

While studying these systems I used the electron microscope in the Institute of Physics of Charles University. The most important problem was the preparation of the materials. I have employed pure cultures of algae that have been concentrated by centrifugation in liquid media. The cells were freed from plastids and protoplasm by 24 hours immersion in sodium hypochlorite (Eau de Javelle). Emptied membranes were introduced into paraffin by means of an alcohol-xylene series and cut into small pieces. A water suspension of membrane fragments was obtained by reversing the procedure; this suspension was mounted on the films of the electron microscope.



Fig. 2. – The cell wall structure of *Closterium moniliferum* (BORY) EHRBG.

In this paper I am reporting the results of investigations on the species: *Cosmarium tetraophthalmum* BRÉB., *Cosmarium Botrytis* MENEGH., *Staurastrum muticum* BRÉB., *Closterium moniliferum* (BORY) EHRBG. (order *Desmidiaceae*) and *Mesotænum Endlicherianum* NAEG. (order *Mesotæniales*) which are as follows: The well-known pores of the species *Cosmarium tetraophthalmum* BRÉB. and *Cosmarium Botrytis* MENEGH. were measured and the diameter was determined to be 0.1 to 0.2 μ . In the species *Staurastrum muticum* BRÉB. pores of a diameter of 0.1 μ were discovered. In the species *Closterium moniliferum* (BORY) EHRBG. which was previously believed not to possess any structure whatever, an irregular striation was observed (the distance between separate striæ was 0.2 to 0.3 μ). Pores of uniform dimension were dispersed among the striæ. No structure was observed in the species *Mesotænum Endlicherianum* NAEG. in agreement with earlier examinations of this species by means of the optical microscope.

Investigations on further species are being continued.

O. LHOTSKÝ

Institute of Plant Physiology, Charles University, Prague, November 10, 1948.

Zusammenfassung

In dieser vorläufigen Mitteilung wird über die Untersuchung der Zellwandstrukturen bei einigen Algen der Gruppen *Desmidiaceae* und *Mesotæniales* berichtet. Sie wurden mit Hilfe des Elektronenmikroskops untersucht. Es wurden die Durchmesser der bekannten Poren bei *Cosmarium tetraophthalmum* BRÉB. und *Cosmarium Botrytis* MENEGH. festgestellt. Bei *Staurastrum muticum* BRÉB. ließ sich ein noch nicht bekanntes Porensystem ermitteln. Auch bei *Closterium moniliferum* (BORY) EHRBG. wurde eine bis jetzt unbekannte Zellwandstruktur gefunden.

Über den Zusammenhang von Gehör und Vibrationssinn bei Vögeln

Seit den Untersuchungen von EWALD¹, der in seinen Befunden eine wesentliche Stütze seiner Schallbildtheorie sah, ist bekannt, daß Vögel ohne Labyrinth auf Töne unter 1000 Hz mindestens ebenso deutliche Schreckreaktionen zeigen wie normale Kontrolltiere. Die Lokalisation dieser Sinnesleistung ist auch zahlreichen Nachuntersuchern nicht eindeutig gelungen, doch hat sich die Überzeugung durchgesetzt, daß es sich um einen Hautsinn handle. Da das Gehör bei Wirbeltieren an das Labyrinth gebunden ist², muß die Aufnahme von mechanischen Schwingungen durch andere Organe als *Vibrationssinn* bezeichnet werden. Über die Beziehungen und Abgrenzungen beider Sinne bei Vögeln bestehen erhebliche Unklarheiten. Insbesondere ist noch in neuerer Zeit vermutet worden, daß bei Vögeln neben dem «echten» Gehör ein zweiter Mechanismus für den Empfang von Luftschall physiologisch bedeutungsvoll sei (vgl. Zusammenfassung bei v. BUDDENBROCK³).

Um Gehör und Vibrationssinn gegeneinander abzugrenzen, wurden an einer größeren Anzahl von Singvögeln, in erster Linie Dompfaffen (*Pyrrhula p. minor* BREHM), durch Dressur die Schwellen für Reaktionen auf mechanische Schwingungen ermittelt, und zwar an normalen Vögeln, an Vögeln nach Schädigung des Mittelohrs und an solchen, denen Cochlea und Lagena operativ entfernt worden waren.

Die Mittelwerte aus im einzelnen statistisch gesicherten Schwellenbestimmungen auf Luftschall an vier normalen Dompfaffen zeigt Tab. I. Als Reiz dienten reine

Tabelle I
Hörschwellen normaler Dompfaffen

Frequenz (Hz)	Schalldruck (μ bar)
100	$2,0 \cdot 10^{-1}$
200	$5,3 \cdot 10^{-2}$
400	$1,6 \cdot 10^{-2}$
800	$2,8 \cdot 10^{-3}$
1600	$2,6 \cdot 10^{-4}$
3200	$1,1 \cdot 10^{-4}$
6400	$7,3 \cdot 10^{-4}$
12800	*

* Bei dieser Frequenz wurden Dressuren durchgeführt, doch war eine einwandfreie Eichung der Anordnung auf Schalldruck nicht möglich. Die Schwellen lagen erheblich über der menschlichen.

¹ J. R. EWALD, *Physiologische Untersuchungen über das Endorgan des Nervus Octavus* (Wiesbaden 1892).

² K. v. FRISCH und H. STETTER, Z. vgl. Physiol. 25, 686 (1936).

³ W. v. BUDDENBROCK, *Grundriß der vergleichenden Physiologie* (2. Auflage, Berlin 1937), Bd. I.

Töne, die mittels Überlagerungssumme hergestellt und durch Lautsprecher übertragen wurden.

Diese Werte können mit der menschlichen Hörschwelle verglichen werden, wenn man sie auf das ungestört gedachte Schallfeld bezieht¹. Es zeigt sich, daß die Vögel im Bereich der eigenen Stimme (für den Lockruf bestimmt zu 2800 Hz) ebenso empfindlich sind wie der Mensch. Für tiefe Töne (unter 800 Hz) ist die Empfindlichkeit um mehr als eine Größenordnung schlechter. Der Verlauf der Hörschwellenkurve steht in guter Übereinstimmung mit den qualitativen Angaben früherer Autoren².

Schädigungen am Mittelohr setzten die Schwellen vorübergehend auf das 400–600fache herauf. Verlust des Trommelfells konnte rasch regeneriert werden, die endgültige Verschlechterung betrug in diesem Falle das 10–30fache. Ausschaltung auch der Columella ließ eine bleibende Schwellenerhöhung auf das 75–100fache zurück. Danach kann Knochenhören auch bei höheren Frequenzen physiologisch keine Rolle spielen. Das Mittelohr enthält den schalleitenden Apparat. Das Trommelfell hat eine Fläche von 1,9 mm², das ovale Fenster von 0,06 mm². Hieraus errechnet sich ein Übersetzungsverhältnis zur Anpassung des Luftschalles an den Widerstand des Innenohres von 30:1.

Acht Vögeln wurden nach Erteilung einer Schalldressur Cochlea und Lagena unter Schonung des Mittelohrs beiderseits exstirpiert. Nach Abklingen der unmittelbaren Operationsfolgen waren die Vögel in ihren Bewegungen bald wieder völlig normal (zum Unterschied von total labyrinthlosen Tieren). Die Dressurfähigkeit auf Luftschall war jedoch erloschen und kehrte auch nach insgesamt 25000 Versuchen mit Schall höchster Intensität (1–10 μ bar) nicht wieder. Danach ist die Cochlea (mit Lagena) das ausschließliche physiologische Empfangsorgan für Luftschall.

Bei der Beobachtung runig sitzender oder im Einschlafen begriffener Vögel ließ sich die Wirkung intensiven Luftschalls (über 1 μ bar) in der von früheren Autoren beschriebenen Weise an Schreckbewegungen feststellen. Das Optimum dieser Reaktionen lag bei 400 Hz. Daß mit den gleichen Reizen eine Dressur nicht gelang, beruhte auf der Bewegungsfreude der Versuchstiere, die einen Dressurreiz nicht von fortgesetzt auf sie einwirkenden indifferenten Reizen unterscheiden konnten.

Es gelang, gehörorganlose Vögel auf Körperschall, d. h. Vibrationen der Sitzstange, die auf die Tauchspule eines Lautsprechers aufgekittet war, zu dressieren. Die Amplituden der schwingenden Sitzstange ließen sich messen und durch *Schwellenbestimmung der Vibrations-sinn* quantitativ untersuchen. In Tab. II sind die Mittelwerte aus den Messungen an sechs Dompfaffen angegeben.

Tabelle II

Erschütterungsschwellen für Schwingungsweiten der Sitzstange

Frequenz (Hz)	Schwingungsweite (cm)
100	$2,08 \cdot 10^{-3}$
200	$1,46 \cdot 10^{-4}$
400	$7,37 \cdot 10^{-6}$
800	$4,53 \cdot 10^{-6}$
1600	$2,90 \cdot 10^{-5}$
3200	*

* Bei 3200 Hz mieden die Vögel nach anfänglichem Dressurerfolg die Anordnung, das Verhalten ist als Schmerzempfindung zu deuten.

Vergleicht man diese Werte mit der menschlichen Vibrationsschwelle³, die in ähnlicher Weise am Finger gemessen worden ist, so zeigt sich, daß das Optimum bei den Vögeln um zwei Oktaven höher liegt und die Empfindlichkeit um fast eine Größenordnung besser ist.

Die Unterschiedsempfindlichkeit des Vibrations-sinnes wurde für Töne gleicher Intensität aber verschiedener Frequenz äußerst gering gefunden. Wirklich sicher konnten nur 100 von 800 Hz unterschieden werden. Die Unterscheidungsfähigkeit für Intensitäten war besser, doch gelang hier eine einwandfreie Bestimmung nicht.

Durch Impedanzmessung¹ ließ sich der von den Schwingungen erfaßte Körperteil ermitteln. Der von den Füßen her gemessene Schallwellenwiderstand eines 27,6 g schweren Vogels entsprach nur dem Massenwiderstand von 1–2 g. Die Schwingungen der Unterlage breiten sich danach nur bis in die Beine aus. Als Rezeptoren kommen die von HERBST entdeckten Tastkörperchen, die im Unterschenkel zu einem «Strang» zusammengefaßt sind, in Frage. SCHILDMACHER² hat nachgewiesen, daß nur Bewegungen des M. flexor digitorum profundus die Körperchen des Stranges deformieren können. Dieser Muskel versorgt die Endphalangen der Zehen, ist also besonders geeignet, Schwingungen der Unterlage zu übertragen. Die mechanischen Eigenschaften des Organs scheinen die Wahrnehmung von qualitativen Reizunterschieden kaum zu gestatten.

Da sich überall im Körper verteilt, vor allem auch an den Federbälgen einzelne HERBSTsche Körperchen finden, wird man die Empfindung sehr intensiven Luftschalls auf diese zurückführen. Physiologisch ist dieser Anteil des Vibrations-sinnes bedeutungslos. Die beiden Sinne, die den Vögeln zur Aufnahme mechanischer Schwingungen dienen, sind sowohl durch den Mechanismus der Reizübertragung, ihre quantitative wie ihre qualitative Leistungsfähigkeit wohl unterschieden. Auch die nabeliegende Annahme, daß im Bereich der geringen Empfindlichkeit des Gehörs der Vibrations-sinn einspringen könnte, bestätigt sich nicht. Vögel ohne Gehörorgan verlieren die vorher erteilte Luftschalldressur auch für niedrigere Frequenzen und zeigen nur noch ganz unspezifische Schreckreaktionen bei der Anwendung von Schalldrücken, die das 100fache der Hörschwelle in diesem Gebiet betragen.

Die biologische Bedeutung des Gehörs liegt in erster Linie in der Aufnahme art eigener und verwandter Laute, kaum dagegen in der Kontrolle der eigenen Lautäußerungen (für erwachsene Vögel). Gehörorganlose Vögel zeigten zunächst keinerlei Veränderungen in ihrer Lautproduktion. Erst nach 1–2 Jahren ließ sich bei einigen Tieren eine geringfügige Änderung des Locktones feststellen. Der Vibrationssinn dagegen wirkt alarmierend. Eine gehörorganlose Vogelmutter wurde mit seiner Hilfe über das bevorstehende Schlüpfen der Jungen unterrichtet. Geringste Erschütterungen des Bauers wecken schlafende Vögel. Für eine besondere Beteiligung des Vibrationssinnes beim Klettern und Hüpfen im Gebüsch spricht die Häufung der HERBSTschen Körperchen des Stranges bei Gebüschkletterern².

Von hohem tierpsychologischen Interesse ist die Beobachtung, daß Vögel, denen eine Schalldressur erteilt worden war, nach Verlust des Gehörorgans und vergeblicher Prüfung mit Schall höchster Intensität bei Zuführung von Vibrationsreizen diese leicht, in den meisten Fällen überhaupt ohne neues Lernen, im Sinne der vorher erteilten Schalldressur beantworteten. Dabei ist eine vorhergehende (latente) Vibrationsdressur methodisch ausgeschlossen. Zur Erhärtung dieses Befundes wurden Vögel auf ein einfaches optisches Signal bei sonst unveränderter Anordnung dressiert. Sodann wurde zu einem der beiden mechanischen Sinne übergewechselt (oder umgekehrt). Nach einer optischen Dressur erfolgte der Übergang zu einem mechanischen Reiz zwar etwas rascher (Lernzeit ausgedrückt als Zahl der zum Dressurerfolg benötigten Reize) als bei einer Neudressur, betrug aber immer noch etwa $\frac{2}{3}$ dieser Zeit, gegenüber $\frac{1}{25}$ bei intramechanischem Dressurübergang (vgl. Tab. III).

¹ L. J. SIVIAN und S. D. WHITE, J. Acoust. Soc. Amer. 4, 288 (1933).

² S. KNECHT, Z. vgl. Physiol. 27, 170 (1939).

³ A. HUGONY, Z. Biol. 96, 548 (1935).

¹ E. MEYER, Handb. d. Experimentalphysik Bd. 17/2, 150 (1934).

² H. SCHILDMACHER, J. Ornithol. 79, 374 (1931).

Tabelle III

«Lernzeit» (Zahl der Reize bis zum Dressurerfolg) für Erst- und Umdressuren bei akustischen, vibratorischen und optischen Reizen.

	a) Erstdressur				b) Umdressur				
	akustisch	vibratorisch	akustisch mit vibratorisch	optisch	extra-mechanisch			intramechanisch	
					akustisch: optisch	akustisch mit vibratorisch: optisch	optisch: akustisch	akustisch: vibratorisch	vibratorisch: akustisch
Anzahl der Versuchstiere	13	3	1	4	1	2	3	6	1
Mittelwerte der Lernzeiten	271	287	270	230	170			10	

Deutlicher noch, als es die Zahlen der Tabelle angeben können, sprach das Verhalten der Versuchstiere im Dressurversuch für die Ähnlichkeit der Empfindung bei akustischen und vibratorischen Reizen. Bei «intramechanischem» Übergang wurde nach kurzem Zögern die Aufgabe mit dem neuen Reiz bewältigt. Bei «extramechanischem» Reizwechsel dagegen wurden die Versuchstiere völlig verwirrt und mußten die Aufgabe ganz von vorne lernen¹.

J. SCHWARTZKOPFF

Zoologisches Institut der Universität Göttingen, den 10. November 1948.

Summary

Hearing and the vibration sense in birds have been analysed qualitatively and quantitatively. The minimum of the intensity threshold of hearing is at about 3,200 cycles p. sec., about the birds own voice. The birds sensibility is here like that of man.

The influence on threshold by damages of parts of the middle ear showed that bone conduction does not play any role in physiological hearing.

Extirpation of both cochlea and lagena is followed by complete loss of hearing ability.

Birds have a well-developed sense of vibration. It is possible to train birds—after extirpation of the auditory sense organ—to react to vibrations of the sitting rot, from 100 to 3,200 cycles. The maximal sensibility to vibration is found at 800 cycles. Frequency discrimination is very low. The perception of vibration in birds takes place by the means of "Strang" of the "HERBSTsche Körperchen" between tibia and fibula.

The present knowledges of the vibration sense explains former different results concerning the hearing of birds after extirpation of the whole labyrinth. Hearing and the sense of vibration are distinctly different senses also in birds. But some central connection seems to exist, because after successful training of one sense the task is solved also by the other without new learning.

¹ Eine ausführliche Darstellung der hier zusammengefaßten Ergebnisse erscheint in der Z. vergl. Physiol. 31 (1949).

Die Wirkung von Substanzen auf den Netzbau der Spinnen

Dank den Untersuchungen verschiedener Autoren in den beiden letzten Jahrzehnten sind unsere Kenntnisse vom normalen Verhalten der Spinnen beim Bau des Radnetzes und von der Struktur dieses Netztypus so weit fortgeschritten, daß es aussichtsreich erschien, die in diesen hochkomplexen Instinktbewegungen zusammenwirkenden Einzelfunktionen von der nervenphysiologischen Seite her experimentell zu analysieren. Da direkte operative Eingriffe in das Zentralnervensystem im Falle der Spinnen mit großen technischen Schwierigkeiten verbunden sind, wurden Beeinflussungen mittels neurotroper Substanzen versucht (PETERS). Solche Untersuchungen versprachen zugleich auch allgemeinere Beiträge zur vergleichenden Pharmakologie des Nervensystems zu liefern (WITT). Als Versuchstier diente die Radnetzspinne *Zilla litterata*. Auf Grund der Tatsache,



Abb.1. Ausschnitt aus dem normalen Netz einer *Zilla litterata*.

daß die Spinnen Wasser begierig aufzusaugen pflegen, gelang es, eine einfache quantitative Methode für die Dosierung auszuarbeiten, wobei die Beobachtung wertvoll war, daß man Zucker als Geschmackskorrigens verwenden kann. Untersucht wurden bis jetzt Pervitin, Cardiazol, Morphinum, Coffein, Thyroxin, Strychnin und verwandte Verbindungen, Alkohol, Chloralhydrat und Veronal. Die verschiedenen untersuchten Substanzen unterschieden sich voneinander in ihrer Wirkung auf den Netzbau. Damit wurde ein pharmakologischer Test gefunden, der es gestattet, die beim Menschen teilweise nur subjektiv empfundenen Unterschiede in der Wirkung der Stoffe objektiv aufzuzeichnen und zu differenzieren. Somit besteht von der zoologischen Seite her die Hoffnung, die am Netzbau beteiligten Grundfunktionen weiter aufzuklären. Als Beispiel für diese Mitteilung wählen wir das Pervitin. Diese Substanz stört zunächst die Regelmäßigkeit in der Anordnung der Radialfäden. Besonders auffällig ist die Unregelmäßigkeit der konzentrischen Klebfäden. Die Gesetzmäßigkeit in der Anordnung derselben im normalen Netz wurde von PETERS¹ beschrieben. Die in der Abb. 2 zu beobach-

¹ H. M. PETERS, Z. Naturforsch. 2b, 227 (1947).