© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

Die Vogelwarte 32, 1984: 226—233

Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie, Vogelwarte Radolfzell und Andechs, und
1. Lehrstuhl des Zoologischen Instituts der Universität zu Köln

Die Änderung der Herzfrequenz als Maß der Erregung — eine Literaturübersicht

Von Hans-Valentin Bastian

1. Einleitung

Wenn ein Tier auf äußere Reize hin sein Verhalten ändert, dann hält man diese Reize für das Tier für bedeutungsvoll. Mit Attrappen-Versuchen läßt sich die Wirkung verschiedener Reize quantifizieren (z. B. CURIO 1967, CURIO et al. 1969). Antwortet ein Tier jedoch nicht mit meßbaren Verhaltensänderungen, müssen diese Reize nicht bedeutunglos für das Tier sein (z. B. BELKIN 1968, BILSING & SCHNEIDER 1979, v. FRISCH 1965, 1966, JUNGIUS & HIRSCH 1979, KNEIS & KÖHLER 1980). Trauerschnäpper *(Ficedula hypoleuca)* z. B. reagieren auf einen Reiz A nicht, auf einen Reiz B aber deutlich. Wird Reiz B nach Reiz A geboten, dann ist die Reaktion auf ihn anders, als wenn Reiz B allein gegeben wird. Reiz A hat also ebenfalls eine Wirkung auf das Tier ausgeübt, die aber durch die Präsentation des Reizes allein nicht nachgewiesen werden konnte (CURIO 1967).

Äußere Reize verursachen nicht immer eine Verhaltensänderung. In solchen Fällen lassen sich aber oft Änderungen physiologischer Grundzustände feststellen, die als geeignetes Maß zur Quantifizierung der Wirksamkeit von Reizen angesehen werden können. Schon im vergangenen Jahrhundert wurde die Pulsfrequenz-Änderung als dafür geeignet erkannt (LEHMANN 1896, MENTZ 1895). Seit dieser Zeit ist zur Beantwortung unterschiedlichster Fragestellungen immer mehr die Messung der Herzfrequenz-Änderung herangezogen worden, nicht nur in der Medizin, sondern auch in der Psychologie, Neurologie und Ethologie (z. B. BLIX et al. 1974, CANDLAND et al. 1969a, 1969b, DYKMAN & GANTT 1956, 1959, v. FRISCH 1965, HOFFMANN & CORDEIRO de SOUZA 1982, MACARTHUR et al. 1982b, Zimmer 1982).

In dieser Arbeit gebe ich einen Literaturüberblick über den Einfluß verschiedener Reize auf die Herzfrequenz, wobei vor allem die Wirkung akustischer Reize berücksichtigt wird.

2. Dank

Herr Dr. Gerhard THIELCKE stand mir während derArbeit — sie ist Teil einer Diplomarbeit — stets hilfreich zur Seite. Herr Prof. Dr. Albrecht FISCHER gab mir die Möglichkeit, diese Arbeit zu machen. Bei der Abfassung der englischen Zusammenfassung half mir Herr R. WEYERS. Allen danke ich herzlich.

3. Einflüsse auf die Herzschlag-Grundfrequenz

Über das vegetative Nervensystem reagiert das Herz-Kreislauf-System schon auf die kleinsten Veränderungen der Umwelt. So steigt zum Beispiel die Herzfrequenz an, wenn sich Tiere außerhalb ihrer Vorzugstemperatur befinden. MÜLLER & JASCHKE (1980) und MÜLLER (1982) haben dies an verschiedenen Halbaffen, KAMAU & MALOIY (1982) an der Dik-Dik Antilope *(Rhynchotragus kirkii)* gezeigt und den V-förmigen Verlauf der Herzfrequenz als Funktion der Außentemperatur aufgedeckt (Abb. 1).

Allein ein unterschiedlicher Wachheitsgrad kann eine Änderung der Herzfrequenz verursachen. So stieg die Herzfrequenz um 20 % an, als eine brütende Lachmöwe *(Larus ridibundus)* in ruhiger Sitzhaltung vom Schlafzustand (Augen geschlossen, Schnabel im Rückengefieder) in einen Zustand des Dösens (Augen zum Teil offen, Kopf nach vorn gerichtet) wechselte (KNEIS & KÖHLER 1980).

An diesen beiden Beispielen erkennt man die Schwierigkeit, die Herzschlag-Grundfrequenz zu bestimmen. In der Medizin ermittelt man sie, wenn der Körper vollkommen ruhig liegt und keine Umwelteinflüsse einwirken. Dabei bleiben jedoch proprio-

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

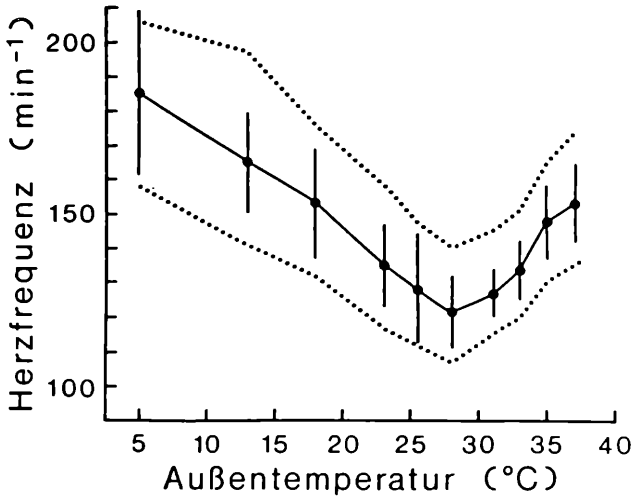

Abb. 1: Die Herzfrequenz des Plumplori *(Nycticebus coucang)* als Funktion der Außentemperatur. Dargestellt sind die Mittelwerte (dicke schwarze Punkte; N = 4), die Standardabweichung (vertikale Linien) und die Extremwerte (gepunktete Linien). Das Minimum der Kurve bei 28 °C entspricht der Vorzugstemperatur des Tieres (nach Müller 1982).

zeptive Einflüsse, die beispielsweise durch einen wechselnden Blutdruck verursacht werden können, unberücksichtigt (PENZLIN 1977, SCHMIDT & THEWS 1976). Steigender oder fallender Blutdruck kann sich stark auf die Herzfrequenz auswirken. Allein das Heben des Kopfes und der dadurch verursachte erhöhte Druck auf den Barorezeptor ließ die Herzfrequenz bei der Giraffe *(Giraffa camelopardis)* von 90 auf 60 Herzschläge pro Minute sinken (CITTERS et al. 1966).

4. Herzfrequenz-Änderungen bei Konditionierungen

Zu den in der Einleitung angeführten Vorteilen der Herzfrequenz-Messung kommt bei Konditionierungen hinzu, daß das Herz-Kreislauf-System schneller auf Umwelteinflüsse reagiert als die Körpermuskulatur (PINTO-HAMUY et al. 1957).

Mit Hilfe von Herzfrequenz-Konditionierungen wurde die sensorische Leistungsfähigkeit von Tieren gemessen, z. B. an Staren *(Sturnus vulgaris)*, Tauben und Ratten (ABS & BRÄUCKER 1982, KUHN et al. 1980, 1982, WILKIN et al. 1982). Dabei wird in der Regel ein nicht konditionierender Reiz mit einem Ton definierter Frequenz, Lautstärke oder Dauer als konditionierender Reiz gekoppelt. Schon nach einigen Versuchen reagiert das Versuchstier allein auf den akustischen Reiz mit einer deutlichen Erhöhung der Herzfrequenz.

Um beispielsweise zu testen, welche Tonhöhen-Unterschiede das Versuchstier wahrnimmt, werden ihm Töne verschiedener Frequenzen vorgespielt. Solange das Versuchstier nicht mit einer deutlichen Herzfrequenz-Steigerung reagiert, kann es die Tonhöhendifferenz zwischen vorgespieltem und konditioniertem Reiz erkennen. Das Unterscheidungsvermögen ist überschritten, wenn die während der Konditionierung erlernte Reaktion — in diesem Fall ein deutlicher Anstieg der Herzfrequenz — eintritt. Mit dieser Methode wurden am Star die Unterscheidungsgrenzen für Tonhöhen, Lautstärke und Pausenlänge ermittelt (KUHN et al. 1980, 1982).

Ein konditionierender Reiz kann sowohl einen Anstieg der Herzfrequenz verursachen (z. B. DYKMAN & GANTT 1956, FLESHLER 1965, HOFFMAN & SEARLE 1965, SKAGGS 1926, BASTIAN in Vorb.), als auch einen Abfall (CUNNINGHAM et al. 1977, HOFFMAN &

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

FITZGERALD 1982, MARTIN & FITZGERALD 1980). Wird in einem Konditionierungsexperiment ein 70 dB lauter Ton mit einem Elektroschock gekoppelt, reagieren nach erfolgreicher Dressur eingesperrte Ratten anders als frei bewegliche. Eingesperrte Ratten zeigen als Reaktion auf den akustischen Reiz eine Abnahme der Herzfrequenz und Bewegungsaktivität sowie eine Zunahme der Muskelaktivität (Muskelzittern). Dieses „Einfrieren" der Bewegungen sehen die Autoren als natürliches Verhalten eingesperrter Ratten. Frei bewegliche Ratten reagieren auf denselben konditionierenden Reiz mit einem Anstieg der Herzfrequenz, Bewegungsaktivität und Muskelaktivität. Auch dieses sei das physiologische Spiegelbild frei beweglicher Ratten auf diesen Reiz (MARTIN & FITZGERALD 1980).

Auf 70 dB laute Strophen arteigener und artfremder Gesänge reagiert der Zilpzalp *(Phylloscopus collybita)* mit einem Anstieg der Herzfrequenz. Beginnt eine Strophe immer nach einer konstanten Pausenlänge, so steigt die Herzfrequenz nach Ende der Vorspielzeit im selben Rhythmus, wie zuvor die Strophen vorgespielt wurden, weiter an (Bastian in Vorb.).

5. Herzfrequenz-Änderungen bei Orientierungsreaktionen

Eine vollständige Reaktion auf einen äußeren Reiz setzt sich in der Regel aus einer Orientierungsreaktion und einer anschließenden Bewegunsfolge zusammen (PAWLOW 1953/55, SOKOLOW 1963). Die Orientierungsreaktion ist nach SOKOLOW unspezifisch gegenüber Reizqualität und Reizintensität und verschwindet bei wiederholter Darbietung. Da Orientierungsreaktionen oft nur schwierig zu erfassen sind, bieten sich auch hier Messungen der Atem- und Herzfrequenz an.

Alle Reizversuche, die Orientierungsreaktionen zur Folge haben, lassen sich in zwei Gruppen einteilen (BILSING & SCHNEIDER 1979, FLECK 1953, LANG & HNATIOW 1962, SOKOLOW 1963, SOLTYSIK et al. 1961):

1. Liegt die Reizintensität unterhalb der Schreckreizschwelle, steigt die Herzfrequenz an und pendelt sich dann langsam wieder auf den Grundfrequenzwert ein.
2. Ist die Reizintensität größer oder gleich dem Wert der Schreckreizschwelle, nimmt die Herzfrequenz zunächst ab, steigt dann langsam über die Grundfrequenz an und pendelt sich schließlich wieder auf das Niveau der Grundfrequenz ein.

6. Herzfrequenz-Änderung unter Einwirkung von Stress

Das Herz als Motor des Kreislaufs versorgt den Körper mit Sauerstoff und Nährstoffen und entsorgt ihn von Kohlendioxid und Zellgiften. Ein erhöhter Sauerstoffbedarf oder eine erhöhte Kohlendioxidkonzentration im Blut führt zu einem Anstieg der Herzfrequenz (FLYNN & GESSAMAN 1979, KAMAU & MALOIY 1982). Somit ist die Erhöhung der Herzfrequenz ein geeignetes Mittel, den Körper auf Belastungen vorzubereiten; also auf Situationen, in denen der Körper Arbeit leisten muß (BECH & NOMOTO 1982, BERGER et al. 1970, KANWISHER et al. 1978, RANDAL & DAXBOECK 1982) oder Stressoren ausgesetzt ist. Stress kann als Anpassung an oft plötzlich eintretende Notsituationen (z. B. Lärm, Schmerz, Angst; „Fight and Flight Syndrom") oder als Anpassung an länger dauernde Umweltbelastungen wie Hetze, Frustrationen, zu hohe Populationsdichte (allgemeines Anpassungssyndrom) auftreten (CARTER 1982, IMMELMANN 1982, SELYE 1974).

Plötzlich eintretende intensive Reize (Schreck) führen zu einer Erhöhung der Herzfrequenz, wie Versuche an Menschen (BARTOSKUK 1962, SCHOCK & SCHLATTER 1942, SKAGGS 1926, STOCKVIS et al. 1962) und Ratten zeigten (FLESHLER 1965, HOFFMAN & SEARLE 1965). Meist wurden akustische Reize von hoher Lautstärke geboten. Die Ergebnisse gleichen sich in den Grundmustern: Nach Beginn eines plötzlich einsetzenden Tones (Pistolenschuß, Autohupe oder ähnlichem) steigt die Herzfrequenz deutlich an und sinkt dann langsam auf die Grundfrequenz zurück (tonische Reaktion). Erschwert

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

wird die Ermittlung der Wirkung von Schreckreizen auf die Herzfrequenz, da die Versuchstiere in der Regel zu fliehen versuchten. Dabei überlagerten sich motorisch und psychisch bedingte Änderungen der Herzfrequenz.

Andere Formen des Stresses stellen sich bei Konflikten ein (z. B. zwischen Flucht und Verteidigung der eigenen Jungen), bei Gefahren, während der Errichtung und Festigung von Hierarchien oder beim Menschen bei der Lösung bestimmter Aufgaben.

Sehr einheitlich sind die Ergebnisse von Untersuchungen an Menschen, die Rechenaufgaben lösen oder Bildbeschreibungen formulieren mußten (DARROW 1929, BENTHEM & GLAROS 1982, WILLIAMS et al. 1982). Stets stieg die Herzfrequenz während der Versuchszeit an. Dieser Anstieg hat nicht nur eine rein physiologische, sondern auch eine psychologische Ursache (BENTHEM & GLAROS 1982). Diese Autoren konnten zeigen, daß die Herzschlagreaktion aufzuheben ist, wenn die Versuchspersonen ihre Herzfrequenz kontrollieren konnten. Würde es sich um einen rein physiologisch bedingten Anstieg der Herzfrequenz handeln, wäre das nicht möglich. BLIX et al. (1974) erhielten Hinweise, daß psychische Faktoren die Herzfrequenz beeinflussen können: Piloten haben beim Start, beim Landen und in schwierigen Flugmanövern eine höhere Pulsrate, als es der simultan gemessene Sauerstoffverbrauch erfordert hätte.

Während sich die Versuche am Menschen in der Regel auf Laborversuche beschränken, wird im Tierversuch immer mehr die Möglichkeit genutzt, Herzfrequenzen mittels Radiotelemetrie im Freiland zu messen.

Nestjunge Vögel, Eidechsen, Schildkröten und junge Weißwedelhirsche *(Odocoileus virginianus)* verhalten sich bei Gefahr ruhig und senken ihre Herzfrequenz (BELKIN 1968, v. FRISCH 1966, JAKOBSON 1979, MOEN et al. 1978). Auch in diesen Fällen bestimmt das Verhalten der Tiere, ob es zu einem Anstieg oder Abfall der Herzfrequenz kommt. Erwachsene können in ähnlichen Situationen anders reagieren als Junge: Während die Herzfrequenz eines erwachsenen, weiblichen Kiebitz *(Vanellus vanellus)* beim Anblick von Menschen anstieg, sank die der Jungtiere als sie den Alarmruf des Elterntieres hörten (v. FRISCH 1966). Während in der Frühphase der Entwicklung Weißwedelhirsche auf vorgespieltes Wolfgeheul oder den Anblick von Menschen mit einem Abfall der Herzfrequenz reagierten, trat vom 45.-50. Lebenstag an auf gleiche Reize ein Anstieg der Herzfrequenz ein (JAKOBSON 1979, MOEN et al. 1978).

Der Einfluß des Menschen auf wildlebende Tiere wurde oft untersucht (z. B. JUNGIUS & HIRSCH 1979, KANWISHER et al. 1978, MACARTHUR et al. 1979, 1982a, 1982b). Dickhornschafe *(Ovis canadensis)* antworten bei Stress wie folgt (MACARTHUR et al. 1979, 1982a, 1982b):

— Keine Änderung der Herzfrequenz tritt in für das Tier ungefährlichen Situationen ein (z. B. Balzverhalten, oder bei diesen Tieren auch agonistisches Verhalten), oder in ursprünglich gefährlichen Situationen, die das Versuchstier als ungefährlich kennengelernt hat (ein Mensch geht auf einem Weg und nähert sich dabei dem Tier).
— Zu einem Anstieg der Herzfrequenz kommt es beim Anblick von Menschen, die in ihr Revier eindringen, oder beim Erblicken von freilaufenden Kojoten.

JUNGIUS & HIRSCH (1979) ermittelten auf Galapagos die Herzfrequenz brütender Seevögel in Abhängigkeit von der Entfernung der Besucher von den Nestern, um zu wissen, wie weit Besucherpfade von brütenden Seevögeln entfernt sein müssen. Die kritische Entfernung war für Brutpaare, die in der Nähe der Besucherpfade ihr Nest hatten, signifikant niedriger, als bei jenen, die abseits der Pfade brüteten.

In sozialen Gruppen wurde mit Hilfe der Radiotelemetrie die Pulsfrequenz von Haushühnern und Totenkopfäffchen *(Saimiri sciureus)* verschiedener Rangordnung gemessen (CANDLAND et al. 1969a, 1969b, CHERKOVICH & TATOYAN 1973). Dabei gelang es nicht nur Alpha-Tiere und Omega-Tiere anhand der Herzschlagreaktion zu erkennen, sondern auch den Sozialstatus der anderen Tiere. Die Ranghöchsten und Rangtiefsten zeigten die deutlichsten Herzschlag-Reaktionen, weil diese Tiere offenbar am ehesten in Rangordnungskämpfe verwickelt wurden.

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

Die Änderung der Herzfrequenz beim Vorspiel von arteigenen Stimmen wird zwar schon seit einigen Jahren untersucht, doch ist die Zahl der Experimente klein geblieben. Elterliche Alarmrufe lassen bei Nestflüchtern die Herzfrequenz sinken (v. FRISCH 1966). Adulte Stare *(Sturnus vulgaris)*, denen arteigene Alarmrufe vorgespielt wurden, verdoppeln beinahe ihre Herzfrequenz innerhalb von drei Sekunden (THOMPSON et al. 1968, Abb. 2). Embryos der Hausente *(Anas platyrhynchos var domesticus)* beantworten fünf Tage vor dem Schlüpfen Rufe der Mutter mit einer Erhöhung der Herzfrequenz (GOTTLIEB 1965). Während Zilpzalpe *(Phylloscopus collybita)* arteigenen Gesang vom Tonband hörten, waren sie über Drähte an einen Kardiographen angeschlossen (ZIMMER 1982). Wildfänglinge von ♂ und ♀ reagierten auf Strophen aus ihrem eigenen Dialektgebiet häufiger mit Herzschlag-Erhöhung als auf artfremde Strophen. Auf den Gesang isoliert aufgezogener ♂ antworteten nur die Handaufgezogenen aber nicht die Wildfänglinge, BASTIAN (in Vorb.) fand dagegen eine starke Abhängigkeit der Reaktion des Zilpzalps von der Lautstärke des vorgespielten Gesangs und von der Menge reaktionsauslösender Parameter. Diese Parameter waren in Freilandversuchen ermittelt worden (BECKER et al. 1980). Auch die Vorgeschichte der Tiere spielte nach BASTIAN eine große Rolle. So reagierten Zilpzalpe, die schon längere Zeit in Gefangenschaft lebten, und dabei in größerer Zahl in Einzelkäfigen im selben Raum untergebracht waren, sehr viel eher auf akustische Reize, als solche, die erst kurze Zeit in Gefangenschaft lebten. Diese „neurotischen" Tiere hatten auch eine signifikant höhere Herzschlag-Grundfrequenz als jene, die erst wenige Wochen in Gefangenschaft lebten.

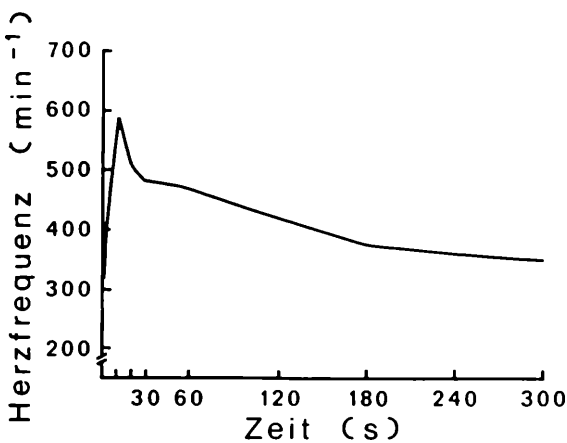

Abb. 2: Mittlere Herzschlagreaktion von adulten Staren (n = 26). Bei t = O s wurde der arteigene Warnruf vorgespielt (nach Thompson et al. 1968).

7. Der Einfluß chemischer Substanzen auf die Herzfrequenz

Das Herz wird durch Nervenäste des Sympathikus und des Parasympathikus innerviert und ist deshalb stets unter dem Einfluß bestimmter Transmittersubstanzen, wie Adrenalin oder Acethylcholin (PENZLIN 1977, SCHMIDT & THEWS 1976). Um zu ermitteln, welchen Anteil an Information über den Sympathikus und den Parasympathikus auf den Herzmuskel übertragen wird, muß die Aktivität jeweils eines Teils des vegetativen Nervensystems blockiert werden. Geschieht dies beim Parasympathikus durch Injektion von Atropin, treten folgende Effekte auf:

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

— Die Herzschlag-Grundfrequenz wird erhöht (FITZGERALD et al. 1973, DYKMAN & GANTT 1959, HOFFMAN & CORDEIRO DE SOUZA 1982).
— Nach Reizung sind Herzschlag-Änderungen verzögert (DYKMAN & GANTT 1959).
— Auf konditionierende Reize sinkt die Herzfrequenz (Fitzgerald et al. 1973).

8. Zusammenfassung

1. Durch die Messung der Herzfrequenz-Änderung werden Erregungszustände erfaßbar, die sich im Verhalten des Tieres oft nicht ausdrücken.
2. Die Herzschlag-Grundfrequenz wird beeinflusst durch die Umgebungstemperatur, den Wachheitsgrad des Versuchstieres, durch Haltungsbedingungen sowie durch propriozeptive Einflüsse.
3. Mit Hilfe von Herzfrequenz-Konditionierungen lassen sich die Unterscheidungsgrenzen bestimmen, zum Beispiel von Tonhöhe, Lautstärke oder Pausenlänge. Auf nicht konditionierende Reize steigt die Herzfrequenz immer an.
4. Während Orientierungsreaktionen auftreten, steigt die Herzfrequenz ebenfalls.
5. Schreckreize verursachen eine Erhöhung der Herzfrequenz.
6. Die Herzreaktion bei psychischer Belastung ist unterschiedlich: Bleibt das Versuchstier ruhig sitzen, sinkt die Herzfrequenz, bewegt es sich, steigt sie.
7. Auf Kommunikationssignale reagieren Tiere nicht (z. B. Dickhornschafe) oder mit einem Anstieg der Herzfrequenz.
8. Atropin blockiert die Aktivität des Parasympathikus, was zu einer höheren Herzschlag-Grundfrequenz führt. Nach Reizung sind Herzfrequenz-Änderungen verzögert, und wenn konditionierende Reize geboten werden, sinkt die Herzfrequenz.

9. Summary

1. The basic heart rate is influenced by external temperature, the degree of awakeness of the test animals, and by proprioceptive factors.
2. By measuring the changes in heart rate reactions become apparent which would go unnoticed on the basis of behaviour changes.
3. The ability to differentiate between sound frequencies, sound pressures, and lenghts of sound intervals, can be investigated with the aid of heartrate conditioning. Unconditioned stimuli always lead to an increase in heart rate.
4. Tachycardic reactions are established during orienting responses.
5. Startle causes an increase in the heart rate.
6. The heart rate reactions to psychic stresses are variable and are usually dependent on the behaviour shown by the test-animals.
7. If the natural reaction of the test-animal is a decrease in its lokomotor activity, the effect is bradycardia; a rise in locomotor activity results in tachycardia. Attractive stimuli cause increases in heart rate and unattractive ones cause no reactions.
8. Atropine blocks the activity of the parasympathetic system resulting in a significantly higher basic heart rate and bradycardia.

10. Literatur

Abs, M., & R. Bräucker (1982): Zum Unterscheidungslernen akustischer Muster bei Tauben. In: Abstracts der freien Posterdemonstration. Verh. Dtsch. Zool. Ges. 299 ● Angermeier, W.F., & M. Peters (1973): Bedingte Reaktionen. Springer, Berlin ● Bartoshuk, A.K. (1962): Human neonatal cardiac acceleration to sound: habituation and dishabituation. Percep. Mot. Skills 15: 15—27 ● Bastian, H.V (in Vorb.): Die Abhängigkeit der Herzfrequenz des Zilpzalps *(Phylloscopus collybita)* von Qualität und Lautstärke akustischer Signale ● Bech, C., & S. Nomoto (1982): Cardiovascular changes associated with tretmill running in the Pekin Duck. J. exp. Biol. 97: 345—358 ● Becker, P.H., G. Thielcke & K. Wüstenberg (1980): Der Tonhöhenverlauf ist entscheidend für das Gesangserkennen beim mitteleuropäischen Zilpzalp *(Phylloscopus collybita)*. J. Orn. 121: 229—245 ● Belkin, D. A. (1968): Bradycardia in response to threat. Am. Zool. 8: 775 ● Benthem, J.A., & A.G. Glaros (1982): Self control of stress-induced cardiovascular change using transit time feedback. Psychophysiol.

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

19: 502—505 ● Berger, M., J.S. Hart & O.Z. Roy (1970): Respiration, oxygen consumption, and heart rate in some birds during rest and flight. Z. vergl. Physiol. 66: 201—214 ● Bilsing, A. & R. Schneider (1979): Der Einfluß von weißem Rauschen auf Herzfrequenz, Open-field Aktivität und Orientierungsreaktion beim Meerschweinchen *(Cavia a. porcellus)*. Zool. Jg. Physiol. 83: 253—262 ● Blix, A. S., S. B. Stromme, & H. Ursin (1974): Additional heart rate — an indicator of psychological activation. Aerospace Med. 45: 1219—1222 ● Bloch-Rojas, S., A. Taro & T. Pinto-Hamuy (1964): Cardiac versus somatomotor conditioned response in neodecorticated rats. J. comp. physiol. Psychol. 58: 233—236 ● Candland, D.K., D.B. Taylor, L. Dresdale, J.M. Leiphard & S.P. Solow (1969a): Heart rate, aggression, and dominance in the domestic chicken. J. comp. physiol. Psychol. 67: 417—423 ● Candland, D.K., D.C. Bryan, B.L. Nazar, K.J. Kopf & M. Sendor (1969b): Squirrel monkey heart rate during formation of status order. J. comp. physiol. Psychol. 70: 417—423 ● Carter, N. (1982): Effects of psycho-physiological stress of captive dolphins. Int. J. stud. anim. prob. 3: 193—198 ● Citters, R.J. van, W.S. Kemper & D.L. Franklin (1966): Blood pressure response of wild giraffes studied by radio telemetry. Science 152: 384—386 ● Cherkovich, G.M., & S.K. Tatoyan (1973): Heart rate (radiotelemetrical registration) in macaques and baboons according to dominant-submissive rank in a group. F. prim. 20: 265—273 ● Cunningham, C.L., R.D. Fitzgerald & D.L. Francisco (1977): Excitatory and inhibitory consequences of explicitly unpaired and truly random conditioning procedures on heart rate in rats. Anim. Learn. Behav. 5: 135—142 ● Curio, E. (1967): Die Adaptation einer Handlung ohne den zugehörigen Bewegungsablauf. Verh. Dtsch. Zool. Ges.: 153—163 ● Ders., R. Blaich & N. Rieder (1969): Der Funktionszusammenhang zwischen einer Handlung und der ihr zugrunde liegenden Erregung als Grundlage der Ethometrie von Schlüsselreizen. Z. vergl. Physiol. 62: 301—317 ● Darrow, C.W (1929): Differences in the physiological reactions to sensory and ideational stimuli. Physiol. Bull. 26: 185—201 ● DeBeer, E.L., H.A. Keizer, P. Schiereck & C. van Amerongen (1982): Effects of physiological sex hormones on the mechanical and electrical behaviour of the heart. In: Kenner, T., R. Busse & H. Hinghefer-Szalkay (Hg.): Cardiovascular system dynamics: Models and Measurements, 613—620, Plenum Publishing Corporation, Graz ● Dykman, R.A. & W.H. Gantt (1956): Relation of experimental tachycardia to amplitude of motor activity and intensity of the motivating stimuli. Am. J. Physiol. 185: 495—498 ● Dies. (1959): The parasympathetic component of unlearned and acquired cardiac response. J. comp. physiol. Psychol. 52: 163—167 ● Fehr, J.W & J.A. Stern (1965): Heart rate conditioning in the rat. J. Psychosom. Res. 8: 441—453 ● Fitzgerald, R.D., G.K. Martin & J.H. O'Brien (1973): Influence of vagal activity of classically conditioned heart rate in rats. J. compl. physiol. Psychol. 83: 485—491 ● Fleshler, M. (1965): Adequate acoustic stimulus for startle reaction in the rat. J. comp. physiol. Psychol. 60: 200—207 ● Flynn, R. K. & J. A. Gessaman (1979): An evaluation of heart rate as a measure of daily metabolism in pigeons *(Columbia livia)*. Comp. Biochem. Physiol. 63A: 511—514 ● Frisch, O.v. (1965): Versuche über die Herzfrequenzänderung von Tieren bei psychischer Erregung. Z. Tierpsychol. 22: 104—118 ● Ders. (1966): Herzfrequenzänderung bei Drückreaktion junger Nestflüchter. Z. Tierpsychol. 23: 497—500 ● Gottlieb, G. (1965): Prenatal auditory sensivity in chickens and ducks. Science 147: 1596—1598 ● Hoffman, H.S. & J.L. Searle (1965): Acoustic variables in the modification of startle reaction in the rat. J. comp. physiol. Psychol. 60: 53—58 ● Hoffman, J.W & R.D. Fitzgerald (1982): Bidirectional heart rate response associated with excitatory and inhibitory stimuli. Anim. Learn. Behav. 10: 77—82 ● Hoffman, A. & M.B. Cordeiro de Souza (1982): Cardiovascular reflexes in conscious touds. J. Auton. Nerv. Sys. 5: 345—355 ● Immelmann, K. (1982): Wörterbuch der Verhaltensforschung. Parey, Berlin, Hamburg ● Jacobson, N.K. (1979): Alarm bradycardia in the white-tailed deer fawns *(Odocoileus virginianus)*. J. Mamm. 60: 343—349 ● Jungius, H. & U. Hirsch (1979): Herzfrequenzänderung bei Brutvögeln in Galapagos als Folge von Störungen durch Besucher. J. Orn. 120: 299—310 ● Kamau, J.M.Z. & G.M.O. Maloiy (1982): The relationship between rate of oxygen consumption, heart rate, and thermal conductance of the Dik-Dik antilope *(Rhynchotragus kirkii)* at various ambient temperatures. Comp. Biochem. Physiol. 73A: 21—24 ● Kanwisher, J.W., T.C. Williams, J.M. Teal & K.O. Lawson jr. (1978): Radiotelemetry of heart rate from free-ranging gulls. Auk 95: 288—293 ● Kneis, P & D. Köhler (1980): Messungen zur Abhängigkeit der Herzrate vom Verhaltensstatus und zum Einfluß der Umgebungstemperatur auf die Eitemperatur bei brütenden Lachmöwen *(Larus ridibundus)*. Zool. Jb. Physiol. 84: 396—400 ● Kokkinidis, L. & E.P. MacNeill (1982): Stress-Induced facilitation of acoustic startle after d-Amphetamin administration. Pharm. Biochem. Behav. 17: 413—417 ● Kuhn, A., H.-J. Leppelsack & J. Schwarzkopff (1980): Measurements of frequency discrimination in the starling *(Sturnus vulgaris)* by conditioning of heart rate.

© Deutschen Ornithologen-Gesellschaft und Partner; download www.do-g.de; www.zobodat.at

Naturw. 67: 102—103 ● Kuhn, A., C.M. Müller, H.-J. Leppelsack & J. Schwarzkopff (1982): Heart rate conditioning for determination of auditory threshold in the starling. Naturw. 69: 245—246 ● Lang, P.J. & M. Hnatiow (1962): Stimulus repetition and heart rate response. J. comp. physiol. Psychol. 55: 781—785 ● Lehmann, A. (1899): Körperliche Äußerungen psychischer Zustände. Leipzig ● MacArthur, R.A., V Geist & R.H. Johnston (1982a): Cardiac and behavioral responses of mountain sheep to human disturbance. J. Wildl. Managem. 46: 351—357 ● Dies. (1982b): Physiological correlates of social behaviour of bighorn sheep: A field study using electrocardiogrammtelemetry. J. Zool. Lond. 196: 401—415 ● MacArthur, R.A., R.H. Johnston & V Geist (1979): Factors influencing heart rate in free ranging bighorn sheep: A physiological approach to the study of wildlife harassment. Can. J. Zool. 57: 2010—2021 ● Martin, G.K., & R.D. Fitzgerald (1980): Heart rate and somatomotor activity in rats during signalled escape and yoked classical conditioning. Physiol. Behav. 25: 519—526 ● Mentz, P. (1895): Die Wirkung akustischer Sinnesreize auf Puls und Atmung. Phil. Stud. 11:61—131 ● Moen, A.N., M.A. Dellafera, A.L. Miller & B.A. Buxton (1978): Heart rate of white tailed deer fawns in response of recorded wolf howls. Can. J. Zool 56: 1207—1210 ● Müller, E.F. (1982): Heart rate in the slow loris *(Nycticebus coucang)*. F. Prim. 38: 250—258 ● Ders., & H. Jaschke (1980): Thermoregulation, oxygen consumption, heart rate, and evaporative water loss in the thick-tailed bushbaby (*Galago crassicaudatus* GEOFFROY, 1812). Z. Säugetierk. 45: 269—278 ● Pawlow, J.P. (1953/55): Sämtliche Werke, Bd. IV. Berlin ● Penzlin, H. (1977): Lehrbuch der Tierphysiologie. Fischer, Stuttgart, New York ● Pinto-Hamuy, T., J. Newton & H. Gantt (1957): Comparative speed formation, cardiovascular and motor conditioning. Federat. Proc. 16: 101 ● Randall, D.J. & C. Daxboeck (1982): Cardiovascular changes in the rainbow trout (*Salmo gairdneri* RICHARDSON) during exercise. Can. J. Zool. 60: 1135—1140 ● Sato, A., Y. Sato & R.F. Schmidt (1982): Changes in heart rate and blood pressure upon injection of algesic agents into the skeletal muscle. Pfl. Ar. 393: 31—36 ● Schmidt, R.F. & G. Thews (1976): Physiologie des Menschen. Springer, Berlin, Heidelberg, New York ● Selye, H. (1974): Stress, Bewältigung und Lebensgewinn. Piper, München ● Shock, N.W & J. Schlatter (1942): Puls rate response of adolescens to auditory stimuli. J. exp. Psychol. 30: 414—425 ● Skaggs, E.B. (1926): Changes in pulse, breathing, steadiness under conditions of startledness and exited expectancy. J. comp. Psychol. 6: 303—317 ● Sokolow, E.N. (1963): Higher nervous functions: The orienting reflex. Ann. Rev. Physiol. 25: 545—580 ● Soltysik, S., M. Jaworska, M. Kowalska & S. Radom (1961): Cardiac responses to simple acoustic stimuli in dogs. Acta biol. exp. 21: 235—252 ● Stokvis, B., S.T. Liem & M.P Bolten (1962): Das Verhalten der Herzfrequenz während experimentell erzeugtem Stress. Z. psychosom. Med. 8: 234—254 ● Thompson, R.D., C.V. Grant & E.W Pearson (1968): Cardiac response of starlings to sound: Effects of lighting and grouping. Am. J. Physiol. 214: 41—44 ● Tuurala, H., A. Soivio & M. Nikinmaa (1982): The effects of adrenalin on the heart rate and blood pressure in *Salmo gairdneri* at two temperatures. Ann. Zool. Fennici 19: 47—51 ● Wilkin, L.D., C.L. Cunningham & R.D. Fitzgerald (1982): Pavlovian conditioning with ethanol and lithium: Effects on heart rate and taste aversion in rats. J. comp. physiol. Psychol. 96: 781—790 ● Williams, R.B. jr., J.D. Lane, C.M. Kuhn, W Melosh, A.D. White & S.M. Schanberg (1982): Type A behavior and elevated physiological and neuroendocrine responses to cognitive tasks. Science 218: 483—485 ● Zimmer, U.E. (1982): Birds react to playback of recorded songs by heart rate alterations. Z. Tierpsychol. 58: 25—30 ●

Anschrift des Verfassers: Hans-Valentin Bastian. Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie, Vogelwarte Radolfzell und Andechs, Am Obstberg, 7760 Radolfzell 16.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Vogelwarte - Zeitschrift für Vogelkunde

Jahr/Year: 1984

Band/Volume: 32_1984

Autor(en)/Author(s): Bastian Hans-Valentin

Artikel/Article: Die Änderung der Herzfrequenz als Maß der Erregung - eine Literaturübersicht 226-233