

Experimenten wiederholt ein Zusammenhang zwischen Verschmelzungsfrequenz und Adaptionszustand der Netzhaut beschrieben¹. Auch bei der elektroretinographischen Untersuchung zeigt sich diese mit zapfenüberschwelligen Lichtreizen während der Dunkeladaptation beobachtete Senkung der Fusionsfrequenz, insofern ein mit der Dauer der Dunkeladaptation sich verlängernder «non-flickering-part» im ERG. nachweisbar ist². Der hierdurch bedingten Senkung der Fusionsfrequenz bei Verwendung zapfenüberschwelliger Lichtreize steht eine Steigerung der Fusionsfrequenz während der Dunkeladaptation gegenüber, sobald man Lichtreize verwendet, die gerade stäbchenüberschwellig sind. Der dabei festzustellende Anstieg der Fusionsfrequenz ist beträchtlich und entspricht grössenordnungsmässig einer Sensitivitätszunahme der Netzhaut in den ersten 20 min um etwa das 100fache.

E. DODT

Physiologisches Institut der Universität Freiburg i. Br.,
den 17. Mai 1954.

Summary

Some recent experimental results on retinal flicker and fusion are presented. The use of flicker electroretinography provides an objective and quantitative method of testing rod and cone function independently. The results in human normal and diseased eyes are in full agreement with the duplicity theory of vision. The flicker fusion-intensity relation for man, cat, guinea pig, pigeon, frog, and gecko shows different values for (i) the maximum fusion frequencies within the cone and the rod system, (ii) the intensity level required to produce cone and rod flicker response. Records from single retinal ganglion cells in the cat's eye show fusion frequencies to be related to the initial spike frequency during slow flicker.

¹ M. SCHATERNIKOFF, Z. Psychol. Physiol. Sinnesorg. 29, 241 (1902). – R. J. LYTHGOE und K. TANSLEY, Proc. Roy. Soc. B 105, 60 (1929).

² E. DODT und J. HECK, Pflügers Arch. 259, 212 (1954).

Neue Experimente über die Augenstielbewegungen von *Carcinus maenas*

Um die in dieser Zeitschrift¹ begonnene Diskussion über die optomotorischen Reaktionen fruchtbar fortzusetzen, haben wir Filmaufnahmen von Augenstielbewegungen von *Carcinus maenas* gemacht.

DIJKGRAAF ist der Meinung, dass optomotorische Reaktionen in der Natur nur bei passiver Vertragung zu erwarten wären. Er schreibt: «Optische Reizung infolge der Eigenbewegung löst normalerweise keine solchen Reaktionen aus. Scheinbare Ausnahmen sind immer durch künstliche Eingriffe oder anomale Umstände bedingt.» So erklärt DIJKGRAAF die Beobachtungen von WOLTER² und TONNER³. Bei der Versuchsanordnung dieser Autoren reagieren die Tiere nach seiner Meinung auf die passive Drehung, die sie erleiden. Um diese Frage für *Carcinus maenas* zu lösen, haben wir Filmaufnahmen vom freien Lauf und spontaner Drehung des Tieres um die Hochachse gemacht, und zwar bei folgenden Anordnungen:

¹ W. v. BUDDENBROCK und INGRID MOLLER-RACKE, Exper. 8, 392 (1952); 9, 191 (1953). – S. DIJKGRAAF, Exper. 9, 112 (1953); 9, 387 (1953).

² H. WOLTER, Zoolog. Jb. 56, 581 (1936).

³ F. TONNER, Z. vgl. Physiol. 25, 427 (1938).

1. Tier normal, Wände des Aquariums senkrecht schwarz-weiss gestreift;
2. Beide Augenstiele mit schwarzem Lack verklebt;
3. Tier normal, Umgebung völlig homogen, diffuses Licht von oben.

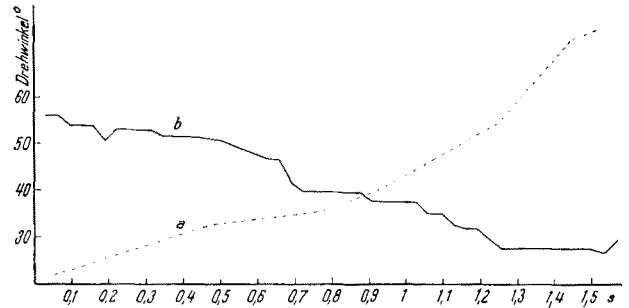


Abb. 1. Augenstielbewegungen von *Carcinus maenas* in gegliederter Umgebung. a ---- Drehung des Tieres um seine Hochachse; b — Bewegung des rechten Augenstiels. Tier läuft nach links, dreht sich nach rechts, rechter Augenstiel wird nach links bewegt. Ordinate: Drehungswinkel, Abszisse: Zeit in Sekunden.

Carcinus maenas lief in einem Aquarium von 1 m² Bodenfläche und 25 cm hohen Wänden. An einem (oder an beiden) Augenstielen wurde eine feine Borste befestigt, eine weitere Borste am Carapax. Die Filmaufnahmen wurden mit einer Bolex-Schmalfilmkamera 16 mm gemacht, die das Institut für Film und Bild in Göttingen

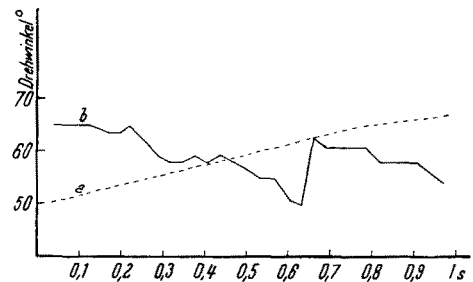


Abb. 2. Augenstielbewegungen von *Carcinus maenas* in gegliederter Umgebung. a ---- Drehung des Tieres um seine Hochachse; b — Drehung des Augenstiels zum Körper. Tier läuft nach rechts, dreht sich nach rechts, rechter Augenstiel bewegt sich langsam nach links, dann kurzer Schlag nach rechts. Ordinate: Drehungswinkel, Abszisse: Zeit in Sekunden.

uns freundlicherweise überlassen hatte. Wir möchten dem Institut auch an dieser Stelle unseren herzlichen Dank aussprechen. Die Filmaufnahmen wurden durch Vergrössern der einzelnen Bilder und Messen des Winkels zwischen der Borste am Augenstiel und der Borste am Carapax ausgewertet.



Abb. 3. Augenstielbewegungen von *Carcinus maenas*, Tier geblendet. a ---- Drehung des Tieres um seine Hochachse; b — bewegung des Augenstiels. — — — Bilder nicht auswertbar. Ordinate: Drehungswinkel, Abszisse: Zeit in Sekunden.

Unsere früheren Beobachtungen, die wir in dieser Zeitschrift beschrieben haben, wurden durch den Film bestätigt. In einer gegliederten Umgebung (Anordnung 1) drehen sich die Augentiele von *Carcinus maenas* bei spontaner Drehung des Tieres um seine Hochachse in entgegengesetztem Sinne. In den Abbildungen 1 und 2 haben wir die Messungen von zwei Versuchsserien dieser Anordnung graphisch dargestellt. Gemessen wurde 1. der Drehwinkel des Augentieles zur Körperachse; 2. die Drehung des Tieres zur Umgebung. Wie Kurve 1a zeigt, dreht sich das Tier um 48° nach rechts, dabei wird der rechte Augentiel (Abb. 1b) langsam, in ~ 1,5 s um etwa 28° nach links bewegt. In Abbildung 2b wurde die

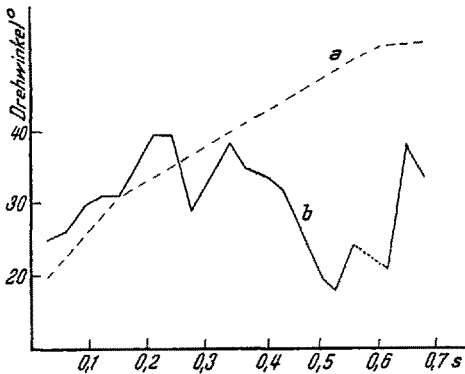


Abb. 4. Augentielbewegungen von *Carcinus maenas*, Tier geblendet. a ---- Drehung des Tieres um seine Hochachse; b — Bewegung des rechten Augentieles. Ordinate: Drehungswinkel. Abszisse: Zeit in Sekunden. -.-.-.- Bilder nicht auswertbar.

langsame und schnelle Phase der kompensatorischen Bewegung der Augentiele erfasst. Das Tier läuft hier nach rechts und dreht sich nach rechts um etwa 17°. Der rechte Augentiel wird langsam um etwa 15° nach links bewegt (0,64 s), dann kommt ein schneller Rückschlag (~ 0,05 s) nach rechts und wieder eine langsame Bewegung nach links. In 20 ausgewerteten Versuchsserien waren in allen Fällen kompensatorische Augentielbewegungen dieser Art zu beobachten.

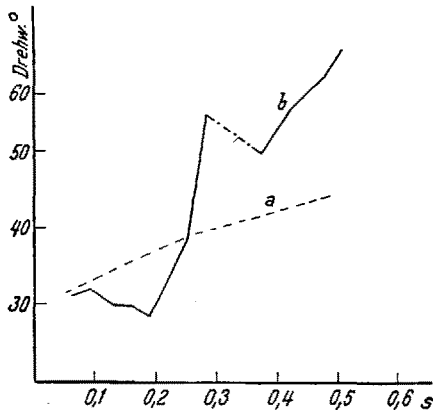


Abb. 5. Augentielbewegungen von *Carcinus maenas* in diffus beleuchteter Umgebung. a ---- Drehung des Tieres um seine Hochachse; b — Bewegung des Augentieles. -.-.- Bilder nicht auswertbar. Ordinate: Drehungswinkel, Abszisse: Zeit in Sekunden.

In den weiteren Versuchen sollte nun die Frage geklärt werden, ob diese Augentielbewegungen optisch

ausgelöst werden. Waren beide Augen verklebt (Anordnung 2), so wurde der Augentiel zwar teilweise wieder kompensatorisch bewegt, aber in schwächerem Masse und häufig unterbrochen von unregelmässigen Spontanbewegungen (Abb. 3 und 4). Diese unregelmässigen Spontanbewegungen liessen befürchten, dass der Lack, der zur Verklebung der Augen diente, die Reaktion des Tieres störte. Um diesen Einfluss auszuschalten, wurden in der dritten Anordnung die Tiere in völlig homogener Umgebung und bei diffusum Licht, aber ungeblendet beobachtet. Die Abbildungen 5 und 6 zeigen das Verhalten dieser Tiere. In fast noch deutlicherem Masse als im vorhergehenden Versuch zeigt sich, dass die kompensatorischen Augentielreaktionen bei Ausschaltung des optischen Reizes nur unregelmässig auftreten. In einigen Fällen wurden sogar die Augentiele mit der Drehung des Körpers bewegt (Abb. 5).

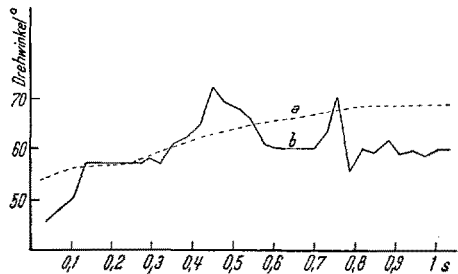


Abb. 6. Augentielbewegungen von *Carcinus maenas*, in diffus beleuchteter Umgebung. a ---- Drehung des Tieres um seine Hochachse; b — Bewegung des rechten Augentieles. Ordinate: Drehungswinkel, Abszisse: Zeit in Sekunden.

Überblickt man die Augentielbewegungen des normalen Tieres bei schwarz-weiss-gestreifter Umgebung und vergleicht diese mit den Bewegungen bei verklebten Augen oder in völlig homogener Umgebung, so ist deutlich ein Unterschied zu sehen. Hieraus folgt, dass eine optische Komponente, bestehend aus den Reaktionen des Tieres auf die bei seinen Eigenbewegungen auftretenden retinalen Bildverschiebungen, bei *Carcinus* existiert. Andererseits ergibt sich zum Beispiel aus den Kurven 5 und 6, dass ein Rest der kompensatorischen Bewegungen auch nach Blendung bzw. in homogener Umgebung bestehenbleibt. Ob derselbe auf einer intrazentralen Regulierung im Sinne DIJKGRAAFS beruht oder auf einer Erregung der Statocysten oder auf Strömungsreize müssen zukünftige Untersuchungen lehren.

W. V. BUDDENBROCK,
I. MOLLER-RACKE und
F. SCHALLER

Zoologisches Institut der Universität Mainz, den
3. April 1954.

Summary

Carcinus maenas was filmed in normal active movement. When turning actively, *carcinus maenas* showed optomotoric reactions. The reactions were irregular when *carcinus maenas* was blinded or when the environment was homogenous.