

W. Wundts, „daß ein Tier Gedächtnis, aber kein Bewußtsein besitzt, sei gewissermaßen eine *contradictio in adjecto*“. Er meint ferner, die Bewußtseinsfrage könne bei dem jetzigen Stande der Tierpsychologie sehr wohl *vernachlässigt* werden (S. 250), da wir namentlich bei niederen Tieren unmöglich entscheiden könnten, ob dieser oder jener Vorgang „bewußt oder unbewußt verläuft“. Hier ist v. B. vielleicht zu sehr von *Ziegler* und *Claparède* beeinflusst worden. Wir müssen, um einige Klarheit in die Bewußtseinsfrage zu bringen, unterscheiden zwischen niederem und höherem bzw. zwischen sinnlichem und geistigem Bewußtsein, wie ich früher schon öfters hervorhob. Die vom Verfasser zitierte Äußerung Wundts ist zu treffend für das *sinnliche* Bewußtsein, das tatsächlich zusammenfällt mit dem sinnlichen Empfindungsvermögen. Mit dem Sinneseindruck, den das äußere Objekt auf das wahrnehmende Subjekt macht, ist auch in vielen Fällen die subjektive Betonung dieses Eindrucks in Form von Lust- oder Unlustgefühlen verbunden. Hierauf beruht es, daß jene Objekte, deren Reiz als angenehm empfunden wird, gesucht, jene dagegen, deren Reiz als unangenehm empfunden wird, geflohen oder abgewehrt werden. Durch die Verknüpfung des subjektiven Eindrucks mit dem Objekt der Sinneswahrnehmung wird das sinnliche Gedächtnis befähigt, *praktische Erfahrungen* auf Grund der Sinneswahrnehmung zu sammeln. Für v. B. steht das Empfindungsvermögen der Biene außer Zweifel, indem er (S. 250) sagt: „Alle Reize, welche die Bienen treffen, werden *empfunden*; denn es folgt eine Reaktionsbetonung nach der Lust- oder Unlustseite hin.“ Eben hierin liegt aber auch das Zugeständnis, daß die Bienen ein *sinnliches Bewußtsein* besitzen, welches die Voraussetzung für das sinnliche Gedächtnis ist. Von diesem „sinnlichen Bewußtsein“, durch welches das Reflexleben überhaupt erst auf die niederste Stufe des psychischen Lebens erhoben wird, ist aber das *geistige Bewußtsein* oder *Selbstbewußtsein* scharf zu unterscheiden, durch welches das empfindende Subjekt sich *als Träger* der betreffenden Empfindung *erkennt*. Hier kommen Abstraktion und Reflexion hinzu, für die wir, wie v. B. richtig bemerkt, bei den Bienen keine Beweise finden. Wenn also v. B. (S. 251) meint, wir dürften den Bienen *höchstens ein ganz primitives Dämmerbewußtsein* zuschreiben, so befinden wir uns sachlich im Einklang, wenngleich die Ausdrucksweise verschieden ist.

Ob wir den Bienen ein „Vorstellungsvermögen“ zuerkennen dürfen, bleibt für v. B. (S. 250) „sehr zweifelhaft“. Ich glaube, daß wir auch hier unterscheiden müssen. Da die Bienen, wie v. B. ebendort bemerkt, „Erinnerungsbilder“ besitzen, die sie durch ihr Gedächtnis verwerten, so müssen wir ihnen auch Vorstellungen im Sinne von *Merkbildern* zuerkennen, welche mit dem Erinnerungsbilde des Objekts zugleich auch die Beziehung des Objekts zum Subjekt (Lust- oder Unlustbetonung)

zum konkreten Ausdruck bringen. Diese Merkbilder dürfen allerdings nicht im Sinne *menschlicher* Vorstellungen gedacht werden, die durch das reflexe Bewußtsein „zum Bild eines Gegenstandes oder eines Vorganges“ sich gestalten. Auch sind die Elemente der Merkbilder bei den Bienen (und den Ameisen) großenteils anderen Sinnen entlehnt als bei den höheren Tieren und beim Menschen.

Hoffentlich wird diese Analyse der Bienenpsychologie v. *Buttel-Reepens* ein wenig dazu beitragen, manche Vorurteile zu zerstreuen, die man vielfach noch gegen die von mir vertretene „alte Psychologie“ hegt. Die Schärfe ihrer Begriffsbestimmungen ist jedenfalls kein Hindernis, sondern eine Förderung für die kritische Bewertung der tierpsychologischen Erscheinungen<sup>1)</sup>.

Über das Bienenbuch v. *Buttel-Reepens* sei noch beigefügt, das dasselbe am Schluß ein Literaturverzeichnis, ein Autorenregister und ein Sachregister enthält, wodurch die praktische Brauchbarkeit des Werkes erhöht wird. Auch eine geologische Tabelle der Versteinerungen ist beigefügt für solche, die der Paläontologie ferner stehen. Die Ausstattung durch 60 Textabbildungen ist gut und zweckentsprechend<sup>2)</sup>. Möge dasselbe weite Verbreitung finden und namentlich dem Verständnis des „Wesens“ der Honigbiene auch in weiteren Kreisen Eingang verschaffen.

## Rhythmische Kristallisation.

Von Raphael Ed. Liesegang, Frankfurt a. M.

Trocknet die Schicht einer Gelatinelösung ein, welche auf einer Glasplatte erstarrte, so verliert sie ihr Wasser zunächst am Rande. Enthält die Gelatineschicht eine Salzlösung, so erreicht diese ebenfalls zuerst am Rande einen solchen Grad der Übersättigung, daß die Ausscheidung des Salzes beginnen muß.

Erfolgt diese Abscheidung in Kristallform, so sind drei Verteilungsarten möglich. Bei der ersten sind es einzelne, voneinander getrennte Kristalle in unregelmäßiger Verteilung, z. B. die Würfel des Chlornatriums. Bei der zweiten ziehen sich zusammenhängende Kristallzweige vom Rande bis in die Mitte. Gewöhnlich scheidet sich das doppelchromsaure Kali so aus. Die dritte Form ist als rhythmische Kristallisation bezeichnet worden. Denn bei ihr lagern sich einige wenige oder viele Kristallstreifen in ziemlich gleichmäßigen Abständen parallel zum Rande ab. Sie sind durch kristallfreie Zonen voneinander ge-

<sup>1)</sup> Die obige Diskussion kann den Lesern der „Naturwissenschaften“ auch zur Ergänzung der Bemerkungen v. *Hansteins* in Heft 21, 1915 (S. 269 unten) dienen.

<sup>2)</sup> Druckfehler sind mir nur sehr wenige begegnet. S. 74 Z. 11 von oben muß es im Zitat aus v. *Ihering* wohl heißen „einst“ statt „meist“. S. 204 sind in der Erklärung der Zeichen unter Fig. 56 mehrere Druckfehler, die der aufmerksame Leser unschwer berichtigen kann.

trennt. Aber auch jene können hierzu gerechnet werden, bei welchen die Zwischenzonen nur kristallärmer sind. Diese bilden einen Übergang zu der zweiten Form.

Die Auffindung einiger neuer rhythmischer Kristallisationen durch *E. Küster*<sup>1)</sup> ist Anlaß zu dieser Behandlung des Themas.

Bisher waren hauptsächlich Beobachtungen mit Lösungen von Trinatriumphosphat gemacht worden. Eine zehnprozentige Gelatinelösung wurde auf einer Glasplatte ausgebreitet und erstarren gelassen. Die bis zu zehnprozentige Phosphatlösung wurde auf diese Schicht gestrichen. Oder sie wurde in Tropfenform aufgesetzt. Beim langsamen Austrocknen bei Zimmertemperatur bilden sich die aus Kristallen zusammengesetzten Bänder<sup>2)</sup>. In einem Fall wurden 15 derselben auf der Breite eines Zentimeters gezählt. In anderen Fällen folgen sie in viel weiteren Zwischenräumen aufeinander. Bei den Versuchen mit aufgesetzten Tropfen ist es bemerkenswert, daß die Kristallringe oft etwas seitwärts von den Grenzen des einstigen Tropfens liegen. Das Salz hatte dann Zeit gehabt, sich durch Diffusion etwas in der Gallertschicht zu bewegen.

Die Erklärung der Entstehung solcher flächenhaften Kristallbänderungen ist folgende: Ehe sich am äußersten Rand die ersten Kristalle bildeten, war dort eine Zone von übersättigt gelöstem Salz vorhanden. Bei noch weiterer Zunahme der Konzentration mußte spontan die Ausscheidung erfolgen. Diese Kristallreihe wirkt als Keim auf die benachbarte übersättigte Lösung. D. h. letztere diffundiert zu den Kristallen hin und vergrößert sie. Dadurch entsteht ein salzärmerer Hof. Bei weiterem Wasserverlust kommt es auch in diesem wieder zur Übersättigung. Die Salzverarmung durch Hinwanderung zu den Keimen wird noch größer. Schließlich hört aber die Wanderungsfähigkeit in diesem Gebiet auf, weil es ganz austrocknet. Inzwischen erreicht in einigem Abstand von der ersten Kristallreihe die Salzlösung einen derartigen Grad der Übersättigung, daß dort spontan eine neue Ausscheidung erfolgt. Auch diese Linie wächst unter Hofbildung wie die erste usw. — Je steiler das Konzentrationsgefälle in den Höfen ist, desto näher rücken die Bänder zusammen. Da die erste spontane Kristallausscheidung sehr rasch erfolgt, der Anwachs durch die zudiffundierende Lösung aber langsamer, kann jedes Band auf seiner äußeren und inneren Seite ein verschiedenes Aussehen gewinnen: dichte Aggregate von kleinen Kristallen nach außen hin, und größere Kristalle auf der nach der Mitte zu gerichteten Seite.

<sup>1)</sup> *E. Küster*, Über rhythmische Kristallisation. Beiträge zur Kenntnis der Liesegangschen Ringe und verwandter Phänomene, III, Kolloid-Zeitschr. 1914, Bd. 14, S. 307.

<sup>2)</sup> *R. E. Liesegang*, Trocknungserscheinungen an Gelen. Gedenkboek van Bemmelen, S. 33 (1910).

Unter den von *Küster* neu beschriebenen rhythmischen Kristallisationen auf Gelatinegallertschichten sind die mit Ferrosulfat erhaltenen deshalb bemerkenswert, weil die Kristallform besonders gut ausgebildet ist. Ein auffallendes Gegenstück hierzu stellt das Ferrocyanokalium mit seinen seltsam verschlungenen und mit knorrigem Auswüchsen versehenen Linien dar. Ammoniumsulfat ließ bei der Betrachtung zwischen gekreuzten Nikols eine zonenmäßige Anordnung der doppelbrechenden Teilchen erkennen. Bei Kupfersulfat wurden in einem Fall parallele Bänder von  $\frac{1}{100}$  mm Abstand beobachtet. (Auch *Hauswald* sah dieselben schon beim Auskristallisieren dieses Salzes auf Glas.) In einem anderen Fall bildeten sich sehr eigenartige Gitter. *Küster* betont mit Recht, daß die letztere und einige andere Erscheinungen noch der Erklärung bedürfen.

Nicht um eine Ausscheidung infolge einer Verdunstung des Wassers, sondern um ein Gefrieren des Wassers selbst handelt es sich bei den Eisblumen, welche durch Aussetzen in schwachen Frost bei den auf Glasplatten ausgebreiteten Gelatinegallertschichten so leicht in gebänderter Form entstehen<sup>1)</sup>. Es gibt hierbei verschiedene Ausbildungsarten der rhythmischen Kristallisation. Einmal sind größere Flächen mit parallelen Linien überzogen, von denen 10 bis 15 auf 1 cm kommen. Ein anderes Mal sind es kleinere Gruppen von konzentrischen Ringen mit ebenso großen Abständen. Bei diesen ist der Rhythmus zweifellos durch Vorgänge im System selbst bedingt. Es können aber auch sphärokristallähnliche Gebilde entstehen<sup>2)</sup>, welche bei einem Radius von etwa 20 cm weniger regelmäßige Absätze zeigen. Bei diesen ist es jedoch fraglich, ob sie zu den hier beschriebenen Vorgängen gerechnet werden können, da sie sehr wohl durch kleine äußere Temperaturschwankungen veranlaßt sein können.

Es ist notwendig, zu betonen, daß alle diese Beobachtungen Präparate betreffen, welche flächenhaft ausgebildet sind. Denn es ist durchaus nicht selbstverständlich, daß gleiche Gebilde durch Lösungsmittelverdunstung oder Gefrieren auch in dreidimensionaler Ausbildung gelingen. Jedenfalls liegen vorläufig derartige Versuche noch nicht vor. Deshalb ist etwas Vorsicht angebracht, wenn man mit *Küster*<sup>3)</sup> wegen ihres einfacheren Verlaufs das rhythmische Auskristallisieren des Trinatriumphosphats als Beispiel überall an Stelle der rhythmischen Fällung bei der Neubildung des Silberchromats setzen

<sup>1)</sup> *R. E. Liesegang*, Deformation von Gallerten durch Gefrieren. Kolloid-Zeitschr. Bd. 10 (1912), S. 225.

<sup>2)</sup> *R. E. Liesegang*, Sphärokristalle von Eis, Zeitschrift f. Kristallographie Bd. 50 (1911), S. 40.

<sup>3)</sup> *E. Küster*, Über rhythmische Erscheinungen im Pflanzenreich, „Die Naturwissenschaften“ Bd. 2 (1914), Heft 4.

möchte. Bei letzterem und vielen anderen Neubildungen in Gallerten ist eine dreidimensionale Schalgigkeit sehr leicht zu erhalten.

Wie schon oben angedeutet wurde, sollen hier unter rhythmischer Kristallisation nicht auch jene kristallinen Ausscheidungen gemeint sein, bei welchen die Absätze durch einen Wechsel äußerer Verhältnisse bedingt sind. Vielmehr soll der Ausdruck nur dann verwendet werden, wenn ein „innerer Rhythmus“ wirksam war. Nun ist aber eine Entscheidung hierüber bei den in der Natur vorkommenden Gebilden sehr oft nicht gleich möglich. Das trifft namentlich zu bei manchen Schichtkristallen, wie dem Kappenquarz. (Im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Objekten sind diese nicht in einem vorher bestehenden festen fremden Medium ausgeschieden. Die Bedenken, welche vorhin wegen der Möglichkeit einer Übertragbarkeit auf das Dreidimensionale geäußert wurden, brauchen bei ihnen nicht zu gelten.)

So erklärte man die Kappenquarze bisher dadurch, daß zu der kieselensäurereichen Mutterlauge von Zeit zu Zeit mehr Serizit oder die Lösung ähnlicher Stoffe zutrat. Das bedeutete also einen äußeren Rhythmus. Aber man kann auch an einen inneren Rhythmus denken, d. h. an eine geschichtete Ablagerung, obgleich während der Kristallbildung nichts in Absätzen zu der Mutterlauge hinzutrat, und auch Temperatur und Druck sich nicht sprunghaft änderten<sup>1)</sup>. Das wäre folgendermaßen möglich:

Die Mutterlauge möge viel Kieselsäure und etwas gelösten Serizit enthalten haben. Bei ihrer langsamen Abkühlung schied sich zuerst ein Teil der Kieselsäure in Form von Quarzkristallen ab. Inzwischen mußte auch der Serizit eine gesättigte und dann übersättigte Lösung bilden. Schließlich kam es zur Abscheidung des übersättigt gelösten Teils auf den Quarzkristallen. Inzwischen geht das Wachstum der letzteren weiter. Neue Kieselsäure lagert sich auf der Serizitschicht ab. Dadurch wird eine weitere Keimwirkung der letzteren auf die Mutterlauge verhindert. Die Lösung kann sich an Serizit übersättigen, bis wieder infolge einer zu hohen Konzentrierung eine spontane Ausscheidung erfolgen muß. So geht das Spiel weiter, und es baut sich der Kappenquarz auf. Genau genommen handelte es sich hiernach um eine rhythmische Ausscheidung des Serizits. Eine ruckweise Unterbrechung der Kieselsäurekristallisation braucht dagegen nicht vorzuliegen. — Die Kieselsäure ist deshalb zu derartigen Bildungen besonders befähigt, weil sie fast keine Mischkristalle zu bilden vermag.

Es ist möglich, die gleiche Theorie der „Keimisolierung“ auch auf andere Schichtkristalle auszudehnen. Sie kann die Phasenlehre

dort unterstützen, wo diese allein zwar den einmaligen, nicht aber den vielfachen Wechsel in der Ausscheidung zweier Substanzen zu erklären vermag.

## Besprechungen.

**Schüle, W., Technische Thermodynamik.** Erster Band: Die für den Maschinenbau wichtigen Lehren nebst technischen Anwendungen. 537 S., 223 Textfiguren und 7 Tafeln. Preis M. 12,80. Zweiter Band: Höhere Thermodynamik mit Einschluß der chemischen Zustandsänderungen nebst ausgewählten Abschnitten aus dem Gesamtgebiet der technischen Anwendungen. XVI, 350 S., 155 Textfiguren und 3 Tafeln. Preis geb. M. 10,—. Berlin, Julius Springer, 1912 und 1914.

Der Verfasser hat bereits im Jahre 1909 ein kurzes Lehrbuch herausgegeben, welches er „Technische Wärmemechanik“ betitelte. Das Werk hat sich bei den in der Praxis tätigen Ingenieuren wegen seiner klaren und zusammenfassenden Darstellungsweise sehr rasch Eingang verschafft. Dies veranlaßte den Verfasser zur Herausgabe seiner „Technischen Thermodynamik“, die nunmehr in zwei Bänden vorliegt. Die thermodynamischen Gesetze werden darin in leichtfaßlicher Weise behandelt, wobei zahlreiche Beispiele und Diagramme das Studium anregend und fruchtbar gestalten. Viele tabellarische Zusammenstellungen, die den neuesten Forschungsergebnissen Rechnung tragen, sind für die Anwendung besonders willkommen. Darin unterscheidet sich das Buch in vorteilhafter Weise von anderen, nach deren Studium es dem Leser oft schwer fällt, die allgemeinen Lehren auf einen bestimmten vorliegenden Fall anzuwenden.

Der erste Band bildet zugleich die zweite, erweiterte Auflage der „Technischen Wärmemechanik“. Wärmetechnische Kenntnisse in dem Umfange, wie sie dieser Band vermittelt, sind wohl für jeden Ingenieur, der auf dem Gebiete der Wärmemaschinen als selbständiger Konstrukteur oder auf dem Prüffelde tätig ist, erforderlich.

Das Buch gliedert sich in fünf Abschnitte, wovon sich die beiden ersten mit dem Verhalten der Gase und Dämpfe befassen, während der dritte die Strömungsvorgänge, der vierte Anwendungen aus der Lehre von den Dämpfen und der Strömungstheorie und der fünfte die allgemeinen Grundlagen der mechanischen Wärmetheorie behandelt. Daß der Verfasser die Hauptsätze erst am Schlusse des Bandes vorbringt, ist wohl dem Umstande zuzuschreiben, daß er den Leser allmählich in das Gebiet einführen will und daß seiner Ansicht nach die allgemeinen Lehren nach Kenntnis des besonderen Verhaltens der Gase und Dämpfe leichter verständlich sind. Indessen dürfte es sich für den naturwissenschaftlich besser vorgebildeten Leser mehr empfehlen, sich mit dem fünften Abschnitt schon vorher zu befassen. Andernfalls dürfte er sich, z. B. von der „Entropie“, zunächst keine klare Vorstellung bilden können.

Der Eigenart des Werkes entsprechend, werden schon im ersten Abschnitte Energie und Wärmeinhalt der Gase als Funktion der Temperatur und diese in Abhängigkeit von der Entropie, unter Berücksichtigung der Veränderlichkeit der spezifischen Wärme dargestellt. In ausführlicher Weise werden die Gasmischungen und die Verbrennungsvorgänge behandelt.

<sup>1)</sup> R. E. Liesegang, Über schalig-disperse Systeme, Kolloid-Zeitschr. Bd. 12 (1913), S. 269.