

# Copyright ©

---

Es gilt deutsches Urheberrecht.

Die Schrift darf zum eigenen Gebrauch kostenfrei heruntergeladen, konsumiert, gespeichert oder ausgedruckt, aber nicht im Internet bereitgestellt oder an Außenstehende weitergegeben werden ohne die schriftliche Einwilligung des Urheberrechtinhabers. Es ist nicht gestattet, Kopien oder gedruckte Fassungen der freien Onlineversion zu veräußern.

German copyright law applies.

The work or content may be downloaded, consumed, stored or printed for your own use but it may not be distributed via the internet or passed on to external parties without the formal permission of the copyright holders. It is prohibited to take money for copies or printed versions of the free online version.

Aus dem Zoologischen Institut der Universität Kiel  
(Lehrstuhl für Zoophysiology)

Der Einfluß der Temperatur auf die Sonnenkompaßorientierung  
bei Talitriden.

von

HANS-DIETER JANKOWSKY

Zusammenfassung: Die Sonnenkompaßorientierung des Amphipoden *Orchestia platensis* läßt sich durch einen Wechsel der Umgebungstemperatur beeinflussen; kurz nach einem Temperatursprung prägt sich die Änderung der Fluchtrichtung am stärksten aus. Die Orientierung warm- und kaltgehaltener Krebse unterscheidet sich auch, wenn die Adaptation mehrere Tage lang bei einer konstanten Photoperiode vorgenommen wird. Tiefe Versuchstemperaturen verstärken die phototaktische Komponente bei den Richtungswahlen, sehr tiefe lassen die Krebse landeinwärts fliehen. Eine mögliche Kompensation der Temperaturwirkung auf den Lauf der inneren Uhr ist bei *Orchestia* nicht an ein gleichsinniges Anpassen des Stoffwechsels gebunden; der Sauerstoffverbrauch der Krebse zeigt nämlich keine Leistungsadaptation.

Influence of temperature on the sun-compass orientation of Talitridae. Summary): In the amphipod *Orchestia platensis* sun-compass orientation is affected by changes in ambient temperature, a short time after sudden transitions in temperature deviations in normal behaviour of escape became apparent. There are differences in solar orientation of warm- and cold adapted amphipods, even if the acclimation is performed under constant photo periods. Low temperatures intensify the positive phototactic tendency; at very low temperatures the amphipods try to escape towards the land. The possible ability to compensate temperature-induced variations of the endogenous clock seems not to be controlled by a metabolic acclimation, as the oxygen consumption of *Orchestia* shows no capacity adaptation.

E i n l e i t u n g

Die Fähigkeit zur Sonnenkompaßorientierung ist bei vielen Arthropoden und Wirbeltieren nachgewiesen worden. Indem die Tiere einen bestimmten Winkel zur Sonne einschlagen, können sie eine angestrebte Richtung bei der Futtersuche oder bei Fluchtbewegungen einhalten; sie berücksichtigen bei dieser Richtungswahl den im Tageslauf sich ändernden Sonnenazimut. Die zur Kompensation der scheinbaren Sonnenwanderung notwendige Zeitmessung erfolgt mit Hilfe der „inneren Uhr“, die auch die circadianen Rhythmen, wie z.B. die Aktivitätsverteilung im Tageslauf, steuert (Literatur bei BÜNNING 1963, REMMERT 1965, vgl. ASCHOFF 1965). Wenn der Gang der inneren Uhr mit Stoffwechselfvorgängen verknüpft ist, die ihrerseits stark temperaturabhängig sind, wäre zumindest bei Poikilothermen ein Einfluß der Temperatur auf die Kompaßorientierung und andere von der inneren Uhr geregelte circadiane Rhythmen zu erwarten, höhere Temperaturen sollten die Uhr beschleunigen und Temperatursenkungen sie verzögern. Die gemessenen thermischen Einflüsse auf die Umlaufzeit der inneren Uhr waren aber überraschend gering; teilweise wurde eine weitgehende Temperaturunabhängigkeit der Periodenlänge der endogenen Tagesrhythmik festgestellt. Die  $Q_{10}$ -Werte der inneren Uhr lagen fast immer zwischen 0,8 und 1,2, während bei Stoffwechselprozessen der  $Q_{10}$ -Wert meist größer als 2 ist (vgl. SWEENEY u. HASTINGS 1960).

Es stellt sich daher die Frage, ob der „Mechanismus“ der inneren Uhr temperaturunabhängig ist oder ob Kompensationsvorgänge den Einfluß der Außentemperatur auf einen an sich temperaturabhängigen „Uhrmechanismus“ ausgleichen (vgl. BÜNNING 1963 S. 46 f., PRECHT 1964, REMMERT 1965 S. 340 ff.). Eine grundsätzliche Temperaturunempfindlichkeit der endogenen Rhythmik liegt offensichtlich schon deshalb nicht vor,

weil die Temperatur als Zeitgeber zur Synchronisierung mit der Umweltperiodik wirksam werden kann. Weiterhin wurde bei sehr tiefen Temperaturen häufig eine Phasenverschiebung der Tagesrhythmik beobachtet; diese tiefen Temperaturen scheinen die innere Uhr zu blockieren. Die „Einfrierungstemperatur“ ist von Art zu Art verschieden; bei wärmeliebenden Arten, wie Schaben, wird die Uhr bereits unterhalb  $10^{\circ}\text{C}$  sistiert (ROBERTS 1962), bei Tieren, die in kalter Umwelt leben, „friert“ die Uhr nicht einmal bei Temperaturen ein, die zur Kältestarre führen, wie EMEIS (1959) für den Wasserläufer *Velia currens* nachwies. Auch für die Sonnenkompaßorientierung der Amphipoden ist eine Blockierung der inneren Uhr bei tiefen Temperaturen gefunden worden; kühlt man mediterrane Talitriden für mehrere Stunden auf  $0 - 3^{\circ}\text{C}$  ab, so halten sie bei der Flucht einen Winkel zur Sonne ein, der von der Fluchtrichtung der Kontrollen (Temperatur  $17 - 26^{\circ}\text{C}$ ) im Sinn und Ausmaß um so viel abweicht, wie die Uhr in der Kälte sistiert war (PARDI 1957). Zu vergleichbaren Befunden kam man bei der Untersuchung der Orientierung von Uferspinnen (PAPI et al. 1957). Aber auch bei Änderungen der Temperatur im normalen Bereich lassen sich Einflüsse auf die Tagesrhythmik nachweisen; sie wirken sich häufig nur kurzfristig als sog. „transients“ aus (BÜNNING 1963 S. 49 ff.). Nach PARDI (1957) stellt eine 18stündige Überführung von  $25^{\circ}\text{C}$  in  $35 - 37^{\circ}\text{C}$  die innere Uhr bei *Talitrus* und *Talorchestia* vor; die Fluchtrichtung wurde so abgelenkt, wie sie zu einer späteren Tageszeit zu erwarten gewesen wäre. Durch höhere Temperaturen wird auch die Periodenlänge der lokomotorischen Aktivität der Ruineneidechse (*Lacerta sicula*) etwas verkürzt (HOFFMANN 1957); eine Temperaturerniedrigung von  $20$  auf  $2^{\circ}\text{C}$  verlängert die Periode der endogenen Tagesrhythmik beim Vogel *Carpodacus mexicanus* (ENRIGHT 1966; vgl. POHL 1967).

Die vielfach beobachtete weitgehende Temperaturunabhängigkeit der inneren Uhr könnte somit auf schnell verlaufenden Regulationen bzw. Adaptationen der Zeitmessung zugrunde liegenden zellphysiologischen Prozesse beruhen. Stoffwechselphysiologische Untersuchungen poikilothermer Organismen haben gezeigt, daß Temperaturänderungen häufig Adaptationen nach sich ziehen, die die Stoffwechselhöhe bei unterschiedlichen Temperaturen weitgehend konstant halten (PRECHT et al. 1955). Diese Adaptationen können relativ rasch erfolgen (PRECHT et al. 1966, vgl. auch NOPP 1965, NOPP u. FARAHAT 1967). KASBOHM (1967) hat den tagesperiodischen Verlauf des Sauerstoffverbrauchs von *Rana temporaria* unter verschiedenen Temperatur- und Lichtbedingungen gemessen; seine Befunde geben Hinweise, daß der circadiane Rhythmus durch eine nahezu ideale Kompensation Temperaturänderungen ausgleicht. Solche Regulationen oder schnelle Temperaturadaptationen sollten sich hauptsächlich kurz nach dem Temperaturwechsel zeigen; sie dürften sich weniger deutlich ausprägen, wenn man die Umlaufzeit der inneren Uhr an der Periodenlänge endogener Rhythmen mißt. Aus diesem Grunde wurde der Einfluß der Versuchs- und Vorbehandlungstemperatur auf die Sonnenkompaßorientierung von *Orchestia platensis* untersucht.

#### M e t h o d i k

Zur Bestimmung der Sonnenkompaßorientierung verwandte ich zwei Versuchsanordnungen. Die erste bestand aus einer kreisförmigen Arena von 2 m Durchmesser (Preßpappenplatte), die an der Peripherie von 24 Fangkästen umstellt war. Jeder Fangkasten entsprach einem Kreissegment von  $15^{\circ}$ , er war an der zentrifugalen Rundung mit durchsichtiger Plastikfolie bis zu einer Höhe von 50 cm bespannt. Diese Plastikwand hielt in zureichendem Maße Windströmungen von der Arena ab, warf aber keinen Schatten. Die im Strandanwurf gesammelten *Orchestia platensis* wurden in das Zentrum der Arena

unter eine Glasglocke gebracht; nach 10 min hob ich diese ab. Die Versuchstiere hüpfen dann innerhalb weniger Minuten in ihre Fluchrichtungen, verfangen sich in den Fangkästen an der Peripherie, wo sie dann gezählt und ihre Fluchrichtungen registriert wurden. Weiterhin bestimmte ich die Lufttemperatur, die Temperatur im Strandanwurf, sowie den Sonnenazimut und seine Veränderung während der Versuche. Wegen des großen Durchmessers ermöglichte diese Arena eine gute Auflösung der Fluchrichtungen; man konnte oft beobachten, daß die Amphipoden noch auf dem Fluchweg eine anfänglich „falsche“ Richtung korrigierten. Je Versuch wurden nicht mehr als 40 Tiere eingesetzt, um die Krebse schnell und vollständig in den Fangkästen einsammeln zu können. Alle Bestimmungen der Sonnenkompaßorientierung erfolgten in der Nähe der Fundstellen der Tiere, ca. 100 m von der Strandlinie entfernt. Um den Einfluß rascher Temperaturänderungen auf die Orientierung der Amphipoden zu prüfen, benutzte ich eine Versuchsanordnung in Anlehnung an PARDI u. PAPI (1953). Jeweils 10–40 Tiere wurden in einen Glassturz gebracht, unter dem sich eine Winkeleinteilung befand. Der Vollkreis war in 16 Segmente aufgegliedert, auf jedes Segment entfiel somit ein Winkel von  $22,5^{\circ}$ . Die Fluchtpositionen wurden mehrfach hintereinander photographisch festgehalten, der Glassturz aber nach jeder Aufnahme gedreht, so daß sich die Tiere jeweils neu einstellen mußten. Die Auslösung des Verschlusses erfolgte über einen Fernauslöser. Einflüsse von Luftströmungen auf die Orientierung waren bei dieser Versuchsanordnung völlig ausgeschaltet. Zur Anpassung der Versuchstiere an unterschiedliche Temperaturen wurden die Krebse mit Proben des aus Algen und Seegrass bestehenden Strandanwurfs in Aquarien gebracht, deren Boden feuchter Sand bedeckte. Im Labor hielt ich die Tiere bei  $9^{\circ}\text{C}$  bzw.  $20^{\circ}\text{C}$  unter einer künstlichen Photoperiode (8 Std. Licht zwischen  $9^{\text{oo}}$  und  $17^{\text{oo}}$ ).

## E r g e b n i s s e

Die Verteilung der Fluchrichtungen kurz nach dem Fangen der Tiere und nach 3tägigem Aufenthalt bei verschiedenen Temperaturen, aber gleichem Tag-Nacht-Wechsel, ergibt sich aus Abb. 1. Die theoretische Fluchrichtung (TFR) – sie entspricht der Richtung der kürzesten Verbindung zwischen Fundort und Wasserlinie – lag bei diesen Versuchen im Südosten ( $135^{\circ}$ ). Die Streuung der Fluchtversuche frischgefangener Krebse (a, d) ist geringer als die der in Gefangenschaft gehaltenen Tiere (b, c); ihre wahre Fluchrichtung (WFR) weicht von der TRF nach Süden zur Sonne hin ab. Dies stimmt mit den Ergebnissen früherer Untersucher überein; die beste Orientierung wird von Amphipoden dann eingehalten, wenn der Sonnenazimut mit der TFR zusammenfällt. Die „Güte“ der Orientierung ändert sich im Laufe eines Tages mit dem wechselnden Sonnenstand; die Abweichung der WFR von der TFR erfolgt immer zur Sonne hin und wird um so deutlicher, je weiter die TFR von der Richtung zur Sonne entfernt ist (PARDI 1960, ERCOLINI 1963). Die in Abb. 1 zusammengestellten Versuche wurden etwa zur gleichen Tageszeit vorgenommen; die Verlagerung der mittleren Fluchrichtung der in Gefangenschaft gehaltenen *Orchestia* gegenüber den Frischfängen beruht daher nicht auf einem unterschiedlichen Sonnenazimut. In die Diagramme der Abb. 2 ist die prozentuale Verteilung der Fluchrichtungen weiterer Versuche eingetragen; die TFR lag gleichfalls bei  $135^{\circ}$ . Die WFR frischgefangener Amphipoden (a, b) zeigt wieder eine deutliche phototaktische Komponente zur Sonne. Die WFR der eine Woche im Labor bei  $9^{\circ}\text{C}$  gehaltenen Versuchstiere (c) entspricht etwa der der Frischfänge, die in der Natur ähnlichen Temperaturen ausgesetzt waren (Fangtemperatur  $10^{\circ}\text{C}$ ). Bei den eine Woche lang an  $20^{\circ}\text{C}$  adaptierten Krebsen (d) fallen die WFR und die TFR praktisch zusammen.

Durch die gewählten Adaptationsbedingungen wird die Sonnenkompaßorientierung von *Orchestia* verändert; die Drehung der mittleren Fluchtrichtung warmadaptierter Tiere (Abb. 1 c, Abb. 2 d) steht mit einer Beschleunigung der inneren Uhr bei höheren Temperaturen in Einklang. Es ist aber zu berücksichtigen, daß insbesondere kaltadaptierte Tiere – dies gilt für Frischfänge und für im Labor gehaltene Krebse – eine stärkere Tendenz zu positiver Phototaxis aufweisen. Dies kann die Fluchtwinkel im beobachteten Sinne (mit-) verändert haben. Die in der Gefangenschaft gebotene Photoperiode war gegenüber dem natürlichen Tagesgang um ungefähr eine Stunde verspätet, denn bei dem künstlichen Tag-Nacht-Wechsel wurde die Mitte der Hellphase um 13<sup>00</sup>, in der Natur bereits etwa um 12<sup>00</sup> erreicht (natürliche Tageslänge zur Zeit der Versuche ca. 7<sup>00</sup> – 17<sup>15</sup>). Eine Verzögerung der Photoperiode verstellt den Fluchtwinkel im Uhrzeigersinn; die entgegengesetzte Drehung der WFR warmadaptierter Tiere dürfte durch die künstliche Photoperiode eher abgeschwächt als verstärkt worden sein. Bei Talitriden der Mittelmeerküste dauert die Umstimmung der Orientierung durch eine gegenüber dem normalen Tag-Nacht-Wechsel veränderte Photoperiode 4 – 8 Tage (PARDI 1957).

Wir überprüften den Temperatureinfluß auf die Orientierung der Amphipoden auch an Tieren einer Population, deren TFR etwa im Westen lag. Bei ihnen war eine bessere Abgrenzung der phototaktischen Komponente von der Wirkung tiefer Temperaturen auf den Gang der inneren Uhr wegen der gegenläufigen Drehung des Fluchtwinkels zu erwarten. In Abb. 3 ist die prozentuale Verteilung der Fluchtrichtungen frischgefangener *Orchestia* dieses Fundortes dargestellt. Bei 7<sup>0C</sup> halten die Tiere eine westliche Fluchtrichtung zum Wasser ein; die WFR weicht aber von der TFR wiederum zur Sonne hin ab. Eine tiefere Versuchstemperatur von 3<sup>0C</sup> führt zu einer völligen Umstimmung der Fluchtwahl; die Tiere streben nicht mehr zum Wasser, sondern zum Land hin, sie suchen sich im Strandanwurf zu verbergen. Bereits beim Fangen der Krebse fällt diese Veränderung ihres Verhaltens auf. Sie sind bei tiefen Temperaturen träger, verkriechen sich und unternehmen weit weniger Fluchtsprünge als bei höheren Temperaturen. 3 Wochen bei 20<sup>0C</sup> im Labor gehaltene *Orchestia* zeigen bei einer Versuchstemperatur von 6<sup>0C</sup> zunächst noch Fluchtversuche zum Wasser hin, orientieren sich aber innerhalb 1 Stunde landeinwärts, wobei auch sie schließlich einen nach Süden verschobenen Fluchtwinkel einhalten; ein Beispiel für derartige Versuche findet sich in Abb. 4. Eine rasche

Legende zu der nebenstehenden Abbildung (Tafel 1)

Abb. 1: Die Sonnenkompaßorientierung von *Orchestia* kurz nach dem Fangen und nach 3tägigem Aufenthalt bei verschiedenen Temperaturen und künstlicher Photoperiode (8 L/12 D; ca. 1 Std. gegen Normaltag verspätet). Auf der Ordinate ist die Zahl der Fluchtwahlen je 15<sup>0</sup>-Segment, auf der Abszisse die Himmelsrichtung eingetragen. Weiterhin sind die theoretische Fluchtrichtung (TFR = 135<sup>0</sup>) und der mittlere Sonnenazimut während der Versuche eingezeichnet.

Legende zu der nebenstehenden Abbildung (Tafel 2)

Abb. 2: Prozentuale Verteilung der Fluchtwinkel frischgefangener und 7 – 8 Tage im Labor gehaltener *Orchestia*. Die radiäre Unterteilung der Diagramme entspricht der Aufgliederung der Arena in 24 Kreissegmente; der innere unterteilte Kreis bedeutet 10 %, der äußere 20 % aller Fluchtrichtungen, wenn sie auf ein Segment entfallen. Die Zahl der untersuchten Tiere ist dem Zentrum der Diagramme zu entnehmen.  $\lambda$  = Norden; TFR = 135<sup>0</sup>. a) Orientierung vor der Haltung im Labor; b) Frischfänge, gleichzeitig mit c und d untersucht; c) bei 9<sup>0C</sup> gehaltene Krebse; d) bei 20<sup>0C</sup> adaptierte Tiere. Versuchstemperatur: 10 – 11<sup>0C</sup>. Versuchsmonat: Oktober.

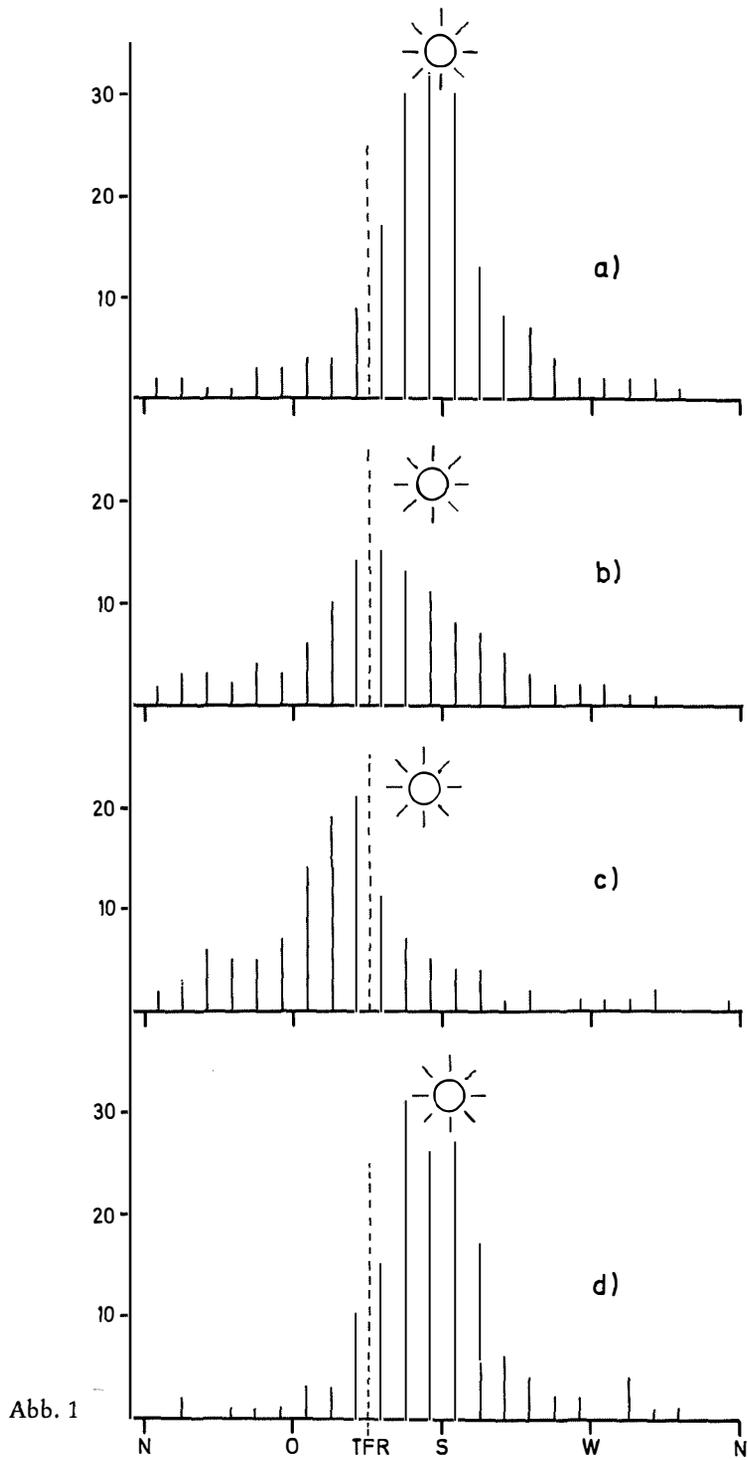


Abb. 1

Tafel 1 (zu Jankowsky)

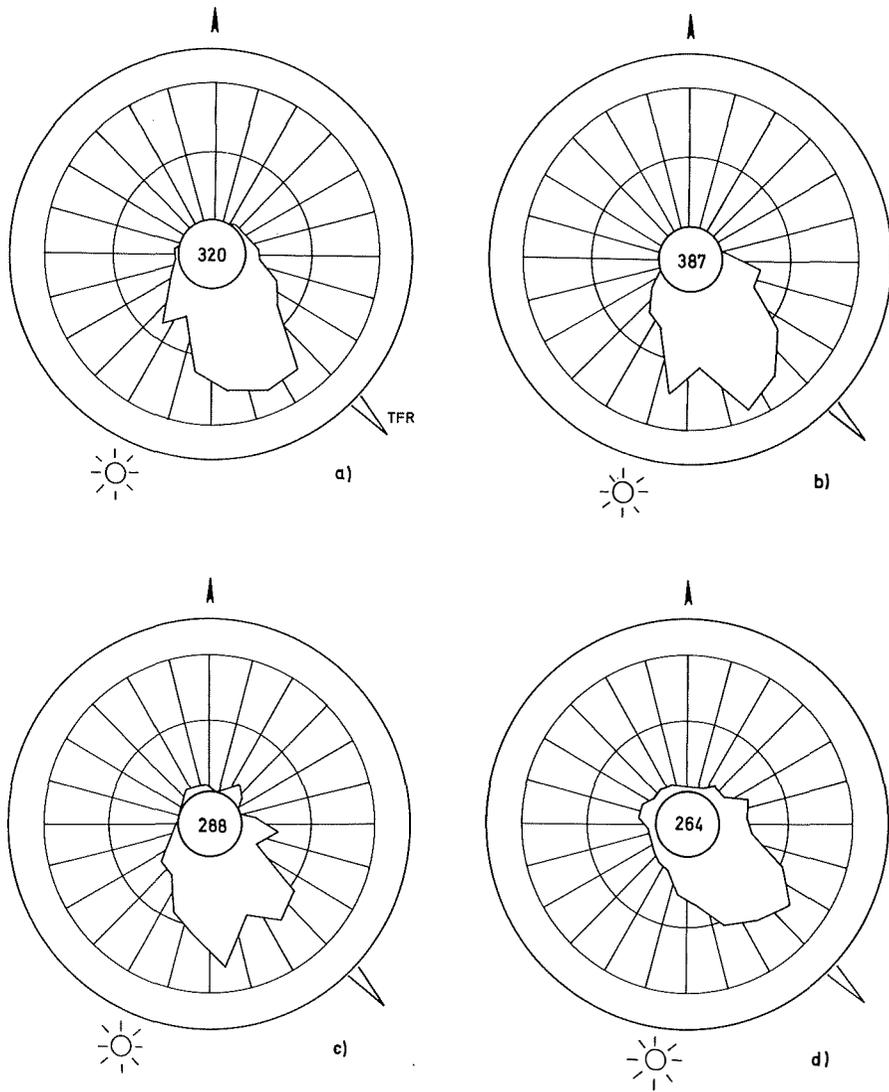


Abb. 2

Tafel 2 ( zu Jankowsky)

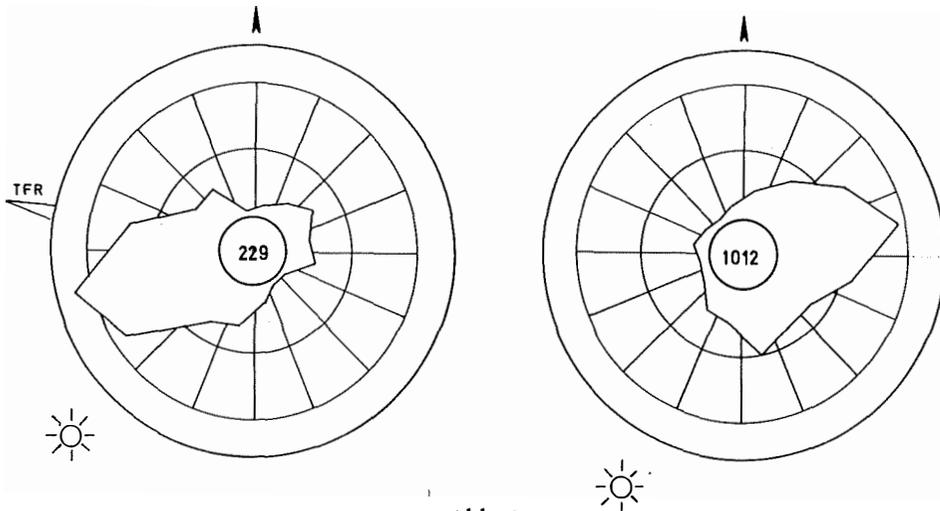


Abb. 3

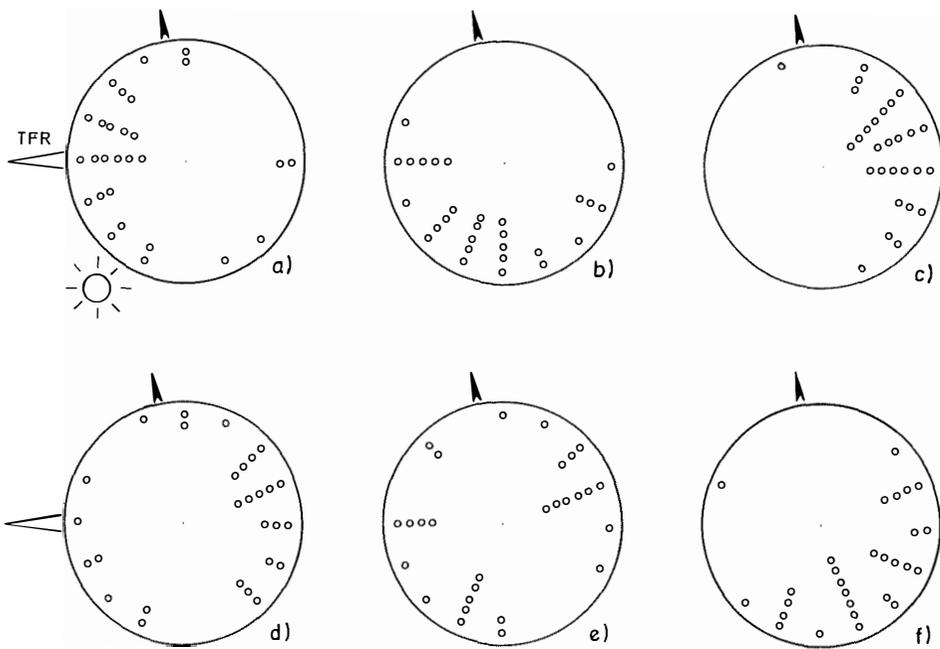


Abb. 4

Tafel 3 (zu Jankowsky)

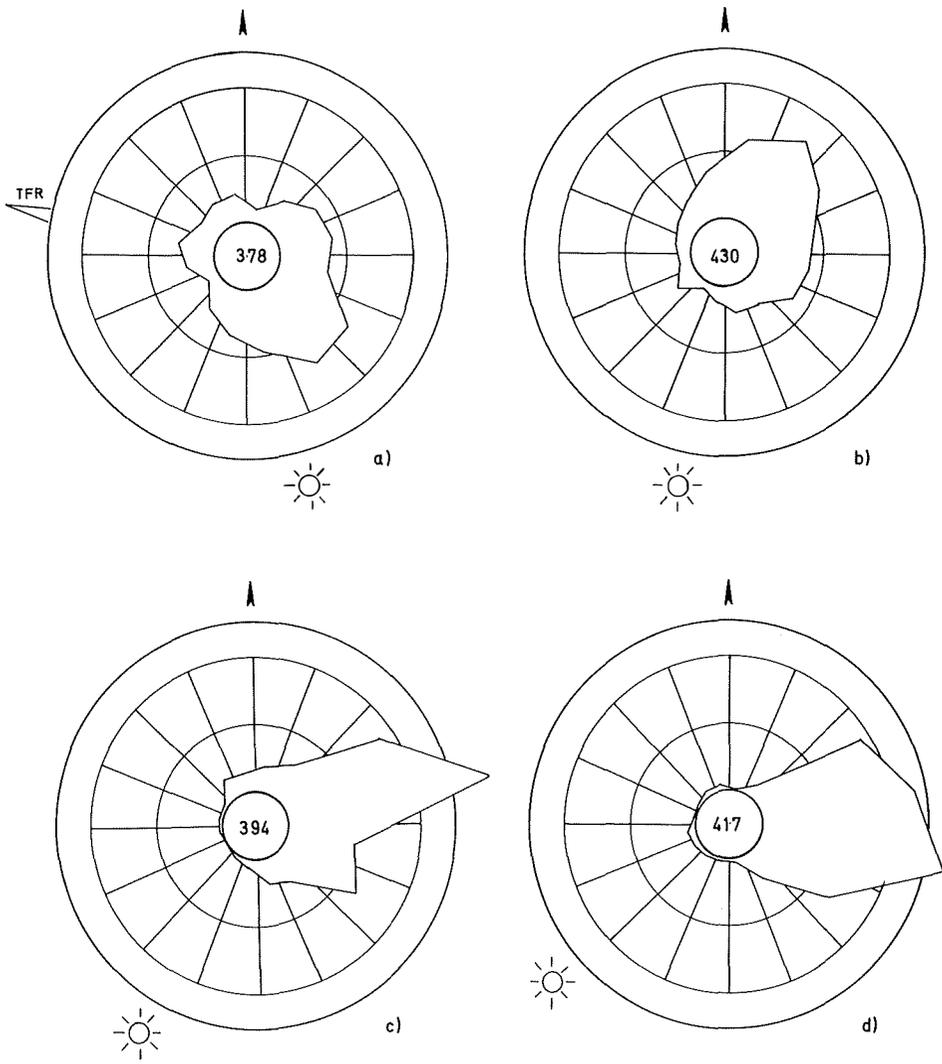


Abb. 5

Tafel 4 (zu Jankowsky)

Erwärmung frischgefangener Amphipoden, die im Winter an tiefe Milieutemperaturen adaptiert sind, verändert die Wahl der Fluchtrichtungen erheblich (Abb. 5). Der Aufenthalt bei der höheren Temperatur verschiebt die mittlere Fluchtrichtung deutlich nach Norden; nach Rückführung in die tiefe Umgebungstemperatur wird diese Drehung gegen den Uhrzeiger aber fortlaufend wieder ausgeglichen. Es sei erwähnt, daß im Winter *Orchestia* plötzliche einstündige Erwärmungen auf 25° C nur selten überlebten, während diese Temperatur im Sommer beliebig lange ertragen wird. Es finden sich bei den Krebsen offenbar starke jahreszeitliche Verschiebungen in der Hitzeresistenz.

Nach obigen Befunden wirken sich Änderungen im normalen Temperaturbereich auf die Sonnenkompaßorientierung von *Orchestia* aus, und zwar verschieben höhere Temperaturen die gewählten Fluchtwinkel in einem Sinne, wie es bei einer Beschleunigung der inneren Uhr zu erwarten wäre. Die Deutung der Versuche wird aber in starkem Maße dadurch erschwert, daß die phototaktische Komponente bei der Orientierung gleichfalls temperaturabhängig ist. Weiterhin kommt eine vollständige Umstimmung der angestrebten Richtung bei tiefen Temperaturen vor, die nach PARDI (1957) bei mediterranen Talitriden den Gang der inneren Uhr bereits blockieren. An der beträchtlichen Veränderung des Fluchtwinkels nach raschem Temperaturwechsel werden sicherlich alle erwähnten Faktoren beteiligt sein. Es muß vorerst offenbleiben, in welchem Ausmaß endogene Regulationen einer dauernden Änderung der Umlaufzeit der inneren Uhr bei verschiedenen Temperaturen entgegenwirken. Ein günstiges Versuchstier für weitere Messungen der Temperaturabhängigkeit der inneren Uhr sind Amphipoden nicht, weil die Temperatur die phototaktische Einstellung und die angestrebte Fluchtrichtung schwer überschaubar variiert. Bei einer Untersuchung der Sonnenkompaßorientierung aquatischer Arthropoden, z.B. *Idothea* (vgl. PARDI 1963), würden sich einige dieser Schwierigkeiten wohl vermeiden lassen; im Wasser sind Versuchstiere auch besser zu temperieren.

Ein wahrscheinlich vorhandenes Vermögen der inneren Uhr, Temperatureinflüsse durch Regulationen oder Adaptationen zu kompensieren, wird aber nur ihr selbst zukommen, da die Adaptation des Stoffwechsels im allgemeinen viel mehr Zeit in Anspruch nimmt, als für ein brauchbares Funktionieren der inneren Uhr zuträglich ist. Auch bei *Orchestia* liegt eine Bindung mit dem Stoffwechsel nicht vor, der Sauerstoffver-

---

Legenden zu den nebenstehenden Abbildungen (Tafel 3)

- Abb. 3: Die prozentuale Verteilung der Fluchtwinkel frischgefangener *Orchestia* bei tiefen Versuchstemperaturen. Versuchsanordnung 2; außer der Aufgliederung in 16 Segmente entspricht die Art der Darstellung der Abb. 2. TFR = 281°. Linkes Diagramm: Fundort-Temperatur 2,5° C, Versuchstemperatur 7° C; rechtes Diagramm: Fundort-Temperatur 0,5° C, Versuchstemperatur 3° C. Versuchszeit: Februar-März.
- Abb. 4: Änderung des Fluchtwinkels von an 20° C adaptierten *Orchestia* bei der Versuchstemperatur 6° C. Adaptationszeit 3 Wochen. Nach der Kälteexposition wurden die Fluchtwinkel der 28 Krebse in Abständen von 10 min registriert. Versuchsmonat: Februar.

---

Legende zu der nebenstehenden Abbildung (Tafel 4)

- Abb. 5: Die Sonnenkompaßorientierung von *Orchestia* bei einer kurzfristigen Temperaturänderung. Eingezeichnet ist die prozentuale Verteilung der Fluchtwinkel. Einzelheiten der Darstellung sind bei Abb. 2 angegeben. TFR = 281°. Fundort-Temperatur 0,5 – 1° C. Versuchstemperatur 2° C.
- a) Orientierung kurz nach dem Fangen; b) Versuchstiere 90 – 100 min auf 19° C erwärmt und erneut bei Lufttemperatur (2° C) untersucht; c) Orientierung nach weiteren 30 min und d) nach 40 bis 60 min Aufenthalt bei 2° C. Versuchsmonat: März.

brauch zeigt keine Leistungsadaptation. Bei einer Versuchstemperatur von 22°C verbrauchen an 8°C angepaßte Flohkrebse  $439 \pm 19 \mu\text{l O}_2/\text{g}$  Feuchtgewicht und Stunde; der entsprechende Wert für an 21°C adaptierte Tiere beträgt  $472 \pm 20 \mu\text{l}$  (33 bzw. 31 Messungen). Ebenso ist die innere Uhr der Biene von der Stoffwechselintensität unabhängig (RENNER 1957); gleiches gilt für das Zeitschätzvermögen des Goldfisches (ROZIN 1965).

#### L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s

ASCHOFF, J. (Hrsg.) (1965): Circadian clocks. North-Holland Comp., Amsterdam. — BÜNNING, E. (1963): Die physiologische Uhr. Springer-Verlag, Berlin. — EMEIS, D. (1959): Untersuchungen zur Lichtkompaßorientierung des Wasserläufers *Velia currens* F. Z. Tierpsychol. 16, 129–154. — ENRIGHT, J.T. (1966): Temperature and the free-running circadian rhythm of the house finch. Comp.Biochem.Physiol. 18, 463–475. — ERCOLINI, A. (1963): Ricerche sull' orientamento solare degli Anfipodi. La variazione dell'orientamento in cattività. Arch.Zool.Ital. 48, 147–179. — HOFFMANN, K. (1957): Über den Einfluß der Temperatur auf die Tagesperiodizität bei einem Poikilothermen. Naturwissenschaften 44, 358. — KASBOHM, P. (1967): Der Einfluß des Lichtes auf die Temperaturadaptation bei *Rana temporaria*. Helgol.wiss.Meeresunters. 16, 157–178. — NOPP, H. (1965): Temperaturbezogene Regulationen des Sauerstoffverbrauchs und der Herzschlagrate bei einigen Landpulmonaten. Z.vergl.Physiol. 50, 641–659. — NOPP, H. u. A.Z. FARAHAT (1967): Temperatur und Zellstoffwechsel bei Heliciden. Z.vergl.Physiol. 55, 103–118. — PAPI, F., SERRETTI, L. u. S. PARRINI (1957): Nove ricerche sull' orientamento e il senso del tempo di *Arctosa perita* (Latr.). Z.vergl.Physiol. 39, 531–561. — PARDI, L. (1957): Modificazione sperimentale della direzione di fuga negli anfipodi ad orientamento solare. Z.Tierpsychol. 14, 261–275. — PARDI (1960): Innate components in the solar orientation of littoral amphipods. Cold Spring Harb.Symp. quant.Biol. 25, 395–401. — PARDI (1963): Orientamento astronomico vero in un isopodo marino: *Idotea baltica basteri* (Audouin). Monit.Zool.Ital. 71, 491–495. — PARDI u. F. PAPI (1953): Ricerche sull' orientamento di *Talitrus saltator* (Montagu) (Crustacea — Amphipoda). I. Z.vergl. Physiol. 35, 459–489. — POHL, H. (1967): Die Wirkung der Temperatur auf die circadiane Periodik bei homöothermen Tieren. (Kurzfassung). In: Biologische Rhythmen. Nachrichten der Akad. Wiss., Göttingen. II. Math.-Physik.Kl.Nr. 10. — PRECHT, H. (1964): Gibt es biologische „Langzeituhren“ bei wechselwarmen Tieren? Einige Versuche zum Problem der Beendigung von Diapausen bei Insekten. Zool.Anz. 172, 87–95. — PRECHT, J. CHRISTOPHERSEN u. H. HENSEL (1955): Temperatur und Leben. Springer-Verlag, Heidelberg. — PRECHT, T. BASEDOW, R. BERECK, F. LANGE, W. THIEDE u. L. WILKE (1966): Reaktionen und Adaptationen wechselwarmer Tiere nach einer Änderung der Anpassungstemperatur und der zeitliche Verlauf. Helgol.wiss.Meeresunters. 13, 369–401. — REMMERT, H. (1965): Biologische Periodik. In: Handbuch der Biologie, 5, 335–411. Akad.Verl.Ges. Frankfurt. — RENNER, M. (1957): Neue Versuche über den Zeitsinn der Honigbiene. Z.vergl.Physiol. 40, 85–118. — ROBERTS, F. (1962): Circadian activity rhythms in cockroaches. II. Entrainment and phase shifting. J.Cell.Comp.Physiol. 59, 175–186. — ROZIN, P. (1965): Temperature independence of an arbitrary temporal discrimination in the goldfish. Science 149, 561–563. — SWEENEY, B. u. J.W. HASTINGS (1960): Effects of temperature upon diurnal rhythms. Cold Spring Harb.Symp.quant.Biol. 25, 87–103.