation. Sie sind nie gründlich nachgeprüft worden, sie haben den Wechsel der Zeiten und Anschauungen überstanden und sind allmählich zu Dogmen erstarrt, weil sie sich allen biologischen Theorien, sowohl den mechanischen wie den teleologischen, leicht einfügten, ja ihnen als Stütze und Musterbeispiel dienten.

Der Verfasser hat gänzlich voraussetzungslos durch zahlreiche Messungen, die er an den Wachsobjekten selbst oder an Gipsabgüssen der Zellen anstellt, die Konstanten der normalen Bienenzelle festgestellt und auf dieser sicheren Grundlage die Fragen der Form und des Wachsverbrauchs geometrisch diskutiert. Aus seinen Ergebnissen zieht er Schlüsse auf die Arbeitsweise der Bienen und glaubt in der Analyse ihres Baus einen Zugang zur Psychophysik dieser Tiere gefunden zu haben. Er geht den Gründen der Entstehung und Beharrung der überlieferten Anschauung historisch und psychologisch nach und erblickt in der Geschichte des Maraldi-König'schen Irrtums ein Stück Wissenschafts- und Geistesgeschichte.

Die Ergebnisse von Messung und Rechnung sind:

1. Die Seiten sowohl wie die Winkel der sechsseitigen Prismen weichen in normalen Zellen der Honigbiene sehr wenig von der Gleichheit ab.

II. Die Bodenpyramide der Bienenzelle hat zuerst (1619) Kepler, gestützt auf das Gesetz der Raumfüllung, als stumpfe Ecke des Rhombendodekaeders angesprochen. Maraldi hat (1712) durch Rechnung unter Voraussetzung der Symmetrie, nicht durch genaue Messung, den stumpfen Rhombenwinkel auf 109° 28′ bestimmt (Neigungswinkel 120°).

III. Die Winkel der Bodenplatten zeigen viel größere Schwankungen als die Prismenwinkel. Ihre Mittelwerte (abgerundet: stumpfer Rhombenwinkel 107°, Neigungswinkel 114°) sind erheblich kleiner als die von der Kepler-Maraldischen Theorie verlangten Winkel (109,5 und 120°). Die Kepler-Maraldische Größe der Kantenwinkel wird noch nicht vom dritten, die der Neigungswinkel noch nicht vom sechsten Teile der Winkel erreicht.

IV. Die Bodenplatten sowohl der Arbeiter- wie der Drohnenzellen sind gesetzmäßig dicker als die Prismenplatten. Sämtliche Kanten zeigen erhebliche, mit der Plattendicke wechselnde Verdickungen.

V. Die Kepler-Maraldische Zellform ist das Minimum der Oberfläche, aber nicht des Wachsverbrauchs.

VI. Die für minimalen Wachsverbrauch bei Berücksichtigung der ungleichen Wanddicken und der Kantenverdickungen berechnete Bodenpyramide hat erheblich stumpfere Formen als die Dodekaederform, und erst recht stumpfere als die von den Bienen wirklich ausgeführte Bodenpyramide (Neigungswinkel der drei Formen: 143, 120, 114°; Kantenwinkel: 116, 109, 107°).

VII. Die Wachsersparnis, welche die Bienen erzielen könnten, wenn sie ihre Bodenpyramiden durch die sparsamste Pyramidenform ersetzten, ist sehr gering ($^1/_{148}$ oder $^1/_{120}$ einer Zelle). Sie ist unbedeutend gegenüber gewissen unregelmäßigen und unwirtschaftlichen Wachsaufwendungen, unbedeutend auch gegenüber der Ersparnis, welche gegenständige Zellen mit senkrechter ebener Mittelwand bieten würden ($^1/_{32}$ oder $^1/_{23}$ einer Zelle).

VIII. Die Bienen bauen nicht nur nicht in der sparsamsten Form, sondern es kommt für die Bienenzellen die Wachsersparnis überhaupt nicht als formbestimmend in Betracht.

IX. Die Festigkeit der Bienenwabe ist in Anbetracht des biegsamen Baustoffes sehr groß. Zerrungen durch Schwerewirkung sind an unbenutzten Zellen gar nicht, an benutzten in sehr geringem Maße bemerkbar. Dass die Bienenwabe mit wechselständigen Zellen und pyramidenförmig geknickter Mittelwand das Maximum von Festigkeit leistet, ist oft behauptet, aber nie bewiesen worden. Auch in dieser Beziehung scheint die Wabe mit gegenständigen Zellen auf ebener Mittelwand hinter der Wabe mit Pyramidenboden nicht zurückzustehen.

X. Da weder rein mechanische Kräfte, noch die Intelligenz der Bienen, noch teleologische Tendenzen die Form der Bienenzelle verständlich zu machen vermögen, gewinnt die phylogenetisch-geometrische Erklärung an Bedeutung: Die Honigbienen sind, in-

dem sie den an der einseitigen Wabe phylogenetisch erworbenen Instinkt, Ebenen nur unter 120° aneinanderzufügen, auf die doppelseitige Wabe übertrugen, durch geometrischen Zwang zur Tendenz der dodekaedrischen Zellform gelangt.

XI. Dass diese Zellform sehr selten erreicht wird (unter 24 Zellen nur einmal), ist aus der Natur der Sinnes- und Arbeitsorgane der Bienen, also psychophysisch zu erklären. Die Abweichungen der wirklich hergestellten Strecken und Winkel von ihren Mittelwerten und den erstrebten Werten lassen Gesetzmäßigkeiten, Unterschiedsschwellen, Unterschiedsempfindlichkeiten und Konstanten im Sinne des Weber-Fechner'schen Gesetzes erkennen. H. V.

Festschrift zum sechzigsten Geburtstag Richard Hertwig's

(München), geboren den 23. September 1850 zu Friedberg i. H. 3 Bde. Gr. 8. Gewidmet von seinen Schülern. Jena, Gustav Fischer. 1910.

Eine großartiger angelegte Festschrift ist wohl niemals einem verdienstvollen Forscher und Lehrer dargebracht worden. 65 seiner Schüler haben sich vereinigt zu einer Sammlung, aus deren Ertrag eine Anzahl Exemplare der Festschrift angekauft und an verschiedene Institute des In- und Auslands verteilt werden konnte. Die Festschrift selber aber enthält eine große Zahl wertvollster Abhandlungen von Verfassern, die schon einen guten Klang in der gelehrten Welt haben und die sich durch diese Ehrengabe als dankbare Schüler des verehrten Meisters bekennen.

Der erste Band, im Umfange von 674 Seiten großen Lexikonformats, ist mit einem Bilde Hertwig's aus dem Jahre 1900 geschmückt und enthält 16 Abhandlungen aus dem Gebiet der Zellenlehre und Protozoenkunde, nebst 49 Tafeln und 107 Textfiguren. Es ist leider unmöglich, an dieser Stelle auf eine genauere Analyse der einzelnen Arbeiten einzugehen. Wir müssen uns deshalb auf eine Angabe kurzer Andeutungen neben den Titeln und der Namen der Verfasser beschränken. Herr W. T. Howard (Cleveland, Ohio) schreibt über Kernknospung bei Geschwulstzellen (18 Seiten, 3 Tafeln). Er zeigt, dass die von Hertwig zuerst aufgefundene Erscheinung an degenerierenden Protozoen in ähnlicher Weise auch an den Zellen der Geschwülste auftreten. Herr M. Popoff (Sofia) behandelt auf 27 Seiten (3 Tafeln und 2 Textfiguren) die Chromidialfrage nach Untersuchungen an Musciden. Herr V. Růžička (Prag) untersucht in einer deskriptiv-experimentellen Studie das Chromatin und Plastin in ihren Beziehungen zur Regsamkeit des Stoffwechsels. Herr Th. Moroff (50 Seiten, 65 Textfiguren) behandelt vegetative und experimentelle Erscheinungen bei *Thalassicolla*, Herr C. C. Dobell (Cambridge) die Lebensgeschichte von *Haemocystidium simondi* (8 Seiten, 1 Tafel); Herr H. Erhard bringt Studien über „Trophospongien", zugleich ein Beitrag zur Kenntnis der Sekretion (32 Seiten, 2 Tafeln). In einer Abhandlung über die Eibildung der Meduse *Pelagia Noctiluca* gibt Herr J. Schaxel (Jena) Untersuchungen über

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):

Artikel/Article: Heinrich Vogt. Geometrie und Ökonomie der Bienenzelle. 187-189