

Beobachtungen am Elektrokardiogramm von nichtdomestizierten Säugetieren

Autor(en): **Grauwiler, J.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Archiv für Tierheilkunde SAT : die Fachzeitschrift für Tierärztinnen und Tierärzte = Archives Suisses de Médecine Vétérinaire ASMV : la revue professionnelle des vétérinaires**

Band (Jahr): **103 (1961)**

Heft 8

PDF erstellt am: **01.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-591690>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Aus dem Veterinär-Physiologischen Institut der Universität Zürich
(Direktor: Prof. Dr. H. Spörri)
und dem Zoologischen Garten, Basel
(Direktor: Dr. E. M. Lang)

Beobachtungen am Elektrokardiogramm von nichtdomestizierten Säugetieren

Von J. Grauwiler

Einleitung

Das Elektrokardiogramm der verschiedenen Säugetierarten ist noch wenig bekannt. In besonderem Maße gilt dies für die nichtdomestizierten Säugetiere, obwohl sie in Tiergärten in recht großer Auswahl für Untersuchungen zur Verfügung stehen. In letzter Zeit hat sich allerdings das Interesse an elektrokardiographischen Befunden bei Tieren stark erhöht. Dazu hat vor allem die Förderung der Forschung auf dem Gebiet der vergleichenden Kardiologie durch die Weltgesundheitsorganisation sowie das amerikanische National Heart Institut wesentlich beigetragen.

Die elektrokardiographische Literatur über Wildtiere ist weit verstreut. Die uns zugänglichen Arbeiten seien nachfolgend aufgezählt. Ekg-Untersuchungen wurden gemacht bei: Iltis, Nerz, Marder [24, 30, 40], Fuchs [23, 25, 30, 40], Schakal, Marderkhund [30], Luchs [26], Dachs [13, 30], Ozelot, Puma, Löwe [40], Bär, Seehund [40] und Waschbär [39], Makaken [21, 28, 36, 40], Pavian [40], Schimpanse, Klammer- und Spinnenaffe [40]. Neuerdings haben die Elektrokardiogramme von primitiven Säugetieren, zum Beispiel des Känguruhs [35], der Fledermaus [40], des Maulwurfs [8, 41], des Igels [3, 14, 15], des Hamsters [2, 19] und des Opossums [22] interessante Befunde geliefert. Ziemlich eingehend wurde beispielsweise das Verhalten des Kreislaufs von echten Winterschläfern in künstlicher und natürlicher Hypothermie [14, 15, 22] untersucht. Ohne auf Einzelheiten einzugehen, möchten wir nur das Fehlen der ST-Segmente im Ekg der meisten der oben aufgezählten primitiven Säugetierarten erwähnen [10]. Da in diesen Fällen die mechanische Systole nicht verkürzt ist, entsteht meist eine starke Dissoziation zwischen der Dauer der elektrischen und der haemodynamisch wirksamen Systole.

Ekg von Elefanten wurden des öfteren registriert [9, 30, 38, 40], auch Befunde von Walen sind beschrieben worden [16, 29, 37]. Im weiteren wurden untersucht: Gürteltier [40], indisches Panzernashorn, Tapir, Zwergflußpferd, Lama, Warzenschwein [30], Stachelschwein [40], Hirsch [40], Kamel [5, 40] und Esel [20, 40].

Methodik

Für die Ekg-Aufnahmen wurde ein transportabler Dreikanal-Lichtstrahl-schreiber (Elema, Stockholm) verwendet. Alle Kurven wurden mit einer Empfindlichkeit von $1 \text{ mV} = 1 \text{ cm}$ registriert. Beruhigungsmittel oder Narkotika wurden, abgesehen vom jungen Gorilla « Goma » (siehe unten) nicht verwendet.

In der Nomenklatur der Ekg-Kurven richten wir uns nach den Bezeichnungen, wie sie unter anderem von Holzmann [12] formuliert wurden¹. Zur Wahl der Ableitungen ist folgendes zu bemerken: Seit den Anfängen der Säugetier-Elektrokardiographie bemüht man sich, Ekg-Ableitungen zu finden, die der topographischen Lage des Herzens im Säugetierkörper gerecht werden. Bereits Nörr führte beim Pferd eine bipolare Brustwandableitung ein, die in Richtung der Herzachse von der rechten Halsseite zur Gegend des Herzstoßes an der linken Brustwand verläuft. Diese Ableitung bringt die Ausschläge bei vielen Säugetierarten am besten zur Geltung. Da aber eine Rekonstruktion des Vektorverlaufes nur mit Hilfe mehrerer Ableitungen möglich ist, ergänzen wir diese axiale Ableitung meist durch zwei andere bipolare Brustwandableitungen, in einer Anordnung, die beim Menschen ungefähr den Ableitungen nach Nehb entsprechen würde. Wir benennen diese Ableitungen auch entsprechend dem Vorschlag von Nehb mit D, A und J. Die Ableitungselektroden liegen dabei an folgenden Stellen: Abl. D: Rechte Halsseite (Halsbasis)/Rücken (Höhe des letzten Brustwirbels). Abl. A: Rechte Halsseite/Gegend des Herzstoßes an der linken Brustwand. Abl. J: Rücken (letzter Brustwirbel)/Gegend des Herzstoßes.

Die Extremitätenableitungen sind beim Tier meistens nicht so gut geeignet wie beim Menschen, da die Hauptvektorrichtung der Erregungsausbreitung, besonders bei den Huftieren, beinahe senkrecht zur Ebene der Extremitätenableitungen verläuft. In diesen Ableitungen sind die Kurvenbilder daher wenig charakteristisch und sehr variabel. Bei gewissen Tierarten, bei denen das Herz im Thorax ähnlich gelagert ist wie beim Menschen (Affen, Känguruh), sind sie jedoch recht gut brauchbar.

Als Elektroden verwenden wir meist Silberfolien ($2 \times 3 \text{ cm}$), die mittels einer nicht trocknenden Elektrodenpaste² auf die angefeuchtete Haut geklebt werden. Diese Elektroden haben den Vorteil, daß sie das Tier nicht belästigen; wird das Tier unruhig, dann fallen sie ab, ohne es zu verletzen und ohne die Registriereinrichtung zu beschädigen.

¹ Danach ist der erste positive Ausschlag der Kammer-Anfangsschwankung mit R zu bezeichnen. Die darauf folgenden positiven Ausschläge dieser Phase werden R², R³ usw. genannt. Ein negativer Ausschlag unmittelbar vor R heißt Q, ein negativer Ausschlag, der auf R folgt, heißt S, bzw. S², S³ usw. – Die Zeitabschnitte im Ekg bezeichnen wir folgendermaßen: Die Zeitdauer einer Zacke oder Zackengruppe heißt Dauer, die Strecke zwischen zwei Zacken Segment, und eine Zeitdauer, die sowohl Zacken als auch Segmente umfaßt, heißt Intervall.

² Zusammensetzung der Elektrodenpaste:

Bentonit. U. S. P.	100,0
Glycerin. pur.	10,0
Calc. chloratum (gesättigt)	q. s.

Resultate

Schnabeligel (Echidna)

Die Aufnahme des Elektrokardiogramms beim Schnabeligel bot ziemlich große Schwierigkeiten. Das Tier, das normalerweise meist regungslos in einer Ecke seines Geheges zu liegen pflegt, regte sich bei jeder Berührung stark auf und versuchte zu fliehen. Nach Anlegen der Plattchenelektroden beruhigte es sich zwar rasch, doch konnten nicht die gewünschten Ableitungspunkte am Tier gewählt werden, und wir mußten uns mit einer zufälligen Elektrodenanordnung begnügen. Die rote Elektrode lag dabei auf der rechten Brustseite ungefähr auf der Höhe des Rippenbogens, die gelbe Elektrode auf dem Rücken, ungefähr beim Übergang der Hals- in die Brustwirbelsäule, und die grüne Elektrode in der Gegend des linken Hüftgelenkes. Es konnte also immerhin darauf geachtet werden, daß die Punkte möglichst weit voneinander entfernt lagen. In der Aufnahme sind leider trotzdem nur die QRS-Komplexe von niedriger Spannung zu erkennen. Die Herzaktion ist regulär arrhythmisch, wahrscheinlich respiratorisch bedingt, und die aus dem mittleren RR-Intervall von 1,016 sec berechnete Herzschlagfrequenz beträgt 59,0/min. Dies ist der Mittelwert, und die Frequenz schwankt regelmäßig zwischen 46 und 67/min.

Zweizehiges Faultier (Choloepus didactylus)

Auch bei der Aufnahme dieses Elektrokardiogramms stießen wir auf beträchtliche Schwierigkeiten. Das untersuchte Tier verteidigte sich heftig gegen jede Berührung. Auch ließen sich die Elektroden in dem äußerst dichten Pelz nicht gut befestigen. Die Aufnahme, die schließlich ausgewertet werden konnte, wurde mit Elektroden in Form von kleinen Plastic-Klammern gemacht, die an der Spitze mit einer dünnen Silberfolie überzogen waren. Diese Klammern konnten für kurze Zeit an die Haut des Tieres geheftet werden. Dabei fühlte sich das Tier nur durch die Berührung mit den Händen gestört, schien die Klammern hingegen gar nicht zu spüren. Die auswertbare Ableitung dürfte ungefähr der Ableitung A entsprechen (rechte Halsbasis/linker Ellbogen). Wir beobachteten eine äußerst regelmäßige Herzaktion mit einer Frequenz von 63,1/min. Das Ekg weist in dieser Ableitung eine negative P-Zacke auf. Der QRS-Komplex ist vom qR-Typ (Höhe der R-Zacke etwa 1,5 mV) und die T-Zacke ist flach positiv. Wir registrierten die folgenden Zeitwerte: RR-Intervall 0,950 sec, PQ-Intervall 0,195 sec, QRS-Dauer 0,07 sec, QT-Intervall 0,42 sec. Die Systolendauer umfaßt 44,2% des gesamten RR-Intervalls.

Murmeltier (Marmotta marmotta)

Es handelte sich bei unserem Murmeltier um ein zahmes Exemplar, das während der Aufnahme von der Pflegerin auf dem Arm gehalten wurde. Als Elektroden dienten wiederum kleine Plastic-Klammern. Das Tier war etwas ängstlich und hielt sich nur kurze Zeit ruhig. Eine genaue Auswertung von Kurvenform und Spannungswerten war daher auch hier nicht leicht. Die QRS-Komplexe wiesen folgende Form auf: Ableitung D: qR-Typ, Ableitung A: reine R-Ausschläge, Ableitung J: rS-Typ. Die T-Wellen sind in den Ableitungen D und A flach positiv, in der Ableitung J isoelektrisch. Folgende Zeitwerte wurde gemessen: RR-Intervall 0,300 sec, PQ-Intervall 0,08 sec, QRS-Dauer 0,06 sec und QT-Intervall 0,165 sec. Die relative Systolendauer beträgt somit 55,0% des RR-Intervalls. Aus dem RR-Intervall berechnet sich eine mittlere Herzfrequenz von 200/min.

Ichneumon (Herpestes ichneumon)

Der in seinem Aussehen marderähnliche Ichneumon gehört zu den Schleichkatzen (Viverridae). Das Tier, von dem die vorliegende Aufnahme stammt, ist sehr zahm und verhielt sich während der ganzen Prozedur völlig ruhig. Als Elektroden dienten die bereits beschriebenen Plastic-Klammern. Die Ekg-Kurvenform der Ableitungen D, A

und J erinnert stark an die der Katze derselben Ableitungen oder der Extremitätenableitungen. Im QRS-Komplex herrschen die positiven Ausschläge vor, ein S fehlt vollständig. Die RS-T-Segmente sind wie bei der Katze leicht gehoben und verlaufen ansteigend zur positiven T-Welle (Abb. 1). Die R-Zacke erreicht in der Ableitung A eine Höhe von 2,15 mV, die T-Welle eine solche von 0,30 mV. Die Herzfrequenz beträgt bei einer leichten Arrhythmie 193/min. Das PQ-Intervall dauert im Mittel 0,08 sec., die QRS-Dauer 0,06 sec, das QT-Intervall 0,20 sec und die Systole nimmt 64,4% des 0,311 sec dauernden RR-Intervalls ein.

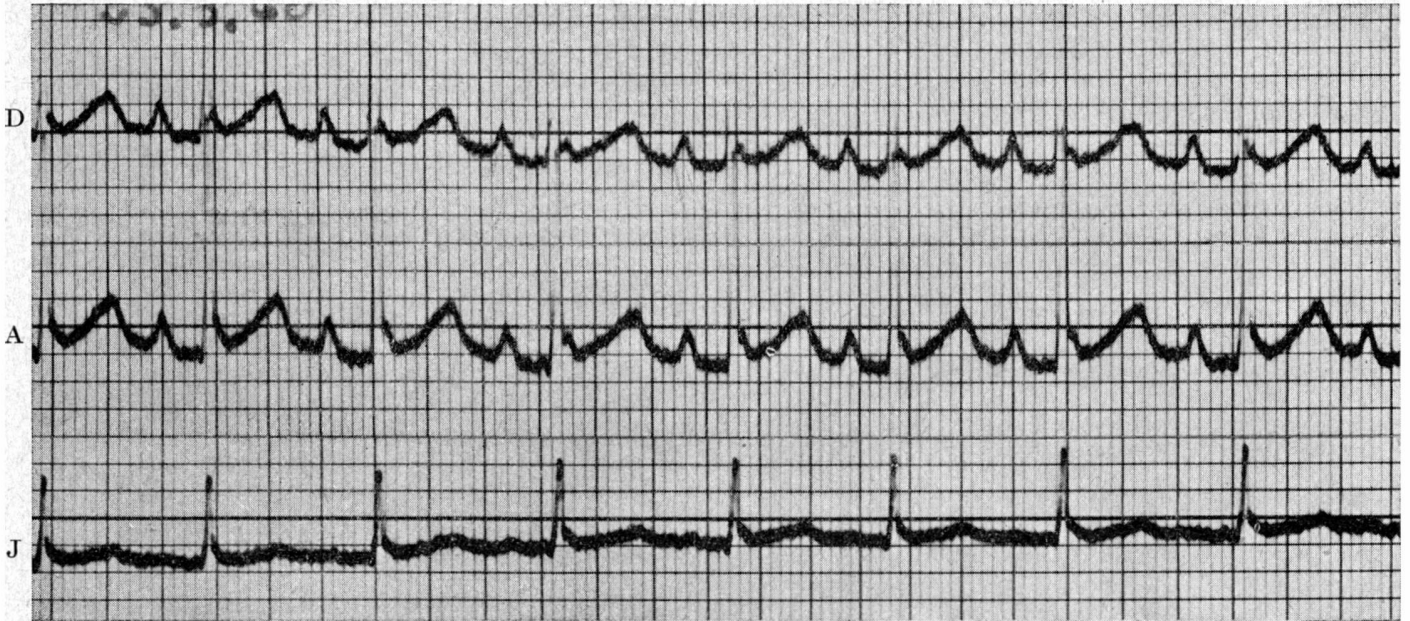


Abb. 1 Elektrokardiogramm eines Ichneumons. Ableitungen D, A und J. Leichte Arrhythmie. Herzschlagfrequenz 193/min. Große R-Zacken mit einer Amplitude von 2,2 mV. T in den Ableitungen D und A deutlich positiv, ST-Segmente leicht gehoben und gegen T ansteigend (ähnlich wie Ekg der Katze).

Elefant (Loxodonta africana, bzw. Elephas indicus)

Die ganze Elefantengruppe des Basler Zoologischen Gartens stand uns für die Aufnahmen zur Verfügung, (fünf 9jährige afrikanische [zwei Bullen und drei Kühe] und ein junger weiblicher indischer Elefant). Für alle Aufnahmen wurden Silberplättchen-Elektroden verwendet. Alle Tiere wiesen in den registrierten Ableitungen (D, A und J) prinzipiell dieselbe Ekg-Form auf. Die P-Zacke ist positiv, zuweilen zweigipflig. In der QRS-Gruppe herrscht der negative Anteil vor (rS-Typ), die T-Wellen sind ziemlich niedrig und positiv, in den Ableitungen D und J stets sehr flach. Bei den fünf afrikanischen Elefanten ist in der Ableitung A eine flache positive U-Welle erkennbar, die bei drei Tieren besonders deutlich zu erkennen ist (Abb. 2). Eine Arrhythmie, die möglicherweise respiratorisch bedingt ist, beobachteten wir bei vier Tieren. Die Zeitwerte sind in der Tabelle I zusammengestellt. – Beim jungen indischen Elefanten «Bassa» ist die P-Zacke in allen Ableitungen sehr flach, und ihr Anfang ist nicht erkennbar. Das PQ-Intervall konnte daher nicht bestimmt werden. Die Systolendauer beträgt bei den afrikanischen Elefanten 40,9% bis 49,8% des RR-Intervalls, beim jungen indischen Elefanten 31,9%. Beim Bullen «Katoto» und bei der Kuh «Idunda» beobachtete Siegfried [30] einen partiellen Atrioventrikularblock. Diese Erscheinung konnten wir diesmal nicht diagnostizieren. Die Tabelle II enthält die Spannungswerte der Ableitung A.

Tabelle I

Zeitwerte aus den Elektrokardiogrammen von fünf neunjährigen afrikanischen und einem etwa zweijährigen indischen Elefanten.

Name	PQ sec	QRS sec	QT sec	RR sec	Freq./ min	rel. QT % v. RR	Arrhyth- mie
Omari ♂	0,470	0,190	0,802	1,761	34,1	45,5	—
Katoto ♂	0,486	0,200	0,707	1,750	34,3	40,4	+
Beira ♀	0,440	0,203	0,748	1,587	37,7	47,1	+
Ruaha ♀	0,35	0,200	0,71	1,423	42,1	49,8	—
Idunda ♀	0,450	0,184	0,701	1,632	36,7	42,9	+
Bassa ♀ ¹	—	0,146	0,672	2,104	28,5	31,9	+

¹ junger indischer Elefant

Tabelle II

Spannungswerte (mV) aus der Ableitung A der Elektrokardiogramme von fünf neunjährigen afrikanischen und einem etwa zweijährigen indischen Elefanten.

Name	P	Q	R	S	T	U
Omari	+0,10/0,15	0	0,20	0,65	+0,15	+0,05
Katoto	+0,05	0	0,20	0,75	+0,10	0
Beira	+0,15	0	0,30	0,80	+0,15	+0,02
Ruaha	+0,10	0	0,30	0,90	+0,05	0
Idunda	+0,15	0	0,30	1,00	+0,20	+0,05
Bassa	+0,05	0	0,15	1,10	+0,20	0

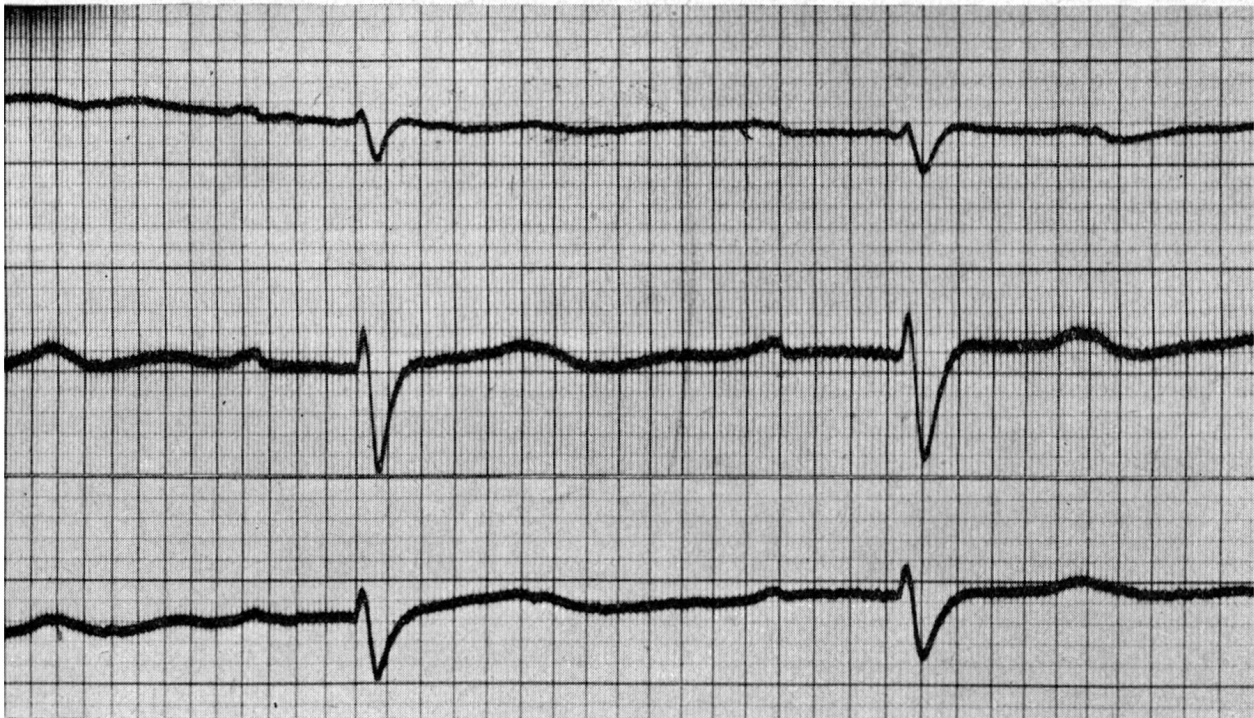


Abb. 2 Ekg eines neunjährigen afrikanischen Elefanten. Ableitungen D, A und J. Leichte Arrhythmie. Herzschlagfrequenz 37/min. In allen Ableitungen S-Zacken vorherrschend im QRS-Komplex. T in den Ableitungen D und J flach positiv. U-Welle in Abl. A.

Schabrackentapir (*Tapirus indicus*)

In der Form erinnert das Ekg des Schabrackentapirs an das des Pferdes (Abb. 3). In der QRS-Gruppe ist die S-Zacke vorherrschend. Die T-Zacke ist allerdings bei dem einzigen Exemplar, das wir untersuchen konnten, diphasisch und etwas stärker positiv als beim Pferd. Die P-Zacke ist positiv und in der Ableitung A leicht gespalten. Die Herzfrequenz beträgt 42,6/min, das PQ-Intervall im Mittel 0,316 sec, die QRS-Dauer 0,111 sec und das QT-Intervall 0,539 sec und nimmt somit 38,3% des 1,407 sec dauernden RR-Intervalls ein. Spannungswerte vgl. Tabelle III.

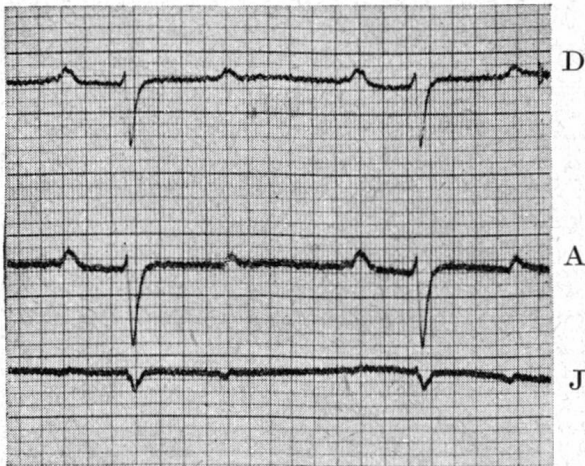


Tabelle III
Spannungswerte (mV) des Elektrokardiogramms eines Schabrackentapirs.

Ab- leitung	P	Q	R	S	T
D	+/+	0	0,20	0,95	+0,15
A	+0,20	0	0,30	1,20	-/+0,20
J	0	0	0,05	0,20	-0,05

Abb. 3 Ekg eines Schabrackentapirs. Ableitungen D, A und J. Hauptauschlag im QRS-Komplex negativ in allen drei Ableitungen. T flach positiv, leicht biphasisch. P-Zacke leicht gespalten. Herzschlagfrequenz 43/min.

Indisches Panzernashorn (*Rhinoceros unicornis*)

Von der im Basler Zoologischen Garten lebenden Gruppe, die gegenwärtig aus einem ausgewachsenen Paar und einem noch nicht geschlechtsreifen weiblichen Tier besteht, konnten das Muttertier «Joymoti» und das Jungtier «Moola» untersucht werden. Das Ekg des Jungtieres hat die Form des Rinder-Ekg mit dem rS-Typ und dem positiven, das heißt diskordanten T. Die Kurvenform beim Muttertier zeigt in der QRS-Gruppe einen Rs-Typ in allen drei Ableitungen (D, A und J) und eine positive T-Welle. Zeit- und Spannungswerte der beiden Tiere sind aus der Tabelle IV ersichtlich (siehe auch Abb. 4). Bei einem mittleren RR-Intervall von 2,216 sec beträgt der Anteil von QT beim Muttertier 35,5%, beim Jungtier entfallen auf QT 33,4% des 1,189 sec messenden RR-Intervalles. Erwähnenswert ist, daß in einer Aufnahme des Muttertieres eine ventrikuläre Extrasystole zu beobachten war.

Tabelle IV

Zeit- und Spannungswerte der Elektrokardiogramme von zwei weiblichen indischen Panzernashörnern. Tier «Moola» ist das etwa zweijährige Jungtier der Kuh «Joymoti».

Name	Freq./min	Zeitwerte/sec			Spannungswerte (mV)				
		PQ	QRS	QT	P	Q	R	S	T
Joymoti	27,1	0,452	0,168	0,778	+0,20	0	0,90	0,30	+0,40
Moola	31,6	0,346	0,147	0,632	+0,20	0	0,35	0,65	+0,75

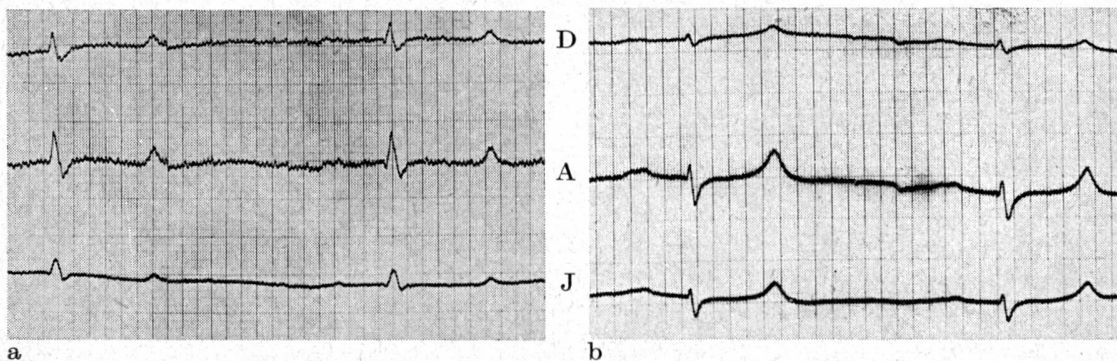


Abb. 4 a) Ekg eines erwachsenen weiblichen indischen Panzernashorns. Ableitungen D, A und J. Dominierende R-Zacken in den QRS-Komplexen aller drei Ableitungen (vgl. Text). In allen drei Ableitungen positive T-Zacken. Herzschlagfrequenz 27/min.
b) Ekg eines etwa zweijährigen weiblichen indischen Panzernashorns (Jungtier von 4 a). Ableitungen D, A und J. QRS-Komplex vom rS-Typ und positives T in allen drei Ableitungen. Herzschlagfrequenz 32/min.

Sumatra-Nashorn (*Didermoceros sumatraensis*)

«Betina», das junge weibliche Sumatra-Nashorn des Basler Zoologischen Gartens, ist das einzige Exemplar, das zurzeit in einem Tiergarten gezeigt werden kann. Die Aufnahme des Ekg war bei dem lebhaften Tier nicht einfach; das Tier schien aber eher neugierig als furchtsam oder gar gefährlich zu sein. Die Auswertung der Kurve ergab zunächst eine fürs erste nicht erklärable Low Voltage. – Die Ekg-Kurvenform läßt wiederum erkennen, daß im QRS-Komplex die S-Zacken dominieren. Die T-Welle ist in allen drei Ableitungen positiv. Das Bild gleicht also in der Konfiguration dem des Rindes (Abb. 5). Bei einer mittleren Herzfrequenz von 46/min läßt sich eine vermutlich respiratorische Arrhythmie feststellen. Die PQ-Intervalle dauern im Mittel 0,358 sec, die QRS-Dauer 0,102 sec und die QT-Intervalle 0,535 sec. P ist in den Ableitungen D und A deutlich positiv, in der Ableitung J isoelektrisch. Der Anteil der elektrischen Systole am 1,303 sec dauernden mittleren RR-Intervall beträgt 41,0%.

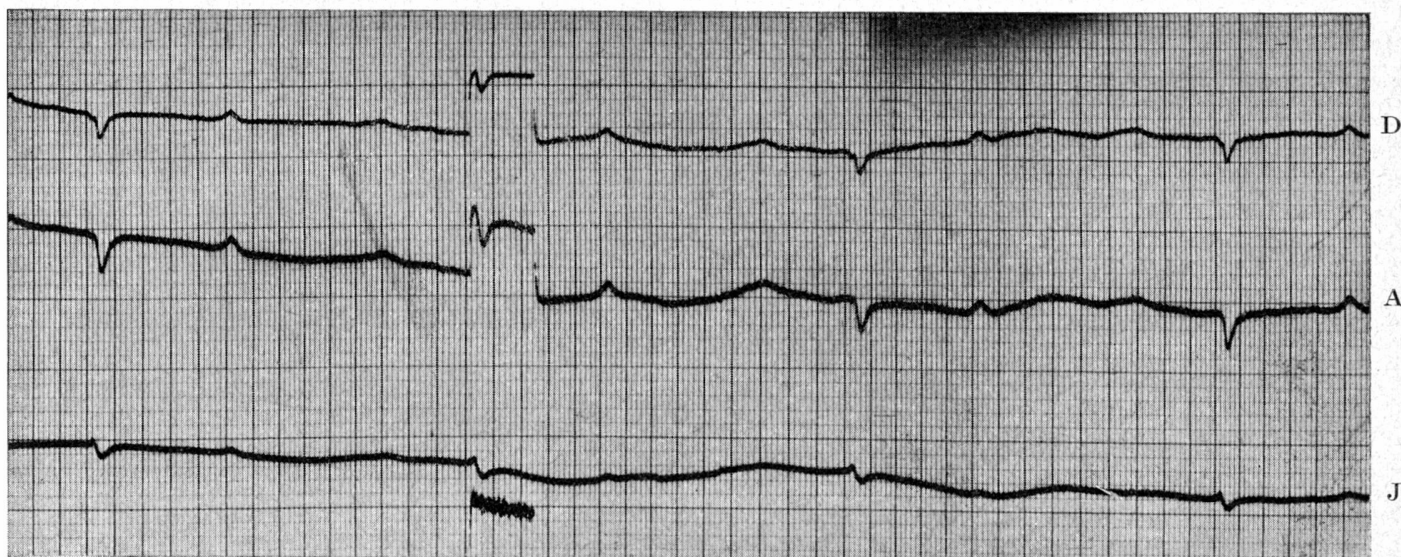


Abb. 5 Ekg eines weiblichen Sumatra-Nashorns. Ableitungen D, A und J: Low Voltage, offenbar bedingt durch die außerordentlich trockene Beschaffenheit des Coriums. QS-Typ in Ableitungen D und A, flache positive T-Welle. Reguläre, vermutlich respiratorische Arrhythmie. Herzschlagfrequenz 46/min.

Okapi (Okapia johnstoni)

In den Jahren 1955/56 wurde im Basler Zoologischen Garten erstmals ein weibliches Okapi gehalten. Dieses Tier, «Bambe» konnte sich leider an das Leben im Tiergarten nicht akklimatisieren und fiel nach relativ kurzer Zeit einer starken Verwurmung zum Opfer. Im Jahre 1956 nahm Spörri (Pers. Mitt.) von «Bambe» das erste Ekg auf (Abb. 6). Das Kurvenbild zeigt eine große Ähnlichkeit zum Ekg des Rindes: QRS-Komplex vom rS-Typ und positive T-Wellen in den Ableitungen D und A. – Gegenwärtig lebt ein Okapi-Paar und ein männliches Jungtier im Tiergarten. Das weibliche Tier, «Bibi» hatte einige Wochen vor der ersten Aufnahme geworfen. Es ließ die Aufnahmen ruhig vornehmen. Die Form dieses Ekg weicht stark von der des ersten Okapis ab. In den QRS-Komplexen derselben Ableitungen überwiegen die positiven Ausschläge und die T-Zacken sind vorwiegend negativ (Abb. 7). Auffallend an dieser Aufnahme war ferner eine hochgradige Arrhythmie, wahrscheinlich bedingt durch einen partiellen Sinuaurikular-Block, sowie eine Pleomorphie der P-Zacken. Diese beiden Befunde dürften miteinander im Zusammenhang stehen, wenn man sich vorstellt, daß bei einem «wandering pacemaker» [6] zuweilen ein Stimulus nicht auf die Vorhöfe übergeleitet wird. Die RR-Intervalle dauern von 0,53 bis 2,80 sec und betragen im Mittel 1,99 sec, was einer mittleren Herzfrequenz von 30,2/min entspricht. Die PQ-Dauer ist mit 0,40 sec sehr lang, und die QRS-Dauer beträgt 0,10 sec. Die QT-Intervalle der Normalschläge dauern 0,66 sec, die der Postblockschläge, bei normal bleibender Kurvenform, 0,61 sec. Das mittlere QT-Intervall von 0,648 sec beansprucht 32,6% des mittleren RR-Intervalls.

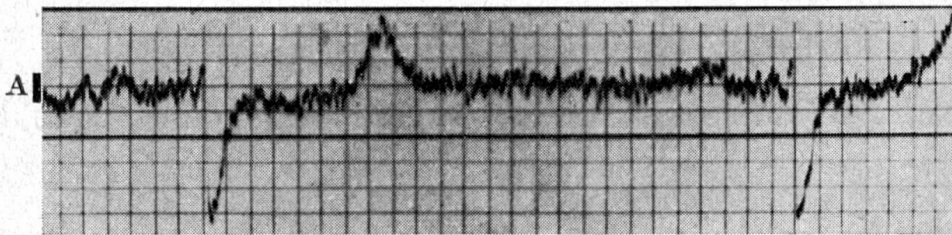


Abb. 6 Ekg eines weiblichen Okapis. Ableitung A. rS-Typ und positive T-Wellen. Herzschlagfrequenz 48/min.

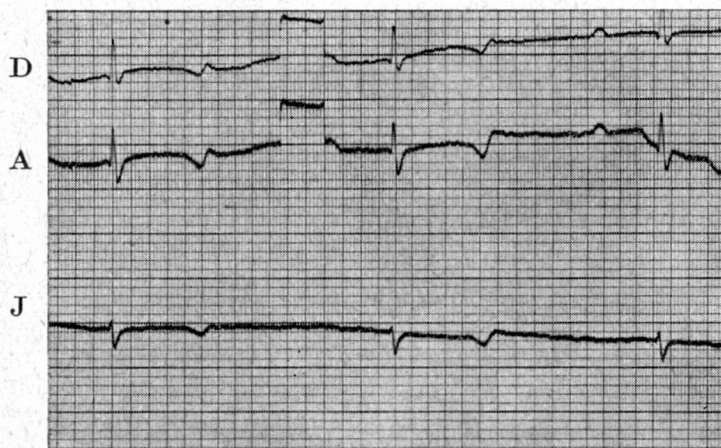


Abb. 7 Ekg eines weiblichen Okapis. Ableitungen D, A und J. Ableitungen D und A von qRS-Typ mit biphasischer, vorwiegend negativer T-Welle. Hochgradige irreguläre Arrhythmie (im Bild nicht sichtbar). PQ-Intervall mit 0,40 sec auffallend lang. Herzschlagfrequenz 31/min.

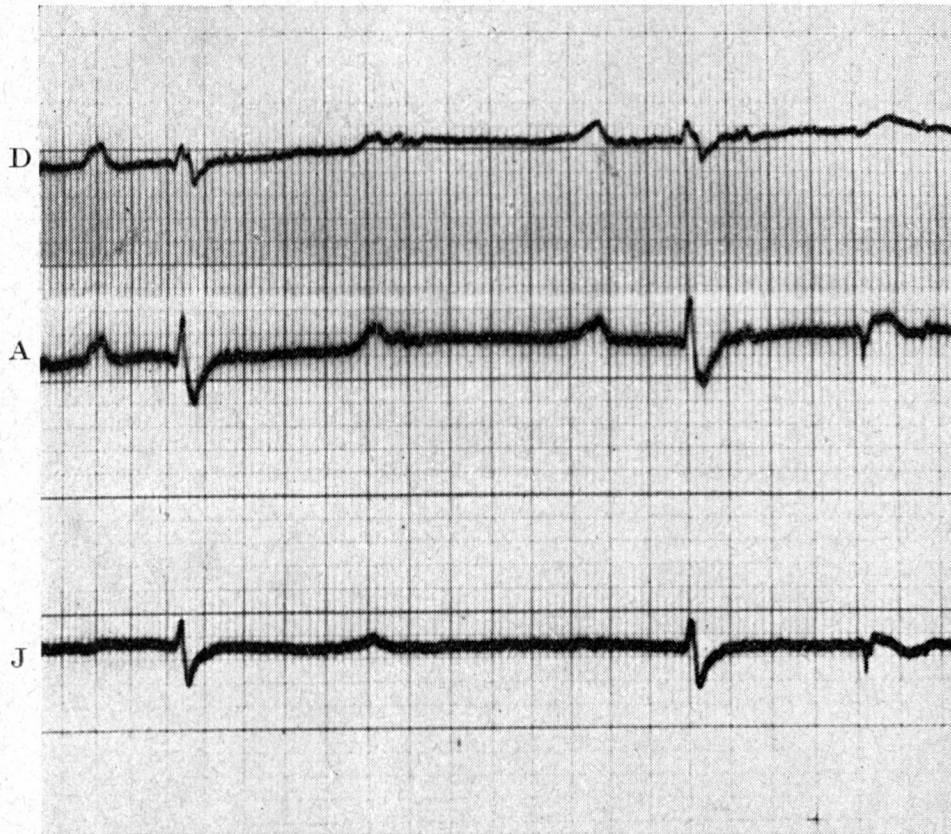


Abb. 8 Ekg eines männlichen Okapis. Ableitungen D, A und J. Kurven vom qRS-Typ und positive T-Welle. Herzschlagfrequenz 46/min.

Sechs Monate später wurden sowohl vom Weibchen «Bibi» wie vom männlichen Okapi «Nanuk» und vom Jungen «Heri» je ein Ekg registriert. Die Ekg-Form des weiblichen Tieres hatte sich nicht wesentlich verändert, doch schien inzwischen die Arrhythmie und die P-Pleomorphie verschwunden zu sein; die PQ-Intervalle waren aber noch immer verlängert. Im Ekg des erwachsenen Männchens zeigt sich die QRS-Gruppe vom selben Typ wie die des Weibchens, doch sind bei beiden männlichen Tieren die T-Wellen eher positiv. Das Ekg des Jungtieres weist einen rS-Typ auf (Abb. 8, 9). Die Zeitwerte aus allen Aufnahmen sind aus der Tabelle V zu entnehmen.

Tabelle V

Kurvenform und Zeitwerte der Elektrokardiogramme von vier Okapi. Das Fohlen «Heri» ist das Jungtier von «Bibi», von dem die Aufnahme b sechs Monate nach der Aufnahme a gemacht wurde

Name	Abl. A Kurvenform		Freq./ min	PQ sec	QRS sec	QT sec	rel. QT % v. RR	RR sec
	QRS	T						
Bambe ♀	rS	+	48,0	0,25	0,10	0,47	37,5	1,25
Bibi (a) ♀	qRs	-+	30,8	0,40	0,10	0,65	32,6	1,99
Bibi (b) ♀	qRs	—	36,9	0,44	0,10	0,58	35,8	1,63
Nanuk ♂	qRS	+	45,6	0,30	0,12	0,55	41,8	1,32
Heri ♂	qrS	-+	43,8	0,31	0,10	0,51	37,4	1,37

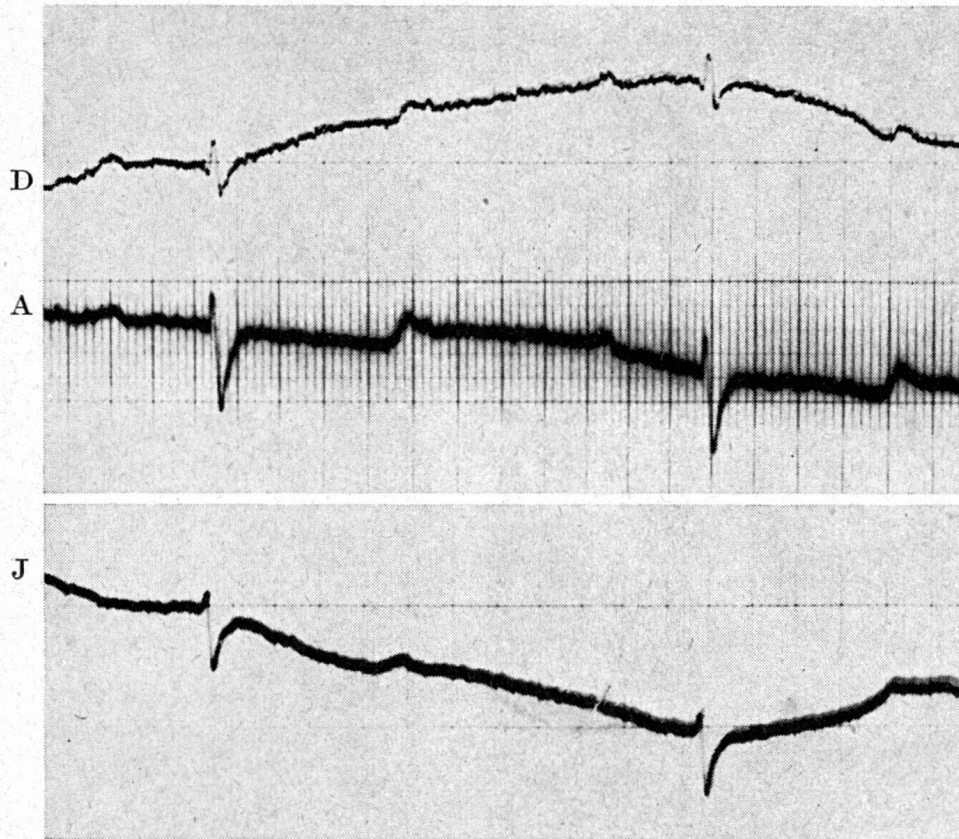


Abb. 9 Ekg eines sechs Monate alten männlichen Okapis. S-Zacken in den QRS-Komplexen dominierend. T-Wellen biphasisch mit starkem positivem Anteil. Herzschlagfrequenz 44/min.

Giraffe (*Giraffa camelopardalis*)¹

Die Giraffe gilt als ein äußerst kontaktscheues Tier. Behandlungen und Untersuchungen können daher für das Tier wie für den Untersuchenden oft recht gefährlich sein. Es war daher für uns ein Glücksfall, daß zurzeit im Zirkus Knie eine Giraffe vorgeführt wird, die an einen engeren Kontakt mit dem Menschen gewöhnt ist. Die Ekg-Form dieses weiblichen Tieres weist eine starke Ähnlichkeit mit der der großen Haustiere, besonders des Rindes, auf: rS-Typ in der Ableitung A und biphasische T-Welle mit dominierendem positivem Anteil. Nach jedem Kammerkomplex ist eine P-zackenähnliche Welle zu beobachten, so daß der Verdacht begründet ist, daß ein partieller Atrioventrikularblock (2:1) besteht. Daneben besteht bei einer mittleren Kammerfrequenz von 30,8/min eine reguläre Arrhythmie. Die normalen PQ-Intervalle dauern 0,305 sec, die QRS-Dauer 0,09 sec und das mittlere QT-Intervall 0,602 sec. Vom durchschnittlichen RR-Intervall von 1,943 sec umfaßt die elektrische Systole 30,9%.

Zwergflußpferd (*Choeropsis liberiensis*)

Das hier abgebildete Ekg (Abb. 11) wurde an einem 31jährigen weiblichen Tier aufgenommen. Seine Form gleicht mit dem vorwiegend positiven QRS-Komplex und der positiven T-Welle dem Ekg der Carnivoren und der niederen Huftiere, wie zum Beispiel des Schweines. Bei einer leichten, möglicherweise respiratorischen Arrhythmie beträgt die mittlere Herzfrequenz 37,7/min. Das durchschnittliche PQ-Intervall dauert 0,32 sec, die QRS-Dauer 0,114 sec, und das QT-Intervall von 0,62 sec umfaßt 39,1% des 1,59 sec dauernden mittleren RR-Intervalls.

¹ Für die Erlaubnis zur Aufnahme des Ekg danken wir der Direktion des Zirkus Knie bestens.

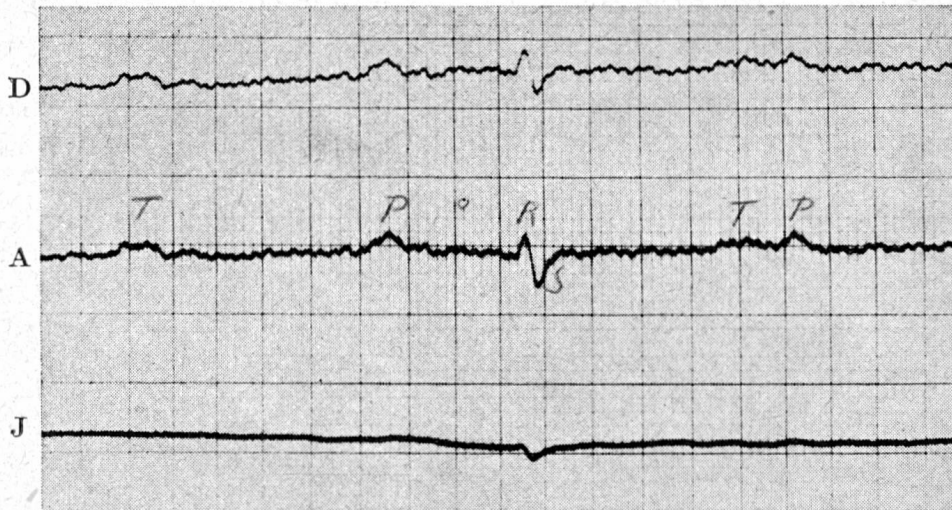


Abb. 10 Ekg einer weiblichen Giraffe. Ableitungen D, A und J. Kurven vom rS-Typ, T-Wellen biphasisch mit dominierendem positivem Anteil. Nach jedem Kammerkomplex P-zacken-ähnlicher Ausschlag, evtl. partieller Atrioventrikularblock (2:1). Kammerfrequenz 31/min.

Kamel (*Camelus bactryanus*)

Die Aufnahmen der Elektrokardiogramme der beiden Kamele liegen zeitlich sechs Monate auseinander. Das dichte Fell gestattete im Frühjahr nicht, am weiblichen Tier Brustwandableitungen aufzunehmen. Deshalb registrierten wir bei diesem Tier die Extremitätenableitungen, die wenigstens über die Zeitverhältnisse Aufschluß geben können. Die Kurvenformen in diesen Ableitungen sind nicht charakteristisch. Die Form der bipolaren Brustwandableitungen vom männlichen Tier erinnert an das Ekg des Pferdes mit seiner negativen Hauptschwankung im QRS-Komplex in allen drei Ableitungen und der biphasischen T-Welle mit deutlich konkordantem Anteil. Die P-Zacke ist wie beim Pferd zweigipflig. – Die Tabelle VI enthält die Zeitwerte der beiden Aufnahmen.

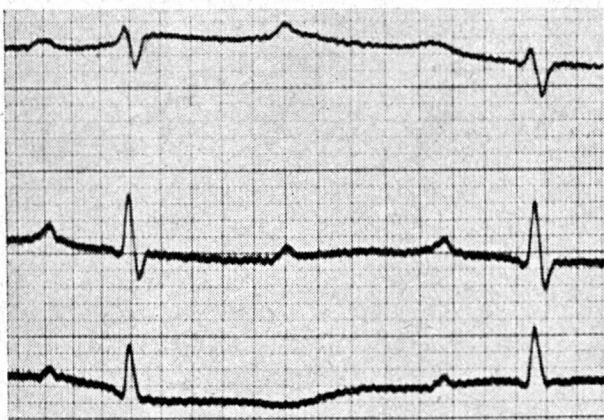


Abb. 11 Ekg eines weiblichen Zwergpferdes. Ableitungen D, A und J. rS-Typ in Ableitung D, qRs-Typ in den Ableitungen A und J. T-Wellen in D und A klein und positiv. Leichte, möglicherweise respiratorische Arrhythmie. Herzschlagfrequenz 38/min.

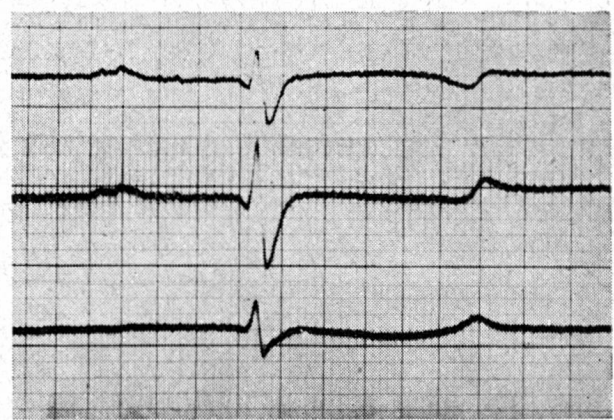


Abb. 12 Ekg eines männlichen Kamels. Ableitungen D, A und J. Alle drei Ableitungen zeigen Kurven vom rS-Typ. Biphasische T-Wellen mit deutlichem negativem Anteil. P-Zacken zweigipflig Herzschlagfrequenz 37/min.

Tabelle VI
Zeitwerte aus den Elektrokardiogrammen zweier Kamele.

	RR sec	Freq./ min	PQ sec	QRS sec	QT sec	rel. QT % v. RR
♀	1,678	35,8	0,368	0,120	0,563	33,6
♂	1,610	37,2	0,330	0,134	0,580	36,0

Gorilla (*Gorilla gorilla*)

Schon verschiedentlich wurden Gorillas in Tiergärten gehalten. Da der Umgang mit diesen psychisch und körperlich überaus gewandten Tieren, die zudem über gewaltige Körperkräfte verfügen, nicht gerade leicht und ungefährlich ist, wurde aus begreiflichen Gründen bisher noch selten versucht, einen erwachsenen Gorilla ohne Narkose einer Untersuchung zu unterziehen. Es war deshalb für uns äußerst günstig, daß «Goma», das in Basel geborene weibliche Tier, bisher in stetem Kontakt mit Menschen aufgezogen wurde. Mehrfach wurde daher schon die Gelegenheit benützt und die Entwicklung des Tieres eingehend verfolgt (Goma-Bulletin der Documenta Geigy usw.). Das erste Ekg wurde aufgenommen, als das Tier sechs Monate alt war, die zweite Aufnahme erfolgte im Alter von ziemlich genau einem Jahr¹. Bei beiden Aufnahmen war es leider nicht möglich, einwandfreie Kurven zu bekommen, obwohl das Tier bei der zweiten Aufnahme nach einer Vorbehandlung mit 10 mg Librium^R p. o. bedeutend ruhiger war als das erste Mal. Über die Kurvenform der Extremitätenableitungen läßt sich nicht viel aussagen. Die QRS-Gruppe zeigt in der Ableitung I einen rS-Typ, die Ableitung II läßt nur eine niedrige R-Zacke erkennen und die Ableitung III zeigt einen



Abb. 13 Ekg eines sechs Monate alten weiblichen Gorillas. Ableitungen I, II und III. RS-Typ in Abl. I, QR-Typ in Abl. III. Kurve durch Muskelaktion sehr stark gestört. T-Wellen, soweit erkennbar, flach positiv in Abl. III. Herzschlagfrequenz 118/min.

¹ Das zweite Ekg wurde an der Medizinischen Poliklinik der Universität Basel aufgenommen. Wir danken Herrn Prof. Dr. O. Gsell für die freundliche Überlassung der Bilder.

qr-Typ. Die T-Wellen sind in allen drei Ableitungen kaum erkennbar, doch scheinen sie flach positiv zu sein (Abb. 13). Die Brustwandableitungen nach Wilson (V1, V4, V6, VR3) sind alle vom RS-Typ mit großen Ausschlägen prästernal und linksseitig, das heißt in den Ableitungen V1, V4 und V6. In diesen Ableitungen ist die T-Welle flach positiv mit, besonders in V6, deutlicher negativer Nachschwankung. VR3 weist ein rein negatives T auf. (Abb. 14). Die Herzfrequenz betrug bei der ersten Aufnahme 118/min, bei der zweiten 120/min. Eine Arrhythmie war nicht vorhanden. Das PQ-Intervall betrug in der ersten Registrierung im Mittel etwa 0,11 sec, QRS dauerte 0,06 sec und das QT-Intervall 0,32 sec (bei der zweiten Aufnahme 0,28 sec). Der Anteil der QT-Intervalle an RR betrug beim ersten Mal 63,2%, beim zweiten Mal 56,0%.

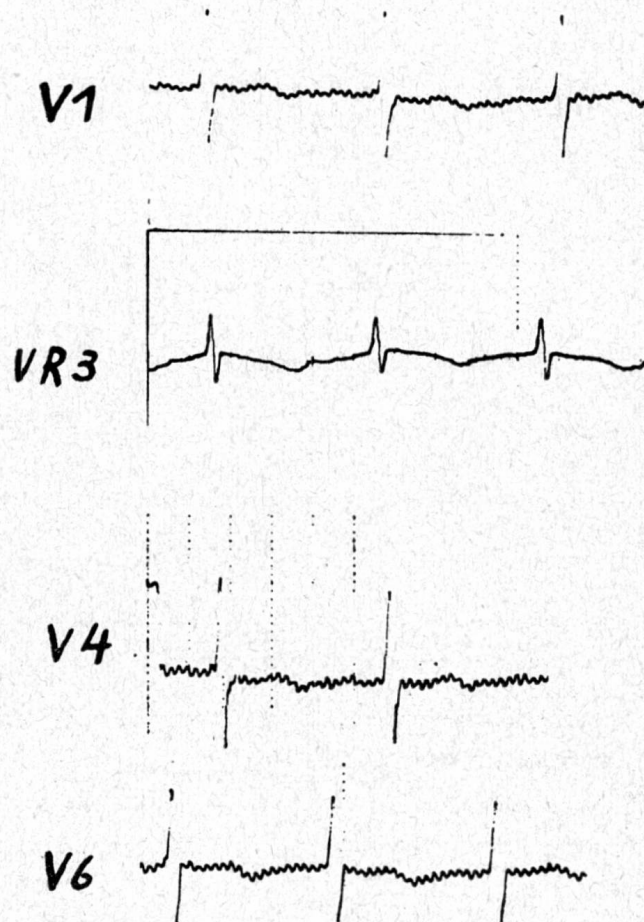


Abb. 14 Ekg desselben Tieres, sechs Monate später. Brustwandableitungen nach Wilson.

Schimpanse (Pan troglodytes)

In der Sammlung des veterinär-physiologischen Institutes Zürich befindet sich eine Aufnahme von einem Schimpansen aus einem kleinen Zirkus. Das Tier hatte seit längerer Zeit das Futter verweigert und war stark abgemagert. Es bestand Verdacht auf Tuberkulose. Wir wollen vollständigkeithalber das Elektrokardiogramm an dieser Stelle beschreiben. In die vergleichende Zusammenstellung wurde es nicht aufgenommen, da es sich nicht um ein gesundes Tier handelt. Das hier abgebildete Ekg (Extremitätenableitungen) zeigt eine sehr ähnliche Form wie das des Menschen vom Typus einer leichten Querlage (Abb. 15). Eine reguläre Arrhythmie war zu beobachten, und bei einer mittleren Frequenz von 101/min sind die folgenden Zeitwerte zu ermitteln: PQ: 0,098 sec, QRS: 0,064 sec, QT: 0,280 sec. Die elektrische Systolendauer umfaßt 47,1% des Schlagintervalls, das 0,549 sec dauert.

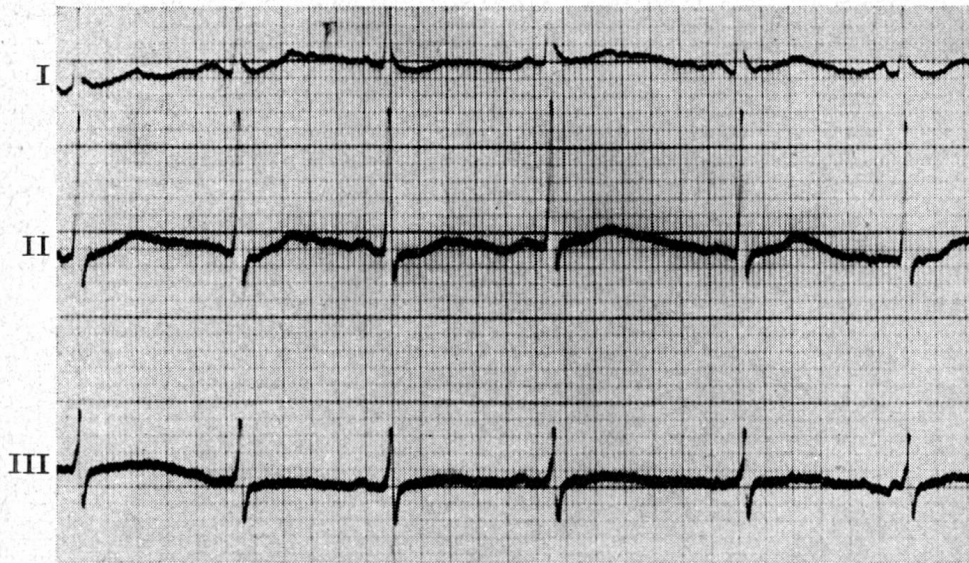


Abb. 15 Ekg eines männlichen Schimpansen. Extremitätenableitungen. Leichte Querlage. Reguläre Arrhythmie. Herzschlagfrequenz 101/min.

Diskussion

Unsere Untersuchungen sind zahlenmäßig zu gering, um bindende Schlüsse zu erlauben. Zur Schaffung der hierzu notwendigen Grundlagen ist aber jeder neue Einzelbefund wertvoll. Wir beschränken uns auf eine vergleichende Sichtung unserer Befunde und einiger uns aus der Literatur bekannten.

Arrhythmien

Einen *partiellen Atrioventrikularblock* hat Siegfried [30] bei zwei der auch von uns untersuchten Elefanten, «Katoto» und «Idunda» gesehen. Diese Erscheinung konnten wir bei den Elefanten nicht finden, hingegen könnte der Befund bei der Giraffe als ein 2:1-Block gedeutet werden.

Bei zwei männlichen amerikanischen Tapiren stellte Siegfried [30] eine *irreguläre Sinusarrhythmie* fest, die beim einen im Zustand der Aufregung verschwand. Eine ähnliche Erscheinung, die während der ganzen Untersuchungsdauer der ersten Aufnahme bestehen blieb, sahen wir beim Okapi «Bibi». Wir deuten sie als einen *partiellen Sinuaurikularblock* bei gleichzeitigem wanderndem Schrittmacher. Der partielle Atrioventrikularblock ist beim Pferd recht häufig und wird heute nicht mehr als abnorm betrachtet, sofern keine anderen Zeichen einer Herzerkrankung festzustellen sind und der Block nach körperlicher Beanspruchung oder Atropinisierung verschwindet (Spörri). Der Sinuaurikularblock ist bedeutend seltener. Beim Pferd, bei dem ein wandernder Schrittmacher häufig sein soll [6], kommt er gelegentlich vor. Beim Hund kann oft die respiratorische Arrhythmie derart stark ausgeprägt sein, daß sie nicht von einem partiellen Sinuaurikularblock unterschieden werden kann.

Eine reguläre Sinusarrhythmie wurde recht häufig gesehen, und zwar beim Schnabeligel, sowie bei vier von den sechs Elefanten, dem Sumatra-Nashorn, dem Zwergflußpferd und der Giraffe. Auch das Ekg des Ichneumon läßt eine leichte regelmäßige Arrhythmie erkennen. Es dürfte sich um eine respiratorische Arrhythmie handeln. Da wir die Atembewegungen der Tiere aus technischen Gründen nicht simultan mit dem Ekg registrieren konnten, läßt sich dies nicht sicher beweisen. Bei allen anderen untersuchten Tieren war die Arrhythmie nur sehr undeutlich oder gar nicht vorhanden.

Eine einzelne *ventrikuläre Extrasystole* wurde beim erwachsenen indischen Panzernashorn festgestellt, bei dem auch die Ekg-Form den Verdacht auf eine Herzschädigung erweckt.

Kurvenform

Die Ausbreitung der Erregungswelle im Herzen und ihre Rückbildung kann sich bei verschiedenen Säugetiergattungen im Elektro- und im Vektorkardiogramm verschieden manifestieren. Beim Menschen und beim Hund beispielsweise ist die Erregungsausbreitung anders [17] als beim Pferd oder beim Rind [32]. In den axial registrierten bipolaren Ekg-Ableitungen zeigt sich dieser Unterschied darin, daß beim Menschen, den Carnivoren und auch beim Schwein in der QRS-Gruppe der positive Ausschlag vorherrscht (qRs-Typ), beim Pferd, Rind und den kleinen Wiederkäuern der negative Ausschlag dominiert (rS-Typ). Die T-Welle als Ausdruck der Erregungsrückbildung kann gleichgerichtet sein wie der Hauptausschlag der QRS-Gruppe (konkordant) oder diesem entgegengesetzt (diskordant), oder eine diphasische T-Welle kann einen eher konkordanten oder diskordanten Charakter tragen. Konkordante und diskordante T-Wellen kommen normalerweise bei Säugetieren vor, diskordante T-Wellen ausschließlich bei Vertretern des rS-Typs (Rind, kleiner Wiederkäuer), soweit wir bis heute beurteilen können, sowie zuweilen etwa beim Hund.

Ein Ekg mit *vorwiegend positiv gerichtetem QRS-Komplex* (qRs-Typ) beobachteten wir beim Murmeltier, beim Ichneumon, Zwergflußpferd, Schimpansen und offenbar auch beim Gorilla. Bekanntlich sehen wir diesen Typ beim Menschen, bei den Carnivoren (Ichneumon) und beim Schwein. Auch alle Nagetiere haben, soweit bis heute bekannt, ein Ekg von diesem Typ. Auch die beiden erwachsenen Okapis wiesen im Ekg einen starken positiven Anteil im QRS-Komplex auf, in Kombination mit einer diphasischen T-Welle (-+). Die Kurvenform beim erwachsenen Panzernashorn, die ein ähnliches Bild zeigt, möchten wir nicht ohne Vorbehalt als normal bezeichnen.

Alle Elefanten, die wir bisher untersucht haben, und auch alle uns erreichbaren Angaben in der Literatur scheinen dies zu bestätigen [9, 30, 38], haben normalerweise ein Ekg vom *rS-Typ* mit positiver, also *diskordanter T-Welle*. Am Ekg des jungen Panzernashorns, des Sumatra-Nashorns und des Okapis «Bambe» sahen wir diese Form ebenfalls.

Einen *rS-Typ* mit diphasischer *T-Welle*, mit starkem kondordantem Anteil, wie sie normalerweise beim Pferd auftritt, beobachteten wir beim Schabrackentapir, einem primitiven Verwandten des Pferdes, und bei der Giraffe.

Eine *U-Welle* konnten wir bei drei der fünf afrikanischen Elefanten in der Ableitung A beobachten. Beim Elefanten soll diese Erscheinung normalerweise stets vorhanden sein. [20].

PQ-Intervalle

Wie innerhalb derselben Tierart, so ist offenbar auch zwischen den einzelnen Tierarten die Dauer der PQ-Intervalle von der Herzfrequenz abhängig. Viel mehr läßt sich vorerst nicht aussagen. Immerhin konnten wir sehen, daß das PQ-Intervall bei allen untersuchten Tieren ungefähr 15–30% des Schlagintervalles (RR-Intervall) einnimmt. Bei den Elefanten waren die PQ-Intervalle meist länger als bei den übrigen Tierarten und betrug 25–29% des Schlagintervalles. In der Abb. 16 sind die PQ-Werte gegen das Schlagintervall bei unseren Befunden und von einigen Werten aus der Literatur [30] aufgetragen.

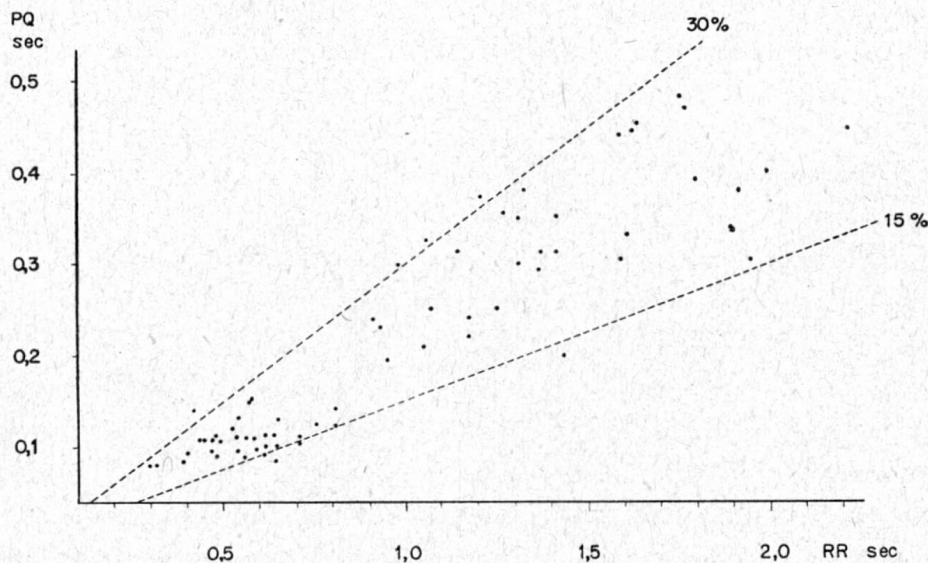


Abb. 16 Abhängigkeit des PQ-Intervalles vom Schlagintervall bei verschiedenen Tierarten.

QRS-Dauer

Beim Menschen gilt bekanntlich als obere Grenze der Norm eine QRS-Dauer von 0,10 sec. Bei den von uns untersuchten Tieren variierte sie von Tierart zu Tierart oft stark. Sie scheint für eine bestimmte Tierart typisch zu sein, und zwar in recht loser Relation zur Herzfrequenz. Eine gewisse Abhängigkeit von der Herzmasse war dabei festzustellen. Eine QRS-Dauer über 0,180 sec fanden wir nur bei den fünf afrikanischen Elefanten. Die beiden Panzernashörner und der junge indische Elefant haben eine QRS-Dauer zwischen 0,140 und 0,170 sec. Weitere Tierarten mit einer QRS-Dauer über 0,10 sec waren das Zwergflußpferd, der Schabrackentapir und das Sumatra-

Nashorn und ein Okapi. Die QRS-Dauer aller anderen Tiere, nämlich der Giraffe, zweier erwachsener und des jungen Okapis, des Murmeltiers, des Faultiers und des Gorillas war maximal 0,10 sec (Tab. VII).

Tabelle VII
QRS-Dauer im Ekg der verschiedenen Säugetierarten.

Tierart	QRS-Dauer sec
Afr. Elefant « Beira »	0,203
» » « Katoto »	0,200
» » « Ruaha »	0,200
» » « Omari »	0,190
» » « Idunda »	0,184
Panzernashorn « Joymoti »	0,168
Panzernashorn « Moola »	0,147
Ind. Elefant « Bassa »	0,146
Okapi « Nanuk »	0,123
Zwergfußpferd	0,114
Schabrackentapir	0,111
Sumatra-Nashorn	0,102
Okapi « Bambe »	0,100
Okapi « Bibi »	0,100
Giraffe	0,090
Rind	0,090
Faultier	0,070
Gorilla	0,060
Murmeltier	0,060
Ichneumon	0,060

QT-Intervall

Die Dauer der elektrischen Systole ist je nach Tierart sehr stark verschieden. Sie ist zunächst abhängig von der Herzfrequenz, wobei wir unter Herzfrequenz für den Vergleich zwischen verschiedenen Tierarten stets die normale Ruhe-Herzfrequenz verstehen müssen. Ein Tier mit langsamer Ruhe-Herzfrequenz hat eine lange elektrische Systole, ein Tier mit hoher Frequenz ein kurzes QT-Intervall. Innerhalb einer Spezies hat man Formeln für diese Frequenzabhängigkeit des QT-Intervalls aufgestellt. Für den Menschen gilt die Formel nach Bazett [1]: $QT = k \sqrt{RR}$, wobei Hegglin und Holzmann [11] einen für den Menschen gültigen Wert k berechnet haben. Dieselbe Formel ist mit anderen Konstanten für verschiedene Säugetierarten anwendbar. Es gibt modifizierte Formeln für das Rind [31], das Pferd [6, 7], den Hund [18], die Katze [27], das Meerschweinchen [31] und einige andere Arten von Haustieren und Säugetieren, die im Laboratorium Verwendung finden. Für Zootiere gibt es noch keine Formeln, weil es hier viel schwieriger ist, die nötige Zahl von Einzelbefunden zusammenzubringen.

Dennoch besteht aber ein Bedürfnis nach ungefähren Normen auch für das Zootier. Wir versuchten, die QT-Dauer auf eine Weise auf die Herzfrequenz zu beziehen, die erlaubt, daß auch das Einzeltier beurteilt werden kann. Dies ist durch die von Spörri [33, 34] verwendete Beurteilung der relativen Systolendauer möglich. Unter relativer Systolendauer verstehen wir die Dauer des QT-Intervalls, ausgedrückt in Prozenten des RR-Intervalls. Es wurde lange vermutet, daß diese relative Systolendauer bei allen Tierarten ungefähr gleich sei [4]. Spörri beobachtete hingegen, daß sie beim Pferd am niedrigsten und beim Schwein am höchsten ist [33]; ein ähnlicher Unterschied wurde auch an Zootieren beobachtet [34].

Die Herzfrequenz wurde bisher für die Beurteilung der Unterschiede der Dauer der relativen Systole nicht weiter berücksichtigt. Beim Gegenüberstellen der verschiedenen Säugetierarten erhielten wir den Eindruck, daß nicht nur die absolute, sondern auch die relative QT-Dauer von der normalen Ruhe-Herzfrequenz abhängt. Die relative Systole ist bei Tieren mit niedriger Ruhfrequenz kurz und bei Tieren mit hoher Ruhe-Herzfrequenz länger. Die Einzelbefunde und einige Angaben aus der Literatur haben wir in der Tabelle VIII nach Frequenzgruppen geordnet zusammengestellt. Bei einer mittleren Herzfrequenz von 34,6/min beträgt die mittlere relative Systole in der Frequenzgruppe zwischen 30 und 40/min beispielsweise 33,7% des RR-Intervalls und in der Frequenzgruppe zwischen 60 und 70/min bei einer durchschnittlichen Frequenz von 66,0/min 42,8% des RR-Intervalls. Bei Frequenzen, die höher liegen als 120/min scheint die relative QT-Dauer mit etwa 55% bis 57% konstant zu bleiben.

Von diesen Befunden gibt es einige Ausnahmen. Diese sind ebenfalls in der Tabelle VIII dargestellt. Sämtliche erwachsenen afrikanischen Elefanten, wie auch erwachsene indische Elefanten, von denen das veterinär-physiologische Institut Zürich über mehrere Befunde verfügt (Reihenaufnahmen der Elefantengruppe des Zirkus Knie), haben eine bedeutend längere relative Systole, als ihrer Herzfrequenz nach obigem Befund entsprechen würde. In der Frequenzgruppe zwischen 30 und 40/min ist die mittlere relative QT-Dauer mit 41,9% des RR-Intervalls signifikant länger als bei den anderen Tierarten derselben Frequenzgruppe, bei unwesentlich höherer durchschnittlicher Herzfrequenz. Die relative QT-Dauer von jungen Elefanten im Alter von 2–7 Jahren ist von der der übrigen Tierarten derselben Frequenzgruppe nicht signifikant verschieden. Der Beginn dieser relativen QT-Verlängerung bei Elefanten dürfte also erst in einem Alter von mindestens 9 Jahren einsetzen.

Andererseits gibt es eine Reihe von Tieren, deren relative QT-Dauer, bezogen auf die Herzfrequenz ebenfalls stark von dem oben skizzierten Verhalten des Säugetier-Ekg abweicht. Sie ist bei verhältnismäßig hohen Herzfrequenzen (etwa 90 bis 150/min) beträchtlich kürzer als nach den anderen Befunden zu erwarten gewesen wäre. Diese Werte sind ebenfalls in der Tabelle VIII zusammengefaßt. Fünf Hunde mit einer mittleren Herzfre-

Tabelle VIII

Tierart	Freq./ min	rel. QT % RR	Tierart	Freq./ min	rel. QT % RR	
Panzernashorn	27	35,1	Finwal [29]	25	40,9	I Freq. 20–30/min
			ind. Elefant 10j.	29	31,4	
			afr. Elefant 4j.	29	31,9	
Okapi	30	32,6	ind. Elefant 35j.	39	41,2	II Freq. 30–40/min
Okapi	37	35,8	ind. Elefant 35j.	31	34,8	
Giraffe	31	30,9	afr. Elefant 9j.	34	45,5	
Panzernashorn [30]	31	29,3	afr. Elefant 9j.	34	40,4	
Kamel	36	33,6	afr. Elefant 9j.	38	47,1	
Kamel	33	35,7	afr. Elefant 9j.	37	42,9	
Kamel	37	36,0				
Zwergflußpferd	38	39,1				
Pferd [33]	38	30,7				
Mittel	34,6	33,7	Mittel	36,5	41,9	
Schabrackentapir	43	38,3	ind. Elefant 9j.	41	42,6	III Freq. 40–50/min
Panzernashorn [30]	45	38,1	ind. Elefant 12j.	46	47,3	
Pony [30]	45	42,4	ind. Elefant 20j.	41	43,2	
Sumatra-Nashorn	46	41,0	ind. Elefant 18j.	42	41,4	
Okapi	48	37,5	afr. Elefant 9j.	42	49,8	
Okapi	46	41,8	ind. Elefant 5j.	47	41,0	
Okapi 6 Monate	44	37,4	ind. Elefant 7j.	45	39,1	
			afr. Elefant 3j.	49	42,6	
			afr. Elefant 4j. [30]	47	41,6	
			afr. Elefant 4j. [30]	42	41,8	
			afr. Elefant 4j. [30]	44	43,3	
Mittel	45,3	39,6	Mittel	42,4*	44,8*	
				45,6**	41,5**	
Pony [30]	50	48,0	afr. Elefant 4j. [30]	51	44,4	IV Freq. 50–60/min
Tapir [30]	53	35,6	afr. Elefant 4j. [30]	53	41,9	
Tapir [30]	57	41,9	afr. Elefant 4j. [30]	50	44,2	
Zwergflußpferd [30]	56	40,9	ind. Elefant 7j.	52	42,7	
			ind. Elefant 3j.	56	43,5	
			ind. Elefant 2j.	51	42,4	
Mittel	54,0	41,6	Mittel	52,2**	43,3**	
Faultier	63	44,2				V Freq. 60–70/min
Zwergflußpferd [30]	66	41,8				
Rind [33]	67	44,3				
Mensch [11]	70	42,2				
Tapir [29]	64	41,6				
Mittel	66,0	42,8				
			Hund	75	29,7	VI Freq. 70–80/min
			Hund	81	30,8	
			Hund	74	31,1	
			Hund	85	31,0	
			Hund	80	28,3	
			Mittel	79,0***	30,2***	
Schwein [33]	99	53,3	Marderhund [30]	93	32,8	VII Freq. 90–130/min
Schaf [33]	112	50,6	Hund [33]	103	33,2	
Schwein (Läufer) [33]	118	54,9	Hund	104	37,5	
Gorilla 6 Monate	118	63,2	Fuchs [30]	123	35,4	
			Hund (12 Tiere)	117	38,2	
Mittel	111,7	55,5	Mittel	111,3***	35,9***	
Warzenschwein [30]	143	57,2	Katze [33]	151	47,1	VIII Freq. 130–170/min
Schwein (Ferkel) [33]	171	57,8	Fuchs [30]	154	41,0	
			Hund	138	48,1	
			Hund	134	41,8	
Mittel	157	57,5	Mittel	144***	44,5***	

* Elefanten, ausgewachsen, 9- bis 35jährig. ** Elefanten, jugendlich, 2- bis 7jährig. *** Karnivoren.

quenz von 79,0/min) (signifikant höher als die Tiere der Frequenzgruppe 60–70/min) haben durchschnittlich sogar eine niedrigere relative QT-Dauer (30,2% des RR-Intervalls). Dieser Unterschied ist sogar gegenüber der niedrigeren Frequenzgruppe hoch signifikant, ebenso die Unterschiede in den beiden höheren Frequenzgruppen 90–130/min und 130–170/min. Es ist auffallend, daß alle Säugetiere mit extrem kurzer Systolendauer Karnivoren sind, wenn man vom Känguruh-Ekg absieht, dessen QT-Intervall infolge extremer Verkürzung des ST-Segmentes viel kürzer ist als die mechanische Systole. Eine Ausnahme unter den Karnivoren bildet dabei offenbar der Ichneumon, dessen relative QT-Dauer 64,4% des Schlagintervalls bei einer Herzfrequenz von 193/min umfaßte. Bei diesen hohen Frequenzen bestehen die oben beschriebenen Unterschiede offenbar nicht, wenn man überhaupt annehmen kann, daß wir beim Ichneumon die Ruhfrequenz registriert haben.

Zusammenfassung

Elektrokardiogramme von vierzehn nichtdomestizierten Säugetieren aus zehn verschiedenen Ordnungen werden beschrieben. Unterschiede in der Kurvenform und charakteristische Erscheinungen im Verhalten der Zeitwerte werden diskutiert.

Résumé

Description de 14 électrocardiogrammes de mammifères non domestiqués, provenant de différents ordres. Discussion portant sur les différences de formes des courbes et les symptômes caractéristiques de la chronométrie.

Riassunto

Si descrivono gli elettrocardiogrammi di quattordici mammiferi non addomesticati, provenienti da dieci ordini diversi. Sono messe in discussione le differenze nella forma delle curve e le manifestazioni caratteristiche in rapporto ai valori del tempo.

Summary

Electrocardiograms of 14 various non domesticated mammals of ten orders are described. Differences in the form of the curves and characteristics of the time values are discussed.

Für die wertvolle Mithilfe bei der Ausführung der Arbeit danken wir Herrn Dr. H. Wackernagel und Herrn H. Wegmann bestens.

Literatur

[1] Bazett H. C.: An Analysis of the time relations of electrocardiograms. *Heart* 7, 353–370 (1920). – [2] Biewald G. A. und Raths P.: Die chronotrope Vaguswirkung auf das Hamsterherz unter dem Einfluß von Winterschlaf und Hypothermie. *Pflügers Arch. ges. Physiol.* 268, 530–544 (1959). – [3] Björck G. und Johansson B.: Comparative studies on temperature effects upon the electrocardiogram in some vertebrates. *Acta physiol. scand.* 34,

- 257–272 (1955). – [4] v. Boros J. und v. Boros B.: Die klinische Bedeutung der Tachykardie. *Cardiologia* 13, 325–351 (1948). – [5] Braun K., Rosenberg S. Z. und Ballin L.: The electrocardiogram of a camel. *Amer. Heart J.* 55, 754–757 (1958). – [6] Brooijmans A. W. M.: Electrocardiography in horses and cattle; theoretical and clinical aspects. (Diss., Utrecht, 1957.) – [7] Corticelli B.: L'elettrocardiogramma e l'assonogramma spaziale del cavallo trottatore. *Arch. Vet. Ital.* 6, 543–551 (1955). – [8] Detweiler D. K. und Spörri H.: A note on the absence of auricular fibrillation in the european mole. *Cardiologia* 30, 372–375 (1957). – [9] Forbes A., Cobb S. und Catall McKeen: An electrocardiogram and an electromyogram in an elephant. *Amer. J. Physiol.* 55, 385 (1921). – [10] Grauwiler J. und Spörri H.: Fehlen der ST-Strecke im Elektrokardiogramm von verschiedenen Säugetierarten. *Helv. physiol. pharmacol. Acta* 18, C77–C78 (1960). – [11] Hegglin R. und Holzmann M.: Die klinische Bedeutung der verlängerten QT-Distanz im Ekg. *Z. klin. Med.* 132, 1 (1937). – [12] Holzmann M.: Klinische Elektrokardiographie. (Fretz & Wasmuth, Zürich 1945.) – [13] Johansson B.: Some biochemical and electrocardiographical data in Badgers. *Acta zool.* 38, 205–218 (1957). – [14] Johansson B.: The electrocardiogram and phonocardiogram of the hibernating Hedgehog. *Cardiologia* 30, 37–45 (1957). – [15] Johansson B. und Hall P.: Electrocardiographical and microscopical heart studies in hypothermic rats, mice, rabbits, guinea-pigs, dogs and hedgehogs. *Cardiologia* 35, 171–178 (1959). – [16] King R. L., Jenks J. L. and White P. D.: The electrocardiogram of a Beluga whale. *Circulation* 8, 387–393 (1953). – [17] Kisch B., Groedel F. M. und Borchardt P. R.: Comparative direct electrography of the heart of vertebrates. (Fordham Univ. Press, New York 1952). – [18] Lannek N.: A clinical and experimental study on the electrocardiogram in dogs. (Ivar Haeggströms, Stockholm, 1949.) – [19] Lombard Elna A.: Electrocardiograms of small animals. *Amer. J. Physiol.* 171, 189–193 (1952). – [20] Luisada A., Weisz L. und Hantman H. W.: A comparative study of electrocardiogram and heart-sounds in common and domestic mammals. *Cardiologia* 8, 63–84 (1944). – [21] Lepeschkin E.: Das Elektrokardiogramm. (Th. Steinkopff, Dresden/Leipzig, 3. Aufl., 1957.) – [22] Nardone R. M., Wilber C. G. und Musacchia X. J.: Electrocardiogram of the opossum during exposure to cold. *Amer. J. Physiol.* 181, 352–356 (1955). – [23] Nörr J.: Über Körpertemperatur, Herztätigkeit und Atmung des Silberfuchses. *Arch. wiss. prakt. Tierheilk.* 66, (1933). – [24] Nörr J.: Über respiratorische Sinusarrhythmie beim Nerz im Ekg. *Z. Kreisl. Forsch.* 27 (1935). – [25] Nörr J.: Starke atmungsbedingte Herzarrhythmie beim wildlebenden (Rot-)Fuchs. *Z. Biol.* 97, 2 (1936). – [26] Pfeiffer E. W.: Electrocardiogram of the bobcat. *J. Mammalogy* 37, 549 (1956). – [27] v. Planta P. und Rothlin E.: Die QT-Dauer der Katze. *Acta physiol. pharmacol. neerl.* 6, 659–661 (1957). – [28] Ruskin A. und Rigdon R. H.: The electrocardiogram of normal and malaria-infected monkeys. *J. Lab. clin. Med.* 34, 1105–1108 (1949). – [29] Senft A.: (Zeitschr.-beitrag) The Illustrated London News 235, 894 (1959). – [30] Siegfried J. P.: Elektrokardiographische Untersuchungen an Zoo-Tieren. Diss. Zürich (1956). – [31] Spörri H.: Der Einfluß der Tuberkulose auf das Elektrokardiogramm. *Arch. wiss. prakt. Tierheilk.* 79, 1 (1944). – [32] Spörri H. und Detweiler D. K.: Die Ausbreitung der Erregungswelle im Pferde- und Rinderherzen. *Helv. physiol. pharmacol. Acta* 14, C79 (1956). – [33] Spörri H.: Warum ist das Schwein für den Herztod prädisponiert? *Zbl. Vet. Med.* 1, 799–809 (1954). – [34] Spörri H. und Siegfried J. P.: Über die Systolen- und Diastolendauer bei Haus- und Wildtieren und ihre Beziehungen zur körperlichen Leistungsfähigkeit. *Helv. Physiol. pharmacol. Acta* 13, C32 (1955). – [35] Spörri H.: Starke Dissoziation zwischen dem Ende der elektrischen und mechanischen Systolendauer bei Känguruhs. *Cardiologia* 28, 278–284 (1956). – [36] De Waart A. und Storm C. J.: Electrocardiographic observations on Javanese monkeys. *Arch. neerl. Physiol.* 20, 255–277 (1935). – [37] White P. D. und Matthews S. W.: Hunting the heartbeat of a whale. *The National Geographic Mag.* 110, 49, (1956). – [38] White P. D., Jenks J. L. und Benedict F. G.: The electrocardiogram of the elephant. *Amer. Heart J.* 16, 744 (1938). – [39] Wilber C. G.: Electrocardiogram of the Raccoon. *J. Mammalogy* 36, 283–286 (1955). – [40] Zuckermann R.: Grundriß und Atlas der Elektrokardiographie. (VEB Georg Thieme, Leipzig, 3. Aufl., 1959.) – [41] Zuckermann R. und Kitlak W.: Das Ekg des Maulwurfs. *Z. Kreisl. Forsch.* 46, 407–409 (1957).
-