

Aus dem Institut für Zoologie, Fischereibiologie und Fischkrankheiten der  
Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München  
Vorstand: Prof. Dr. Dr. habil. R. W. Hoffmann

**Elektrokardiographische Untersuchungen beim Grünen Leguan  
(*Iguana iguana*)**

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde der Tierärztlichen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität München

Von

Miriam Dahhan  
aus Bad Kreuznach

München 2006

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan: Univ.-Prof. Dr. E. P. Märtlbauer  
Referent: Univ.-Prof. Dr. R. Hoffmann  
Korreferent: Univ.-Prof. Dr. R. Köstlin

Tag der Promotion: 10. Februar 2006

Meinen Eltern gewidmet

## Inhaltsverzeichnis

---

1	Einleitung und Problemstellung.....	1
2	Literaturübersicht.....	2
2.1	Kreislaufsystem .....	2
2.1.1	Das Herz.....	2
2.1.1.1	Anatomie des Herzens .....	3
2.1.1.1.1	Anatomische Besonderheiten des Herzens.....	3
2.1.1.1.1.1	Die Lage .....	3
2.1.1.1.1.2	Die Herzkammern .....	4
2.1.1.1.1.2.1	Der Sinus venosus (SV) .....	4
2.1.1.1.1.2.2	Rechte und linke Atrium .....	5
2.1.1.1.1.2.3	Der Ventrikel.....	6
2.1.1.2	Histologische Grundlagen beim Wirbeltier.....	6
2.1.1.3	Funktionsphysiologie des Herzens .....	7
2.1.1.3.1	Funktionsphysiologische Besonderheiten des Herzens .....	7
2.1.1.3.1.1	Die Diastole.....	7
2.1.1.3.1.2	Die Systole.....	8
2.1.1.3.2	Beeinflussung der Herzaktivität .....	8
2.1.2	Die großen Gefäße des Herzens .....	10

## Inhaltsverzeichnis

---

2.1.2.1	Venae pulmonales .....	10
2.1.2.2	Rechter und linker Aortenbogen .....	10
2.1.2.3	Truncus pulmonalis.....	11
2.2	Grundlagen der Elektrokardiographie .....	11
2.2.1	Das Elektrokardiogramm beim Säugetier .....	11
2.2.1.1	Der Herzvektor.....	13
2.2.1.2	Die Extremitätenableitung.....	14
2.2.1.2.1	Standardableitung nach Einthoven (1908).....	14
2.2.1.2.2	Unipolare Gliedmaßenableitung nach Goldberg (1942) ...	15
2.2.1.3	Auswertung des Elektrokardiogramms .....	16
2.2.1.3.1	Allgemein.....	16
2.2.1.3.2	Herzfrequenz .....	17
2.2.1.3.3	P-Welle .....	18
2.2.1.3.4	PQ-Intervall.....	18
2.2.1.3.5	QRS-Komplex.....	19
2.2.1.3.6	T-Welle .....	19
2.2.1.3.7	ST-Strecke.....	19
2.2.1.3.8	QT-Intervall.....	19

2.2.1.3.9	ST-Streckensenkung und ST-Streckenhebung .....	20
2.2.1.3.10	Elektrische Herzachse .....	20
2.3	Elektrokardiographie bei Squamata .....	21
2.3.1	Vorbereitung .....	21
2.3.2	Wahl der Elektroden .....	22
2.3.3	Wahl der Ableitungspunkte .....	23
2.3.4	Aufzeichnungsgeschwindigkeit .....	24
2.3.5	Verstärkungsgrad .....	24
2.3.6	Besonderheiten des Elektrokardiogramms .....	25
2.3.6.1	Herzfrequenz .....	25
2.3.6.2	SV-Welle .....	25
2.3.6.3	SVP-Intervall .....	26
2.3.6.4	P-Welle .....	26
2.3.6.5	QRS-Komplex .....	27
2.3.6.6	T-Welle .....	27
2.3.6.7	ST-Strecke .....	28
2.3.6.8	QT-Intervall .....	28
2.3.6.9	ST-Streckenhebung .....	29

## Inhaltsverzeichnis

---

2.3.6.10	RR-Intervall.....	29
2.3.6.11	Elektrokardiographische Parameter von <i>Iguana iguana</i> .....	29
2.3.6.12	Elektrokardiographische Parameter von <i>Boiga irregularis</i> ....	29
2.3.6.13	Elektrokardiographische Parameter von <i>Gallotia bravoana</i> ..	30
2.3.6.14	Elektrokardiographische Parameter von <i>Sphenodon punctatus</i> .....	31
2.3.6.15	Elektrische Herzachse .....	31
3	Material und Methoden .....	33
3.1	Untersuchungsmaterial .....	33
3.1.1	Leguane.....	33
3.1.1.1	Allgemeine und spezielle klinische Voruntersuchung und deren klinische Relevanz.....	34
3.1.1.2	Spezielle kardiologische Untersuchung .....	35
3.1.1.3	Einteilung der Grünen Leguane in ein klinisches Schema ....	36
3.1.1.3.1	Klinisch gesund .....	36
3.1.1.3.2	Klinisch erkrankt .....	36
3.2	Untersuchungsmethode.....	36
3.2.1	Vorbereitung .....	36
3.2.2	Wahl der Ableitungspunkte und Vorversuche.....	38

## Inhaltsverzeichnis

---

3.2.3	Aufzeichnung des Elektrokardiogramms an nicht narkotisierten Grünen Leguanen .....	39
3.2.4	Aufzeichnung des Elektrokardiogramms an narkotisierten Grünen Leguanen.....	39
3.2.5	Messung der Kloakaltemperatur .....	40
3.2.6	Auswertung des Elektrokardiogramms .....	40
3.2.6.1	Definition der Amplituden.....	43
3.2.6.2	Elektrische Herzachse .....	44
3.3	Statistische Auswertung der Daten.....	44
4	Ergebnisse.....	45
4.1.1	Ergebnisse der elektrokardiographischen Untersuchung .....	45
4.1.2	Ergebnisse der Voruntersuchungen .....	45
4.1.3	Nicht narkotisiert.....	46
4.1.3.1	Allgemein .....	46
4.1.3.2	Gewicht, Nasen-Kloaken-Länge und Kloakaltemperatur .....	47
4.1.3.3	Herzfrequenz .....	47
4.1.3.4	RR-Intervall.....	48
4.1.3.5	P-Welle .....	48
4.1.3.6	Q-Zacke.....	49



## Inhaltsverzeichnis

---

4.1.3.7	R-Zacke .....	50
4.1.3.8	S-Zacke .....	51
4.1.3.9	SV-Welle.....	52
4.1.3.10	T-Welle .....	53
4.1.3.11	Boxplott der P-, Q-, R-, S-, SV- und T-Breite .....	54
4.1.3.12	Boxplott der P-,Q-, R-, S-, SV- und T- Höhe .....	55
4.1.3.13	QRS-Intervall .....	55
4.1.3.14	PR-Intervall und PR-Strecke.....	56
4.1.3.15	RT-Intervall, RT-Strecke und ST-Strecke .....	56
4.1.3.16	ST-Streckensenkung und ST-Streckenhebung.....	57
4.1.3.17	Boxplott des PR- Intervalls bzw. Strecke, des QRS-Intervalls, des RT-Intervalls bzw. Strecke und des RR-Intervalls.....	57
4.1.3.18	SVP-Intervall.....	58
4.1.3.19	Elektrische Herzachse .....	58
4.1.3.20	Einfluss der Kloakaltemperatur (KT) und der Körpermasse (KM).....	60
4.1.3.21	Einfluss der Herzfrequenz (HF) .....	61
4.1.3.22	Einfluss des RR-Intervall.....	61
4.1.3.23	Einfluss des Serumkaliums und Serumkaliums .....	62

## Inhaltsverzeichnis

---

4.1.3.24	Einfluss der Erythrozytenzahl und des Hämatokrits.....	62
4.1.3.25	Einfluss der Nasen-Kloaken-Länge auf die elektrische Herzachse.....	62
4.1.4	Narkotisiert .....	62
4.1.4.1	Allgemein .....	62
4.1.4.2	Gewicht, Nasen-Kloaken-Länge und Kloakaltemperatur .....	62
4.1.4.3	Herzfrequenz .....	63
4.1.4.4	RR-Intervall.....	63
4.1.4.5	P-Welle .....	64
4.1.4.6	Q-Zacke .....	65
4.1.4.7	R-Zacke .....	66
4.1.4.8	S-Zacke .....	67
4.1.4.9	SV-Welle.....	67
4.1.4.10	T-Welle .....	68
4.1.4.11	QRS-Intervall .....	69
4.1.4.12	PR-Intervall und PR-Strecke.....	69
4.1.4.13	RT-Intervall, RT-Strecke und ST-Strecke .....	70
4.1.4.14	ST-Streckensenkung und ST-Streckenhebung.....	70
4.1.4.15	SVP-Intervall.....	71

## Inhaltsverzeichnis

---

4.1.4.16	Elektrische Herzachse .....	71
4.1.4.17	Einfluss der Kloakaltemperatur (KT) und der Körpermasse (KM).....	72
4.1.4.18	Einfluss der Herzfrequenz.....	73
4.1.4.19	Einfluss des RR-Intervalls.....	74
4.1.4.20	Einfluss des Serumkaliums und Serumkaliums .....	74
4.1.4.21	Einfluss der Erythrozytenzahl und des Hämatokrits.....	74
4.1.5	Vergleich von Tieren, die sowohl nicht narkotisiert als auch narkotisiert untersucht wurden.....	75
4.1.5.1	Statistisch signifikante Unterschiede .....	75
4.1.5.2	Keine statistisch signifikanten Unterschiede .....	75
4.2	Kaliumkonzentration im Serum .....	76
5	Diskussion .....	77
5.1	Zielsetzung der Untersuchung .....	77
5.2	Fehlerquellen .....	77
5.3	Methode.....	78
5.4	Ergebnisse der nicht narkotisierten Leguane.....	78
5.4.1	Herzfrequenz .....	78
5.4.2	RR-Intervall.....	80

## Inhaltsverzeichnis

---

5.4.3	P-Welle .....	81
5.4.4	Q-Zacke .....	84
5.4.5	R-Zacke .....	84
5.4.6	S-Zacke .....	85
5.4.7	SV-Welle.....	86
5.4.8	T-Welle .....	87
5.4.9	QRS-Intervall .....	89
5.4.10	PR-Intervall und PR-Strecke.....	90
5.4.11	RT-Intervall, RT-Strecke und ST-Strecke .....	91
5.4.12	ST-Streckensenkung und ST-Streckenhebung .....	93
5.4.13	SVP-Intervall.....	94
5.4.14	Elektrische Herzachse .....	94
5.4.15	Einfluss der Herzfrequenz auf das RR-Intervall .....	95
5.4.16	Einfluss der Körpermasse oder des Geschlechts auf die elektrische Herzachse .....	95
5.4.17	Einfluss der Herzfrequenz auf die elektrische Herzachse.....	96
5.4.18	Einfluss der Nasen-Kloaken-Länge auf die elektrische Herzachse .....	96
5.4.19	Einfluss der Kloakaltemperatur auf die elektrische Herzachse ....	96

5.4.20	Einfluss der Körpermasse und der Kloakaltemperatur auf das RR-Intervall .....	97
5.4.21	Einfluss der Kloakaltemperatur auf die RT-Strecke und das RT-Intervall .....	97
5.4.22	Einfluss der Kloakaltemperatur auf das PR-Intervall und PR-Strecke .....	98
5.4.23	Einfluss des RR-Intervalls auf das PR-Intervall und die PR-Strecke .....	98
5.4.24	Einfluss des RR-Intervalls auf das RT-Intervall und die RT-Strecke .....	98
5.4.25	Einfluss der Körpermasse auf das PR-Intervall und die PR-Strecke .....	99
5.4.26	Einfluss der Körpermasse auf das RT-Intervall und die RT-Strecke .....	99
5.4.27	Einfluss der Körpermasse auf das QRS-Intervall.....	99
5.4.28	Einfluss der Körpermasse auf die Herzfrequenz.....	100
5.4.29	Einfluss der Körpermasse auf die P- und T-Wellenhöhe, R-Zackenhöhe und T-Wellenbreite.....	100
5.4.30	Einfluss des Serumkaliums auf das QRS-Intervall und das RT-Intervall .....	101
5.4.31	Einfluss des Serumkaliums auf die P-, T- Wellen- und R-Zackenhöhe .....	101

## Inhaltsverzeichnis

---

5.4.32	Einfluss der Erythrozytenzahl und des Hämatokrits auf die T-, P-Wellenhöhe und das RR-Intervall .....	101
5.5	Vergleich der nicht narkotisierten mit narkotisierten Tiere .....	102
5.6	Unterschiede der Tiere, die sowohl narkotisiert als auch nicht narkotisiert untersucht wurden .....	106
5.7	Kaliumkonzentration im Serum .....	106
5.8	Schlussbetrachtung .....	107
6	Zusammenfassung .....	108
7	Summary .....	110
8	Literaturverzeichnis .....	112
9	Anhang .....	123
10	Danksagung .....	147

# 1 Einleitung und Problemstellung

Leguane gehören zu den populärsten Echsen in privater Haltung. Sehr häufig wird der Grüne Leguan (*Iguana iguana*) im Terrarium gehalten und zu tausenden in speziellen Farmen gezüchtet (MONCUIT und DAOUES, 2004). Die Zahl der beim Tierarzt vorgestellten Tiere ist stetig steigend (BRUDER, 1998).

Erkrankungen des Herzens mit klinisch relevanten Symptomen werden immer wieder beobachtet, ohne jedoch eine exakte Diagnose der jeweiligen kardiologischen Ursachen stellen zu können.

Sowohl in der Humanmedizin als auch in der Groß- und Kleintiermedizin ist die Elektrokardiographie ein fester Bestandteil der Diagnostik. In der Reptilienmedizin jedoch werden elektrokardiographische Untersuchungen derzeit nicht vorgenommen.

Diese Dissertation soll einen Beitrag zur Erlangung fundierter Kenntnisse im Bereich der kardiologischen Reptilienmedizin leisten, um dem Trend der „Terrariophilie“ von der medizinischen Seite aus gerecht zu werden. Ein weiteres Ziel der Dissertation ist es, dem Tierschutz zu dienen. Denn die Möglichkeit der kardiologischen Untersuchungen und die daraus resultierenden Behandlungsmaßnahmen gewährleisten einen verbesserten Tierschutz. Dasselbe gilt unter anderem für die optimierte Narkoseüberwachung und -steuerung bei Operationen.

## **2 Literaturübersicht**

### **2.1 Kreislaufsystem**

#### **2.1.1 Das Herz**

Das Herz der Squamata (Schuppenkriechtiere) und damit auch der Echsen (Sauria) hat vier Kammern. Diese setzen sich aus einem Sinus Venosus, einem rechten und einen linken Vorhof (Atrium) sowie einer Hauptkammer (Ventrikel), die nicht wie bei weiter entwickelten Reptilien (Krokodile) sowie Aves und Mamalia durch ein Septum vollständig getrennt wird, zusammen. Die Vorhöfe stehen mit der Kammer durch Klappen in Verbindung die in der Systole den Rückstrom des Blutes in die Vorhöfe verhindern. Die großen Gefäße des Herzens bestehen aus den Pulmonalvenen, Truncus pulmonalis und anders als beim Säugetier, bei dem nur eine vereinigte Aorta vorhanden ist, aus rechter und linker Aorta (GIRLING und HYNES, 2004). Angaben über Klappen, die in der Diastole den Rückfluss des Blutes aus den Aorten und dem Truncus pulmonalis verhindern, werden in der Literatur kaum gemacht. Das Herz hat die Aufgabe, durch einen Wechsel von Kontraktion (Systole) und Erschlaffung (Diastole) der Vorhöfe und Kammer, den Blutstrom in den Gefäßen in Bewegung zu halten.



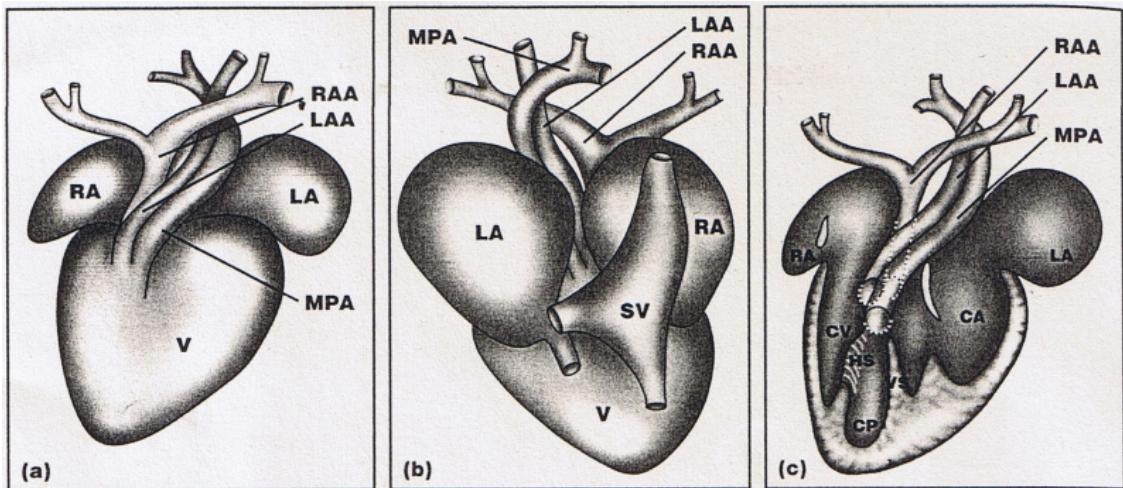


Abbildung 2.1: Das Herz der Squamata (Schuppenkriechtiere); (a) Blick von ventral; (b) Blick von dorsal (c); Innere Struktur mit Blick von dorsal; CA: Cavum arteriosum; CP: Cavum pulmonale; CV: Cavum venosum; HS: horizontales Septum; LA: linkes Atrium; LAA: linker Aortenbogen; MPA: Truncus Pulmonalis; RA: rechtes Atrium; RAA: rechter Aortenbogen; SV: Sinus venosus; V: Ventrikel; VS: unvollständige Septum (modifiziert nach GIRLING und HYNES, 2004)

### 2.1.1.1 Anatomie des Herzens

#### 2.1.1.1.1 Anatomische Besonderheiten des Herzens

##### 2.1.1.1.1.1 Die Lage

Das Herz der Echsen, Schlangen und Schildkröten liegt innerhalb des Pektoralgürtels (GIRLING und HYNES, 2004) unter der Sternalplatte, zwischen den Scapulae beim Grünen Leguan (LOCK und BENNETT, 2003). Dorsal des Sternums wird von MULLEN (1967) für alle Echsen angegeben. WILLIAMS (1997) spricht bei Echsen von der Mitte des Thorax.

Bei Schlangen sind die Atrien nach kranial, der Ventrikel nach kaudal ausgerichtet (RICHNIW und CARMEL, 1999).

## 2.1.1.1.1.2 Die Herzkammern

### 2.1.1.1.1.2.1 Der Sinus venosus (SV)

Der Sinus venosus stellt beim Säugetier nur in der Embryogenese das venöse Endteil des Herzschlauches dar, der in den Mündungsteil der Körpervenien übergeht (MICHEL, 2000).

Der Sinus venosus ist bei Schildkröten eine relativ große Kammer, die an die Oberfläche der Atrien anliegt (JACKSON, 1989) und ist bei Schlangen, Echsen und Schildkröten meistens kleiner als der Rest des Herzens (GIRLING und HYNES, 2004). Er steht mehr mit dem rechten Atrium in Kontakt als mit dem linken Atrium (JACKSON, 1989).

Die Wand des Sinus venosus ist bei Schlangen, Echsen (MURRAY, 1996) und Schildkröten (MURRAY, 1996; JACKSON, 1989) dünner als die der Atrien. Mit dem Ventrikel ist der Sinus venosus über ein fibröses, vom Herzen ausgehendes, dorsales Band verbunden. Er verläuft kaudokranial über der Medianen des Herzens (GIRLING und HYNES, 2004) und entleert sich über membranöse gewebelappenähnliche Klappen (GIRLING und HYNES, 2004; JACKSON, 1989) in das rechte Atrium über die Valvulae sinu-atriales (PETERS, 1985). Er erhält deoxygeniertes Blut der linken und rechten Vena cava cranialis und der Vena cava caudalis (GIRLING und HYNES, 2004). In der Wand des Sinus venosus befindet sich ein „specialized tissue“ (GIERLING und HYNES, 2004). Hierdurch nimmt er bei Schlangen, Echsen und Schildkröten die Funktion des Herzschrittmachers ein (MARCUS, 1983; GEDDES, 2002 GIRLING und HYNES, 2004). MULLEN (1967) geht bei Schlangen und Echsen jedoch davon aus, dass es einen Sinusknoten gibt, der als Herzschrittmacher dient und nicht nur ein „spezialisiertes Gewebe“, welches sich in der Wand des Sinus venosus befindet. Er nimmt an, dass der Sinusknoten zwischen dem Sinus venosus und dem rechten Atrium auf der dorsalen Oberfläche liegt.

### 2.1.1.1.1.2.2 Rechte und linke Atrium

Die Atrien sind bei Schlangen, Echsen und Schildkröten gleich groß (GIRLING und HYNES, 2004) und durch ein vollständiges Septum bei Schlangen (SKLANSKY et al., 2001; HICKS, 2002), Echsen (HICKS, 2002) und Schildkröten (JACKSON, 1989; HICKS, 2002) getrennt.

Das rechte und linke Atrium wird durch jeweils eine aus zwei Klappensegeln bestehende Atrioventrikularklappe vom Ventrikel getrennt (GIRLING und HYNES, 2004). WHITE (1976) und MURRAY (1996) gehen bei Schlangen, Echsen und Schildkröten jedoch von einer Klappenstruktur mit nur einer Klappe aus. PETERS (1985) spricht bei Reptilien nur von einem Klappenapparat, ohne die Anzahl der Klappen zu nennen und MARCUS (1983) hat beim Komodowaran (*Varanus komodoensis*) nur eine Atrioventrikularklappe zwischen dem linken Atrium und dem linken Ventrikelbereich entdeckt. Diese hatte Chordae tendineae. Eine Atrioventrikularklappe zwischen dem rechten Vorhof und dem rechten Ventrikelbereich war nicht vorhanden.

Chordae tendineae sind mit einem Papillarmuskel verbunden, der bei Kontraktion in der Systole einen Rückschlag der Klappen in den Vorhof verhindert.

Das rechte Atrium erhält deoxygeniertes Blut vom Körperkreislauf über den Sinus venosus (PETERS, 1985; GIRLING und HYNES, 2004).

Das linke Atrium erhält oxygeniertes Blut aus den paarigen Pulmonalvenen über die Pulmonalvenenöffnung (GIRLING und HYNES, 2004; JACKSON, 1989; MURRAY, 1996). PETERS (1985) jedoch spricht bei Reptilien von nur einer Vena pulmonalis, die das oxygenierte Blut in das linke Atrium transportiert.

### 2.1.1.1.1.2.3 Der Ventrikel

Der Ventrikel ist bei Reptilien, nicht aber bei Krokodilen, durch eine unvollständige, muskulöse Scheidewand unterteilt (ECKERT et al., 2002; GIRLING und HYNES, 2004).

Eine deutliche Muskelleiste teilt den Ventrikel in eine kleinere rechte ventrolaterale Kammer (Cavum pulmonale) und eine größere linke dorsolaterale Kammer (Cavum dorsale). Das Cavum dorsale wird vertikal durch ein unvollständiges Septum in das Cavum arteriosum und das Cavum venosum unterteilt (MATHUR, 1944; JACKSON, 1989; MURRAY, 1996; ECKERT et al., 2002; HICKS, 2002; GIRLING und HYNES, 2004). MURRAY (1996) spricht in diesem Zusammenhang von der Entstehung eines interventrikulären Kanals.

Die Muskelleiste wird auch horizontales Septum oder Muskelrücken genannt (ECKERT et al., 2002). Sie entspringt der ventralen Ventrikelwand (WHITE, 1976; HICKS, 2002) und verläuft von der Herzspitze bis zur Herzbasis (HICKS, 2002).

MARCUS (1983) macht für den Komodowaran eine spezielle Aussage. Bei ihm hat er beidseits der Öffnung im unvollständigem Septum Klappensegel gefunden, die auf der Öffnungsseite Warzen besitzen, in der Diastole das unvollständige Septum schließen und in der Systole die Atrioventrikularöffnungen durch ein Zurückschwingen schließen, so, dass das Blut nicht zurück in die Atrien fließt. Sie übernehmen die Funktion der Atrioventrikularklappen, die MARCUS (1983) nur zwischen dem linken Atrium und dem linken Ventrikelbereich auffand.

### 2.1.1.2 Histologische Grundlagen beim Wirbeltier

Das Herz besteht aus drei Schichten, dem Endokard (Innenschicht), dem Myokard (Mittelschicht) und dem Epikard (Außenschicht).

Das Herzmuskelgewebe bietet die Möglichkeit zur spontanen autonom-nervalen Erregungsbildung und zur unabhängigen intrakardialen Reizleitung (LIEBICH,

2004). An den Enden der Herzmuskelzelle befinden sich Glanzstreifen, diese sind organspezifisch und erfüllen die elektrische Übertragung der Kontraktion nach dem Alles-oder-Nichts-Prinzip. Eine genaue Beschreibung der Funktionshistologie ist bei Säugern von LIEBICH (2004) beschrieben.

Das Erregungsbildungs- und -leitungssystem besteht aus dem Sinusknoten (Nodus sinuatrialis), der sich im rechten Vorhof befindet, dem Atrioventrikularknoten (Nodus atrioventricularis), der an der rechten Vorhofwand an die Kammer angrenzt und dem His Bündel (Fasciculus atrioventricularis) (EDER und GÄBEL, 2000). Das His-Bündel teilt sich in einen rechten und linken Tawara-Schenkel auf. Die Tawara-Schenkel verlaufen bei Säugern auf beiden Seiten des Kammerseptums zur Herzspitze. Ihre Rami subendocardiales dringen in die Arbeitsmuskulatur ein, wo sie als Purkinje-Fasern die Endstrecke des Erregungsleitungssystems bilden (HEINROTH und WERDAN, 2004).

### 2.1.1.3 Funktionsphysiologie des Herzens

#### 2.1.1.3.1 Funktionsphysiologische Besonderheiten des Herzens

##### 2.1.1.3.1.1 Die Diastole

Bei Schlangen (MARCUS, 1983; RISHNIW und CARMEL, 1999), Echsen und Schildkröten (MARCUS, 1983) öffnen sich in der Diastole die Atrioventrikularklappen in das Lumen des Ventrikels und teilen die Ventrikelkammer durch Anlagerung der Atrioventrikularklappen an das unvollständige Septum so, dass das arterielle und venöse Blut, welches in den Ventrikel fließt, nicht vermischt. MURRAY (1996) bezeichnet diesen Vorgang als atriale Systole.

ECKERT et al. (2002) machen für diesen Vorgang beim Waran eine genauere Angabe. Sie gehen davon aus, dass sich zur Trennung des Cavum arteriosum vom Cavum venosum mindestens eine Klappe der rechten oder linken Atrioventrikularklappe an das unvollständige Septum anlagert. Damit ist eine funktionelle Trennung der Herzkammer während der Diastole vorhanden.

Blut fließt aus dem rechten Atrium über das Cavum venosum in das Cavum pulmonale und überquert die Muskelleiste. Blut, das aus dem linken Atrium kommt, fließt in das Cavum arteriosum (WHITE, 1968; RISHNIW und CARMEL, 1999; GIRLING und HYNES, 2004).

Im Gegensatz dazu steht ECKERT et al. (2002), der bei Schlangen, Echsen und Schildkröten davon ausgeht, dass das Blut, welches aus dem linken Atrium kommt, in der atrialen Systole sowohl das Cavum venosum als auch das Cavum arteriosum füllt.

### 2.1.1.3.1.2 Die Systole

In der frühen Systole fließt das Blut aus dem Cavum venosum in das Cavum pulmonale (RISHNIW und CARMEL, 1999). GIRLING und HYNES (2004) ordnen diesen Vorgang noch der Diastole zu, da sie zur Blutfüllung des Herzens führt.

Die Muskelleiste zwischen dem Cavum venosum und dem Cavum pulmonale kontrahiert sich und bildet so ein vorübergehendes Septum (WHITE, 1968; MURRAY, 1996; RISHNIW und CARMEL, 1999). Die Atrioventrikularklappen schließen sich und die Verbindung zwischen dem Cavum arteriosum und Cavum venosum ist somit wiederhergestellt (WHITE, 1968; MURRAY, 1996; RISHNIW und CARMEL, 1999). Das Cavum pulmonale bildet in Teilen der Systole eine eigene Einheit (WHITE, 1968). Das Blut wird aus dem Cavum pulmonale in die Pulmonalarterie ausgeworfen. In der mittleren bis späten Systole wird das Blut vom Cavum arteriosum durch das Cavum venosum in die beiden Aorten ausgeworfen (WHITE, 1968; MURRAY, 1996; RISHNIW und CARMEL, 1999; ECKERT et al., 2002; GIRLING und HYNES, 2004).

### 2.1.1.3.2 Beeinflussung der Herzaktivität

Die Herzfrequenz der Reptilien ist von mehreren Faktoren abhängig. Sie wird beeinflusst von der Temperatur (WHITE, 1976; WILLIAMS, 1997; MADER und WYNEKEN, 2000), der Körpermasse (MADER und WYNEKEN, 2000), der

Körpergröße, der Respirationsrate und dem Metabolismus (WHITE, 1976; MADER und WYNEKEN, 2000).

Nach BUDDENBROCK (1967) ist die Temperatur der wichtigste Umweltfaktor für die Höhe der Herzfrequenz. Sie variiert beim Reptil deutlich mit Veränderung der Körpertemperatur (JOHANSEN, 1959; ZISWILER, 1976), im Gegensatz zum Säugetier, bei dem keine Beeinflussung der Herzfrequenz durch die Körpertemperatur besteht. ZISWILER (1976) geht jedoch davon aus, dass bei einigen Reptilien der Ansatz einer Temperaturregulation durch ihren Metabolismus stattfindet.

Nach WHITE (1976) ist die Herzfrequenz bei gleicher Körpertemperatur möglicherweise signifikant höher, wenn die Umgebungstemperatur ansteigt. Dies bedeutet, dass nicht nur die Körpertemperatur Einfluss auf die Herzfrequenz nimmt, sondern auch die Umgebungstemperatur. Eine Studie von BAKER et al. (1972) über die Auswurfleistung des Herzens zeigt dazu, dass beim Grünen Leguan der Anstieg der Herzauswurfleistung bei niedrigen Temperaturen von dem Auswurfvolumen abhängig ist. Bei höheren Temperaturen hingegen wird der Anstieg der Herzauswurfleistung durch einen starken Anstieg der Herzrate erreicht.

Ein Beispiel für den Einfluss des Gewichts gibt TEMPLETON (1970), der die Beobachtung machte, dass bei einer 1g Echse (*Scincella spp.*) die Herzfrequenz bei 100 Schlägen/Minute liegt. Bei einem Waran mit 4400 g (*Varanus spp.*) liegt sie bei 20 Schlägen/Minute.

Bei einer Körpertemperatur von 24 °C liegt die Herzfrequenz des Grünen Leguans bei 40-70 Schlägen/Minute (LOCK und BENNETT, 2003). MULLEN (1967) gibt für Echsen mit Körpertemperaturvariationen von 22-34 °C eine Herzfrequenz von 45-230 Schläge/Minute an.

In einem Temperaturintervall von 8-32°C veränderte sich die Herzfrequenz um 5-6 Schläge/°C/Minute (JOHANSEN, 1959). Die Studie von MARTINEZ-SILVESTRE (2003) wies für *Gallotia bravoana*, mit einer Körpertemperatur von 18-24°C eine Herzfrequenz von 35-60 Schlägen/Minute nach.

Während der Inspiration kommt es zu einem Anstieg der Herzfrequenz (WHITE, 1976), dieses Phänomen ist auch beim Säugetier bekannt.

Während einer Anästhesie wird bei Reptilien eine Abnahme der Herzfrequenz festgestellt (VALENTINUZZI et al., 1969d; BONATH, 1977; WEEGER, 2002).

## 2.1.2 Die großen Gefäße des Herzens

### 2.1.2.1 Venae pulmonales

Die rechte und linke Lungenvene transportiert bei Schlangen (RISHNIW und CARMEL, 1999) und Schildkröten (JACKSON, 1989) oxygeniertes Blut aus den Kapillaren ihrer zugehörigen Lungenhälften in das linke Atrium.

### 2.1.2.2 Rechter und linker Aortenbogen

Der rechte und linke Aortenbogen entspringen bei Schlangen, Echsen und Schildkröten dem linken Ventrikelbereich. Ihre Benennung erfolgt nach dem Verlauf der Aortenbögen außerhalb des Herzens. Der Ursprung des rechten Aortenbogens liegt jedoch noch links von dem des linken Aortenbogens. Beide überkreuzen sich somit außerhalb des Herzens. Es ist möglich, dass der Ursprung des linken Aortenbogens das unvollständige Septum verschließt (MARCUS, 1983). Bei Reptilien hat der rechte Aortenbogen einen stärkeren Umfang als der linke Aortenbogen (PETERS, 1985).

JACKSON (1989), RISHNIW und CARMEL (1999) und HICKS (2002) geben für den Ursprung der Aorten das Cavum venosum an. Rechter und linker Aortenbogen verschmelzen kaudal der Herzspitze und bilden so die Aorta abdominalis (MARCUS, 1983).

MARCUS (1983) erkannte bei einer Sektion eines Komodowarans (*Varanus komodoensis*), dass die rechte und linke Aorta jeweils zwei Semilunarklappen hat, die als Klappenapparat dienen.

Über die Sauerstoffsättigung des Blutes, welches in den Aorten fließt, werden in der Literatur unterschiedliche Angaben gemacht.



In einer Studie von TUCKER (1966), in der die Sauerstoffsättigung des Blutes in den einzelnen großen Gefäßen des Herzens beim Grünen Leguan gemessen wurde, zeigte sich, dass deutliche Grenzen zwischen dem arteriellen und dem venösen Blutfluss während des Herzzyklus vorhanden sind. Manchmal gelangt jedoch ein Teil des venösen Blutes über den linken Aortenbogen in das arterielle System. MARCUS (1983) ist jedoch der Auffassung, dass der rechte Aortenbogen arterielles und der linke Aortenbogen venöses Blut führt. PETERS (1985) geht davon aus, dass der rechte Aortenbogen sehr viel mehr oxygeniertes Blut als der linke Aortenbogen transportiert, ohne eine Mengenangabe zu machen.

### 2.1.2.3 Truncus pulmonalis

Der Truncus pulmonalis hat seinen Ursprung im Cavum pulmonale (JACKSON, 1989; RISHNIW und CARMEL, 1999; HICKS, 2002). Er teilt sich in die rechte und linke Pulmonalarterie. Diese führen zu den beiden Lungen (JACKSON, 1989).

PETERS (1985) geht bei Reptilien hingegen von nur einer Arteria pulmonalis aus, die nahe dem linken Aortenbogen in die rechte Kammer mündet.

Nach MARCUS (1983) hat der Komodowaran (*Varanus komodoensis*) eine aus zwei Semilunarklappen bestehende Klappenstruktur, die den Eingang des Truncus pulmonalis verschließt. Die Klappen haben an ihren Rändern auf der Arterienseite einige Warzen.

## 2.2 Grundlagen der Elektrokardiographie

### 2.2.1 Das Elektrokardiogramm beim Säugetier

Das Elektrokardiogramm zeichnet die bei der Erregungsausbreitung und Rückbildung am Herzen entstehenden elektrischen Potentiale (Spannungen) und Potentialdifferenzen in zeitlicher Abfolge auf (EDER und GÄBEL, 2000). Die Herzmuskelzelle ist an ihrer Oberfläche positiv geladen und innen negativ. Bei der Depolarisation verändert sich die elektrische Ladung der Zelle und ist

danach außen negativ und innen positiv. Darauf folgt die Repolarisation, die den Ausgangszustand wiederherstellt. Der Verlauf der De- und Repolarisation wird durch die Elektroden des Elektrokardiographen gemessen und über auf der Haut angebrachte Elektroden abgeleitet. Die Spannung wird zwischen positiver und negativer Elektrode gemessen. Elektrische Impulse, die auf die positive Elektrode zuwandern, führen zu einem positiven Ausschlag. Die Impulse, die von der positiven Elektrode wegwandern, führen zu einem negativen Ausschlag, senkrecht zur Ableitungsrichtung bewegende Impulse, führen zu keinem oder nur sehr geringem Ausschlag. Es besteht eine direkte Proportionalität zur Größe des Ausschlags mit der Dicke des aktivierten Muskels und der Nähe zur Elektrode (TILLEY, 1989; SCHMIDT und THEWS, 1995).

Das Elektrokardiogramm besteht aus der Reihenfolge der P-Welle, der PQ-Strecke, dem QRS-Komplex, der ST-Strecke und der T-Welle. Vom Sinusknoten ausgehende elektrische Impulse werden durch den rechten Vorhof in Richtung linken Vorhof weitergeleitet und führen meist zu einem positiven Ausschlag, der P-Welle. Diese stellt die Erregungsausbreitung in den Vorhöfen dar. Die Richtung in der die Aktivierung im linken Vorhof verläuft, weist nicht direkt in die Richtung der positiven Elektrode. Aus diesem Grund könnte man einen geringen oder negativen Ausschlag erwarten. Dies ist jedoch nicht der Fall, da es zu einer Überlagerung der Aktivierungsvorgänge in den Vorhöfen kommt. Der Beginn der P-Welle stellt den Verlauf der elektrischen Spannungen im rechten Atrium, das Ende der P-Welle die der im linken Atrium dar. Die PQ-Strecke stellt die vollständige Erregung der Vorhöfe dar und liegt auf der Nulllinie bzw. isoelektrischen Linie, das heißt, es bestehen keine elektrischen Potentiale. Darauf folgt die Q-Zacke, welche die Erregung des Kammerseptums darstellt und da sich die Depolarisationswelle von der positiven Elektrode entfernt, negativ ist. Es folgt eine positive R-Zacke, diese stellt die Erregungsausbreitung über die Kammern dar. Die Ausbreitung der Depolarisationswelle über die basalen Anteile der Ventrikel und des Septums ist von der positiven Elektrode rückläufig und führt zur Bildung der negativen S-Zacke. Die ST-Strecke stellt die totale Erregung des Ventrikels dar und befindet sich auf der isoelektrischen Linie. Nach der vollständigen Depolarisation erfolgt

eine vollständige Repolarisation, die durch die T-Welle repräsentiert wird (TILLEY, 1989; MILLER et al., 1999; MARTIN, 2001).

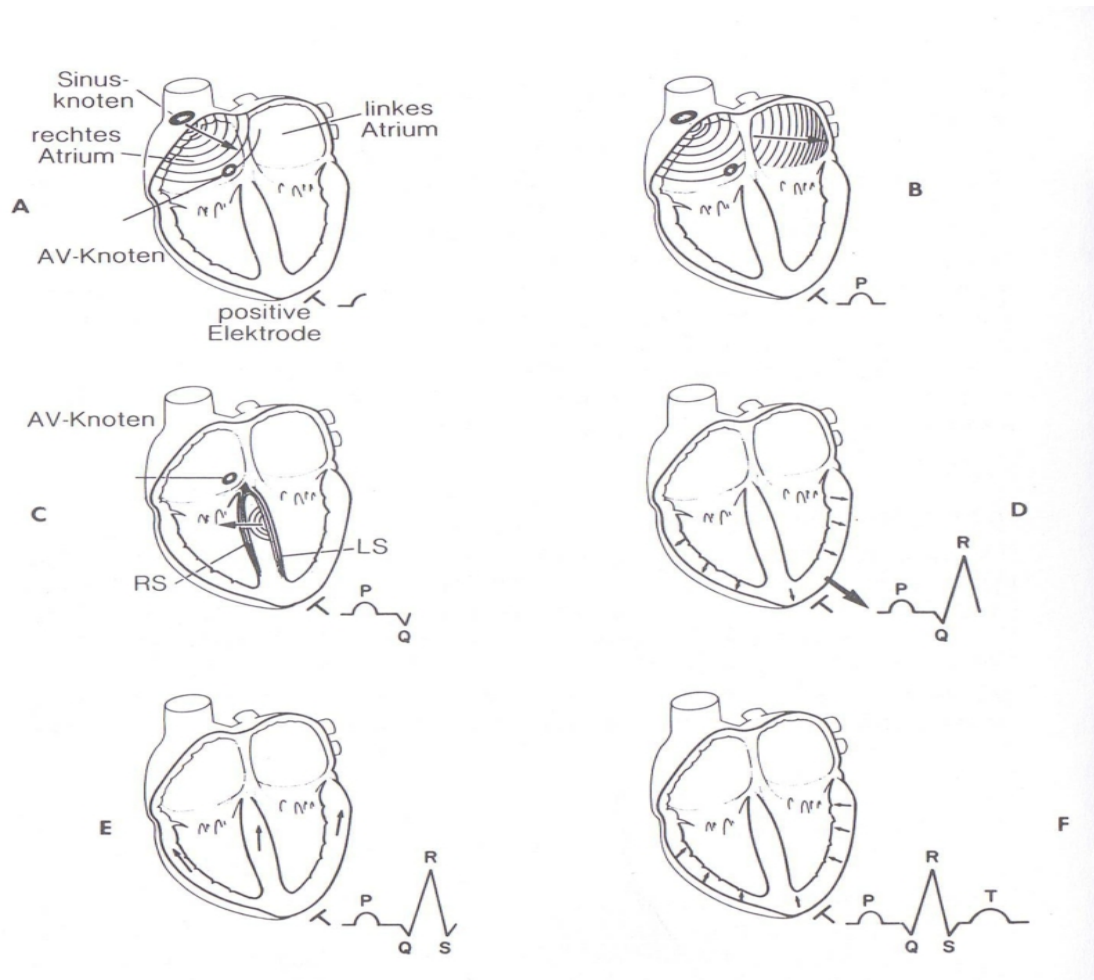


Abbildung 2.2: „Schematische Zuordnung von EKG und Erregungsleitungssystem während der Weiterleitung eines Impulses vom Sinusknoten zu den Purkinje-Fasern“ (aus TILLEY, 1989)

### 2.2.1.1 Der Herzvektor

Es lassen sich Größe und Richtung der elektrischen Kräfte, die sowohl bei der De- als auch Repolarisation in den Vorhöfen und Kammern entstehenden, zu jedem gegebenen Zeitpunkt als Vektor darstellen. Man spricht vom Momentanvektor (TILLEY, 1989; MILLER et al., 1999).

Sie stellen durch ihre Länge die Stromstärke und durch die Lage der Vektorpfeilspitze die Richtung und Polarität der elektrischen Kräfte dar (TILLEY, 1989).

Die Richtung des Mittelwerts aller Momentanvektoren wird als *mittlere elektrische Herzachse* bezeichnet (TILLEY, 1989; MILLER et al., 1999).

Durch Manipulation kann es zu Lageveränderung des Herzens kommen. Dies hat eine Veränderung der Größe und Richtung der Vektoren zur Folge und führt daher während der elektrokardiographischen Aufzeichnung zu einer Veränderung der Ausschläge (VALENTINUZZI et al., 1969b).

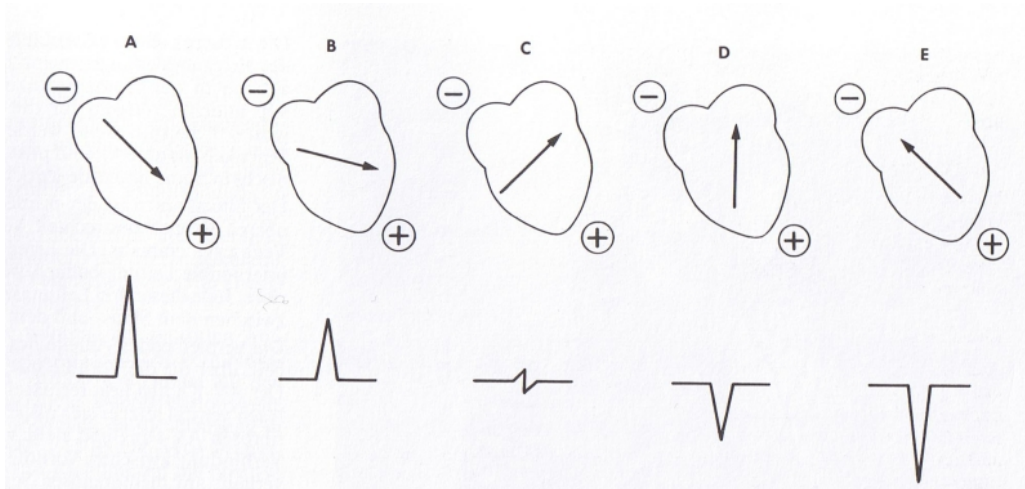


Abbildung 2.3: „Zuordnung des Depolarisationsstroms zu Ausschlägen des EKG“. A; B: Depolarisationsstrom fließt von der positiven Elektrode zu; DE: Depolarisationsstrom fließt von der positiven Elektrode weg; C: „ Ausbreitung senkrecht zu einer gedachten Linie zwischen den Beiden Elektroden“(aus TILLEY, 1989)

## 2.2.1.2 Die Extremitätenableitung

### 2.2.1.2.1 Standardableitung nach Einthoven (1908)

Bei der bipolaren Standardableitung werden jeweils zwei gleichwertige differente Elektroden an zwei Extremitäten angelegt. Zwischen diesen ist das Messinstrument zur Erfassung der Aktionspotentiale des Herzens geschaltet. Die einzelnen Ableitungen sind folgendermaßen definiert:

Ableitung I: Ableitung zwischen rechter (-; rote Elektrode) und linker (+;gelbe Elektrode) Vorderextremität

Ableitung II: Ableitung zwischen rechter Vorderextremität (-; rote Elektrode) und linker Hinterextremität (+, grüne Elektrode)

Ableitung III: Ableitung zwischen linker Vorderextremität (-; gelbe Elektrode) und linker Hinterextremität (+; grüne Elektrode)

Die schwarze Elektrode ist die Erdungselektrode und neutral. Sie wird an der rechten Hinterextremität befestigt. Dies gilt auch für die Ableitung nach Goldberg.

Die Terminologie basiert auf den Empfehlungen des Komitees zur Standardisierung der Elektrokardiographie bei Hund und Katze (TILLEY, 1989).

Nach EINTHOVEN et al. (1912) stellen die Eckpunkte eines gleichseitigen Dreiecks die Ableitungspunkte der bipolaren Extremitätenableitung dar. Dieses Dreieck liegt in der Frontalebene des Körpers. Seine Mitte stellt das Herz dar.

### 2.2.1.2.2 Unipolare Gliedmaßenableitung nach Goldberg (1942)

Es werden die gleichen Elektroden wie bei der bipolaren Standardableitung benutzt. Zwei Extremitätenelektroden werden über Widerstände zu einer indifferenten Bezugselektrode zusammengeschaltet. An der dritten Extremität wird die positive Elektrode angebracht. Sie registriert die elektrische Aktivität.

Ableitung aVR: Sammelelektrode (links vorn und links hinten; -) gegen rechte Vorderextremität (+; rote Elektrode)

Ableitung aVL: Sammelelektrode (rechts vorne und links hinten; -) gegen linke Vorderextremität (+; gelbe Elektrode)

Ableitung aVF: Sammelelektrode (rechts vorne und links vorne; -) gegen linke Hinterextremität (+; grüne Elektrode)

Die Abkürzung stehen für:

aV = augmented voltage (verstärkte Spannung); R = right (rechts), L = left (links), F = foot (Fuß)

Die Terminologie basiert auf den Empfehlungen des Komitees zur Standardisierung der Elektrokardiographie bei Hund und Katze (TILLEY, 1989).

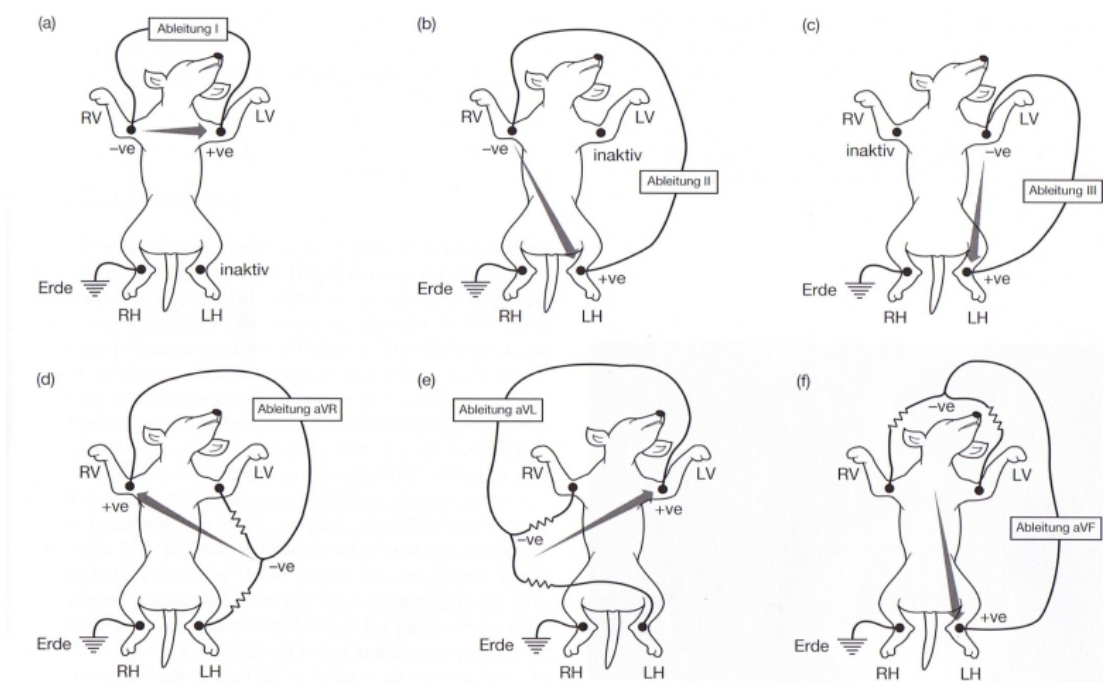


Abbildung 2.4: Extremitätenableitung nach Einthoven: I, II, III; Extremitätenableitung nach Goldberg: aVR, aVL, aVF; RV: rechtes Vorderbein; LV: linkes Vorderbein; RH: rechtes Hinterbein; LH: linkes Hinterbein; -ve: negative Elektrode; +ve: positive Elektrode (aus MARTIN, 2001)

### 2.2.1.3 Auswertung des Elektrokardiogramms

#### 2.2.1.3.1 Allgemein

Das EKG-Papier ist ein Millimeterpapier. Der Abstand zwischen jeder horizontalen und vertikalen Linie ist 1 mm. Jede fünfte horizontale und vertikale Linie ist dicker eingezeichnet, so bilden sich große und kleine Quadrate. In der Horizontalen stellen bei einer Eichung von 10 mm = 1 mV, 10 mm bzw. 10 kleine Quadrate also 1 mV dar. In der Vertikalen entspricht bei einer Standardpapiergeschwindigkeit von 50 mm/Sek., ein mm bzw. ein kleines Quadrat 0,02 Sek. (TILLEY, 1989; MILLER et al., 1999).

P-Welle, PQ-Intervall, QRS-Komplex, QT-Intervall, ST-Strecke und T-Welle werden in der Regel in der II Ableitung gemessen, da hier die Ausschläge am höchsten sind. Es gibt verschiedene Möglichkeiten ein Elektrokardiogramm auszuwerten. Um einzelne Amplituden und Zeitintervalle zu messen, kann ein

Stechzirkel verwendet werden. Für die Länge der Wellen wird die Spitze des Stechzirkels auf der rechten Seite der Linie beim Start der Welle angelegt, die andere Spitze auf der rechten Seite der Linie beim Ende der Welle. Alternativ kann auch jeweils die linke Seite gewählt werden. Bei der Messung von positiven Wellen wird vom oberen Rand der Nulllinie bis zum oberen Rand der Spitze der Welle gemessen bei der Messung von negativen Wellen wird vom unteren Rand der Nulllinie bis zum unteren Rand der Wellenspitze gemessen (TILLEY, 1989; KITTLESON, 1998; MILLER et al., 1999).

Der Stechzirkel wird dann auf dem EKG-Papier positioniert. Die Anzahl der kleinen Quadrate zwischen den Schenkeln wird mit 0,02 Sekunden oder 0,1 mV multipliziert, unter der Voraussetzung, dass eine Standardpapiergeschwindigkeit von 50 mm/Sek. und eine Eichung von 1 cm = 1 mV vorliegt (TILLEY, 1989; KITTLESON, 1998). Falls die Welle biphasisch ist, werden die oberhalb und unterhalb der Nulllinie gemessenen Wellen addiert (SCHMIDT und KURZBEIN, 1995). Des Weiteren kann ein EKG-Lineal für diese einzelnen Messungen genutzt werden (TILLEY, 1989). Dieses enthält diverse Lineale für unterschiedliche Papierlaufgeschwindigkeiten, mit denen man die Parameter des Elektrokardiogramms ablesen kann.

Eine weitere Möglichkeit ist die rechnerische Methode, mit der z.B. die Herzfrequenz ermittelt werden kann. Um den Herzrhythmus zu beurteilen, sollte sowohl auf eine Beurteilung der Regelmäßigkeit der P-Wellen als auch auf die Gleich- und Regelmäßigkeit der QRS-Komplexe geachtet werden (TILLEY, 1989).

Der Abstand zwischen zwei Zacken wird als Strecke oder auch Segment bezeichnet. Ein Intervall umfasst Zacken und Strecken (ANTONI, 1997).

### 2.2.1.3.2 Herzfrequenz

Die Herzfrequenz wird in Herzschlägen pro Minute angegeben. Bei einem regelmäßigen Herzrhythmus kann man die Herzfrequenz mit einem EKG-Lineal ermitteln oder berechnen. Bei einer Papiergeschwindigkeit von 50 mm/Sek. entspricht ein kleines Quadrat 0,02 Sek. und ein großes Quadrat 0,1 Sek.. Mit

diesen Angaben kann nun die Herzfrequenz durch folgende Formeln berechnet werden:

A:

HF (Herzschläge/Minute) = 3000/ Anzahl der gezählten kleinen Quadrate eines RR-Intervalls

B:

HF (Herzschläge/Minute) = 600/ Anzahl der gezählten großen Quadrate eines RR-Intervalls

(TILLEY, 1989; WESS, 2004).

Die Berechnung der Herzfrequenz (Herzschläge/Minute) bei unregelmäßigem Herzrhythmus wird bei Aufzeichnungen mit einer Papiergeschwindigkeit von 50 mm/Sek. so berechnet, dass die Anzahl der Komplexe, die innerhalb von 3 Sek. stattfinden, mit 20 multipliziert wird (TILLEY, 1989).

### 2.2.1.3.3 P-Welle

Die P-Welle beginnt mit der ersten Ablenkung von der Nulllinie (Baseline) und endet mit der Rückkehr zur Nulllinie (KITTLESON, 1998) und ist der erste Ausschlag vor einem QRS-Komplex.

Abhängig von der Ableitung kann die P-Welle positiv, negativ (TILLEY, 1989; ANTONI, 1997; KITTLESON, 1998), biphasisch oder gekerbt sein (TILLEY, 1989; SO 1993).

### 2.2.1.3.4 PQ-Intervall

Das PQ-Intervall stellt die benötigte Zeit zur Erregung vom Sinusknoten bis zu den Ventrikeln dar. Es wird gemessen vom Beginn der P-Welle bis zum Beginn des Kammerkomplexes (TILLEY, 1989).



### 2.2.1.3.5 QRS-Komplex

Die R-Zacke ist der erste positive Ausschlag in einem QRS-Komplex. Die Q-Zacke ist der erste negative Ausschlag vor der R-Zacke und die S-Zacke ist der erste negative Ausschlag nach der R-Zacke (TILLEY, 1989; KITTLESON, 1998; MILLER et al., 1999). Bei mehreren positiven oder negativen Ausschlägen werden große Amplituden mit großen, kleine Amplituden mit kleinen Buchstaben bezeichnet und mit einem „`“ gekennzeichnet, zum Beispiel rSR` (TILLEY, 1989; KITTLESON, 1998).

Die R-Zacke kann gekerbt sein. Wenn die Kerbung im absteigenden Schenkel der R-Zacke liegt, gibt dies den Hinweis auf einen möglichen mikroskopischen intramuralen Myokardinfarkt (TILLEY, 1989; KITTLESON, 1998).

Die Breite des QRS-Komplexes wird vom Beginn des ersten Ausschlags des Komplexes bis zum Ende des letzten Ausschlags gemessen (TILLEY, 1989; KITTLESON, 1998; MILLER et al., 1999).

### 2.2.1.3.6 T-Welle

Die T-Welle folgt auf den QRS-Komplex. Der Ausschlag der T-Welle kann positiv, negativ (TILLEY, 1989; ANTONI, 1997; KITTLESON, 1998), biphasisch oder gekerbt sein (TILLEY, 1989; SO 1993; KITTLESON, 1998), dies liegt am eher zufälligen Verlauf der Erregungsrückbildung beim Kleintier. Aus diesem Grund hat eine abnorme T-Welle eine geringe Aussagekraft.

### 2.2.1.3.7 ST-Strecke

Messung vom Ende des QRS-Komplexes bis zum Beginn der T- Welle (TILLEY, 1989; MILLER et al., 1999).

### 2.2.1.3.8 QT-Intervall

Das QT-Intervall wird vom Beginn des QRS-Komplexes bis zum Ende der T-Welle gemessen (TILLEY, 1989, KITTLESON, 1998; MILLER et al., 1999).

### 2.2.1.3.9 ST-Streckensenkung und ST-Streckenhebung

Es handelt sich hierbei um ein Absenkung bzw. Anhebung der ST-Strecke im Vergleich zur Nulllinie (TILLEY, 1989, SO, 1993; KITTLESON, 1998). Eine Messmethode konnte in der Literatur nicht gefunden werden.

### 2.2.1.3.10 Elektrische Herzachse

Die Bestimmung der elektrischen Herzachse kann beim Kleintier hilfreich für die Diagnose einer Ventrikelvergrößerung oder intraventrikulären Leitungsstörung sein (MILLER et al., 1999; MARTIN, 2001).

Routinemäßige wird die mittlere Frontalebeneachse des QRS-Komplexes (elektrische Herzachse) bestimmt. Es wird die Nettoamplitude des QRS-Komplexes der Ableitung I und III (TILLEY, 1989; MILLER et al., 1999) bzw. aVF auf den entsprechenden Ableitungsachsen eines hexaxialen Bezugssystems abgetragen. Von diesen Punkten wird eine Senkrechte gezeichnet und der Schnittpunkt, der daraus resultiert, mit dem Nullpunkt des Bezugssystems verbunden. Es ergibt sich die Richtung der mittlere elektrischen Achse in der Frontalebene (Abbildung 1.5).

Zur Ermittlung kann auch eine Ableitung gesucht werden, in der die isoelektrische Ableitung gleich Null ist (positive und negative Ausschläge gleich Null). Die Ableitung, die zur ermittelten isoelektrischen Achse senkrecht steht, ist die elektrische Achse. Die Richtung dieser Achse wird nun durch den Gesamtwert des größten Ausschlags in der elektrischen Achse bestimmt.

Eine weitere Methode ist das Finden der Ableitung, in der es den größten Nettoausschlag des QRS-Komplexes gibt. Dieser QRS-Komplex läuft ungefähr parallel zur elektrischen Herzachse. Eine derartige Methode ist jedoch sehr ungenau (TILLEY, 1989).

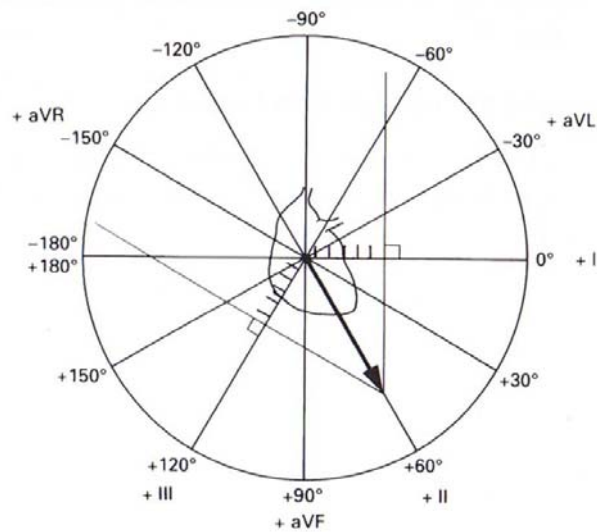


Abbildung 2.5: Hexaxiales Bezugssystem (Beispiel eingezeichnet), (von MARTIN, 2001)

## 2.3 Elektrokardiographie bei Squamata

Bis heute wurden nur durch ALBERT et al. (1999) elektrokardiographische Parameter von 10 untersuchten Leguanen veröffentlicht. Aus diesem Grund wurde auch auf Veröffentlichungen Bezug genommen, in denen andere Squamata elektrokardiographisch untersucht wurden.

### 2.3.1 Vorbereitung

Vor der Untersuchung durch ALBERT et al. (1999) wurden die Tiere für mindestens eine Stunde im Untersuchungsraum bei 21°-22°C gehalten. Die Tiere wurden weder sediert noch anästhesiert, sondern nur manuell in Brustlage fixiert.

MARTINEZ-SILVESTRE (2003) führte elektrokardiographische Untersuchungen bei klinisch gesunden *Gallotia bravoana* durch. Man bedeckte den Kopf mit einem Verband. Dies führte sowohl zur Immobilisation als auch zur Reduzierung des visuellen Stimulus. Erst nach 30 Sekunden Inaktivität des Tieres wurde das Elektrokardiogramm aufgezeichnet.

Für die Untersuchung verschiedener Schuppenechsen anästhesierte MULLEN (1967) die Tiere mit Pentobarbital (Nembutal) in der Dosis von 0,025-0,03 mg/g Körpermasse.

Weder MULLEN (1967) noch MC DONALD und HEATH (1971) oder MARTINEZ-SILVESTRE (2003) beschreiben die Lage der Tiere.

### 2.3.2 Wahl der Elektroden

Beim Grünen Leguan (LOCK und BENNETT, 2003) und auch bei anderen Squamata (MULEN, 1967) können Nadelelektroden verwendet werden (MALLEY, 1997). Für den Grünen Leguan können auch Krokodilklemmen (LOCK und BENNETT, 2003) verwendet werden. MALLEY (1997) hält ein aseptisches Vorgehen bei Verwendung von Nadelelektroden für notwendig. ALBERT et al. (1999) verwendeten für den Grünen Leguan Krokodilklemmen, die an selbstklebende Scheibenelektroden (HP 13951C, Hewlett-Packard Company, Andover, USA) angebracht wurden. Auch MC DONALD und HEATH (1971) nutzten für ihre Untersuchungen selbstklebende Elektroden.

MARTINEZ-SILVESTRE et al. (2003) nutzten für die elektrokardiographische Untersuchung von *Gallotia bravoana* Krokodilklemmen. Man befürwortete diese nicht-invasive Methode. Sie war leicht ausführbar und lieferte ein gleichbleibendes elektrokardiographisches Signal mit guten Interpretationsmöglichkeiten. Kontaktgel oder Alkohol wurde genutzt, um eine gute Verbindung zu erhalten. Dabei achtete man auf eine gute Penetration des Kontaktgels durch die Schuppen.

Laut MURRAY (1996) können subkutane Nadeln hergestellt werden, indem man Infusionsnadeln durch die Haut sticht. Anschließend wird der metallische Anteil der Ableitungselektroden mit diesen verbunden. Schlingen eines Edelstahlnahtmaterials, das durch die Haut geschoben wird, können auch genutzt werden. Dies sorgt für einen widerstandsfähigeren Sitz.

### 2.3.3 Wahl der Ableitungspunkte

ALBERT et al. (1999) nutzten beim Grünen Leguan für die rote Elektrode die Gegend des Kehllappenrandes am Übergang zum Hals in dessen Mitte. Die gelbe Elektrode wurde symmetrisch zu dieser angelegt. MARTINEZ-SILVESTRE (2003) wählte bei der elektrokardiographische Untersuchung von *Gallotia bravoana* für die rote Elektrode die Gegend zwischen Schulter und Schultergürtel der rechten Körperseite. Die gelbe Elektrode wurde symmetrisch zu dieser auf der linken Körperseite angelegt.

Die schwarze Elektrode wurde hinter der rechten Vorderextremität etwas dorsal der Gliedmaße angelegt, die grüne Elektrode auf der linken Seite symmetrisch zu dieser (ALBERT et al, 1999; MARTINEZ-SILVESTRE, 2003). ALBERT et al. (1999) konnten mit ihrer Wahl der Ableitungspunkte gut auswertbare Aufzeichnungen erhalten.

GIRLING und HYNES (2004) geben für Echsen folgende Anordnung der Elektroden an: rote und gelbe Elektrode werden an der Haut der Axilla, Vordergliedmaße oder Nacken befestigt, die schwarze und grüne Elektrode an den Falten der Haut des Unterschenkels oder der Poplitea.

MULLEN (1967) bringt bei Schuppenkriechtieren, deren Herz dorsal des Sternums liegt, Nadelelektroden an. Die Elektroden für die Vorderextremitäten werden intramuskulär auf Höhe der Achselhöhlen in Richtung Sternum platziert. So, dass sie unterhalb des Sternums zum Liegen kommen und sich nahe dem Herzen befinden. Die Elektrode der rechten Hinterextremität wird in der Muskulatur des rechten Beines positioniert. Die Elektrode der linken Hinterextremität wird, die hintere Sternumgrenze überschreitend, in der Medianen platziert.

Die Ableitungselektroden für die Elektrokardiographie beim Grünen Leguan können in der üblichen Vorgehensweise angebracht werden (LOCK und BENNETT, 2003). Eine Beschreibung dieser Vorgehensweise wird nicht gemacht. Auch MURRAY (1996) hält die traditionelle Extremitätenableitung für

die meisten Spezies für möglich. Diese führt jedoch bei Tiere mit niedrigen Spannungen nur zu kleinen Ausschlägen. Die Elektroden der Vorderextremitäten sollen beim Grünen Leguan daher besser in der Zervikalregion positioniert werden.

LOCK und BENNETT (2003) geben für den Grünen Leguan für die II Ableitung eine modifizierte Anordnung der Ableitungspunkte der von MURRAY (1996) genutzten an. Dabei werden die Elektroden vor und hinter der Vordergliedmaße angebracht. Eine Nadel wird durch die Haut des Nackens auf der rechten Körperseite positioniert, die andere wird durch die Haut der linken Achselregion gestochen und dort positioniert. Zu beachten ist, dass die QRS-Komplexe „inverted and slurred“ sind (ROBINSON, 1977; BAILY und PABLO, 1998).

MC DONALD und HEATH (1971) führten elektrokardiographische Untersuchungen an *Sphenodon punctatus* durch. Für die Aufzeichnung benutzten sie selbsthaftende Oberflächenelektroden. Eine Elektrode wurde auf der linken Körperseite am Nacken in Schulternähe und die andere ventral an der Medianen am Ende des Rippenbogens angebracht. Diese Positionierung entspricht der Ableitung III.

### 2.3.4 Aufzeichnungsgeschwindigkeit

Die Papiergeschwindigkeit beträgt 25 mm/Sek. (MULLEN, 1967; MC DONALD und HEATH, 1971; ALBERT et al., 1999; MARTINEZ-SILVESTRE, 2003) und 50 mm/Sek. (ALBERT et al., 1999)

MULLEN (1967) benutzt nur für eine genaue Bestimmung und Messung einzelner Parameter 50 mm/Sek. und MC DONALD und HEATH (1971) 100 mm/Sek..

### 2.3.5 Verstärkungsgrad

Der Verstärkungsgrad beträgt 10 mm/mV (MULLEN, 1967; MARTINEZ-SILVESTRE, 2003) und 20 mm/mV. (MULLEN, 1967; ALBERT et al., 1999;

MARTINEZ-SILVESTRE, 2003). MC DONALD und HEATH (1971) nutzten für die Aufzeichnung 50 mm/mV und 100 mm/mV.

## 2.3.6 Besonderheiten des Elektrokardiogramms

### 2.3.6.1 Herzfrequenz

MULLEN (1967) gibt bei Echsen für ein Temperaturintervall von 22-34°C eine Herzfrequenz von 45-230 Schläge/Minute an.

Es existiert bei *Gallotia bravoana* eine statistisch signifikante, negative Korrelation zwischen dem RR-Intervall und der Herzfrequenz (MARTINEZ-SILVESTRE, 2003).

### 2.3.6.2 SV-Welle

Die SV-Welle stellt bei Schlangen (MURRAY, 1996; ANDERSON et al., 1999; GIERLIN und HYNES, 2004), Echsen (MC DONALD und HEATH, 1971; MURRAY, 1996; MARTINEZ-SILVESTRE, 2003; GIERLIN und HYNES, 2004) und Schildkröten (MURRAY, 1996; GIERLIN und HYNES, 2004) die Repolarisation des Sinus venosus dar und ist beim Säugetier nicht vorhanden.

Nach MULLEN (1967) ist die SV-Welle sehr klein, monophasisch und erscheint nur bei weniger als 10% der Echsen. In Ableitung II und III ist sie deutlich kurz vor der T-Welle zu erkennen. MULLEN (1967) hebt hervor, dass sie viel zu weit hinter der P-Welle erscheint, um die Repolarisation der Atrien darzustellen. Solch eine späte Repolarisation der Atrien würde verheerende Auswirkungen für das Tier haben, da der Blutfluss beeinträchtigt wäre.

Bei GIRLING und HYNES (2004) liegt die SV-Welle vor der P-Welle und wurde bis jetzt nur sehr selten gefunden. Deshalb gehört sie nicht zu den Parametern, die physiologisch auffindbar sind.

MC DONALD und HEATH (1971) untersuchten zwei Brückenechsen der Art *Sphenodon punctatus*. Im Elektrokardiogramm konnte jedoch keine Welle als SV-Welle identifiziert werden.

In einer Studie von ANDERSON et al. (1999) hatten nur eine von neun untersuchten Schlangen (*Boiga irregularis*) eine erkennbare SV-Welle. Diese war in der Anfangsphase der T-Welle sichtbar.

VALENTINUZZI et al. (1969c) studierten Elektrokardiogramme unterschiedlicher Schlangen. Er stellte nur bei narkotisierten, nicht jedoch bei nicht narkotisierten Schlangen SV-Wellen fest. Diese lagen zwischen der T- und P-Welle.

### 2.3.6.3 SVP-Intervall

Bei Squamata dauert das SV-P Intervall 0,19 Sek., das SV-P : R-R Verhältnis liegt bei 0,33 (MULLEN, 1967).

### 2.3.6.4 P-Welle

Die P-Welle ist physiologisch positiv (MC DONALD und HEATH, 1971; MARINEZ-SILVETRE, 2003; GIRLING und HYNES, 2004) oder biphasisch (GIRLING und HYNES, 2004) und für gewöhnlich in einem Elektrokardiogramm enthalten.

MULLEN (1967) macht eine genauere Angabe nach der in Ableitung I die P-Welle groß und positiv, in Ableitung II und III isoelektrisch oder klein und negativ, in Ableitung aVR isoelektrisch oder klein und negativ, in Ableitung aVL positiv und in Ableitung aVF negativ ist. Durchschnittlich dauert die P-Welle bei Echsen 0,02 Sek..

MC DONALD und HEATH (1971) haben aufgrund eines zu kleinen Ausschlags die Amplitude nicht gemessen. Sie konnten jedoch erkennen, dass die Länge der P-Welle kürzer als die der dazugehörigen R-Welle war.

Laut MARINEZ-SILVETRE (2003) ist bei hoher Temperatur eine Zunahme der P-Wellenlänge zu erkennen und pleomorphe P-Wellen schwer von SV-Wellen zu unterscheiden.



Eine Vergrößerung der Amplitude der P-Welle ist nicht physiologisch und deutet auf eine Kardiomegalie hin. Eine weitere nicht physiologische Aufzeichnung stellt die Abkopplung der P-Welle vom dazugehörigen QRS-Komplex dar. Dies ist Ausdruck eines Herzblocks (GIRLING und HYNES, 2004).

### 2.3.6.5 QRS-Komplex

In einem Elektrokardiogramm ist die R-Zacke physiologisch, häufig der einzige Repräsentant des QRS-Komplexes (MC DONALD und HEATH, 1971; GIRLING und HYNES, 2004). Laut ALBERT et al. (1999) ist jedoch nur die Q-Welle nicht immer vorhanden. Eine Vergrößerung der Amplituden des QRS-Komplexes oder Kerbungen sind nicht physiologisch. Die Vergrößerung der Amplituden gibt den Hinweis einer bestehenden Kardiomegalie (GIRLING und HYNES, 2004).

MULLEN (1967) macht eine genaue Angabe für die R-Zacke in der Ableitung I, II, III, aVR, aVL und aVF. Es existieren in Ableitung I, II, III, aVF überwiegend nur R-Zacken. In Ableitung aVR und aVL hat dieser Komplex die Gestalt einer QS-Welle.

Das durchschnittliche QRS-Intervall der Echsen liegt bei 0,03 Sek. mit einem Maximalwert von 0,14 Sek. und einem Minimalwert von 0,02 Sek. Die Größe der Amplituden ist nicht ermittelt worden, da sie sehr stark von der Lokalisation der Ableitungspunkte abhängig ist und diese in der Studie nicht immer konstant waren (MULLEN, 1967).

AKERS und DAMM (1963) weisen in einer Studie über den Einfluss der Temperatur auf das Elektrokardiogramm von Schildkröten nach, dass sich mit Erhöhung der Temperatur die Länge des QRS-Intervalls verkürzt.

Laut MARTINEZ-SILVESTRE (2003) existiert eine statistisch signifikante, positive Korrelation zwischen der S-Amplitude und der Herzfrequenz.

### 2.3.6.6 T-Welle

Die T-Welle ist normalerweise in einem Elektrokardiogramm vorhanden (GIRLING und HYNES, 2004), positiv (MULLEN, 1967; ALBERT et al., 1999;

MARTINEZ-SILVESTRE, 2003), gelegentlich negativ (MULLEN, 1967; MARTINEZ-SILVESTRE, 2003) und liegt näher an der P-Welle des folgenden Komplexes als an der vorangegangenen S-Welle (ALBERT et al., 1999).

Eine genaue Länge der T-Welle ist schwierig zu ermitteln, weil sich gelegentlich ein Teil der T-Welle nur schrittweise hebt bzw. senkt. Wenn möglich wird der Punkt als Start- oder Endpunkt der T-Welle genommen, an dem es den größten Wechsel des Neigungswinkels gibt (MULLEN, 1967).

Nach MC DONALD und HEATH (1971) variiert die Amplitude und Gestalt der T-Welle. Sie konnten teilweise biphasische T-Wellen erkennen. Die Höhe der T-Welle machte 30-60 Prozent der Höhe der R-Welle aus und in einigen Fällen überragte die Amplitude der T-Welle die der R-Welle um 25 Prozent. Eine Messung der Länge der T-Welle wurde nicht vorgenommen, da es oft zu einer allmählichen Verschmelzung der auf- oder absteigenden Schenkel der T-Welle mit der Nulllinie kam.

MULLEN (1967) gibt 0,07 Sek. für die durchschnittliche Länge der T-Welle an. Mit einem Maximalwert von 0,22 Sek. und einem Minimalwert von 0,02 Sek.

### 2.3.6.7 ST-Strecke

Eine Erhöhung der Temperatur hat eine Kürzung der ST-Strecke zur Folge (MARTINEZ-SILVESTRE, 2003). Auch AKERS und DAMM (1963), die den Einfluss der Temperatur auf das Elektrokardiogramm bei Schildkröten untersuchten, kamen zu diesem Ergebnis.

### 2.3.6.8 QT-Intervall

Das QT-Intervall dauert durchschnittlich 0,35 Sek. bei einem Maximalwert von 1,36 Sek. und einem Minimalwert von 0,30 Sek. Das durchschnittliche Verhältnis zu dem RR-Intervall liegt bei 0,61 Sek. (MULLEN, 1967).

Die Repolarisationsphase ist physiologisch lang (GIRLING und HYNES, 2004).

2.3.6.9 ST-Streckenhebung

Bei Temperaturen über 25°C kommt es zu einer ST-Streckenhebung (AKERS und DAMM, 1963).

2.3.6.10 RR-Intervall

Es ist eine statistisch signifikante, negative Korrelation zwischen dem RR-Intervall und der Kloakaltemperatur zu erkennen (MARTINEZ-SILVESTRE, 2003).

2.3.6.11 Elektrokardiographische Parameter von *Iguana iguana*

Masse(g)	HF(S/Min.)	P(Sek.)	P(mV)	PR(Sek.)	QRS(Sek.)	R(mV)
959,6 ±732,81	53,2 ±14,87	0,06 ±0,03	0,11 ±0,05	0,31 ±0,12	0,09 ±0,05	0,37 ±0,17

Tabelle 2.1: Elektrokardiographische Parameter von *Iguana iguana* (ALBERT et al., 1999)

S(mV)	ST(Sek.)	QT(Sek.)	T(Sek.)	T(mV)	Elek. Herza.
0,06 ±0,05	0,41 ±0,16	0,62 ±0,23	0,12 ±0,05	0,11 ±0,06	77,6 ±13,48

Tabelle 2.2: Elektrokardiographische Parameter von *Iguana iguana* (ALBERT et al., 1999), (Fortsetzung)

ALBERT et al. (1999) fanden eine hohe positive Korrelation zwischen dem Gewicht und folgenden Parametern: P(mV), PR(Sek.), QRS(Sek.), R(mV), ST(Sek.), T(mV), T (Sek.), QT(Sek.). Weiterhin bestand eine negative Korrelation zur Herzfrequenz.

Sichtbar waren folgende Parameter: P, Q (nicht immer), R (immer), S und T (positiv, näher an der P-Welle des folgenden Komplexes als an der vorangegangenen S-Zacke).

2.3.6.12 Elektrokardiographische Parameter von *Boiga irregularis*

ANDERSON et al. (1999) untersuchten sieben *Boiga irregularis*. Die Ergebnisse wurden bei einer mittleren Kloakaltemperatur von 26,9°C mit einem Minimalwert von 25,9°C und einem Maximalwert von 28,6°C ermittelt. Die Aufzeichnung begann fünf Minuten nach intrakardialer Injektion von Propofol (5 mg/kg).

Variable	Mittelwert	Mittlere Standardfehler	Minimalwert Maximalwert	Mittelwert (andere Schlangen)	Minimal bis Maximalwert (andere Schlangen)
RR (Sek.)	0,9033	0,0304	0,82-1,060	1,07 <sup>2</sup>	1,44-5,45 <sup>2</sup>
HR (Schläge/Min.)	66,95	2,1	56,6-73,17	40-60 <sup>2</sup>	5-136 <sup>1,2</sup>
P (Sek.)	0,04414	0,0079	0,017-0,072	0,03 <sup>2</sup> -0,2 <sup>2,3</sup>	0,02-0,07 <sup>2</sup>
P (mV)	-0,0036	0,0588	-0,25-0,0195	-	-
PR (Sek.)	0,202	0,0087	0,176-0,248	0,26 <sup>2</sup>	0,16-1,04 <sup>1,2</sup>
R (mV)	0,515	0,152	0,082-1,3	-	-
QRS (Sek.)	0,0874	0,0079	0,052-0,12	0,07 <sup>2</sup>	0,02-0,24 <sup>1,2</sup>
QT (Sek.)	0,6529	0,0312	0,52-0,76	0,61 <sup>2</sup>	0,3-2,4 <sup>1,2</sup>
ST (Sek.)	0,3507	0,0265	0,24-0,48	-	-
T (Sek.)	0,154	0,0168	0,1-0,24	0,09 <sup>2</sup>	0,04-0,2 <sup>2</sup>
T (mV)	0,3921	0,0826	0,038-0,683	-	-
QT : RR Verhältnis	0,723			-	0,2-0,67 <sup>2</sup>
PR : RR Verhältnis	0,224			-	-

Tabelle 2.3: Elektrokardiographische Parameter von *Boiga irregularis* im Vergleich zu anderen Schlangen; 1 COOK und WESTROM (1979); 2 VALENTINUZZI (1969a); 3 *Constrictor constrictor*; (-) keine Angaben (modifiziert nach ANDERSON et al., 1999)

### 2.3.6.13 Elektrokardiographische Parameter von *Gallotia bravoana*

MARTINEZ-SILVESTRE (2003) ermittelte elektrokardiographische Parameter von *Gallotia bravoana*.

	Mittelwert	Minimalwert- Maximalwert	Stand. Abw.
Gewicht (g)	166	105-244	53
Umgebungstemperatur °C	20	20-21	0
Körperkerntemperatur °C	21	18-24	3
Herzfrequenz (Schläge/Minute)	44	35-60	9
R-R Intervall (Sek.)	1,34	1,05-1,78	0,3
P-Länge (Sek.)	0,09	0,08-0,1	0,01
P-Höhe (mV)	0,08	0,05-0,1	0,3
PR Intervall (Sek.)	0,15	0,1-0,18	0,03

Tabelle 2.4: Elektrokardiographische Parameter von *Gallotia bravoana* (aus MARTINEZ-SILVESTRE, 2003)

	Mittelwert	Minimalwert- Maximalwert	Stand. Abw.
<b>R-Höhe (mV)</b>	0,15	0,1-0,18	0,03
<b>QRS-Intervall (Sek.)</b>	0,08	0,05-0,1	0,02
<b>QT-Intervall (Sek.)</b>	0,21	0,1-0,32	0,09
<b>ST-Intervall (Sek.)</b>	0,14	0,02-0,2	0,07
<b>S-Höhe (mV)</b>	0,03	0,02-0,05	0,01
<b>T-Länge (Sek.)</b>	0,12	0,1-0,15	0,03
<b>T-Höhe (mV)</b>	0,07	0,03-0,14	0,04
<b>SV-Länge (Sek.)</b>	0,12	0,04-0,2	0,05
<b>SV-Höhe (mV)</b>	0,13	0,08-0,2	0,05
<b>Mittlere elektrische Herzachse</b>	80	45-135	44
<b>QT : RR Verhältnis</b>	0,15	0,06-0,26	0,07
<b>PR : RR Verhältnis</b>	0,1	0,09-0,13	0,02

Tabelle 2.5: Elektrokardiographische Parameter von *Gallotia bravoana* (aus MARTINEZ-SILVESTRE, 2003), (Fortsetzung)

#### 2.3.6.14 Elektrokardiographische Parameter von *Sphenodon punctatus*

MC DONALD und HEATH (1971) führten elektrokardiographische Untersuchungen an *Sphenodon punctatus* (Familie Sphenodontidae) bei unterschiedlicher Körpertemperatur durch. Es wurden zwei Tiere mit einer Körpermasse von 0,197 kg und 0,47 kg untersucht.

Temperatur °C	10	15	20	25
<b>RR-Intervall (Sek.)</b>	5,6	4,1	3,0	2,2
<b>PR-Intervall (Sek.)</b>	1,35	0,92	0,63	0,43
<b>PR : RR Verhältnis</b>	0,24	0,22	0,21	0,20
<b>RT-Intervall (Sek.)</b>	2,6	1,65	1,05	0,67
<b>RT :RR Verhältnis</b>	0,46	0,4	0,35	0,3

Tabelle 2.6: Elektrokardiographische Parameter von *Sphenodon punctatus* (aus MC DONALD und HEATH, 1971)

#### 2.3.6.15 Elektrische Herzachse

Es besteht eine statistisch signifikante, positive Korrelation zwischen der elektrischen Herzachse und der Körpermasse. Außerdem gibt es eine statistisch signifikante, negative Korrelation zwischen der elektrischen Herzachse und der Kloakaltemperatur.

MURRAY (1996) hält die Bestimmung der elektrischen Herzachse für schwierig. Er meint, es sei nicht einfach, die isoelektrische Ableitung zu finden und zudem sei eine einheitliche Positionierung der Elektroden nicht immer gegeben.

## **3 Material und Methoden**

### **3.1 Untersuchungsmaterial**

#### **3.1.1 Leguane**

Die Leguane entstammen der Auffangstation des Instituts für Zoologie, Fischereibiologie und Fischkrankheiten der Universität München oder aus Privatbesitz. Nach Rücksprache mit dem Regierungspräsidium Oberbayern bedurfte die Durchführung der Arbeit weder einer Genehmigung noch einer Anzeige.

Es wurden insgesamt 39 Grüne Leguane (*Iguana iguana*) untersucht. Davon waren 25 Tiere männlich und 14 weiblich. Altersangaben konnten nur in sehr wenigen Fällen gemacht werden. Deshalb folgte eine Einteilung in drei verschiedene Altersklassen über das Gewicht. Bis 150 g galten die Tiere als juvenil, von 150- 2000 g als semiadult und ab 2000 g als adult. Es ergaben sich Gewichtsvariationen von 230 bis 5940 g.

Von 37 nicht narkotisierten, klinisch gesunden Grünen Leguanen konnte ein Elektrokardiogramm geschrieben werden. Des weiteren konnten 15 klinisch gesunde, narkotisierte Leguane untersucht werden. Die Tiere wurden aufgrund einer klinischen Indikation, z.B. Kastration in Narkose gelegt.

Es erfolgte eine sorgfältige klinische Untersuchung, um den Gesundheitsstatus der Tiere zu beurteilen. Eine Blutuntersuchung mit Bestimmung der Leber- und Nierenwerte ist bei einer anstehenden Narkose obligat (KÖLLE und HOFFMANN, 2000). Diese Untersuchung ist unerlässlich für eine Beurteilung der Narkosefähigkeit des Patienten (BAUR und LANG, 2004).

### 3.1.1.1 Allgemeine und spezielle klinische Voruntersuchung und deren klinische Relevanz

Es erfolgte eine Beurteilung des Allgemeinzustandes unter besonderer Berücksichtigung der Haltung, des Verhaltens, des Habitus sowie des Ernährungs- und Pflegezustandes.

Eine physiologische Haltung war vorhanden, wenn alle vier Gliedmaßen gleich belastet wurden, es keinen Hinweis auf eine neurologische Störung oder Traumata, wie zum Beispiel eine Fraktur gab. Der Ernährungszustand wurde durch Adspektion und Palpation des Schwanzansatzes beurteilt, da sich an dieser Stelle ein Fettspeicher befindet. Bei gut ernährten Tieren sind dort keine knöchernen Strukturen durch die Haut zu erkennen und nur teilweise palpierbar, wie das Tuber ischiadicum oder Querfortsätze der Wirbelkörper. Physiologisch sind die Augen klar, Augen sowie Nasenöffnung zeigen keinen serösen, mukösen oder purulenten Ausfluss. Zunge, Maulschleimhaut und Mandibulardrüsen dürfen keine Anzeichen einer Entzündung, Läsion, Nekrose oder Ödem zeigen, sie sind physiologisch ohne besonderen Befund. Eine rosafarbene Maulschleimhaut ist physiologisch, eine blasse Schleimhaut entsteht durch eine Anämie. Eine zyanotische Schleimhaut weist auf eine mangelhafte Sauerstoffsättigung des Blutes hin, welches Zeichen einer Herzinsuffizienz, Kreislaufstörung oder ungenügender Sauerstoffaufnahme ist.

Die Wirbelsäule, Gliedmaßen und Gelenke wurden palpatorisch auf Frakturen, Ödeme oder Schmerzhaftigkeit untersucht. Die Kloakenregion wurde adspektorisch auf Verunreinigung, Verletzungen oder Ödeme beurteilt. Fäzes wurden auf Endoparasiten mikroskopisch untersucht. Die Blutentnahme und Blutuntersuchung erfolgte nach BRUDER (1998). Für die Bestimmung des Natrium-, Kalium- und Kalziumwertes wurde Serum gewonnen und durch ein Flammenphotometer (Eppendorf, EFOX 5053) nach Bedienungsanleitung des Gerätes durchgeführt. Für die Serumgewinnung wurde Vollblut in Eppendorfröhrchen 24 Stunden im Kühlschrank senkrecht stehen gelassen und danach zwei mal für zwei Minuten bei 20.000 Umdrehungen/Minute in einer Multipurpose Zentrifuge der Firma Stat Spin np<sup>®</sup> zentrifugiert. Das gewonnene Serum wurde pipettiert und bis zur Untersuchung tiefgekühlt. Die



hämatologische Untersuchung beinhaltete den Hämatokrit und die Anzahl von Erythrozyten und Leukozyten.

Eine blutchemische Analyse wurde nach BRUDER (1998) vorgenommen. Das Nierenprofil wurde durch folgende Parameter erstellt: Urat-Oxidase (Uricase), Calcium, Phosphor, Kalium, Natrium und Albumin; das Leberprofil durch: Aspartat-Amino-Transferase (AST); Alanin-Amino-Transferase (ALT), Alkalische Phosphatase (AP), Laktat-Dehydrogenase (LDH), Albumin, Globulin, Glucose.

### 3.1.1.2 Spezielle kardiologische Untersuchung

Um Herzklappenfehler auszuschließen, konnte bei 23 Grünen Leguanen eine Farbdopplerechokardiographie durchgeführt werden. Die Untersuchung fand in der Abteilung Kardiologie der Medizinischen Kleintierklinik der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München statt.

Hierbei handelte es sich um eine 2 D, anatomische M-Mode-Farbdopplerechokardiographie (Vivit 7, GE; Schallkopf: 4-8 MHz, 7s). Um die Richtung des systolischen und diastolischen Blutflusses sichtbar zu machen, wurde ein Farbdoppler über alle Herzklappen gelegt (AV-Klappen, Sinus Venosus-Klappe, Pulmonalklappe, Aortenklappen und dem unvollständigem Septum). Ein Blutfluss, der sich linear auf den Schallkopf zu bewegt, stellt sich rot, einer der sich linear vom Schallkopf weg bewegt, stellt sich blau dar. Ein turbulenter Blutfluss stellt sich als eine Farbmischung mit grün dar.

Mit dem pulsed-wave Doppler konnte eine tiefenselektive Analyse der Strömungsgeschwindigkeit und der Druckverhältnisse des Blutein- und Ausflusses an der Pulmonalklappe und den Aortenklappen gemacht werden. Diese Größen ändern sich sowohl bei einer Herzklappenstenose als auch bei einer Herzklappeninsuffizienz.

### 3.1.1.3 Einteilung der Grünen Leguane in ein klinisches Schema

#### 3.1.1.3.1 Klinisch gesund

Als klinisch gesund wurden folgende Befunde definiert:

- guter Allgemeinzustand
- keinen Hinweis auf eine Herz-Kreislaufkrankung
- Leukozytenwert von unter 10500/ $\mu$ l und über 4000/ $\mu$ l

#### 3.1.1.3.2 Klinisch erkrankt

Als klinisch erkrankt wurden folgende Befunde definiert:

- ein mäßiger bis schlechter Allgemeinzustand
- Hinweis auf eine Herz-Kreislaufkrankung
- Leukozytenwert von über 10500/ $\mu$ l und unter 4000/ $\mu$ l

## 3.2 Untersuchungsmethode

### 3.2.1 Vorbereitung

Für die Aufzeichnung stand ein Elektrokardiograph für Kleintiere (PC-EKG 2000 der Firma Eickemeyer, Tuttlingen, Bundesrepublik Deutschland) zur Verfügung. Mit diesem wurde die unipolare und bipolare Ableitung durchgeführt.

Vor der elektrokardiographischen Untersuchung wurde das Gerät vorbereitet. Dafür wurde der Elektrokardiograph an den Computer und die Krokodilklemmen an den elektrischen Leitern angeschlossen. Es musste darauf geachtet werden, dass keine Verunreinigungen an den Kontaktstellen vorhanden waren, da diese sonst isolierend gewirkt hätten und eine Aufzeichnung nicht mehr möglich gewesen wäre.

Standardmäßig wurde, anders als beim Säugetier, bei dem eine Aufzeichnungsgeschwindigkeit von 50 mm/Sek. und ein Verstärkungsgrad von

10 mm/mV oder 20 mm/mV üblich ist, eine Aufzeichnungsgeschwindigkeit von 100 mm/s, mit einem Verstärkungsgrad von 40 mm/mV gewählt, da niedrigere elektrische Potentiale zu erwarten waren. Netz- (50 Hz) und Muskelfilter (35 Hz) waren immer eingeschaltet.

Um Stress zu vermeiden, wurden die Tiere erst nach Vorbereitung des Geräts in den Untersuchungsraum gebracht und anschließend fixiert. Die Vordergliedmaßen wurden nach kaudal ausgerichtet, so, dass sie parallel zur Wirbelsäule lateral am Thorax bzw. Abdomen anlagen. In dieser Position wurden die Vordergliedmaßen proximal und distal des Ellenbogengelenkes mit Leukoplast<sup>®</sup> fixiert. Die Hintergliedmaßen wurden parallel zur Schwanzwirbelsäule nach kaudal ausgerichtet und auf Höhe des Kniegelenkes an der Schwanzwirbelsäule mit Leukoplast<sup>®</sup> fixiert. Die Tiere wurden in Brustlage auf eine nicht leitende, leicht angefeuchtete Plastikunterlage gelegt, um den Einfluss einer statischen Aufladung zu verhindern. Um nicht sedierte oder anästhesierte Tiere ruhig zu halten, wurden diesen die Augen mit einem Tuch bedeckt. Damit konnte der Fluchreflex unterdrückt und starke Spontanbewegungen im Vorfeld unterbunden werden.

Ein Mindestabstand von 150 cm zwischen dem zu untersuchenden Tier und der Computerausstattung war zu gewährleisten, um möglichen Störungen vorzubeugen. Eine gute elektrische Leitung wurde gewährleistet, indem auf die Hautkontaktstellen und die Krokodilklemmen ausreichend Kontaktgel aufgetragen wurde. Als Kontaktgel diente Ultraschall Gel (Firma Heiland Vet GMBH & Co. KG, Hamburg, Bundesrepublik Deutschland).

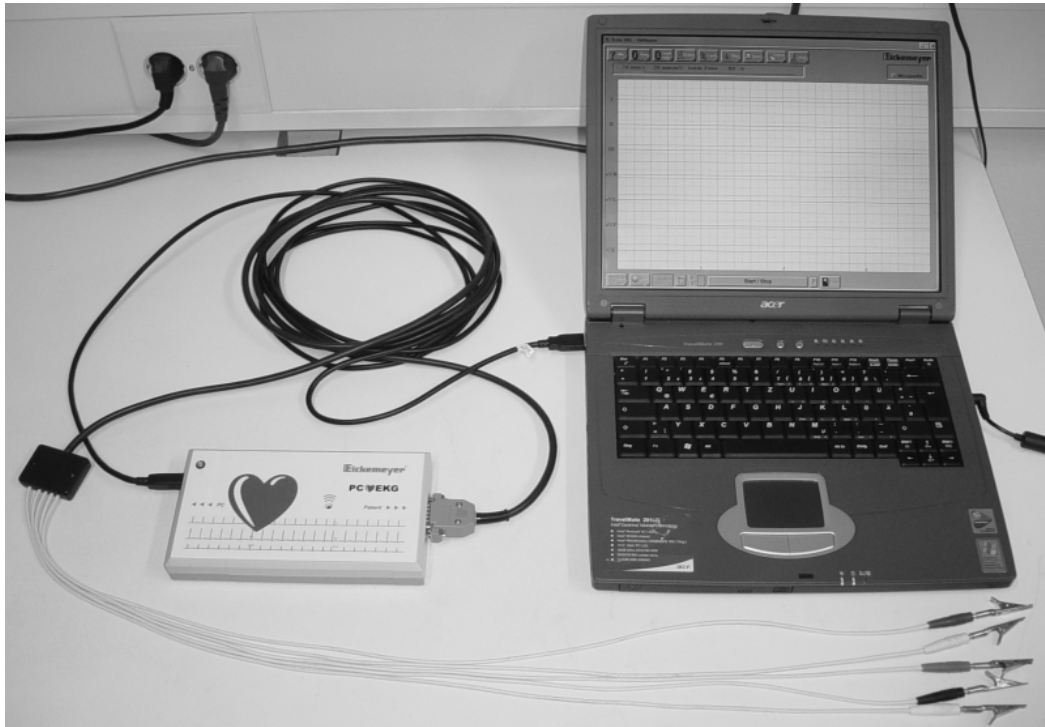


Abbildung 3.1: PC-EKG

### 3.2.2 Wahl der Ableitungspunkte und Vorversuche

Vor Beginn der eigentlichen Aufzeichnung wurde an 15 Tieren die Anwendbarkeit folgender Ableitungspunkte getestet:

I.

Die rote Elektrode wurde auf der rechten Körperseite ventrolateral am Übergang des Halses zum Thorax auf Höhe der Clavikular angebracht, die gelbe Elektrode, symmetrisch zur roten Elektrode auf der linken Körperseite. Die grüne Elektrode wurde auf der linken Körperseite cranioventral des Hüftgelenkes in der Regio abdominalis lateralis sinistra, die schwarze Elektrode symmetrisch zur grünen Elektrode auf der rechten Körperseite angebracht (siehe Abbildung 3.2).

II.

Die rote Elektrode wurde auf der rechten Körperseite ventrolateral am Übergang des Halses zum Thorax auf Höhe der Clavikular, die gelbe Elektrode auf der linken Körperseite symmetrisch zur roten Elektrode fixiert. Die grüne Elektrode wurde auf der linken Körperseite am Übergang zum unteren Drittel der Rippenlänge, eine halbe Herzlänge hinter der Herzspitze, am Thorax befestigt. Die schwarze Elektrode wurde symmetrisch zu dieser auf der rechten Körperseite befestigt.

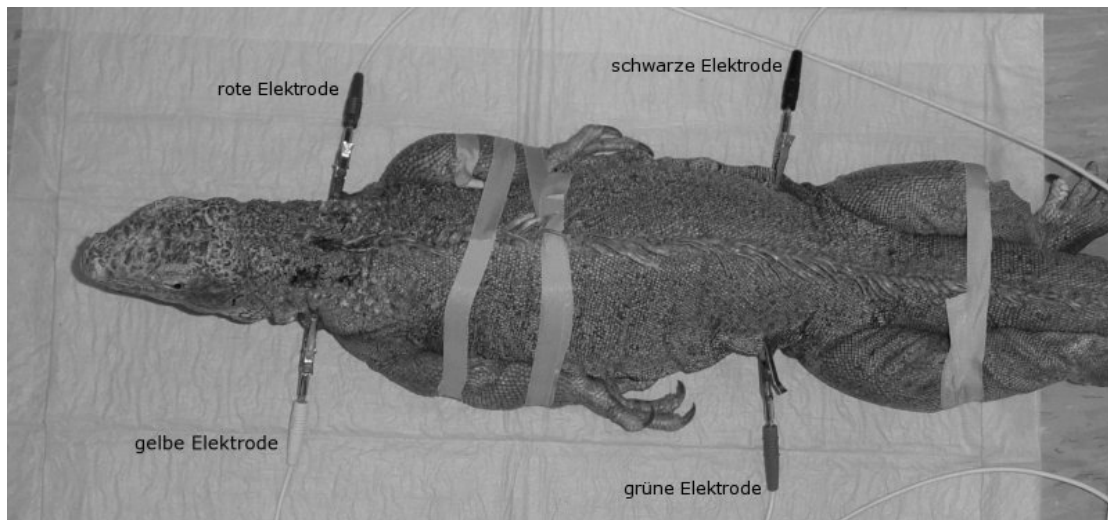


Abbildung 3.2: Lage der Elektroden I

### 3.2.3 Aufzeichnung des Elektrokardiogramms an nicht narkotisierten Grünen Leguanen

Nach Befestigung der Krokodilklemmen kam es zum Start des PC-EKG Programms. Die Aufzeichnung begann, wenn die Herzfrequenz für 3 Minuten konstant blieb und eine ruhige isoelektrische Linie zu erkennen war. Die Aufzeichnungsdauer betrug 32 Sekunden.

### 3.2.4 Aufzeichnung des Elektrokardiogramms an narkotisierten Grünen Leguanen

Zur Narkoseeinleitung diente eine intravenöse Injektion von Propofol (1 mg/100 g; Rapinovet<sup>®</sup>, Essex) in die ventrale Schwanzvene (Vena coccygealis ventralis). Das chirurgische Toleranzstadium konnte nach

Intubation mit einer Isofluraninhalationsnarkose erreicht werden. Die Isofluraninhalationsnarkose erfolgte nach WEEGER (2002).

Chirurgische Toleranz ist erreicht, wenn der Umkehrreflex erloschen, eine hochgradige bis völlige Muskelrelaxation eingetreten, keine Schmerzreflexe mehr auslösbar und der Kornealreflex auslösbar oder geringgradig verzögert ist. Erst wenn dieses erreicht war, wurden die Elektroden angebracht, dann erfolgte die Aufzeichnung.

### 3.2.5 Messung der Kloakaltemperatur

Zur Messung der Körperkerntemperatur wurde eine Kloakaltemperatursonde, die mit dem Pulsoxymeter (VET/OX<sup>®</sup> der Firma Heska<sup>™</sup> Fort Collins, USA), verbunden war, verwendet.

Die Messung der Temperatur erfolgte erst nach den jeweiligen elektrokardiographischen Aufzeichnungen, um die nicht narkotisierten Tiere vorher nicht unnötig zu stressen und die Aufzeichnung zu beeinflussen.

### 3.2.6 Auswertung des Elektrokardiogramms

Zur Auswertung eines Elektrokardiogramms wurde das Aufzeichnungsintervall in DIN A4 ausgedruckt und nach einem einheitlichen Schema ausgewertet, um mögliche Fehlerquellen bei der Analyse gering zu halten.

Zuerst wurde die Herzfrequenz ermittelt und der Herzrhythmus beurteilt. Es folgte die Messung der Amplitude und des Intervalls der P-Welle, Q-Zacke, R-Zacke, S-Zacke, SV-Welle und T-Welle. Auf Unregelmäßigkeiten wurde geachtet. Darauf wurde das QRS- Intervall, PQ-Intervall, PR-Intervall, PQ-Strecke, PR-Strecke, QT-Intervall, RT-Intervall, ST-Strecke, RT-Strecke, ST-Streckensenkung oder -hebung und das SVP-Intervall bestimmt. Zum Schluss kam es zur Bestimmung der elektrischen Herzachse.

Alle Parameter wurden in der II Ableitung gemessen, dies ist sowohl in der Tiermedizin als auch Humanmedizin üblich. Des Weiteren kam es zur Messung

der Amplituden in der Ableitung I, III, aVR, aVL und aVF, da diese zur elektrokardiographischen Diagnostik genutzt werden.

Um eine genaue Abmessungen zu gewährleisten, kam es zur Anwendung eines digitalen Präzisionsmessschiebers (Firma Aerospace). Dessen Messbreite liegt bei 0-150 mm mit einer Messgenauigkeit von 0,01 mm in einer Temperaturbreite von 0-40°C und einer Aufbewahrungstemperatur von -20 bis +70 °C (siehe Abbildung 1.3).

Da alle Ableitungen zeitgleich sind, wurde, um Beginn und Ende der Wellen und Zacken in der II Ableitung genau zu bestimmen, die Ableitung gesucht, in der die Ausschläge gut sichtbar waren und dann Senkrechten zur isoelektrischen Linie in den jeweiligen Beginn- und Endpunkten eingezeichnet. Durch diese Hilfslinien konnten Strecken und Intervalle auch dann in der II Ableitung gemessen werden, wenn diese in ihr nicht sichtbar oder nur schwer erkennbar waren. Dies war der Fall bei elektrischen Impulsen, die sich Senkrecht zur Ableitungsrichtung bewegten. In diesen Fällen nimmt die Amplitude also den Wert null oder nur einen sehr kleinen Wert an. War in keiner der Ableitungen eine Amplitude des zu bestimmenden Parameters sichtbar, galt dieser als nicht vorhanden und nahm keinen Zahlenwert ein.

Es wurden immer die ersten zwei, einander folgenden P-QRS-T-Komplexe, die keine Artefakte zeigten, zur Auswertung herangezogen und aus den Daten der Mittelwert gebildet, um mögliche Fehler in der Statistik zu vermeiden.

Wie in der Kleintiermedizin wird für eine bessere Übersicht bei der Herzfrequenzanalyse ein vollständiges Elektrokardiogramm mit einer Papiergeschwindigkeit von 25 mm/Sek. ausgedruckt. Dieses hatte einen Verstärkungsgrad von 40 mm/mV. Darauf folgte die Messung der Abstände der P-Wellen und der QRS-Komplexe auf ihre Regel- und Gleichmäßigkeit mit Hilfe eines Stechzirkels. Es wurde das Maximal und Minimale RR- Intervall ermittelt.

Zur Berechnung der Herzfrequenz wurde folgende Formel verwendet:

$$HF = 60(\text{Sek.}/\text{min}) / \text{RR-Intervall} (\text{Sek.}/\text{Schlag})$$

Die Dauer einer Welle oder Zacke wurden gemessen vom Beginn der Innenseite der Welle bzw. Zacke bis zum Ende des Ausschlags an der isoelektrischen Linie. Positive Wellen und Zacken wurden vom oberen Rand der isoelektrischen Linie bis zum oberen Rand der Wellen- bzw. Zackenspitze gemessen. Negative Wellen oder Zacken wurden vom unteren Rand der isoelektrischen Linie bis zum unteren Rand der Wellen- bzw. Zackenspitze gemessen. Biphasische Wellen oder Zacken wurden durch Addition der oberhalb und unterhalb der isoelektrischen Linie gemessenen Amplitude berechnet. Der QRS-Komplex wird vom Beginn des ersten Ausschlags bis zum Ende des letzten Ausschlags des Komplexes gemessen.

Das PQ-Intervall wurde vom Beginn der P-Welle bis zum Beginn des Kammerkomplexes gemessen. Wenn keine Q-Zacke vorhanden war, sprach man von einem PR-Intervall.

Die Messung der PQ-Strecke erfolgte vom Ende der P-Welle bis zum Beginn des Kammerkomplexes. Wenn keine Q-Zacke vorhanden war, sprach man von einer PR-Strecke.

Die Messung der ST-Strecke erfolgte vom Ende der S-Zacke bis zum Beginn der T-Welle. Da der QRS-Komplex häufig nur durch eine R-Zacke repräsentiert war, sprach man von einer RT-Strecke. Die Messung wurde dann vom Ende der R-Zacke bis zum Beginn der T-Welle durchgeführt.

Eine Messung des QT-Intervalls wurde vom Beginn des Kammerkomplexes bis zum Ende der T-Welle vollzogen. Wenn keine Q-Zacke vorhanden war, sprach man von einem RT-Intervall.

Das SVP-Intervall wurde vom Beginn der SV-Welle bis zum Beginn der P-Welle gemessen.

Die ST-Streckensenkung wurde vom unteren Rand der Nulllinie des Beginns des Kammerkomplexes bis zum unteren Rand des Endes der S-Zacke durchgeführt. Dabei wurde eine Verlängerung der isoelektrischen Linie in die



Richtung der Aufzeichnung vorgenommen, um eine senkrechte Messung zum Ende der S-Zacke zu ermöglichen.

Die ST-Streckenhebung wurde vom oberen Rand der Nulllinie des Beginns des Kammerkomplexes bis zum oberen Rand der des Endes der S-Zacke gemessen. Dabei wurde eine Verlängerung der isoelektrischen Linie in die Richtung der Aufzeichnung vorgenommen, um eine senkrechte Messung zum Ende der S-Zacke zu ermöglichen.

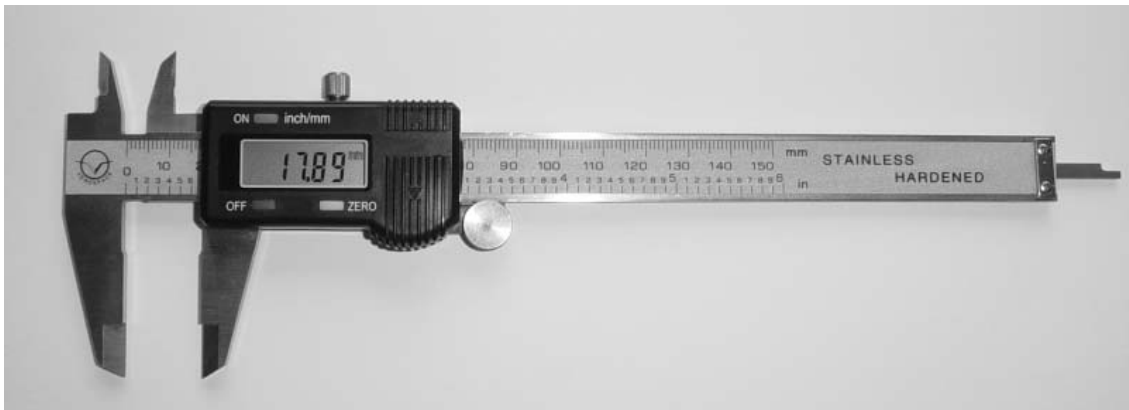


Abbildung 3.3: Digitale Präzisionsmessschieber (Firma Aerospace)

### 3.2.6.1 Definition der Amplituden

*P-Welle*: erster negativer oder positiver Ausschlag vor einem QRS-Komplex

QRS-Komplex:

*Q-Zacke*: erster negativer Ausschlag vor einer R-Zacke

*R-Zacke*: erster positiver Ausschlag

*S-Zacke*: erster negativer Ausschlag nach einer R-Zacke

*QS-Zacke*: QRS-Komplex nur als negativer Ausschlag vorhanden

*T-Welle*: war nur ein Ausschlag nach dem QRS-Komplex vorhanden, galt dieser Ausschlag als T-Welle; waren zwei Ausschläge nach dem QRS-Komplex vorhanden, galt der zweite Ausschlag als T-Welle und der erste als SV-Welle

*SV-Welle*: erster von zwei Ausschlägen nach dem QRS-Komplex

### 3.2.6.2 Elektrische Herzachse

Die Größe der Netto-Amplitude des QRS-Komplexes der Ableitung I und aVF wurden in ein Ableitungskordinatensystem eingetragen. Die Ableitungen wurden der Einfachheit halber genutzt, da sie einer horizontalen (Ableitung I) und vertikalen (aVF) Linie entsprechen. In den Endpunkten der eingetragenen Größen wurde eine Senkrechte zur jeweiligen Ableitung eingezeichnet und der Schnittpunkt dieser Senkrechten mit dem Nullpunkt des Ableitungskordinatensystems verbunden. Der Winkel der sich zwischen dieser Linie und der Ableitungskordinate I bildete, wurde mit dem Geodreieck ermittelt. Dieser Winkel entspricht der elektrischen Herzachse in der Frontalebene.

## 3.3 Statistische Auswertung der Daten

Als Software diente das Statistikprogramm SPSS für Windows. Mit diesem wurden anhand der deskriptiven Statistik Mittel-, Maximal-, Minimalwerte und Standardabweichung berechnet. Die Ergebnisse wurden mit Hilfe der linearen Regressionsanalyse und schrittweiser Variablenselektion erstellt.

Für den Mittelwertvergleich zwischen den Geschlechtern und der narkotisierten und nicht narkotisierten Tiere fand der t-Test Anwendung.

Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit  $p$  von über 5 % ( $p > 0,05$ ) kann von zufälligen Unterschieden ausgegangen werden. Wenn der  $p$ -Wert  $\leq 0,05$  ist, gelten die Unterschiede als statistisch signifikant.

## 4 Ergebnisse

### 4.1.1 Ergebnisse der elektrokardiographischen Untersuchung

### 4.1.2 Ergebnisse der Voruntersuchungen

Die Aufzeichnung, bei der die rote Elektrode auf der rechten Körperseite ventrolateral am Übergang des Halses zum Thorax auf Höhe der Clavikular angebracht, die gelbe Elektrode, symmetrisch zur roten Elektrode auf der linken Körperseite und die grüne Elektrode auf der linken Körperseite cranioventral des Hüftgelenkes in der Regio abdominalis lateralis sinistra und die schwarze Elektrode symmetrisch zur grünen Elektrode auf der rechten Körperseite angebracht wurde, ist gut durchführbar. Das Anbringen der Krokodilklemmen war gut durchführbar und die Position der angebrachten Krokodilklemmen blieb bestehen, selbst, wenn sich die Tiere stark bewegten. Die Krokodilklemmen der schwarzen und grünen Elektrode waren gut in der Hautfalte der Regio abdominalis lateralis dexter bzw. sinister befestigt. Die Aufzeichnung lieferte fast immer ein gut auswertbares Elektrokardiogramm, da die isoelektrische Linie meist ruhig war. Von zwei Tieren konnten keine Aufzeichnung gemacht werden, da Artefakte durch die Atmung entstanden. Für die Durchführung der Arbeit wurde diese Ableitungsmöglichkeit gewählt.

Die Aufzeichnung bei der die rote Elektrode auf der rechten Körperseite ventrolateral am Übergang des Halses zum Thorax auf Höhe der Clavikular, die gelbe Elektrode auf der linken Körperseite symmetrisch zur roten Elektrode und die grüne Elektrode am Übergang zum unteren Drittel der Rippenlänge, eine halbe Herzlänge hinter der Herzspitze, am Thorax, die schwarze Elektrode symmetrisch zu dieser auf der rechten Körperseite befestigt wurde, war weniger geeignet. Das Anbringen der schwarzen und grünen Krokodilklemmen gestaltete sich aufgrund der fixierten Gliedmaße meist schwierig. Die Gliedmaßen ließen nur wenig Platz für eine Befestigung am Thorax. Die Haut der Tiere ist an dieser Stelle straffer und bietet den Krokodilklemmen weniger Halt. Dies führte dazu, dass sich die Krokodilklemmen schon bei geringer

Bewegung und starker Inspiration regelmäßig lösten. In diesen Fällen wurde häufiger die Position der angebrachten Krokodilklemmen korrigiert. Eine häufige Manipulation an den Tieren war hierbei unvermeidbar. Das hatte eine Erhöhung der Stressbelastung der Tiere zur Folge. Des Weiteren entstanden durch eine stärkere Beeinflussung der Aufzeichnung durch die Atmung häufig Artefakte, diese stellten sich bei der Aufzeichnung in einer Schwankung der isoelektrischen Linie dar. Demnach ist diese Wahl der Lage der Elektroden nicht zu empfehlen und wurde für diese Arbeit nicht weiter verwendet.

### 4.1.3 Nicht narkotisiert

#### 4.1.3.1 Allgemein

Es wurden 37 Aufzeichnungen von insgesamt 39 klinisch gesunden Tieren gemacht. Zwei Elektrokardiogramme konnten nicht geschrieben werden, da die Tiere zu unruhig waren und Artefakte durch In- und Expiration zustande kamen.

Ergebnisse der Minima, Maxima, Mittelwerte und der Standardabweichungen wurden auf die zweite Kommastelle gerundet verwendet. In einigen Fällen war es möglich, Gleichungen für Erwartungswerte (E) bestimmter Parameter anzugeben.

Die Angabe über die Streuung der erworbenen Ergebnisse kann durch einen Boxplot dargestellt werden. Wenn im Bild keine Kreise zu sehen sind, dann handelt es sich um den regulären einfachen Boxplot und die Enden der whiskers (horizontale Linie über und unterhalb der Box) stehen für das Maximum und das Minimum. Innerhalb der Box wird der Median von 50% der Daten mit einem schwarzen Balken dargestellt. Der Bereich oberhalb bzw. unterhalb des Balkens in der Box gibt jeweils 25 % der Daten an. Der Bereich, der über bzw. unter der Box mit einem vertikalen schwarzen Strich dargestellt wird, zeigt jeweils weitere 25% der Daten an. Kreise werden verwendet, wenn einzelne Werte deutlich stärker streuen als der Rest (Ausreißer). Das sind Fälle mit Werten, die zwischen 1,5 und 3 Boxlängen vom oberen oder unteren Rand der Box entfernt sind. Der whisker geht dann bis zum nächstkleineren bzw.

nächstgrößeren Wert, der in den Daten vorkommt und der noch weniger als 1,5 Boxlängen vom Rand der Box entfernt ist. Sternchen zeigen Werte an, die noch weiter als drei Boxlängen entfernt vom Rand der Box sind. Ansonsten sind sie genauso wie die Kreise zu verstehen.

#### 4.1.3.2 Gewicht, Nasen-Kloaken-Länge und Kloakaltemperatur

Die 37 Tiere hatten eine mittlere Körpermasse von 1,50 kg. Das leichteste Tier wog 0,23 kg, das schwerste 3,80 kg. Die mittlere Nasen-Kloaken-Länge beträgt 31 cm, als kleinster Wert wurden 16,50 cm gemessen, als größter 44 cm.

Dreißig Tiere ließen eine Messung der Kloakaltemperatur zu, bei sieben Tieren konnte die Temperatur auf Grund zu starker Abwehrbewegungen und Kontraktion des Musculus sphincter cloacae mit der flexiblen Temperatursonde nicht gemessen werden. Die mittlere Kloakaltemperatur beträgt 26,48 °C, als niedrigster Wert wurden 20,20 °C gemessen, als höchster 30,20 °C (siehe Tabelle 4.1).

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard-abweichung
<b>Gewicht</b>	37	0,23	3,80	1,50	0,97
<b>NKL</b>	37	16,50	44,00	31,00	7,95
<b>Temperatur</b>	30	20,20	30,20	26,48	2,43

Tabelle 4.1: Anzahl, Minimum, Maximum, Mittelwert, sowie Standardabweichung von: Gewicht (kg); Nasen-Kloaken-Länge (cm); Temperatur (°C)

#### 4.1.3.3 Herzfrequenz

Der Mittelwert der Herzfrequenz beträgt 61 Schläge pro Minute, als niedrigster Wert wurden 27 Schläge pro Minute berechnet, als höchster 100 Schläge pro Minute. Die Standardabweichung beträgt 16,94.

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard-abweichung
<b>Herzfrequenz</b>	37	27	100	61	16,94

Tabelle 4.2: Anzahl, Minimum, Maximum, Mittelwert, sowie Standardabweichung der Herzfrequenz; Einheit der Herzfrequenz in Schlägen pro Minute

4.1.3.4 RR-Intervall

Der Mittelwert des RR-Intervalls beträgt 1,07 Sek., als niedrigster Wert wurden 0,60 Sek. gemessen, als höchster 2,20 Sek.. Die Standardabweichung beträgt 0,33. Der Mittelwert des maximalen RR-Intervalls beträgt 1,10 Sek., als niedrigster Wert wurden 0,60 Sek. gemessen, als höchster 2,41 Sek.. Die Standardabweichung beträgt 0,35. Der Mittelwert des minimalen RR-Intervalls beträgt 1,07 Sek., als niedrigster Wert wurden 0,60 Sek. gemessen, als höchster 2,25 Sek.. Die Standardabweichung beträgt 0,35 (siehe Tabelle 4.3).

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
<b>II RR-Intervall</b>	37	0,60	2,19	1,07	0,33
<b>II-RR Max</b>	37	0,60	2,41	1,10	0,35
<b>II-RR Min</b>	37	0,60	2,26	1,07	0,35

*Tabelle 4.3:* Anzahl, Minima, Maxima, Mittelwerte, sowie Standardabweichungen des RR-Intervalls in Ableitung II und maximale/minimale RR-Intervall; die Einheit des Intervalls in Sek.

4.1.3.5 P-Welle

Es gab in 36 von 37 Fällen eine sichtbare P-Welle in mindestens einer Ableitung. In folgender Reihenfolge nimmt die Größe des Mittelwertes der P-Wellenhöhe ab: II, I, aVF, III, aVL, aVR. In der II Ableitung hat die P-Welle eine mittlere Breite von ca. 0,11 Sek., als niedrigster Wert wurden 0,04 Sekunden gemessen, als höchster 0,24 Sek.. Die Standardabweichung beträgt 0,05. Der Mittelwert der P-Wellenhöhe liegt bei 0,10 mV, als niedrigster Wert wurden -0,10 mV gemessen, als höchster 0,35 mV. In Ableitung I hat die P-Wellenhöhe einen Mittelwert von 0,08 mV, als niedrigster Wert wurden -0,04 mV gemessen, als höchster 0,26 mV, mit einer Standardabweichung von 0,06. In Ableitung III liegt der Mittelwert der Höhe der P-Welle bei 0,06 mV, als niedrigster Wert wurden -0,19 mV gemessen, als höchster 0,32 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,10. In Ableitung aVR wurde für die Höhe der P-Welle ein Mittelwert von -0,05 mV berechnet, als niedrigster Wert wurden -0,26 mV gemessen, als höchster 0,22 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,10. In Ableitung aVL beträgt Mittelwert der P-Wellehöhe 0,03 mV, als niedrigster Wert wurden -0,15 mV gemessen, als höchster 0,2 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,07. In der Ableitung aVF wurde für die Höhe der P-Welle ein Mittelwert von 0,06 mV

berechnet, als niedrigster Wert wurde -0,21 mV gemessen, als höchster 0,32 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,10 (siehe Tabelle 4.4).

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
<b>I P-Höhe</b>	36	-0,04	0,26	0,08	0,06
<b>II P-Breite</b>	36	0,04	0,24	0,11	0,05
<b>II P-Höhe</b>	36	-0,10	0,35	0,10	0,10
<b>III P-Höhe</b>	36	-0,19	0,32	0,06	0,10
<b>aVR P-Höhe</b>	36	-0,26	0,22	-0,05	0,09
<b>aVL P-Höhe</b>	36	-0,15	0,20	0,03	0,07
<b>aVF P-Höhe</b>	36	-0,21	0,32	0,06	0,10

Tabelle 4.4: Ergebnisse für Minima, Maxima, Mittelwerte, sowie Standardabweichungen der P-Welle in allen Ableitungen; die Einheit der Höhe ist mV, die der Breite Sek.

Des weiteren konnten unterschiedliche Polaritäten der P-Welle festgestellt werden. Untersucht wurde in Ableitung II. In den 36 Aufzeichnungen waren insgesamt 30 positive, zwei negative, drei biphasische (-/+) und eine P-Wellen mit Polaritätswechsel (erst positiv/ negativ, dann positiv) in einem Aufzeichnungsintervall vorhanden (siehe Abbildung 4.1).



Abbildung 4.1: Polaritätswechsel in einem Aufzeichnungsintervall; 100 mm/Sek. und 40 mm/mV

#### 4.1.3.6 Q-Zacke

Von 37 aufgezeichneten Elektrokardiogrammen enthielten 28 Aufzeichnungen in mindestens einer Ableitung eine sichtbare Q- Zacke. In folgender Reihenfolge nimmt die Größe des Mittelwertes der Q-Wellenhöhe ab: II, III/aVF, I, aVR, aVL. In Ableitung II beträgt der Mittelwert der Q- Zackenbreite 0,00 Sek., als niedrigster Wert wurden 0,00 Sek. gemessen, als höchster 0,07 Sek.. Die Standardabweichung beträgt 0,02. Der Mittelwert der Q- Zackenhöhe beträgt 0,00 mV, als niedrigster Wert wurden -0,05 mV gemessen, als höchster 0,00 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,01.

In Ableitung I beträgt der Mittelwert der Q- Zackenhöhe -0,04 mV, bei einer Standardabweichung von 0,04. Als niedrigster Wert wurde -0,15 mV gemessen,

als höchster 0,00 mV. In Ableitung III und aVF waren alle Werte der Q- Zacke 0,00. Der Mittelwert der Q- Zackenhöhe beträgt in Ableitung aVR -0,03 mV, als niedrigster Wert wurden -0,52 mV gemessen, als höchster 0,00 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,11. In Ableitung aVL beträgt der Mittelwert der Q- Zackenhöhe -0,11 mV, als niedrigster Wert wurden -0,49 mV gemessen, als höchster 0,00 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,11 (siehe Tabelle 4.5).

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
<b>I Q-Höhe</b>	28	-0,15	0,00	-0,04	0,04
<b>II Q-Breite</b>	28	0,00	0,07	0,00	0,02
<b>II Q-Höhe</b>	28	-0,05	0,00	0,00	0,01
<b>III Q-Höhe</b>	28	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>aVR Q-Höhe</b>	28	-0,52	0,00	-0,03	0,11
<b>aVL Q-Höhe</b>	28	-0,49	0,00	-0,11	0,11
<b>aVF Q-Höhe</b>	28	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabelle 4.5: Anzahl, Minima, Maxima, Mittelwerte, sowie Standardabweichungen der P-Welle in allen Ableitungen; die Einheit der Höhe ist mV, die der Breite Sek.

#### 4.1.3.7 R-Zacke

Es war in jedem Elektrokardiogramm in mindestens einer Ableitung eine R-Zacke sichtbar. Die Größe der Mittelwerte der R- Zackenhöhe nimmt in folgender Reihenfolge ab: II, aVF, III, I, aVL, aVR. In Ableitung II liegt der Mittelwert der R- Zackenbreite bei 0,09 Sek., als niedrigster Wert wurden 0,05 Sek., als höchster 0,31 Sek. gemessen. Die Standardabweichung beträgt 0,04. Der Mittelwert der R- Zackenhöhe in Ableitung II beträgt 0,37 mV, als niedrigster Wert wurde 0,06 mV gemessen, als höchster 0,79 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,19. In Ableitung I liegt der Mittelwert der R-Zackenhöhe bei 0,14 mV, als niedrigster Wert wurden 0,00 mV gemessen, als höchster 0,48 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,12. In Ableitung III beträgt der Mittelwert der R- Zackenhöhe 0,34 mV, als niedrigster Wert wurden 0,08 mV gemessen, als höchster 0,67 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,14. In Ableitung aVR wurde ein Mittelwert der R- Zackenhöhe von 0,01 mV berechnet, als niedrigster Wert wurden 0,00 mV gemessen, als höchster 0,14 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,03. Der Mittelwert der R-Zackenhöhe in Ableitung aVL beträgt 0,07 mV, als niedrigster Wert wurden 0,00 mV gemessen, als höchster 0,46 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,10. Der



Mittelwert der R-Zackenhöhe beträgt in Ableitung aVF 0,36 mV, als niedrigster Wert wurden 0,10 mV gemessen, als höchster 0,73 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,15 (siehe Tabelle 4.6). In zwei Aufzeichnungen war eine Kerbung in der R- Zacke zu erkennen.

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard- abweichung
<b>I R-Höhe</b>	37	0,00	0,48	0,14	0,12
<b>II R-Breite</b>	37	0,05	0,31	0,09	0,04
<b>II R-Höhe</b>	37	0,06	0,79	0,37	0,18
<b>III R-Höhe</b>	37	0,08	0,67	0,34	0,14
<b>aVR R-Höhe</b>	37	0,00	0,14	0,01	0,03
<b>aVL R-Höhe</b>	37	0,00	0,46	0,07	0,10
<b>aVF R-Höhe</b>	37	0,10	0,73	0,36	0,15

Tabelle 4.6: Anzahl, Minima, Maxima, Mittelwerte, sowie Standardabweichungen der R-Zacke in allen Ableitungen; die Einheit der Höhe ist mV, die der Breite Sek.

#### 4.1.3.8 S-Zacke

In 19 von 37 aufgezeichneten Elektrokardiogrammen war in mindestens einer Ableitung eine S-Zacke sichtbar. Die Größe der Mittelwerte der S-Zackenhöhe nimmt in folgender Reihenfolge ab: aVR, I, aVL, II, aVF, III. In Ableitung II beträgt der Mittelwert der S-Zackenbreite 0,02 Sek., als niedrigster Wert wurden 0,00 Sek. gemessen, als höchster 0,06 Sek.. Die Standardabweichung beträgt 0,02. Der Mittelwert der S-Zackenhöhe liegt bei -0,05 mV, als niedrigster Wert wurden -0,23 mV gemessen, als höchster 0,00 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,07. In Ableitung I liegt der Mittelwert der S-Zackenhöhe bei 0,00 mV, als niedrigster Wert wurden -0,04 mV gemessen, als höchster 0,00 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,01. Der Mittelwert der S-Zackenhöhe beträgt in Ableitung III -0,13 mV, als niedrigster Wert wurden -0,5 mV gemessen, als höchster 0,00 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,12. In Ableitung aVR sind alle ermittelten Werte der S-Zackenhöhe 0,00. In Ableitung aVL liegt der Mittelwert für die S-Zackenhöhe bei 0,00 mV, als niedrigster Wert wurden -0,07 mV gemessen, als höchster Wert 0,00 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,02. Der Mittelwert der S-Zackenhöhe beträgt in Ableitung aVF -0,09 mV, als niedrigster Wert wurden -0,43 mV gemessen, als höchster 0,00 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,12 (siehe Tabelle 4.7).

## Ergebnisse

	<b>N</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>Standard- abweichung</b>
<b>I S-Höhe</b>	19	-0,04	0,00	0,00	0,01
<b>II S-Breite</b>	19	0,00	0,06	0,02	0,02
<b>II S-Höhe</b>	19	-0,23	0,00	-0,05	0,07
<b>III S-Höhe</b>	19	-0,50	0,00	-0,13	0,12
<b>aVR S-Höhe</b>	19	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>aVL S-Höhe</b>	19	-0,07	0,00	0,00	0,02
<b>aVF S-Höhe</b>	19	-0,43	0,00	-0,10	0,12

*Tabelle 4.7:* Anzahl, Minima, Maxima, Mittelwert, sowie Standardabweichung der S-Zacke in allen Ableitungen; die Einheit der Höhe ist mV, die der Breite Sek.

### 4.1.3.9 SV-Welle

In sechs von 37 Elektrokardiogrammen war eine SV-Welle in mindestens einer Ableitung sichtbar. Die Größe der Mittelwerte der SV-Wellenhöhe nimmt in folgender Reihenfolge ab: aVL, I, II, aVR, aVF, III. In Ableitung II beträgt der Mittelwert der SV-Wellenbreite 0,06 Sek., als niedrigster Wert wurden 0,04 Sek. gemessen, als höchster 0,07 Sek.. Die Standardabweichung beträgt 0,01. Die SV-Wellenhöhe hat einen Mittelwert von 0,00 mV, als niedrigster Wert wurden -0,01 mV gemessen, als höchster 0,04 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,02. In Ableitung I beträgt der Mittelwert der SV-Wellenhöhe 0,02 mV, als niedrigster Wert wurden -0,06 mV gemessen, als höchster 0,10 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,05. Der Mittelwert der SV-Wellenhöhe in Ableitung III beträgt -0,04 mV, als niedrigster Wert wurden -0,10 mV gemessen, als höchster -0,01 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,02. In Ableitung aVR beträgt der Mittelwert der SV-Wellenhöhe -0,01 mV, als niedrigster Wert wurden -0,04 mV gemessen, als höchster 0,00 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,02. Der Mittelwert der SV-Wellenhöhe beträgt in Ableitung aVL 0,03 mV, als niedrigster Wert wurden -0,02 mV gemessen, als höchster 0,07 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,03. In Ableitung aVF beträgt der Mittelwert der SV-Wellenhöhe -0,02 mV, als niedrigster Wert wurden -0,03 mV gemessen, als höchster 0,00 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,01 (siehe Tabelle 4.8).

## Ergebnisse

	<b>N</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>Standard-abweichung</b>
<b>I SV-Höhe</b>	6	-0,06	0,10	0,02	0,05
<b>II SV-Breite</b>	6	0,04	0,07	0,06	0,01
<b>II SV-Höhe</b>	6	-0,01	0,04	0,00	0,02
<b>III SV-Höhe</b>	6	-0,10	-0,01	-0,04	0,03
<b>aVR SV-Höhe</b>	6	-0,04	0,00	-0,01	0,01
<b>aVL SV-Höhe</b>	6	-0,02	0,07	0,03	0,03
<b>aVF SV-Höhe</b>	6	-0,03	0,00	-0,02	0,01

Abbildung 4.8: Anzahl, Minima, Maxima, Mittelwerte, sowie Standardabweichungen der SV-Welle in allen Ableitungen; die Einheit der Höhe ist mV, die der Breite Sek.

### 4.1.3.10 T-Welle

In 27 von 37 aufgezeichneten Elektrokardiogrammen war eine T-Welle sichtbar. Die Größe der Mittelwerte der T-Wellenhöhe nimmt in folgender Reihenfolge ab: I, aVL, aVF, II, aVR, III. In Ableitung II beträgt der Mittelwert der T-Wellenbreite 0,11 Sek., als niedrigster Wert wurden 0,05 Sek. gemessen, als höchster 0,18 Sek.. Die Standardabweichung beträgt 0,03. Die T-Wellenhöhe hat einen Mittelwert von 0,00 mV, als niedrigster Wert wurden -0,27 mV gemessen, als höchster 0,11 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,10. In Ableitung I beträgt der Mittelwert der T-Wellenhöhe 0,04 mV, als niedrigster Wert wurden -0,06 mV gemessen, als höchster 0,12 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,04. Der Mittelwert der T-Wellenhöhe hat in Ableitung III einen Wert von -0,02 mV, als niedrigster Wert wurden -0,26 mV gemessen, als höchster 0,20 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,11. In Ableitung aVR hat der Mittelwert der T-Wellenhöhe eine Größe von 0,00 mV, als niedrigster Wert wurden -0,17 mV gemessen, als höchster 0,15 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,07. Der Mittelwert der T-Wellenhöhe beträgt in Ableitung aVL 0,04 mV, als niedrigster Wert wurden -0,06, als höchster 0,15 mV gemessen. Die Standardabweichung beträgt 0,06. In aVF liegt der Mittelwert der T-Wellenhöhe bei 0,02 mV, als niedrigster Wert wurden -0,24 mV gemessen, als höchster 0,26 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,10 (siehe Tabelle 4.9).

## Ergebnisse

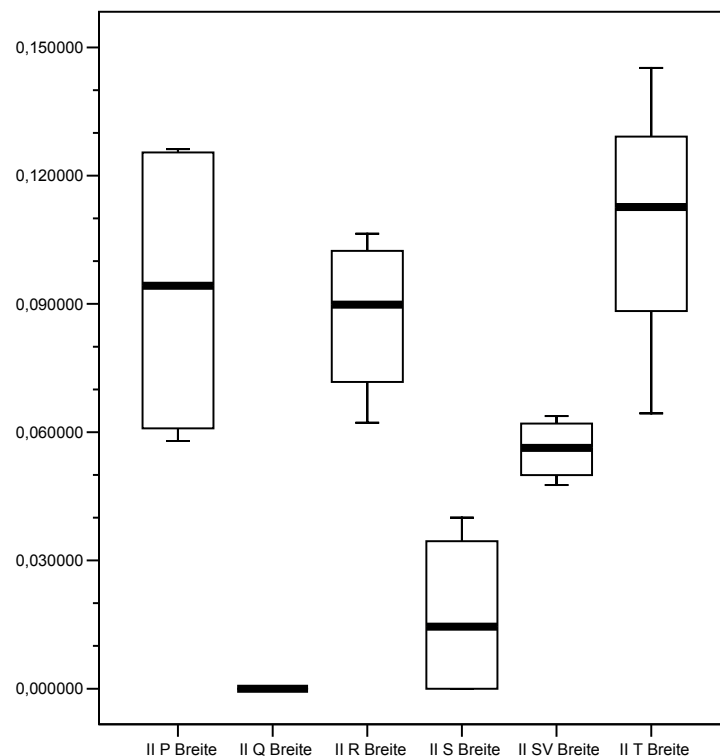
	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
<b>I T-Höhe</b>	27	-0,06	0,16	0,04	0,04
<b>II T-Breite</b>	27	0,05	0,18	0,11	0,03
<b>II T-Höhe</b>	27	-0,27	0,11	0,00	0,10
<b>III T-Höhe</b>	27	-0,26	0,19	-0,02	0,11
<b>aVR T-Höhe</b>	27	-0,17	0,15	0,00	0,07
<b>aVL T-Höhe</b>	27	-0,06	0,15	0,04	0,06
<b>aVF T-Höhe</b>	27	-0,24	0,26	0,02	0,10

*Tabelle 4.9:* Anzahl, Minima, Maxima, Mittelwerte, sowie Standardabweichungen der T-Welle in allen Ableitungen; die Einheit der Höhe ist mV, die der Breite Sek.

### 4.1.3.11 Boxplott der P-, Q-, R-, S-, SV- und T-Breite

Innerhalb der Box wird der Median von 50% der Daten mit einem schwarzen Balken dargestellt

Der Median der P-Wellenbreite beträgt 0,10 Sek., der Q-Wellenbreite 0,00 Sek., der R-Wellenbreite 0,09 Sek. der S-Wellenbreiten 0,02 Sek., der SV - Wellenbreite 0,05 Sek., der T-Wellenbreite 0,11 Sek..



*Abbildung 4.1:* Boxplott der P-, Q-, R-, S-, SV- und T-Breite für Ableitung II; Einheit in Sek.

4.1.3.12 Boxplott der P-,Q-, R-, S-, SV- und T- Höhe

Der Median der P-Wellenhöhe beträgt 0,18 mV, der Q-Wellenhöhe 0,00 mV, der R-Wellenhöhe 0,27 mV, der S-Wellenhöhe 0,00 mV, der SV-Wellenhöhe 0,00 mV und der T-Wellenhöhe 0,07 mV.

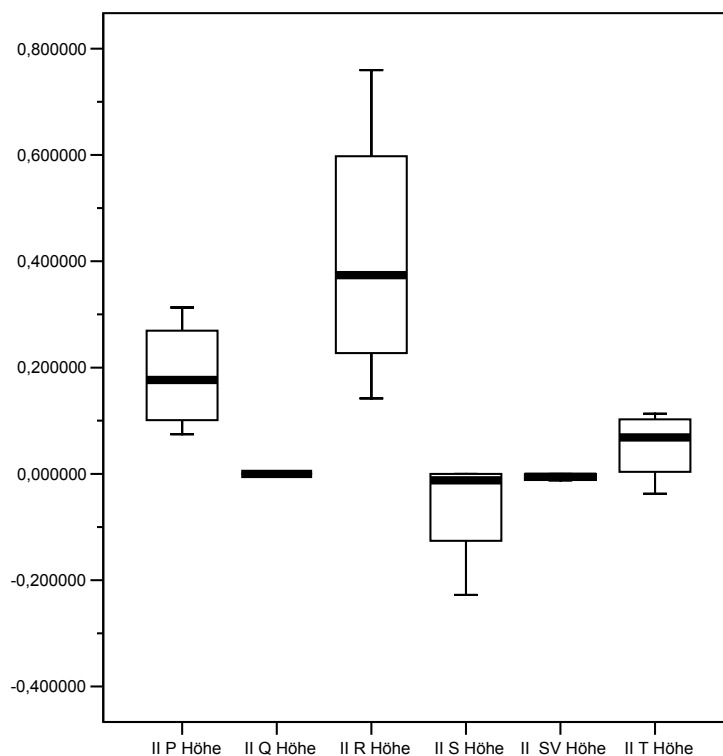


Abbildung 4.2: Boxplott der P-, Q-, R-, S-, SV- und T-Höhe für Ableitung II; Einheit in Sek.

4.1.3.13 QRS-Intervall

Der Mittelwert des QRS-Intervalls beträgt 0,10 Sek., als niedrigster Wert wurden 0,05 Sek. gemessen, als höchster 0,31 Sek.. Die Standardabweichung beträgt 0,05 (siehe Tabelle 4.10).

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard-abweichung
<b>II QRS-Intervall</b>	37	0,05	0,31	0,10	0,05

Tabelle 4.10: Anzahl, Minimum, Maximum, Mittelwert, sowie Standardabweichung des QRS-Intervalls; die Einheit des Intervalls in Sek.

4.1.3.14 PR-Intervall und PR-Strecke

Da nur in zwei Fällen, in der Ableitung II, eine sichtbare Q-Zacke, vorhanden war, wurde für die Auswertung das PR-Intervall bzw. die PR-Strecke herangezogen. Der Mittelwert des PR-Intervalls beträgt 0,38 Sek., als niedrigster Wert wurden 0,22 Sek. gemessen, als höchster 0,89 Sek.. Die Standardabweichung beträgt 0,14. Der Mittelwert der PR-Strecke wurde mit 0,27 Sek. ermittelt, als niedrigster Wert wurden 0,12 Sek. gemessen, als höchster 0,70 Sek.. Die Standardabweichung beträgt 0,13 (siehe Tabelle 4.11).

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
<b>II PR-Intervall</b>	36	0,22	0,89	0,38	0,14
<b>II PR-Strecke</b>	36	0,12	0,70	0,27	0,13

Tabelle 4.11: Anzahl, Minima, Maxima, Mittelwerte, sowie Standardabweichungen des RR-Intervalls bzw. der RR-Strecke die Einheit des Intervalls bzw. der Strecke in Sek.

4.1.3.15 RT-Intervall, RT-Strecke und ST-Strecke

In den Aufzeichnungen gab es nur ein Elektrokardiogramm, das in der II Ableitung eine sichtbare Q-Zacke hatte und sechs Aufzeichnungen in denen sowohl eine S-Zacke als auch eine T-Welle vorhanden war. Aus diesem Grund wurde das RT- Intervall bzw. die RT-Strecke berechnet. Der Mittelwert des RT-Intervalls beträgt 0,63 Sek., als niedrigster Wert wurden 0,29 Sek. gemessen, als höchster 1,05 Sek.. Die Standardabweichung beträgt 0,19. Der Mittelwert der RT-Strecke beträgt 0,44 Sek., als niedrigster Wert wurden 0,15 Sek. gemessen, als höchster 0,80 Sek.. Die Standardabweichung beträgt 0,16. Die ermittelte ST-Strecke hat einen Mittelwert von 0,42 Sek., als niedrigster Wert wurden 0,18 Sek. gemessen, als höchster 0,61 Sek.. Die Standardabweichung beträgt 0,18 (siehe Tabelle 4.12).

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
<b>II RT-Intervall</b>	28	0,29	1,05	0,63	0,19
<b>II RT-Strecke</b>	28	0,15	0,80	0,44	0,16
<b>II ST-Strecke</b>	6	0,18	0,61	0,42	0,18

Tabelle 4.12: Anzahl, Minima, Maxima, Mittelwerte, sowie Standardabweichungen des RT-Intervalls, der RT-Strecke und der ST-Strecke; die Einheit ist Sek.

4.1.3.16 ST-Streckensenkung und ST-Streckenhebung

Sechs Aufzeichnungen enthielten eine ST-Streckensenkung in der II Ableitung. Der Mittelwert beträgt -0,05 mV, als niedrigster Wert wurden -0,10 mV gemessen, als höchster -0,03 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,02. In zwei Aufzeichnungen war in der II Ableitung eine ST-Streckenhebung vorhanden. Der Mittelwert der ST-Streckenhebung beträgt 0,03 mV. Als niedrigster Wert wurden 0,03 mV gemessen, als höchster 0,04 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,00 (siehe Tabelle 4.13).

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
<b>II ST-Strecken-senkung</b>	6	-0,10	-0,03	-0,05	0,02
<b>II ST-Strecken-hebung</b>	2	0,03	0,04	0,03	0,00

*Tabelle 4.13:* Anzahl, Minima, Maxima, Mittelwerte, sowie Standardabweichungen der ST-Streckenhebung; die Einheit ist mV

4.1.3.17 Boxplott des PR- Intervalls bzw. Strecke, des QRS-Intervalls, des RT-Intervalls bzw. Strecke und des RR-Intervalls

Der Median des PR-Intervalls beträgt 0,40 Sek., der PR-Strecke 0,30 Sek., des QRS-Intervalls 0,10 Sek., des RT-Intervalls 0,65 Sek., der RT-Strecke 0,45 Sek. und des RR-Intervalls 1,00 Sek..

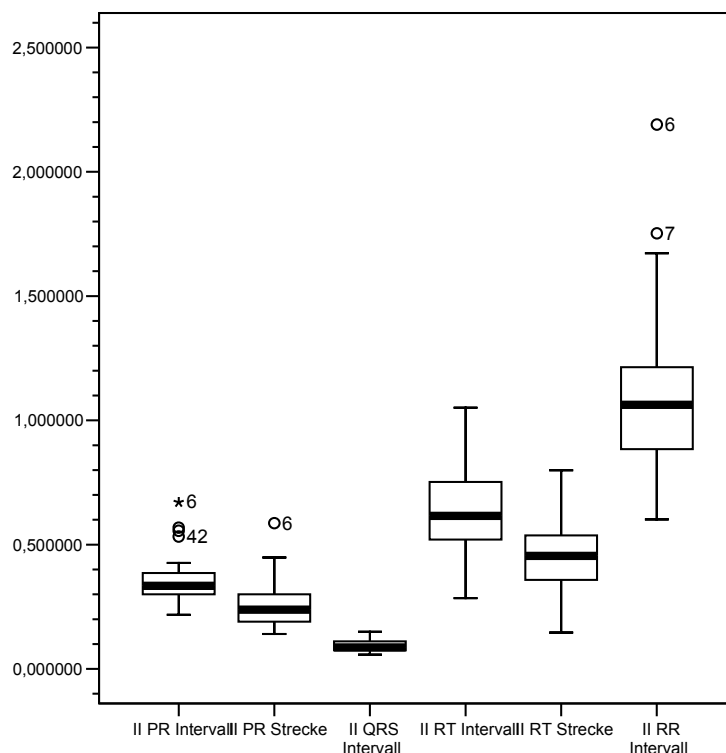


Abbildung 4.3: Boxplot des PR- Intervalls bzw. Strecke, des QRS-Intervalls, des RT-Intervalls bzw. Strecke und des RR-Intervalls für Ableitung II; Einheit in Sek.; Einheit in Sek.

#### 4.1.3.18 SVP-Intervall

Bei sechs von 37 aufgezeichneten Elektrokardiogrammen konnte ein SVP-Intervall gemessen werden. Der Mittelwert des SVP-Intervalls beträgt 0,29 Sek.. Als niedrigster Wert wurden 0,20 Sek. gemessen, als höchster 0,35 Sek. Die Standardabweichung beträgt 0,06 (siehe Abbildung 4.14).

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
<b>SVP-Intervall</b>	6	0,20	0,35	0,29	0,06

Tabelle 4.14: Anzahl, Minimum, Maximum, Mittelwert, sowie Standardabweichung der SVP-Intervalls; die Einheit ist Sek.

#### 4.1.3.19 Elektrische Herzachse

Der Mittelwert der elektrischen Herzachse liegt bei 66,26° mit einer Standardabweichung von 31,33. Der niedrigste ermittelte Wert liegt bei -22,80°, der höchste bei 134 ° (siehe Tabelle 4.15).



## Ergebnisse

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
<b>Elektrische Herzachse</b>	37	-22,80	134	66,26	31,33

Tabelle 4.15: Anzahl, Minimum, Maximum, sowie Standardabweichung der elektrischen Herzachse in Grad

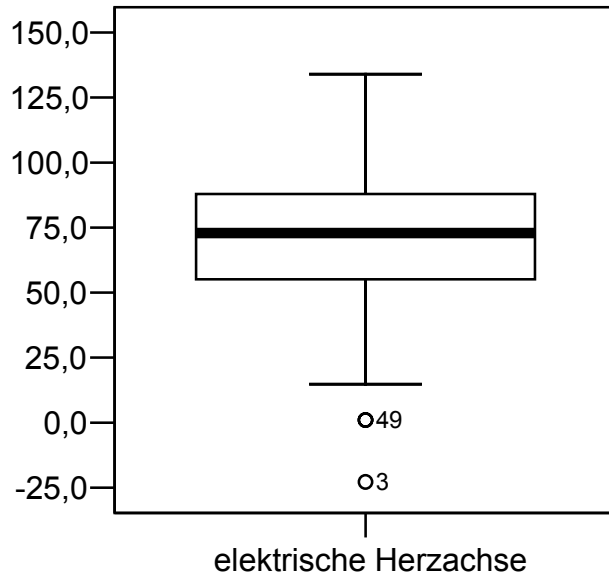


Abbildung 4.4: Boxplott der elektrischen Herzachse in Grad

## 4.1.3.20 Einfluss der Kloakaltemperatur (KT) und der Körpermasse (KM)

Parameter	Einfluss auf	p	Korrelation	Gleichung für den Erwartungswert
KT	Elektrische Herzachse	0,283 (n.s.)		
	Herzfrequenz	0,002	positiv	$E(\text{Herzfrequenz}) = -47,762 \text{ Schläge pro Minute} + 4,068 \text{ Schläge pro Minute}/^{\circ}\text{C} \times \text{Temperatur } ^{\circ}\text{C}$
	RR-Intervall	<0,001	negativ	$E(\text{RR-Intervall Sek.}) = 3,645 \text{ Sek.} - 0,096 \text{ Sek.}/^{\circ}\text{C} \times \text{Kloakaltemperatur } ^{\circ}\text{C}$
	RT-Intervall	<0,001	negativ	$E(\text{RT-Intervall Sek.}) = 1,887 \text{ Sek.} - 0,046 \text{ Sek.}/^{\circ}\text{C} \times \text{Kloakaltemperatur } ^{\circ}\text{C}$
	RT-Strecke	<0,001	negativ	$E(\text{RT-Strecke Sek.}) = 1,512 \text{ Sek.} - 0,039 \text{ Sek.}/^{\circ}\text{C} \times \text{Kloakaltemperatur } ^{\circ}\text{C}$
	PR -Intervall	0,014	negativ	$E(\text{PR-Intervall Sek.}) = 0,919 \text{ Sek.} - 0,02 \text{ Sek.}/^{\circ}\text{C} \times \text{Kloakaltemperatur } ^{\circ}\text{C}$
	PR-Strecke	0,002	negativ	$E(\text{PR-Strecke Sek.}) = 0,763 \text{ Sek.} - 0,019 \text{ Sek.}/^{\circ}\text{C} \times \text{Kloakaltemperatur } ^{\circ}\text{C}$
KM	RR-Intervall	0,001	positiv	$E(\text{RR-Intervall Sek.}) = 0,801 \text{ Sek.} + 0,178 \text{ Sek./kg} \times \text{Körpermasse kg}$
	PR-Intervall	0,004	positiv	$E(\text{PR-Intervall Sek.}) = 0,277 \text{ Sek.} + 0,067 \text{ Sek./kg} \times \text{Gewicht kg}$
	PR-Strecke	0,096 (n.s.)		
	RT-Intervall	0,001	positiv	$E(\text{RT-Intervall Sek.}) = 0,476 \text{ Sek.} + 0,119 \text{ Sek./kg} \times \text{Gewicht kg}$
	RT-Strecke	0,009	positiv	$E(\text{RT-Strecke Sek.}) = 0,335 \text{ Sek.} + 0,083 \text{ Sek./kg} \times \text{Gewicht kg}$
	QRS-Intervall	0,038	positiv	$E(\text{QRS-Intervall Sek.}) = 0,078 \text{ Sek.} + 0,017 \text{ Sek./kg} \times \text{Gewicht kg}$
	Herzfrequenz	0,001	negativ	$E(\text{Herzfrequenz Schläge/Minute}) = 74,258 \text{ Schläge/Minute} - 8,929 \text{ Schläge/Minute} \times \text{kg} \times \text{Körpermasse kg}$

Tabelle 4.16: Einfluss der Kloakaltemperatur (KT) und der Körpermasse (KM)

## Ergebnisse

Parameter	Einfluss auf	p	Korrelation	Gleichung für den Erwartungswert
<b>KM</b>	P-Wellenhöhe	0,294 (n.s.)		
	R-Zackenhöhe	0,108 (n.s.)		
	T-Wellenhöhe	0,630 (n.s.)		
	T-Wellenbreite	0,069 (n.s.)		
	elektrische Herzachse. (Geschlechtsunterschied)	0,005 (0,523; n.s.)	negativ	$E(\text{elektrische Herzachse}^\circ) = 88,268^\circ - 14,675^\circ/\text{kg} \times \text{Körpermasse kg}$
<b>KT und KM</b>	RR-Intervall	<0,001	negativ (KT); positiv (KM)	$E(\text{RR-Intervall Sek.}) = 3,137 \text{ Sek./}^\circ\text{C} \times \text{kg} - 0,087 \times \text{Kloakaltemperatur } ^\circ\text{C} + 0,166 \times \text{Körpermasse kg}$

Tabelle 4.16: Einfluss der Kloakaltemperatur (KT) und der Körpermasse (KM); (Fortsetzung)

### 4.1.3.21 Einfluss der Herzfrequenz (HF)

Parameter	Einfluss auf	p	Korrelation	Gleichung für Erwartungswert
<b>HF</b>	RR-Intervall	<0,001	negativ	$E(\text{RR-Intervall}) = 2,172 \text{ Sek.} - 0,018 \text{ Sek./ Schläge pro Minute} \times \text{Herzfrequenz Schlägen pro Minute}$
	elektrische Herzachse	0,027	positiv	$E(\text{elektrische Herzachse}) = 25,303^\circ + 0,673^\circ/\text{Schläge/Minute} \times \text{Herzfrequenz Schläge/Minute}$

Tabelle 4.17: Einfluss der Herzfrequenz (HF)

### 4.1.3.22 Einfluss des RR-Intervall

Parameter	Einfluss auf	p	Korrelation	Gleichung für Erwartungswert
<b>RR-Intervall</b>	PR-Intervall	<0,001	positiv	$E(\text{PR-Intervall Sek.}) = 0,091 \text{ Sek.} + 0,267 \times \text{RR-Intervall Sek.}$
	PR-Strecke	<0,001	positiv	$E(\text{PR-Strecke Sek.}) = 0,015 \text{ Sek.} + 0,235 \times \text{RR-Intervall Sek.}$
	RT-Intervall	<0,001	positiv	$E(\text{RT- Intervall Sek.}) = 0,124 \text{ Sek.} + 0,461 \times \text{RR-Intervall Sek.}$
	RT-Strecke	<0,001	positiv	$E(\text{RT-Strecke Sek.}) = 0,031 \text{ Sek.} + 0,373 \times \text{RR-Intervall Sek.}$

Tabelle 4.18: Einfluss der Herzfrequenz (HF)

4.1.3.23 Einfluss des Serumkaliums und Serumkalziums

Parameter	Einfluss auf	p	Korrelatio
Serumkaliums	RT-Intervall	0,183 (n.s)	
	QRS-Intervall	0,362 (n.s)	
Serumkalziums	RT-Intervall	0,026	positiv
	P-Wellenhöhe	0,989 (n.s)	
	T-Wellenhöhe	0,825 (n.s)	
	R-Wellenhöhe	0,720 (n.s)	

Tabelle 4.19: Einfluss des Serumkaliums und Serumkalziums

4.1.3.24 Einfluss der Erythrozytenzahl und des Hämatokrits

Parameter	Einfluss auf	p
Erythrozytenzahl	T-Wellenhöhe	0,404 (n.s)
	P-Wellenhöhe	0,443 (n.s)
	RR-Intervall	0,187 (n.s)
Hämatokrit	T-Wellenhöhe	0,946 (n.s)
	P-Wellenhöhe	0,365 (n.s)
	RR-Intervall	0,334 (n.s)

Tabelle 4.20: Einfluss der Erythrozytenzahl und des Hämatokrits

4.1.3.25 Einfluss der Nasen-Kloaken-Länge auf die elektrische Herzachse

Es besteht eine statistisch signifikante, negative Korrelation zwischen der NKL und der elektrischen Herzachse ( $p = 0,006$ ).

4.1.4 Narkotisiert

4.1.4.1 Allgemein

Es wurden insgesamt 15 Aufzeichnungen von klinisch gesunden, narkotisierten Tieren gemacht. Ergebnisse der Minima, Maxima, Mittelwerte und Standardabweichungen wurden auf die zweite Kommastelle gerundet verwendet. In einigen Fällen war es möglich, Gleichungen für Erwartungswerte (E) bestimmter Größen anzugeben, hierdurch kann jedoch nur ein Trend sichtbar werden, da die Datenbasis dieser Gruppe klein ist.

4.1.4.2 Gewicht, Nasen-Kloaken-Länge und Kloakaltemperatur

Die 15 Tiere hatten eine mittlere Körpermasse von 1,86 kg. Das leichteste Tier wog 0,38 kg, das schwerste 3,8 kg. Die mittlere Nasen-Kloaken-Länge betrug

32,78 cm, als kleinster Wert wurden 19,20 cm gemessen, als größter 43 cm. Die mittlere Kloakaltemperatur beträgt 27,88 °C, als niedrigster Wert wurden 23,2°C gemessen, als höchster 32,3°C (siehe Tabelle 4.21).

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard-abweichung
<b>Gewicht</b>	15	0,38	3,8	1,86	1,14
<b>NKL</b>	15	19,2	43,0	32,78	8,41
<b>Temperatur</b>	15	23,2	32,3	27,88	2,63

Tabelle 4.21: Anzahl, Minima, Maxima, Mittelwerte, sowie Standardabweichungen von: Gewicht (kg); Nasen-Kloaken-Länge (cm); Temperatur (°C)

#### 4.1.4.3 Herzfrequenz

Der Mittelwert der Herzfrequenz beträgt 50,34 Schläge pro Minute, als niedrigster Wert wurden 21,04 Schläge pro Minute berechnet, als höchster 80,21 Schläge pro Minute. Die Standardabweichung beträgt 16,05 (siehe Tabelle 4.22).

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard-abweichung
<b>Herzfrequenz</b>	15	21,04	80,21	50,34	16,05

Tabelle 4.22: Anzahl, Minimum, Maximum, Mittelwert, sowie Standardabweichung der Herzfrequenz in Schlägen pro Minute

#### 4.1.4.4 RR-Intervall

Der Mittelwert des RR-Intervalls beträgt 1,33 Sek., als niedrigster Wert wurden 0,75 Sek. gemessen, als höchster 2,85 Sek.. Die Standardabweichung beträgt 0,50. Der Mittelwert des maximalen RR-Intervalls beträgt 1,35 Sek., als niedrigster Wert wurden 0,85 Sek. gemessen, als höchster 2,87 Sek.. Die Standardabweichung beträgt 0,50. Der Mittelwert des minimalen RR-Intervalls beträgt 1,32 Sek., als niedrigster Wert wurden 0,75 Sek. gemessen, als höchster 2,83 Sek.. Die Standardabweichung beträgt 0,50 (siehe Tabelle 4.23).

## Ergebnisse

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard-abweichung
<b>II RR Intervall</b>	15	0,75	2,85	1,33	0,51
<b>II RR Max</b>	15	0,85	2,87	1,35	0,50
<b>II RR Min</b>	15	0,75	2,83	1,32	0,50

*Tabelle 4.23:* Anzahl, Minima, Maxima, Mittelwerte, sowie Standardabweichungen des RR-Intervalls in Ableitung II und maximale/minimale RR-Intervall; die Einheit des Intervalls in Sek.

### 4.1.4.5 P-Welle

In allen aufgezeichneten Elektrokardiogrammen war eine P-Welle in mindestens einer Ableitung sichtbar. Die Größe der Mittelwerte der P-Wellenhöhe nimmt in folgender Reihenfolge ab: II, III, I, aVF, aVL, aVR. In Ableitung II beträgt der Mittelwert der P-Wellenbreite 0,09 Sek., als niedrigster Wert wurden 0,03 Sekunden gemessen, als höchster 0,17 Sek. mit einer ermittelten Standardabweichung von 0,04. Der Mittelwert der P-Wellenhöhe liegt bei 0,10 mV, als niedrigster Wert wurden 0,02 mV gemessen, als höchster 0,34 mV. In Ableitung I hat die P-Wellenhöhe einen Mittelwert von 0,07 mV, als niedrigster Wert wurden 0,00 mV gemessen, als höchster 0,17 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,05. In Ableitung III liegt der Mittelwert der Höhe der P-Welle bei 0,07 mV, als niedrigster Wert wurden -0,05 mV gemessen, als höchster 0,20 mV. Die Standardabweichung liegt bei 0,09. In Ableitung aVR wurde für die Höhe der P-Welle ein Mittelwert von -0,09 mV berechnet, als niedrigster Wert wurden -0,24mV gemessen, als höchster 0,00 mV mit einer Standardabweichung von 0,07. In Ableitung aVL wurde für die Höhe der P-Welle ein Mittelwert von 0,00 mV berechnet, als niedrigster Wert wurden -0,09 mV gemessen, als höchster 0,08 mV. Die Standardabweichung liegt bei 0,05. In der Ableitung aVF wurde für die Höhe der P-Welle ein Mittelwert von 0,11 mV berechnet, als niedrigster Wert wurden -0,01 mV gemessen, als höchster 0,27 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,09 (siehe Tabelle 4.24). In Ableitung II waren 13 P-Wellen positiv und zwei biphasisch (-/+).

## Ergebnisse

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard-abweichung
<b>I P-Höhe</b>	15	0,00	0,18	0,07	0,05
<b>II P-Breite</b>	15	0,03	0,18	0,10	0,04
<b>II P-Höhe</b>	15	0,02	0,34	0,12	0,10
<b>III P-Höhe</b>	15	-0,05	0,20	0,07	0,09
<b>aVR P-Höhe</b>	15	-0,24	0,00	-0,09	0,07
<b>aVL P-Höhe</b>	15	-0,09	0,08	0,00	0,05
<b>aVF P-Höhe</b>	15	-0,01	0,27	0,11	0,09

*Tabelle 4.24:* Anzahl, Minima, Maxima, Mittelwerte, sowie Standardabweichungen der P-Welle in allen Ableitungen; die Einheit der Höhe ist mV, die der Breite Sek.

### 4.1.4.6 Q-Zacke

Von 15 aufgezeichneten Elektrokardiogrammen enthielten 11 Aufzeichnungen in mindestens einer Ableitung eine sichtbare Q-Zacke. In folgender Reihenfolge nimmt die Größe des Mittelwertes der Q-Wellenhöhe ab: II/ III/VF, I, aVR, aVL. In Ableitung II sind alle Werte der Q-Zacke 0,00. In Ableitung I beträgt der Mittelwert der Q-Zackenhöhe -0,01 mV, bei einer Standardabweichung von 0,01. Als niedrigster Wert wurde -0,04 mV gemessen, als höchster 0,00 mV. In Ableitung III und aVF waren alle Werte der Q-Zackehöhe 0,00. Der Mittelwert der Q-Zackenhöhe beträgt in Ableitung aVR -0,03 mV, als niedrigster Wert wurden -0,19 mV gemessen, als höchster 0,0 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,07. In Ableitung aVL beträgt der Mittelwert der Q-Zackenhöhe -0,14 mV, als niedrigster Wert wurden -0,34 mV gemessen, als höchster 0,00 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,11 (siehe Tabelle 4.25).

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard-abweichung
<b>I Q-Höhe</b>	11	-0,04	0,00	-0,01	0,01
<b>II Q-Breite</b>	11	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>II Q-Höhe</b>	11	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>III Q-Höhe</b>	11	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>aVR Q-Höhe</b>	11	-0,19	0,00	-0,03	0,07
<b>aVL Q-Höhe</b>	11	-0,34	0,00	-0,14	0,11
<b>aVF Q-Höhe</b>	11	0,00	0,00	0,00	0,00

*Tabelle 4.25:* Anzahl, Minima, Maxima, Mittelwerte, sowie Standardabweichungen der Q-Zacke in allen Ableitungen; die Einheit der Höhe ist mV, die der Breite Sek.

4.1.4.7 R-Zacke

Alle 15 aufgezeichneten Elektrokardiogramme enthielten eine R-Zacke in mindestens einer Ableitung. Die Größe der Mittelwerte der R- Zackenhöhe nimmt in folgender Reihenfolge ab: II, aVF, III, I, aVL, aVR. In Ableitung II liegt der Mittelwert der R- Zackenbreite bei 0,08 Sek., als niedrigster Wert wurden 0,04 Sek. gemessen, als höchster 0,16 Sek.. Die Standardabweichung beträgt 0,03. Der Mittelwert der R- Zackenhöhe in Ableitung II beträgt 0,38 mV, als niedrigster Wert wurden 0,09 mV gemessen, als höchster 0,82 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,20. In Ableitung I liegt der Mittelwert der R- Zackenhöhe bei 0,12 mV gemessen, als niedrigster Wert wurden 0,00 mV gemessen, als höchster 0,42 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,13. In Ableitung III beträgt der Mittelwert der R- Zackenhöhe 0,35 mV, als niedrigster Wert wurden 0,09 mV gemessen, als höchster 0,71 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,19. In Ableitung aVR wurde ein Mittelwert der R- Zackenhöhe von 0,01 mV ermittelt, als niedrigster Wert wurden 0,00 mV gemessen, als höchster 0,14 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,04. Der Mittelwert der R-Zackenlänge in Ableitung aVL beträgt 0,10 mV, als niedrigster Wert wurden 0,00 mV gemessen, als höchster 0,51 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,15. Der Mittelwert der R-Zackenlänge beträgt in Ableitung aVF 0,38 mV, als niedrigster Wert wurden 0,08 mV gemessen, als höchster 0,77 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,19 (siehe Tabelle 4.26). In einer Aufzeichnung war in der R-Zacke eine Kerbung zu erkennen.

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard- abweichung
<b>I R Höhe</b>	15	0,00	0,42	0,12	0,13
<b>II R Breite</b>	15	0,04	0,16	0,08	0,03
<b>II R Höhe</b>	15	0,09	0,82	0,38	0,20
<b>III R Höhe</b>	15	0,09	0,71	0,35	0,19
<b>aVR R Höhe</b>	15	0,00	0,14	0,01	0,04
<b>aVL R Höhe</b>	15	0,00	0,51	0,10	0,15
<b>aVF R Höhe</b>	15	0,08	0,77	0,38	0,19

Tabelle 4.26: Anzahl, Minima, Maxima, Mittelwerte, sowie Standardabweichungen der R-Zacke in allen Ableitungen; die Einheit der Höhe ist mV, die der Breite Sek.



4.1.4.8 S-Zacke

In 10 von 15 aufgezeichneten Elektrokardiogrammen war in mindestens einer Ableitung eine S-Zacke sichtbar. Die Größe der Mittelwerte der S-Zackenhöhe nimmt in folgender Reihenfolge ab: I/aVR/aVL, II, aVF, III. In Ableitung II beträgt der Mittelwert der S-Zackenbreite 0,03 Sek., als niedrigster Wert wurden 0,00 Sek. gemessen, als höchster 0,14 Sek.. Die Standardabweichung beträgt 0,02. Der Mittelwert der S-Zackenhöhe liegt bei -0,14 mV, als niedrigster Wert wurden -0,31 mV gemessen, als höchster 0,00 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,10 mV. In Ableitung I, aVR, aVL liegen alle Werte bei 0,00. Der Mittelwert der S-Zackenhöhe beträgt in Ableitung III -0,21 mV, als niedrigster Wert wurden -0,62 mV gemessen, als höchster 0,00 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,19. Der Mittelwert der S-Zackenhöhe beträgt in Ableitung aVF -0,14 mV, als niedrigster Wert wurden -0,46 mV gemessen, als höchster 0,00 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,13 (siehe Tabelle 4.27).

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
<b>I S-Höhe</b>	10	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>II S-Breite</b>	10	0,00	0,07	0,03	0,02
<b>II S-Höhe</b>	10	-0,31	0,00	-0,14	0,10
<b>III S-Höhe</b>	10	-0,62	0,00	-0,21	0,19
<b>aVR S-Höhe</b>	10	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>aVL S-Höhe</b>	10	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>aVF S-Höhe</b>	10	-0,46	0,00	-0,14	0,13

Tabelle 4.27: Anzahl, Minima, Maxima, Mittelwerte, sowie Standardabweichungen der S-Zacke in allen Ableitungen; die Einheit der Höhe ist mV, die der Breite Sek.

4.1.4.9 SV-Welle

Zwei von 15 Elektrokardiogrammen enthielten eine sichtbare SV-Welle in mindestens einer Ableitung. Die Größe der Mittelwerte der SV-Wellenhöhe nimmt in folgender Reihenfolge ab: aVL, I, aVR, II, aVF, III. In Ableitung II beträgt der Mittelwert der SV-Wellenbreite 0,05 Sek., als niedrigster Wert wurden 0,04 Sek. gemessen, als höchster 0,06 Sek.. Die Standardabweichung beträgt 0,01. Die SV-Wellenhöhe hat einen Mittelwert von -0,01 mV, als niedrigster Wert wurden -0,02mV gemessen, als höchster 0,00 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,01. In Ableitung I beträgt der Mittelwert der SV-Wellenhöhe 0,02 mV, als niedrigster Wert wurden 0,02 mV gemessen, als

höchster 0,02 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,00. Der Mittelwert der SV-Wellenhöhe in Ableitung III beträgt -0,04 mV, als niedrigster Wert wurden -0,05 mV gemessen, als höchster -0,02 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,02. In Ableitung aVR sind alle Werte der SV-Welle 0,00. Der Mittelwert der SV-Wellenhöhe beträgt in Ableitung aVL 0,03 mV, als niedrigster Wert wurden 0,02 mV gemessen, als höchster 0,04 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,01. In Ableitung aVF beträgt der Mittelwert der SV-Wellenhöhe -0,02 mV, als niedrigster Wert wurden -0,03 mV gemessen, als höchster 0,00 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,02 (siehe Tabelle 4.28).

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
<b>I SV-Höhe</b>	2	0,02	0,02	0,02	0,00
<b>II SV-Breite</b>	2	0,04	0,06	0,05	0,01
<b>II SV-Höhe</b>	2	-0,02	0,00	-0,01	0,01
<b>III SV-Höhe</b>	2	-0,05	-0,02	-0,04	0,02
<b>aVR SV-Höhe</b>	2	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>aVL SV-Höhe</b>	2	0,02	0,04	0,03	0,01
<b>aVF SV-Höhe</b>	2	-0,03	0,00	-0,02	0,02

Tabelle 4.28: Anzahl, Minima, Maxima, Mittelwerte, sowie Standardabweichungen der SV-Welle in allen Ableitungen; die Einheit der Höhe ist mV, die der Breite Sek.

#### 4.1.4.10 T-Welle

In 14 von 15 aufgezeichneten Elektrokardiogrammen war eine T-Welle sichtbar. Die Größe der Mittelwerte der T-Wellenhöhe nimmt in folgender Reihenfolge ab: I, aVR, aVL, III, aVF, II. In Ableitung II beträgt der Mittelwert der T-Wellenbreite 0,13 Sek., als niedrigster Wert wurden 0,06 Sek. gemessen, als höchster 0,24 Sek.. Die Standardabweichung beträgt 0,24. Die T-Wellenhöhe hat einen Mittelwert von -0,05 mV, als niedrigster Wert wurden -0,31 mV gemessen, als höchster 0,15 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,12. In Ableitung I beträgt der Mittelwert der T-Wellenhöhe 0,04 mV, als niedrigster Wert wurden 0,00 mV gemessen, als höchster 0,19 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,05. Der Mittelwert der T-Wellenhöhe hat in Ableitung III einen Wert von -0,04 mV, als niedrigster Wert wurden -0,40 mV gemessen, als höchster 0,21 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,17. In Ableitung aVR hat der Mittelwert der T-Wellenhöhe eine Größe von 0,02 mV, als niedrigster Wert wurden -0,06 mV gemessen, als höchster 0,18 mV Die

Standardabweichung beträgt 0,07. Der Mittelwert der T-Wellenhöhe beträgt in Ableitung aVL -0,02 mV, als niedrigster Wert wurden -0,26 mV gemessen, als höchster 0,11 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,10. In aVF liegt der Mittelwert der T-Wellenhöhe bei -0,04 mV, als niedrigster Wert wurden -0,34 mV gemessen, als höchster 0,20 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,16 (siehe Tabelle 4.29). In Ableitung II gab es sieben negative und fünf positive T-Wellen. Zwei T-Wellen waren isoelektrisch, als 0,00 mV.

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
<b>I T-Höhe</b>	14	0,00	0,19	0,04	0,05
<b>II T-Breite</b>	14	0,06	0,24	0,13	0,05
<b>II T-Höhe</b>	14	-0,30	0,15	-0,05	0,12
<b>III T-Höhe</b>	14	-0,40	0,21	-0,04	0,17
<b>aVR T-Höhe</b>	14	-0,06	0,18	0,02	0,07
<b>aVL T-Höhe</b>	14	-0,26	0,11	-0,02	0,10
<b>aVF T-Höhe</b>	14	-0,34	0,20	-0,04	0,16

Tabelle 4.29: Anzahl, Minima, Maxima, Mittelwerte, sowie Standardabweichungen der T-Welle in allen Ableitungen; die Einheit der Höhe ist mV, die der Breite Sek.

#### 4.1.4.11 QRS-Intervall

Der Mittelwert des QRS-Intervalls beträgt 0,11 Sek., als niedrigster Wert wurden 0,04 Sek. gemessen, als höchster 0,20 Sek.. Die Standardabweichung beträgt 0,04 (siehe Tabelle 4.30).

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
<b>II QRS-Intervall</b>	15	0,04	0,20	0,11	0,04

Tabelle 4.30: Anzahl, Minimum, Maximum, Mittelwert, sowie Standardabweichung des QRS-Intervalls; die Einheit ist Sek.

#### 4.1.4.12 PR-Intervall und PR-Strecke

Da in der Ableitung II keine sichtbare Q-Zacke, vorhanden war, wurde für die Auswertung das PR-Intervall bzw. die PR-Strecke herangezogen. Der Mittelwert des PR-Intervalls beträgt 0,39 Sek., als niedrigster Wert wurden 0,26 Sek. gemessen, als höchster 0,78 Sek.. Die Standardabweichung beträgt 0,13. Der Mittelwert der PR-Strecke wurde mit 0,30 Sek. ermittelt, als niedrigster Wert

wurden 0,18 Sek. gemessen, als höchster 0,64 Sek.. Die Standardabweichung beträgt 0,11 (siehe Tabelle 4.31).

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
<b>II PR-Intervall</b>	15	0,26	0,78	0,39	0,13
<b>II PR-Strecke</b>	15	0,18	0,64	0,30	0,11

Tabelle 4.31: Anzahl, Minima, Maxima, Mittelwerte, sowie Standardabweichungen des PR-Intervalls bzw. der PR-Strecke; die Einheit in Sek.

#### 4.1.4.13 RT-Intervall, RT-Strecke und ST-Strecke

In den Aufzeichnungen gab es nur acht Elektrokardiogramme, die in der II Ableitung eine sichtbare S-Zacke enthielten. Aus diesem Grund wurde für die Auswertung das RT- Intervall bzw. die RT-Strecke genutzt. Der Mittelwert des RT-Intervalls beträgt 0,74 Sek., als niedrigster Wert wurden 0,36 Sek. gemessen, als höchster 1,27 Sek.. Die Standardabweichung beträgt 0,25. Der Mittelwert der RT-Strecke beträgt 0,52 Sek., als niedrigster Wert wurden 0,14 Sek. gemessen, als höchste 0,94 Sek.. Die Standardabweichung beträgt 0,23. Die ermittelte ST-Strecke hat einen Mittelwert von 0,52 Sek., als niedrigster Wert wurden 0,16 Sek. gemessen, als höchster 0,88 Sek.. Die Standardabweichung beträgt 0,27 (siehe Tabelle 4.32).

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
<b>II RT-Intervall</b>	14	0,36	1,27	0,74	0,25
<b>II RT-Strecke</b>	14	0,14	0,94	0,52	0,23
<b>II ST-Strecke</b>	7	0,16	0,88	0,52	0,27

Tabelle 4.32: Anzahl, Minima, Maxima, Mittelwerte, sowie Standardabweichungen des RT-Intervalls bzw. der RT-Strecke; die Einheit in Sek.

#### 4.1.4.14 ST-Streckensenkung und ST-Streckenhebung

In Ableitung II wurden in sechs Aufzeichnungen ST-Streckensenkungen gemessen. Der Mittelwert der ST-Streckensenkung beträgt -0,06 mV, als niedrigster Wert wurden -0,13 mV gemessen, als höchster -0,02 mV. Die Standardabweichung beträgt 0,04.

In einer Aufzeichnung war in der II Ableitung eine ST-Streckenhebung zu erkennen. Die ST-Streckenhebung betrug 0,06 mV (siehe Tabelle 4.33).

## Ergebnisse

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard-abweichung
<b>II ST-Streckensenkung</b>	6	-0,13	-0,02	-0,06	0,04
<b>II ST-Streckenhebung</b>	1	0,06	0,06	0,06	

*Tabelle 4.33:* Anzahl, Minima, Maxima, Mittelwerte, sowie Standardabweichungen der ST-Streckensenkung; die Einheit ist mV.

### 4.1.4.15 SVP-Intervall

Der Mittelwert des SVP-Intervalls beträgt 0,30 Sek.. Der niedrigste ermittelte Wert liegt bei 0,30 Sek., der höchste bei 0,31 Sek.. Die Standardabweichung beträgt 0,00 (siehe Tabelle 4.34).

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard-abweichung
<b>SVP-Intervall</b>	2	0,30	0,31	0,30	0,00

*Tabelle 4.34:* Anzahl, Minima, Maxima, Mittelwerte, sowie Standardabweichungen des SVP-Intervall; die Einheit ist Sek..

### 4.1.4.16 Elektrische Herzachse

Der Mittelwert der elektrischen Herzachse liegt bei 64,95° mit einer Standardabweichung von 32,80. Der niedrigste ermittelte Wert liegt bei -3,00°, der höchste bei 109,00° (siehe Tabelle 4.35).

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard-abweichung
<b>Elektrische Herzachse</b>	15	-3	109	64,95	32,80

*Tabelle 4.35:* Anzahl, Minimum, Maximum, Mittelwert, sowie Standardabweichungen der elektrischen Herzachse; die Einheit in Grad

## 4.1.4.17 Einfluss der Kloakaltemperatur (KT) und der Körpermasse (KM)

Parameter	Einfluss auf	p	Korrelation	Gleichung für den Erwartungswert
<b>KT</b>	Elektrische Herzachse	0,301 (n.s.)		
	Herzfrequenz	0,008	positiv	$E(\text{Herzfrequenz}) = -61,693 \text{ Schläge/Minute} + 4,018 \text{ Schläge/Minute/}^\circ\text{C} \times \text{Kloakaltemperatur } ^\circ\text{C}$
	RR-Intervall	0,011	negativ	$E(\text{RR-Intervall Sek.}) = 4,731 \text{ Sek.} - 0,122 \text{ Sek./}^\circ\text{C} \times \text{Kloakaltemperatur } ^\circ\text{C}$
	RT-Intervall	0,037	negativ	$E(\text{RT-Intervall Sek.}) = 2,217 \text{ Sek.} - 0,053 \text{ Sek./}^\circ\text{C} \times \text{Kloakaltemperatur } ^\circ\text{C}$
	RT-Strecke	0,052 (n.s.)		
	PR-Intervall	0,061 (n.s.)		
	PR-Strecke	0,285 (n.s.)		
<b>KM</b>	RR-Intervall	0,068 (n.s.)		
	PR-Intervall	0,033	positiv	$E(\text{PR-Intervall Sek.}) = 0,274 \text{ Sek.} + 0,06 \text{ Sek./kg} \times \text{Körpermasse kg}$
	PR-Strecke	0,148 (n.s.)		
	RT-Intervall	0,02	positiv	$E(\text{RT-Intervall Sek.}) = 0,501 \text{ Sek.} + 0,134 \text{ Sek./kg} \times \text{Körpermasse kg}$
	RT-Strecke	0,043	positiv	$E(\text{RT-Strecke Sek.}) = 0,321 \text{ Sek.} + 0,11 \text{ Sek./kg} \times \text{Körpermasse kg}$

Tabelle 4.36: Einfluss der Kloakaltemperatur (KT) und der Körpermasse (KM)

## Ergebnisse

Parameter	Einfluss auf	p	Korrelation	Gleichung für den Erwartungswert
<b>KM</b>	QRS-Intervall	0,003	positiv	$E(\text{QRS-Intervall Sek.}) = 0,057 \text{ Sek.} + 0,026 \text{ Sek./kg} \times \text{Körpermasse kg}$
	Herzfrequenz	0,082 (n.s.)		
	P-Wellenhöhe	0,003	positiv	$E(\text{P-Wellenhöhe Sek.}) = 0,013 \text{ Sek.} + 0,059 \text{ Sek./kg} \times \text{Körpermasse kg}$
	R-Zackenhöhe	0,940 (n.s.)		
	T-Wellenhöhe	0,593 (n.s.)		
	T-Wellenbreite	0,387 (n.s.)		
	elektrische Herzachse (Geschlechtsunterschied)	0,861 (0,481) (n.s.)		

Tabelle 4.36: Einfluss der Kloakaltemperatur (KT) und der Körpermasse (KM); (Fortsetzung)

### 4.1.4.18 Einfluss der Herzfrequenz

Parameter	Einfluss auf	p	Korrelation	Gleichung für Erwartungswert
<b>Herz- frequenz</b>	RR-Intervall	0,046	negativ	$E(\text{RR-Intervall}) = 1,668 \text{ Sek.} - 0,014 \text{ Sek./Schläge/Minute} \times \text{Herzfrequenz Schläge/Minute}$
	elektrische Herzachse	0,517 (n.s.)		

Tabelle 4.37: Einfluss der Herzfrequenz

4.1.4.19 Einfluss des RR-Intervalls

Parameter	Einfluss auf	p	Korrelation	Gleichung für Erwartungswert
RR-Intervall	PR-Intervall	<0,001	positiv	$E(\text{PR-Intervall Sek.}) = 0,088 \text{ Sek.} + 0,225 \times \text{RR-Intervall Sek.}$
	PR-Strecke	<0,001	positiv	$E(\text{PR-Strecke Sek.}) = -0,027 \text{ Sek.} + 0,200 \times \text{RR-Intervall Sek.}$
	RT-Intervall	<0,001	positiv	$E(\text{RT- Intervall Sek.}) = 0,149 \text{ Sek.} + 0,436 \times \text{RR-Intervall Sek.}$
	RT-Strecke	<0,001	positiv	$E(\text{RT-Strecke Sek.}) = 0,002 \text{ Sek.} + 0,380 \times \text{RR-Intervall Sek.}$

Tabelle 4.38: Einfluss des RR-Intervalls

4.1.4.20 Einfluss des Serumkaliums und Serumkalziums

Parameter	Einfluss auf	p
Serumkalium	RT-Intervall	0,794 (n.s.)
	QRS-Intervall	0,151 (n.s.)
Serumkalzium	RT-Intervall	0,799 (n.s.)
	P-Wellenhöhe	0,773 (n.s.)
	T-Wellenhöhe	0,654 (n.s.)
	R-Wellenhöhe	0,933 (n.s.)

Tabelle 4.39: Einfluss des Serumkaliums und Serumkalziums

4.1.4.21 Einfluss der Erythrozytenzahl und des Hämatokrits

Parameter	Einfluss auf	p	Korrelation	Gleichung für Erwartungswert
Erythrozyten	T-Wellenhöhe	0,824 (n.s.)		
	P-Wellenhöhe	0,003	positiv	$E(\text{P-Wellenhöhe mV}) = -0,039 \text{ mV} + 0,192 \text{ mV}/\mu\text{l} \times \text{Erythrozytenzahl } \mu\text{l}$
	RR-Intervall	0,992 (n.s.)		
Hämatokrits	T-Wellenhöhe	0,634 (n.s.)		
	P-Wellenhöhe	0,651 (n.s.)		
	RR-Intervall	0,047	negativ	$E(\text{RR-Intervall Sek.}) = 3,313 \text{ Sek.} - 0,068 \text{ Sek.}/\% \times \text{Hämatokrit } \%$

Tabelle 4.40: Einfluss der Erythrozytenzahl und des Hämatokrits



#### 4.1.5 Vergleich von Tieren, die sowohl nicht narkotisiert als auch narkotisiert untersucht wurden

Es wurden die Tiere miteinander verglichen, die sowohl nicht narkotisiert als auch narkotisiert untersucht wurden. Mittelwerte, Anzahl, Standardabweichung und Differenz der Mittelwerte von nicht narkotisiert und narkotisiert können dem Anhang entnommen werden.

##### 4.1.5.1 Statistisch signifikante Unterschiede

Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den nicht narkotisierten und narkotisierten Tieren bei Herzfrequenz ( $p = 0,008$ ), RR-Intervall ( $p = 0,003$ ). T-Wellenbreite ( $p = 0,038$ ), RT-Intervall ( $p = 0,004$ ) und der RT-Strecke ( $p = 0,041$ ). Die Herzfrequenz sinkt im Mittel während der Narkose um 14 Schläge pro Minute, das RR-Intervall steigt im Mittel um 0,37 Sekunden, die T-Wellenbreite steigt im Mittel um 0,05 Sekunden, das RT-Intervall steigt im Mittel um 0,21 Sekunden und die RT-Strecke steigt im Mittel um 0,16 Sekunden.

##### 4.1.5.2 Keine statistisch signifikanten Unterschiede

Parameter	p
RR-Intervall Min	0,259 (n.s.)
RR-Intervall Max	0,261 (n.s.)
P-Wellenhöhe	0,319 (n.s.)
Q-Wellenhöhe	0,347 (n.s.)
R-Zackenhöhe	0,065 (n.s.)
S-Zackenhöhe	0,073 (n.s.)
P-Wellenbreite	0,058 (n.s.)
Q-Zackenbreite	0,347 (n.s.)
R-Zackenbreite	0,934 (n.s.)
S-Zackenbreite	0,200 (n.s.)

*Tabelle 4.41:* Parameter ohne statistisch signifikante Unterschiede zwischen narkotisierten und nicht narkotisierten Tieren

## Ergebnisse

Parameter	p
T-Wellenhöhe	0,299 (n.s.)
QRS-Intervall	0,293 (n.s.)
PR-Intervall	0,117 (n.s.)
PR-Strecke	0,060 (n.s.)
elektrische Herzachse	0,897 (n.s.)

*Tabelle 4.41:* Parameter ohne statistisch signifikante Unterschiede zwischen narkotisierten und nicht narkotisierten Tieren, (Fortsetzung)

### 4.2 Kaliumkonzentration im Serum

Die Kaliumkonzentration hat einen Mittelwert von 4,99 mmol/l. Der niedrigste gemessene Wert liegt bei 2,03 mmol/l und der höchste gemessene Wert bei 8,53 mmol/l. Die Standardabweichung beträgt 1,83 (siehe Tabelle 4.42).

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
<b>Kalium</b>	25	2,03	8,53	4,99	1,83

*Tabelle 4.42:* Anzahl, Minimum, Maximum, Mittelwert und Standardabweichung der Kaliumkonzentration im Serum in mmol/l

## 5 Diskussion

### 5.1 Zielsetzung der Untersuchung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die elektrokardiographische Untersuchung beim Grünen Leguan für die Diagnostik nutzbar zu machen, um eine Etablierung in der Reptilienmedizin zu ermöglichen.

In der Literatur ist beschrieben, dass das Elektrokardiogramm fast ausschließlich zur Ermittlung der Herzfrequenz muskelrelaxierter oder narkotisierter Reptilien genutzt werden kann (BONATH, 1977). FRYE (1991), PAGE (1993), MURRAY (1996), BENNETT (1991) und GIERLING und HYNES (2004) empfehlen den Einsatz der Elektrokardiographie für eine Narkoseüberwachung bei Reptilien, denn „die Herzfrequenz ist ein guter Indikator für Analgesie und Schmerzreaktion“ (LAWTON, 1997). Vereinzelt wurde das Elektrokardiogramm zur Diagnostik von Herzerkrankungen genutzt, wie z.B. bei einer Schlange mit hypertrophischer Kardiomyopathie (MURRAY, 1996).

Wegen einer zu geringen Anzahl veröffentlichter Normwerte ist die Möglichkeit der Interpretation des Elektrokardiogramms eingegrenzt (GIERLING und HYNES, 2004).

### 5.2 Fehlerquellen

Um Fehler bei der Aufzeichnung und Auswertung des Elektrokardiogramms zu dezimieren, wurde das Arbeitsschema strikt eingehalten und eine Auswertung mit Hilfe des digitalen Präzisionsmessschiebers durchgeführt, der eine Messgenauigkeit von 0,01 mm ermöglichte.

Die Anzahl der untersuchten nicht narkotisierten Tiere ist ausreichend, um eine genaue statistische Auswertung zu ermöglichen, die statistische Auswertung

der narkotisierten Tiere ist möglich, kann jedoch nur eine Tendenz aufzeigen, da die Datenbasis dieser Gruppe relativ klein ist.

### 5.3 Methode

Die Durchführung der Methode war einfach und das Elektrokardiogramm bot meist ein gut auswertbares Ergebnis. Die angewandte Zwangsmaßnahme kann die Herzfrequenz beeinträchtigen, jedoch stellt ein bei dieser Untersuchung nicht fixierter Grüner Leguan eine Gefahr für die untersuchungsdurchführende Person dar. Zudem birgt ein Untersuchungsraum Gefahren, denen die Tiere schutzlos ausgeliefert sind und ein sich in einer Stresssituation befindlicher Grüner Leguan lässt sich nur schwer einfangen.

Von einer Anwendung der Nadelelektroden wurde, in Anbetracht guter alternativer Methoden wie Krokodilklemmen, aus Tierschutzgründen abgesehen. Alternativ hätten auch selbsthaftende Elektroden in Kombination mit Krokodilklemmen genutzt werden können.

### 5.4 Ergebnisse der nicht narkotisierten Leguane

#### 5.4.1 Herzfrequenz

In dieser Arbeit beträgt der Mittelwert der Herzfrequenz bei einer mittleren Kloakaltemperatur von 26,48°C und einer mittleren Körpermasse von 1,50 kg, 60,87 Schläge pro Minute. ALBERT et al. (1999) hatten bei ihren Untersuchungen von *Iguana iguana* sowohl eine niedrigere mittlere Herzfrequenz von 53,20 Schlägen pro Minute ermittelt als auch eine niedrigere mittlere Körpermasse von 0,96 kg. Wie aus den Ergebnissen dieser Arbeit und der Studie von ALBERT et al. (1999) hervorgeht, sinkt die Herzfrequenz mit Zunahme der Körpermasse, deshalb hätte man eine höhere Herzfrequenz erwartet, es ist jedoch anzunehmen, dass die Tiere eine niedrigere Kloakaltemperatur hatten, da sie vor Beginn der Aufzeichnung mindestens eine Stunde im Untersuchungsraum bei 21-22°C verbrachten. Da mit abnehmender Temperatur die Herzfrequenz sinkt (MC DONALD und HEATH, 1971), ist

anzunehmen, dass dies der Grund für den niedrigeren Mittelwert der Herzfrequenz ist. Eine Messung der Kloakaltemperatur fand bei ALBERT et al. (1999) zur Zeit der Untersuchung nicht statt.

Der Mittelwert der Herzfrequenz von *Boiga irregularis* (Unterordnung: Serpentes; Schlangen) liegt bei 66,95 Schlägen pro Minute bei einer mittleren Körpertemperatur von 26,90 °C und einer mittleren Körpermasse von 0,36 kg (ANDERSON et al. 1999). Vor der Aufzeichnung des Elektrokardiogramms wurde den Tieren, die von ANDERSON et al. (1999) untersucht wurden, intrakardial 5 mg/kg Propofol injiziert. Dies führt durch eine Vasodilatation zu einem Blutdruckabfall mit einem reflektorischem Herzfrequenzanstieg (LÖSCHER, 1999). Damit ist die Ursache der höheren Herzfrequenz erklärbar. Des Weiteren ist fraglich, in wie weit die Elektrokardiogramme von Schlangen denen der Echsen ähneln und eine Beeinflussung der Aufzeichnung durch eine intrakardiale Injektion durch direkte Manipulation am zu untersuchenden Organ mit möglichen Folgeschäden wie ein Perikarderguss das Elektrokardiogramm beeinflussen.

Der Mittelwert der Herzfrequenz von *Gallotia bravoana* liegt bei 44 Schlägen pro Minute bei einer mittleren Körperkerntemperatur von 21 °C und einer mittleren Körpermassen von 0,17 kg (MARTINEZ-SILVESTRE, 2003). Die Herzfrequenz ist niedriger als die in dieser Arbeit ermittelte. Der Grund dafür kann wieder in der niedrigeren mittleren Körperkerntemperatur gesehen werden.

Eine Sinustachykardie, also ein regelmäßiger Sinusrhythmus oberhalb des Normbereichs, kann beim Säugetier durch folgende Faktoren verursacht werden (TILLEY, 1989):

physiologisch: Belastung, Schmerz, Zwangsmaßnahmen

pathologisch: Fieber, Hyperthyreoidismus, Schock, Anämie, Infektionen, Hypoxie, Stauungsinsuffizienz

medikamentös: Atropin, Adrenalin, Vasodilatoren

sonstige: Hexachlorophen Vergiftung, Elektroschock

Eine Sinusbradykardie, also eine regelmäßiger Sinusrhythmus unterhalb des Normbereichs kann beim Säugetier durch folgende Faktoren verursacht werden (TILLEY, 1989):

physiologisch: Vagotonus bedingt durch Druck auf den Carotissinus, Druck auf den Augapfel, erhöhter intrakranialer Druck, Hypothermie, Hypothyreoidismus  
pathologisch: durch Intoxikationen entstandene systemische Erkrankungen  
medikamentös: Tranquilizer, Propranolol, Digitalis, Anästhesie  
sonstige: ZNS-Schädigung

Da der Zusammenhang zwischen der Entstehung einer Sinusbradykardie durch Druck auf den Augapfel auch bei Reptilien besteht, wurde den Leguanen nur ein leichtes Tuch über die Augen gelegt.

Auch Erkrankungen der Schilddrüse wurden bei Reptilien diagnostiziert (IPPEN, 1985) und eine damit verbundene Dysfunktion der Schilddrüse ist somit vorstellbar.

### 5.4.2 RR-Intervall

Der Mittelwert des RR-Intervalls liegt in dieser Arbeit bei 1,07 Sek. (Standardabweichung: 0,33) und ähnelt dem Mittelwert von ANDERSON et al. (1999) bei *Boiga irregularis* mit 0,90 Sek. und dem von MARTINEZ-SILVESTRE (2003) bei *Gallotia bravoana* mit 1,34 Sek. ermittelten Wert. Das RR-Intervall von *Sphenodon punctatus* wurde von MC DONALD und HEATH (1971) mit 2,2 Sek. bei 25 °C ermittelt. Dieser Wert ist deutlich höher als der ermittelte Wert dieser Arbeit. *Sphenodon punctatus* ist ein Relikt aus früheren Erdzeitaltern und daher ein „lebendes Fossil“. Sie gehören zur Ordnung der Schnabelkopfformigen (Rhynchocephalia) und sind älter als 200 Mill. Jahre. Dies kann eine Erklärung für den deutlich unterschiedlichen Mittelwert geben.

In dieser Arbeit wurde ein maximales RR-Intervall mit 1,10 Sek. ermittelt und ein minimales RR-Intervall mit 1,07 Sek. Das ist eine Schwankung von ca. 3 %. Ein Vergleich mit anderen untersuchten Reptilien ist nicht möglich, da diese

Parameter nicht veröffentlicht oder untersucht wurden. Schwankungen bis zu 10 % sind bei Hunden und Katzen physiologisch (TILLEY, 1989).

### 5.4.3 P-Welle

In 36 (97 %) von 37 Aufzeichnungen konnte eine P-Welle gefunden werden, somit war nur in einem Elektrokardiogramm aufgrund einer zu kleinen Amplitude eine genaue Identifizierung der P-Welle unmöglich. In dieser Arbeit waren 30 P-Wellen (83 %) positiv, das heißt die Erregungsausbreitung läuft in Richtung positiver Elektrode (MARTIN, 2001; TILLEY, 1989) und zwei negativ (6 %), also verläuft die Erregungsausbreitung nicht direkt auf die positive Elektrode zu oder läuft von der positiven Elektrode weg. Negative P-Wellen haben nach TILLEY (1989) ihre Ursache in einer AV-Tachykardie hierbei „arbeitet ein ektopes Impulsbildungszentrum in der AV-Knotenregion als primärer Schrittmacher“. Dies führt im Elektrokardiogramm zu einer negativen P-Welle, die sowohl vor oder nach dem QRS-Komplex liegen können oder sogar von ihm überlagert werden. Bei den hier untersuchten Tieren lag die P-Welle vor dem QRS-Komplex. Eine AV-Tachykardie kann durch eine Digitalisintoxikation oder spontan entstanden sein. Dann kann die AV-Tachykardie durch einen Druck auf den Carotissinus oder Bulbus bei Digitalisintoxikationen kurzzeitig und bei spontan entstandener AV-Tachykardie vollkommen beseitigt werden. Eine Verabreichung von Digitalis hat bei den untersuchten Tieren nicht stattgefunden. Weitere Behandlungsmöglichkeiten sind bei TILLEY (1989) für Hund und Katze beschrieben.

Des Weiteren waren drei biphasische (-/+) P-Wellen (8 %) vorhanden. Da die erste Hälfte der P-Welle die Depolarisation des rechten und die zweite Hälfte der P-Welle die Depolarisation des linken Vorhofs darstellt (TILLEY, 1989), muss davon ausgegangen werden, dass die Depolarisation des rechten Vorhofs nicht direkt auf die positive Elektrode zuwandert, jedoch aber die Depolarisation des linken Vorhofs. In einer Aufzeichnung (3 %) kam es zu einem Wechsel der Polarität der P-Wellen. Die P-Welle war erst positiv/negativ und dann positiv. Dieser Wechsel entsteht bei einer Lageveränderung des

Herzens durch Bewegungen des Tieres oder bei passiver Beatmung in Narkose (VALLENTINUZZI, 1969b).

Der berechnete Mittelwert der P-Wellenhöhe mit 0,10 mV entspricht dem ermittelten Wert von ALBERT et al. (1999) mit 0,11 mV und dem Mittelwert von MARTINEZ-SILVESTRE (2003) mit 0,08 mV (Standardabweichung: 0,3). Der Mittelwertwert, der von ANDERSON et al. (1999) bei *Boiga irregularis* mit -0,0036 mV ermittelt wurde, liegt deutlich niedriger. Die Ursache der Negativität ist in einer unterschiedlichen Richtung der Erregungsausbreitung zu finden. Demnach verläuft die Erregungsausbreitung nicht direkt auf die positive Elektrode zu sondern eher von ihr weg. Da es sich bei den untersuchten Tieren um Schlangen und nicht um Echsen handelt, kann dies durch eine unterschiedliche Lage des Herzens im Thorax oder durch in einem anderen Winkel zum Herzen angebrachte Lagen der Elektroden zustande gekommen sein.

Der Mittelwert der P-Wellenbreite beträgt in dieser Arbeit 0,11 Sek. (Standardabweichung: 0,05) und entspricht dem ermittelten Wert von ALBERT et al. (1999) mit 0,06 Sek. (Standardabweichung: 0,03). Der Mittelwert der von ANDERSON et al. (1999) ermittelt wurde, liegt bei 0,04 Sek. und liegt etwas unter dem in dieser Arbeit ermittelten Wert. Die Ursache kann wiederum in einer unterschiedlichen Zugehörigkeit der Unterordnung liegen oder der Lage des Herzens im Thorax, bzw. in einem anderen Winkel zum Herzen angebrachte Elektroden.

MULLEN (1971) gibt für Echsen eine P-Wellenlänge von 0,02 Sek. an, dieser Wert liegt deutlich unter dem in dieser Arbeit ermittelten Wert. Ein Grund für den Unterschied kann möglicherweise in einer zu umfangreichen Zusammenfassung der einzelnen untersuchten Echsen gesehen werden, denn in der Studie von MULLEN (1991) wurden Tiere unterschiedlicher Familie z.B. Scincidae, Geckonidae und Iguanidae als eine Gruppe untersucht.

Eine Veränderung der P-Wellenhöhe kann beim Hund folgende Ursachen haben (TILLEY, 1989):



### Erhöhung:

Vergrößerung des rechten Vorhofs durch z.B. chronische Lungenerkrankungen, Trachealkollaps, Trikuspidalklappendysplasie und Herzwurmerkrankung

### Erniedrigung:

hochgradiger Perikarderguss, Hydrothorax, starke Adipositas

Eine Veränderung der P-Wellenbreite kann folgende Ursachen haben (TILLEY, 1989):

### Verlängerung:

Vergrößerung des linken Vorhofs durch z.B. Mitralklappeninsuffizienz, Aortenstenose, bei Katzen auch bei hypertropher oder dilatativer Kardiomyopathie

Eine Verlängerung der P-Wellenbreite und Erhöhung der P-Wellenhöhe kann folgende Ätiologie haben (TILLEY, 1989):

beidseitige Vorhofvergrößerung in Folge einer chronischen Mitral- und Trikuspidalklappeninsuffizienz, oder isolierter Mitralklappeninsuffizienz, bei Katzen auch durch eine hypertrophe Kardiomyopathie, teilweise bei dilatativer Kardiomyopathie

Eine Verlängerung der P-Wellenbreite mit Erniedrigung der P-Wellenhöhe kann durch eine Hyperkaliämie entstehen, dabei sind die QRS-Komplexe verbreitert und weisen kleine R-Zacken auf (TILLEY, 1989).

RISHNIW und CARMEL (1999) beschreiben bei einem ein Jahr alten Teppichpython eine Trikuspidalklappeninsuffizienz mit Vergrößerung des rechten Vorhofs. Sie vermuteten einen angeborenen Herzfehler.

#### 5.4.4 Q-Zacke

Ein Vergleich mit anderen Literaturangaben kann für Reptilien nicht gezogen werden, da keine Werte für diesen Parameter zu finden waren. Routinemäßig findet nur eine Messung des gesamten QRS-Komplexes statt.

#### 5.4.5 R-Zacke

Ein Vergleich mit anderen Literaturangaben für die Breite der R-Zacke bei Reptilien konnte nicht gezogen werden, da keine Angaben zu diesem Parameter gemacht wurden und routinemäßig nur eine Messung des QRS-Komplexes stattfindet.

Die R-Zackenhöhe hat in dieser Arbeit einen Mittelwert von 0,37 mV (Standardabweichung: 0,17). Dieser entspricht dem ermittelten Wert von ALBERT et al. (1999) mit 0,37 mV. Unter Berücksichtigung der Standardabweichung liegt der von ANDERSON et al. (1999) mit 0,515 mV ermittelte Wert noch innerhalb des in dieser Arbeit ermittelten Wertes. Der von MARTINEZ-SILVESTRE (2003) ermittelte Wert bei *Gallotia bravoana* ist mit 0,15 mV niedriger. Da es eine direkte Proportionalität zur Größe des Ausschlags mit der Dicke des aktivierten Muskels und der Nähe zur Elektrode gibt (TILLEY, 1989; SCHMIDT und THEWS, 1995), kann davon ausgegangen werden, dass dies der Grund für den kleineren Ausschlag ist. Denn eine deutlich niedrigere mittlere Körpermasse von 0,17 kg lässt darauf schließen, dass der Herzmuskel eine deutlich geringere Masse hat als bei Tieren mit einer mittleren Körpermasse von 1,50 kg.

Eine Erhöhung der R-Zacke kann durch folgende Ursachen entstehen (TILLEY, 1989):

physiologisch: trainierte Hunderassen

pathologisch: linksventrikuläre Vergrößerung, Sinustachykardie

Eine Erniedrigung der R-Zacke kann durch folgende Ursachen entstehen (TILLEY, 1989):

pathologisch: Hyperkaliämie, starke Adipositas, Perikarderguss

Da Reptilien nur einen Ventrikel besitzen, muss wahrscheinlich eine Vergrößerung des gesamten Ventrikels vorliegen, um einer Erhöhung der R-Zackenhöhe zu erhalten. Beschrieben wurde eine Kardiomegalie mit Tachykardie bei einer Kornnatter (GIRLING und HYNES, 2004), bei der die Amplituden der P-Welle und des QRS-Komplexes erhöht waren und eine Kerbung in der R-Zacke zu erkennen war. Eine Ätiologie wurde nicht beschrieben.

### 5.4.6 S-Zacke

Die S-Zacke hat in dieser Arbeit einen Mittelwert von  $-0,05$  mV (Standardabweichung:  $0,07$ ) und stimmt mit dem Wert von ALBERT et al. (1999) mit  $-0,06$  mV (Standardabweichung:  $0,05$ ) und dem Wert von MARTINEZ-SILVESTRE (2003) mit  $-0,03$  mV (Standardabweichung:  $0,01$ ) überein.

Ein Vergleich der S-Zackenbreite konnte mit anderen Literaturangaben nicht gezogen werden, da keine Werte für diesen Parameter zu finden waren.

Eine Vergrößerung der Höhe der S-Zacke in verschiedenen Ableitungen weist beim Hund und bei der Katze auf eine rechtsventrikuläre Vergrößerung durch z.B. eine Pulmonalstenose hin, bei einer zusätzlichen Verbreiterung der S-Zacke kann ein Hemiblock (Faszikelblock), dies ist eine Blockade der Reizleitung, an einem der drei Äste des Tawara-Schenkels, die Ursache für die Veränderung im Elektrokardiogramm sein (TILLEY, 1989). Der Tawara-Schenkel verläuft in der Mitte des Kammerseptums. Es ist fraglich, in wie weit Rückschlüsse für Reptilien in diesem Zusammenhang gezogen werden können, da Reptilien mit Ausnahme der Krokodile kein vollständiges Ventrikelseptum besitzen und die Reizleitung funktionshistologisch nicht beschrieben ist.

### 5.4.7 SV-Welle

Die Position der SV-Welle wird in der Literatur unterschiedlich angegeben. GIRLING und HYNES (2004) gehen ebenso wie VALENTINUZZI et al. (1969c) und MARTINEZ-SILVESTRE (2003) davon aus, dass die SV-Welle vor der P-Welle liegt. In dieser Arbeit sowie bei MULLEN (1967) wurde davon ausgegangen, dass die SV-Welle noch vor der T-Welle liegt bzw. bei ANDERSON et al. (1999) in der Anfangsphase der T-Welle liegt.

Abweichend von VALENTINUZZI et al. (1969c), die nur bei narkotisierten Schlangen eine SV-Welle erkannten, konnte hier auch bei nicht narkotisierten Tieren eine SV-Welle bestimmt werden. Auch ANDERSON et al. (1999) erkannten bei einer mit Propofol anästhesierten Schlange eine SV-Welle. Sie geben jedoch keinen Messwert an. ALBERT et al. (1999) konnten bei zehn untersuchten Leguan keine SV-Welle erkennen, geben jedoch auch nicht an, dass sie möglicherweise existieren. Fraglich bleibt, welche der Definition der SV-Welle, also entweder vor der T-Welle oder vor der P-Welle, richtig ist. Eine Lösung könnte sich durch einen Vergleich der RT-Intervalle mit, RSV-Intervallen bei Untersuchungen mit größeren Datensätzen ergeben.

Laut MULLEN (1971) ist die SV-Welle sehr klein und monophasisch, dies stimmt mit den hier erhobenen Daten überein, jedoch konnte sie bei 16 % der untersuchten Tiere gefunden werden und nicht - wie von MULLEN angegeben - bei weniger als 10 %. Er nutzte für die Aufzeichnung einen geringeren Verstärkungsgrad mit 20 mm/mV. Da der Ausschlag der SV-Welle sehr klein ist, konnte dieser mit einem Verstärkungsgrad von 40 mm/mV, wie er in dieser Arbeit verwendet wurde, wahrscheinlich besser erkannt werden.

Für die SV-Welle konnte nur die Angabe von MARTINEZ-SILVESTRE (2003) in der Literatur gefunden werden. Die SV-Wellenbreite beträgt 0,12 Sek. (Standardabweichung: 0,05) also noch in dem in dieser Arbeit ermittelten Bereich von 0,06 Sek. (Standardabweichung: 0,01). Die Höhe gibt MARTINEZ-SILVESTRE (2003) mit 0,13 mV (Standardabweichung: 0,05) an und liegt damit deutlich über dem hier ermittelten Wert mit 0,00 mV (Standardabweichung:

0,02). Ursache der Unterschiedlichkeit kann sowohl an einer nicht übereinstimmenden Definition der SV-Welle als auch an unterschiedlich angebrachten Elektroden begründet sein, denn die schwarze und grüne Elektrode sind bei MARTINEZ-SILVESTRE (2003) näher am Herzen angebracht worden als in dieser Untersuchung, was zu einem höherem Ausschlag führt.

### 5.4.8 T-Welle

Der berechnete Mittelwert der T-Wellenbreite mit 0,11 Sek. (Standardabweichung:0,04) ist dem ermittelten Wert von ALBERT et al. (1999) bzw. MARTINEZ-SILVESTRE (2003) mit 0,12 Sek. (Standardabweichung: 0,05 bzw. 0,03), ähnlich und etwas niedriger als der von ANDERSON et al. (1999) mit 0,15 Sek. ermittelte Wert. Dies kann wiederum an der unterschiedlichen Zugehörigkeit der Familien begründet sein. MULLEN (1971) gibt für Echsen eine durchschnittliche Länge von 0,07 Sek. an. Da MULLEN (1971) für die Anästhesie der untersuchten Echsen Pentobarbital einsetzte und dieses atemdepressiv wirkt (LÖSCHER, 1999), hätte man als Folge der Hypoxie auch eine größere T-Welle (TILLEY, 1989) erwarten können. Die fehlende Aufschlüsselung der Ergebnisse in die unterschiedlichen Familien der untersuchten Tiere von MULLEN (1971) macht den Vergleich zusätzlich schwierig, jedoch ähneln sie sich.

Von 37 Elektrokardiogrammen war in zehn (27 %) Aufzeichnungen keine T-Welle vorhanden. Von 27 Aufzeichnungen in denen T-Wellen (73 %) gefunden wurden, waren neun (33 %) negativ, vier (15 %) gleich null und 14 positiv (52 %). Dies stimmt nicht mit den Aussagen von GIRLING und HYNES (2004) und MULLEN (1971) überein, die besagen, dass normalerweise in einem Elektrokardiogramm eine T-Welle vorhanden ist (GIRLING und HYNES, 2004) und positiv bzw. gelegentlich negativ ist (MULLEN, 1971). Das bedeutet, dass bei einer negativen Welle ein Repolarisationsstrom von der positiven Elektrode weg verläuft und es zu einem größeren elektrischen Potential an der negativen Elektrode kommt und so zu einem negativen Ausschlag. Beim Menschen entstehen negative T-Wellen bei einer koronaren Herzerkrankung,

Hypertrophie, Perikarditis oder Myokarditis (SO, 1993). Fraglich ist, wie gravierend die Richtung der T-Welle für die Aussage der Herzgesundheit ist, da z.B. bei Hunden die Polarität der T-Wellen stark variiert und exakte Normalbefunde nicht bekannt sind (TILLEY, 1989).

Nur 50 % der T-Wellen sind positiv und somit läuft der Repolarisationsstrom auf die positive Elektrode zu. Während in 18 % der Fälle ein Repolarisationsstrom senkrecht zu einer gedachten Linie zwischen der positiven und negativen Elektrode verläuft und zu keinem Ausschlag führt.

Auch bei Hunden und Katzen kann die T-Welle positiv, negativ oder biphasisch sein (TILLEY, 1989).

Die hier ermittelte T-Wellenhöhe beträgt 0,00 mV (Standardabweichung: 0,10). Die in der Literatur gemachten Angaben liegen im Mittel höher als der hier ermittelte Wert (ALBERT et al., (1999): 0,11 mV (Standardabweichung: 0,06); MARTINZ-SILVESTRE (2003): 0,07 mV (Standardabweichung 0,04). Bezieht man die Standardabweichung mit in die Interpretation ein, existiert eine Überschneidung der Ergebnisse. ANDERSON et al. (1999) geben einen deutlich höheren Mittelwert für die T-Wellenhöhe mit 0,3921 mV an. Da die elektrische Leitfähigkeit nicht in allen Geweben gleich ist (TILLEY, 1989), kann eine Ursache des höheren Ausschlags in einer höheren elektrischen Leitfähigkeit des Gewebes im Bereich des Herzens bei Schlangen liegen. Das Herz von Schlangen ist näher an der Körperoberfläche als bei Echsen lokalisiert. Da es eine direkte Proportionalität zur Größe des Ausschlags und der Nähe zur Elektrode gibt (TILLEY, 1989; SCHMIDT und THEWS, 1995), kann dies ein Grund für den höheren Ausschlag sein.

Ursachen für eine Vergrößerung der T-Welle (TILLEY, 1989):

Hypoxie des Myokards (z. B. bei einer Hypoventilation, Narkosezwischenfall), intraventrikuläre Erregungsleitungsstörungen wie bei Schenkelblockaden, biventrikuläre oder linksventrikuläre Vergrößerung

Ursachen für eine Vergrößerung mit Bildung einer Spitze (SCHMIDT und KURZBEIN, 1995):

Anämie, metabolische Erkrankungen wie z. B. bei einer Hyperkaliämie

Vergrößerte und breite T-Welle entstehen durch ZNS-Störungen während kleine und biphasische T-Wellen durch eine Hypokaliämie zustande kommen.

Ursachen für eine Verkleinerung:

Hypokaliämie

Anämie, Elektrolytungleichgewicht, Hypoxie und ZNS-Störung kommen bei Reptilien als Veränderung vor und daher als mögliche Ursachen für T-Wellenveränderungen vorstellbar.

### 5.4.9 QRS-Intervall

Das QRS-Intervall ist häufig allein durch eine R-Welle repräsentiert (GIRLING und HYNES, 2004), diese Aussage kann durch die Ergebnisse dieser Arbeit unterstützt werden. Denn nur in einer von 37 Aufzeichnungen konnte eine Q-Zacke in der II Ableitung gefunden werden. Zudem war nur in neun von 37 Aufzeichnungen eine S-Zacke in der II Ableitung sichtbar.

Der in dieser Arbeit berechnete Mittelwert des QRS-Intervalls beträgt 0,10 Sek. (Standardabweichung: 0,05) und stimmt mit dem von ALBERT et al. (1999) ermittelten Wert von 0,09 Sek. (Standardabweichung: 0,05) und dem von ANDERSON et al. (1999) mit 0,0874 Sek. überein.

Eine Verlängerung des QRS-Intervalls kann durch eine Hyperkaliämie, linksventrikuläre, rechtsventrikuläre oder biventrikuläre Vergrößerung entstehen. Stärkere Verlängerungen der QRS-Intervalle können durch einen Rechts- oder Linksschenkelblock oder durch einen Rechtsschenkelblock mit linksanteriorem Hemiblock entstehen. Bei einem Linksschenkelblock kommt es zu einer Verzögerung oder Blockierung der Erregungsleitung des linken Tawara-Schenkels. Eine Depolarisation entsteht dann erst zeitverzögert über

distale Fasern des rechten Tawara- Schenkels und führt so zu einer Verbreiterung des QRS-Komplexes. Bei einem Rechtsschenkelblock wird die Erregungsleitung des rechten Tawara-Schenkel verzögert oder blockiert und die Depolarisation entsteht zeitverzögert über die distale Fasern des linken Tawara-Schenkels, was auch zu einer Verbreiterung des QRS-Komplexes führt. Bei einem linksanterioren Hemiblock entsteht eine Leitungsstörung des linken anterioren Teils, des sich in drei Äste aufteilenden Tawara-Schenkels (TILLEY, 1989). Bei einer Kornnatter (GIERLING und HYNES, 2004) und einem Python (MURRAY, 1996) mit Kardiomegalie sind Verbreiterungen der QRS-Komplexe beschrieben.

### 5.4.10 PR-Intervall und PR-Strecke

Das PR-Intervall hat bei ALBERT et al. (1999) eine Größe von 0,31 Sek. (Standardabweichung: 0,12) bei einer mittleren Körpermasse von 0,96 kg und ist dem in dieser Arbeit berechneten Wert von 0,38 (Standardabweichung: 0,14) ähnlich. Der niedrigere Mittelwert ist durch die geringere mittlere Körpermasse zu erklären. Wie aus dieser Studie und der Studie von ALBERT et al. (1999) hervorgeht, besteht eine positive Korrelation zwischen der Körpermasse und dem PR-Intervall, so dass durch die niedrigere mittlere Körpermasse von 0,96 kg der von ALBERT et al. (1999) untersuchten Tiere auch ein kürzeres PR-Intervall entsteht. Wie aus dieser Arbeit hervorgeht, sinkt mit steigender Körpertemperatur das PR-Intervall. In diesem Fall muss das Gewicht einen größeren Einfluss auf das PR-Intervall haben als die Temperatur. Wendet man die im Ergebnisteil aufgeführten Gleichungen für den Erwartungswert des PR-Intervalls an, so würde sich bei 5°C Unterschied das PR-Intervall um 0,10 Sek. verkürzen und bei einem Massenunterschied von 0,54 kg würde sich das PR-Intervall um 0,20 Sek. verlängern, das heißt netto 0,10 Sek. länger. Damit läge es bei 0,41 Sek.. Wahrscheinlich ist der Mittelwert, der von MC DONALD und HEATH (1971) für *Sphenodon punctatus* mit 0,43 Sek. angegeben wurde trotz geringerer mittlerer Körpermasse höher, weil sie einer anderen Ordnung angehören. Der von ANDERSON et al. (1999) für *Boiga irregularis* mit 0,202 Sek. ermittelte Wert und der von MARTINEZ-SILVESTRE (2003) für *Gallotia bravoana* mit 0,15 Sek. ermittelte Wert ist deutlich kürzer. Der Grund kann in



einer unterschiedlichen Zugehörigkeit der Unterordnung bzw. Familie gesehen werden oder aber in einer niedrigeren mittleren Körpermasse der untersuchten Tiere (*Boiga irregularis*: 0,375 kg; *Gallotia bravoana*: 0,166 kg).

Eine Verlängerung des PQ-Intervalls kann durch einen AV-Block verursacht sein. Je nach Stärke der Verlängerung wird ein AV-Block I., II. oder III. Grades unterschieden. Ein AV-Block entsteht durch eine verzögerte oder unterbrochene Erregungsüberleitung vom Sinusknoten zum AV-Knoten oder Hische-Bündel oder rechter und linker Tawara-Schenkel. Altersbedingte Degeneration am Herzmuskel können zu einem AV-Block I. Grades führen. Diese Diagnose wird häufig bei klinisch unauffälligen älteren Tieren gestellt. Von einem AV-Block II. Grades spricht man, wenn nicht nach jeder P-Welle ein QRS-Komplex folgt, dies kann z.B. durch eine Digitalisintoxikation verursacht sein. Ein AV-Block III. Grades ist durch eine voneinander unabhängige Vorhof- und Kammerdepolarisation gekennzeichnet. Dabei ist die Vorhoffrequenz höher als die der Kammer. Mögliche Ursachen sind: Digitalisintoxikation, hypertrophe Kardiomyopathie, Endokarditis oder Hyperkaliämie (TILLEY, 1989).

Da der Einsatz herzwirksamer Pharmaka in der Reptilienmedizin noch sehr gering ist, ist eine Digitalisintoxikation durch Medikamente selten, eine Vergiftung ist durch die Aufnahme der Digitoxinhaltigen Blätter von *Digitalis purpurea* (Roter Fingerhut) sehr unwahrscheinlich, jedoch nicht ausschließbar. Durch Bakterien verursachte Endokarditiden sind bei Reptilien beobachtet worden (WILLIAMS, 1997).

Ein Vergleich mit Literaturangaben für die PR-Strecke konnte nicht gezogen werden, da keine Werte zu finden waren.

### 5.4.11 RT-Intervall, RT-Strecke und ST-Strecke

Da in diese Arbeit nur eine erkennbare Q-Zacke in Ableitung II vorhanden war, wurde das RT-Intervall gemessen. Ein Vergleich ist mit dem Ergebnis von ALBERT et al. (1999) dennoch möglich, da auch sie nicht immer eine Q-Zacke erkennen konnte. Somit ist nur die Benennung der Intervalle unterschiedlich.

Das RT-Intervall beträgt in dieser Arbeit 0,65 Sek. (Standardabweichung: 0,18) ist gleich dem gemessenen Wert von ALBERT et al. (1999) mit 0,62 Sek. (Standardabweichung: 0,23), ANDERSON et al. (1999) mit 0,65 Sek. und MC DONALD und HEATH (1971) mit 0,67 Sek.. Das mit 0,21 Sek. angegebene QT-Intervall von MARTINEZ-SILVESTRE (2003) ist niedriger. Laut ALBERT et al. (1999) besteht eine positive Korrelation zwischen dem Gewicht und dem QT-Intervall bzw. der ST-Strecke. Der Einfluss konnte auch in dieser Arbeit gefunden werden, außerdem konnte eine negative Korrelation zwischen der Temperatur und dem RT-Intervall bzw. der RT-Strecke beobachtet werden. Da die Tiere, die von MARTINEZ-SILVESTRE (2003) untersucht wurden im Vergleich eine niedrigere mittlere Körpermasse und Kloakaltemperatur hatten, muss der Einfluss des Gewichts auf das QT- bzw. RT-Intervall stärker sein als der Einfluss der Temperatur.

MULLEN (1971) gibt für das QT-Intervall der Echsen einen niedrigeren Wert von 0,35 Sek. an. Durch die Tatsache einer statistisch signifikanten, negativen Korrelation der Herzfrequenz und dem RR-Intervall (ALBERT et al., 1999) und der einer möglichen durch Pentobarbital verursachten Tachykardie (Löscher, 1999) ist ein kürzeres QT-Intervall unter der Voraussetzung einer höheren Herzfrequenz der von MULLEN (1971) untersuchten Tiere erklärbar.

Eine Verlängerung des QT-Intervalls kann durch folgende Ursachen entstehen (SCHMIDT und KURZBEIN, 1995):

Bradykardie, Hypokalzämie, Hypokaliämie, Hyperkaliämie, Hypothermie, intraventrikuläre Erregungsleitungsstörungen

Eine Verkürzung des QT-Intervalls kann durch folgende Ursachen entstehen (SCHMIDT und KURZBEIN, 1995):

Tachykardie, Hyperkalzämie, Hyperkaliämie, Digitalistherapie

Eine Hypokalzämie wird bei Reptilien häufig diagnostiziert. Deren Ursache kann in einem Mangel an Kalzium bei höherem Bedarf, wie bei Leguanen die Eier anbauen oder durch ein Missverhältnis von Kalzium und Phosphat in der

Nahrung, aber auch durch unzureichende Bestrahlung mit UV-Licht mit einer daraus resultierenden Vitamin D<sub>3</sub> Unterversorgung, verursacht sein.

Eine Hyperkalzämie kann durch eine Überversorgung bei Zusatzfütterung von Vitamin D entstehen (DÄMMRICH, 1991), diese „wird häufig bei Iguaniden und Schildkröten beobachtet“ (BAUR und HOFFMANN, 2005).

Eine Hyperkaliämie kann unter anderem durch eine akute Niereninsuffizienz oder einer metabolischen Azidose entstehen, während eine Hypokaliämie z.B. durch eine chronische Niereninsuffizienz entsteht (SCHREY, 2001).

Aus sechs vorhandenen ST-Strecken wurde ein Mittelwert von 0,42 Sek. (Standardabweichung: 0,18) berechnet, dieser entspricht dem mit 0,41 Sek. (Standardabweichung: 0,16) ermittelten Wert von ALBERT et al. (1999). Der Mittelwert der RT-Strecke beträgt 0,45 Sek. (Standardabweichung: 0,15). Ein Vergleich mit in der Literatur gemachten Angaben konnte nicht vollzogen werden, da keine Vergleichsdaten gefunden wurden.

Laut TILLEY (1989) ist die Form der ST-Strecke von Bedeutung, denn Veränderungen der ST-Strecke entstehen sekundär durch Veränderungen des Kammerkomplexes.

### 5.4.12 ST-Streckensenkung und ST-Streckenhebung

Wegen fehlender Angaben kann ein Vergleich mit in der Literatur gemachten Angaben für die Größe der ST-Streckensenkung bzw. -hebung nicht vollzogen werden.

AKERS und DAMM (1963), die elektrokardiographische Untersuchungen bei Schildkröten durchführten, kamen zu dem Ergebnis, dass Kloakaltemperaturen über 25 °C zu einer Hebung der ST-Strecke führen. Ein Ergebnis dieser Arbeit ist, dass Tiere mit einer Kloakaltemperatur über 25 °C sowohl eine ST-Streckensenkung haben als auch eine ST-Strecke auf Höhe der isoelektrischen Linie.

Ein Vergleich mit Normalwerten bei Hund und Katze ist nicht sinnvoll, da hier nur absolute Wert angegeben werden und die Höhe aller Ausschläge die der Reptilien deutlich übersteigen.

Ursachen einer ST-Streckenhebung sind (SCHMIDT und KURZBEIN, 1995):

Myokardinfarkt, Perikarderguss, Perikarditis, Hypoxie des Myokards (z.B. bei zu tiefer Narkose), Digitalisintoxikation

Ursachen einer ST-Streckensenkung sind (SCHMIDT und KURZBEIN, 1995):

akuter Myokardinfarkt, Hypoxie des Myokards, Hyper- und Hypokaliämie, Digitalisintoxikation, Traumen des Myokards

Eine lokale Gewebsnekrose aufgrund eines Sauerstoffmangels (Infarkt) ist beim Tier seltener als bei Menschen. Beim Geflügel entstehen Myokardinfarkte infolge einer Einschwemmung von Emboli aus einer Endokarditis oder in selteneren Fällen durch Stress (DROMMER, 1991).

Ein Beispiel für eine nicht erregerbedingte Perikarditis bei Reptilien ist die Perikarditis urica, die durch allgemeine Gicht entsteht (DROMMER, 1991).

### 5.4.13 SVP-Intervall

MULLEN (1967) gibt für Echsen ein SVP-Intervall von 0,20 Sek. an. Dieser Wert ist niedriger als der in dieser Arbeit ermittelte mit von 0,29 Sek. (Standardabweichung: 0,06). Eine Erklärung kann wiederum die Komplexion unterschiedlicher Familien bieten.

### 5.4.14 Elektrische Herzachse

Die in der Literatur (ALBERT et al. (1999): 77,6°; MARTINEZ-SILVESTRE (2003): 80°) gemachten Angaben der mittleren elektrischen Herzachse stimmen mit dem in dieser Arbeit berechnetem Ergebnis von 66,26 ° (Standardabweichung: 31,33) überein.

Eine Beobachtung dieser Arbeit ist, dass eine zunehmende Körpermasse zu einer Senkung der elektrischen Herzachse führt, so ist der etwas höhere Mittelwert durch die niedriger mittlere Körpermasse der von ANDERSON et al. (1999) und MARTINEZ-SILVESTRE (2003) untersuchten Tiere verursacht.

Bei Katzen wurde eine Veränderung der elektrischen Herzachse bei einem aufgetriebenen Bauch oder bei einer Veränderung der Herzfrequenz beobachtet, bedingt durch eine Lageveränderung des Herzens, das durch ein sehr lockeres Mediastinum möglich ist (TILLEY, 1989).

Eine Linksabweichung bezeichnet eine elektrische Herzachse unter dem ermittelten Normbereich, eine Rechtsabweichung das Überschreiten des Normbereiches (TILLEY, 1989). Da sich die elektrische Herzachse aus den Amplituden des QRS-Komplexes ableitet, sind Zustände, die zu einer Erhöhung oder Erniedrigung einzelner Amplituden führen als Ursache einer vom Normwert abweichenden elektrischen Herzachse möglich.

### 5.4.15 Einfluss der Herzfrequenz auf das RR-Intervall

Es besteht eine statistisch signifikante, negative Korrelation zwischen der Herzfrequenz und dem RR-Intervall. Da die Herzfrequenz über das RR-Intervall berechnet wird, stehen sie in direktem antiproportionalem Zusammenhang.

### 5.4.16 Einfluss der Körpermasse oder des Geschlechts auf die elektrische Herzachse

Es besteht eine statistisch signifikante, negative Korrelation zwischen der Körpermasse und der elektrischen Herzachse. Durch eine Körpermassenzunahme sinkt die elektrische Herzachse, das heißt der mittlere QRS-Vektor ist nach links abgedreht und führt so zu einer Senkung der elektrischen Herzachse. Eine Erklärung könnte ein größerer Fettkörper sein, der die Lage des Herzens nach links verschiebt, bedingt durch eine lockere Befestigung des Herzens im Thorax. Für eine nach rechts gerichtete Abdrehung

wäre eine Körpermassenabnahme mit Verkleinerung des Fettkörpers und einer daraus folgenden Lageveränderung des Herzens denkbar.

Geschlechtsunterschiede konnten nicht festgestellt werden.

### 5.4.17 Einfluss der Herzfrequenz auf die elektrische Herzachse

Die Herzfrequenz hat einen statistisch signifikanten, positiven Einfluss auf die elektrische Herzachse. Dieser Einfluss müsste mit einer nach rechts bzw. links gerichteten Lageveränderung des Herzens bei einer Erhöhung bzw.

Erniedrigung der Herzfrequenz im Zusammenhang stehen. Beim Grünen Leguan ist das Herz locker im Thorax befestigt, was eine Lageveränderung möglich macht.

### 5.4.18 Einfluss der Nasen-Kloaken-Länge auf die elektrische Herzachse

Es besteht eine statistisch signifikante, negative Korrelation zwischen der Nasen-Kloaken-Länge und der elektrischen Herzachse. Größere Leguane haben eine niedrigere elektrische Herzachse als kleinere. Dies ist wie beim Hund durch einen verbreiterten Thorax begründet, der zu einer eher waagrecht liegenden Herzachse führt (TILLEY, 1989). Kleine Leguane haben im Verhältnis einen eher schmalen Thorax als größere.

### 5.4.19 Einfluss der Kloakaltemperatur auf die elektrische Herzachse

Die Kloakaltemperatur hat keinen statistisch signifikanten Einfluss auf die elektrische Herzachse und wurde nur wegen eines statistisch signifikanten Einflusses der Herzfrequenz auf die elektrische Herzachse untersucht.

#### 5.4.20 Einfluss der Körpermasse und der Kloakaltemperatur auf das RR-Intervall

Es besteht eine statistisch signifikante, positive Korrelation zwischen der Körpermasse und dem RR-Intervall. Das heißt, mit Abnahme der Körpermasse steigt die Herzfrequenz und umgekehrt. Da ein erhöhter Sauerstoffbedarf zu einer Erhöhung der Herzfrequenz führt und laut CALDER (1984) kleinere Tiere eine größere Körperoberfläche und einen höheren Sauerstoffbedarf pro Gewichtseinheit haben als größere Tiere, ist ein Abnahme des RR-Intervalls bei kleineren bzw. leichteren Tieren erklärbar, da sie zu einer höheren Herzfrequenz führt.

Des weiteren besteht eine statistisch signifikante, negative Korrelation zwischen Kloakaltemperatur und dem RR-Intervall. Da die Herzfrequenz bei steigendem Sauerstoffbedarf steigt und sich mit steigender Temperatur der Sauerstoffbedarf eines Gewebes erhöht (GROTE, 1997), sinkt mit steigender Kloakaltemperatur das RR-Intervall, welches sich antiproportional zur Herzfrequenz verhält.

#### 5.4.21 Einfluss der Kloakaltemperatur auf die RT-Strecke und das RT-Intervall

Es besteht eine statistisch signifikante, negative Korrelation zwischen der Kloakaltemperatur und dem RT-Intervall bzw. der RT-Strecke.

Da sich der Sauerstoffbedarf eines Gewebes mit steigender Temperatur erhöht (GROTE, 1997) und damit eine Hypoxie des Myokards vorstellbar ist, könnte die Verkürzung der RT-Strecke durch eine Hypoxie bedingte Vergrößerung der T-Welle verursacht sein. Da jedoch auch eine statistisch signifikante, negative Korrelation zwischen der Herzfrequenz und dem RT-Intervall bzw. RR-Intervall existiert, muss davon ausgegangen werden, dass die Verkürzung eher durch die höhere Herzfrequenz bedingt ist, denn die Herzfrequenz wird durch eine statistisch signifikante, positive Korrelation zur Kloakaltemperatur beeinflusst. Allgemein kann gesagt werden, dass alle elektrochemischen Übertragungen in

Nerven und Muskelgewebe einer Temperaturabhängigkeit unterliegen, da sich mit Erhöhung der Temperatur um zehn °C die Reaktionsgeschwindigkeit verdoppeln bis vervierfachen kann. Dass sich das RT-Intervall bei Hypothermie verlängert, wurde auch beim Kleintier beobachtet (TILLEY, 1989).

### 5.4.22 Einfluss der Kloakaltemperatur auf das PR-Intervall und PR-Strecke

Es besteht eine statistisch signifikante, negative Korrelation zwischen der Kloakaltemperatur und dem PR-Intervall bzw. der PR-Strecke. Wegen einer herabgesetzten neuromuskulären Leitfähigkeit bei einer Temperaturreduzierung (BONATH, 1985) kann die Wirkung der Kloakaltemperatur auf das PR-Intervall bzw. PR-Strecke erklärt werden, hierbei kommt es zu einer Senkung der Erregungsleitung und damit zu einer Erhöhung des Zeitintervalls.

### 5.4.23 Einfluss des RR-Intervalls auf das PR-Intervall und die PR-Strecke

In dieser Arbeit wurde eine statistisch signifikante, positive Korrelation zwischen dem RR-Intervall und dem PR-Intervall bzw. der PR-Strecke beobachtet. Da das RR-Intervall temperaturabhängig ist und mit sinkender Temperatur eine Zunahme des RR-Intervalls aufgrund einer herabgesetzten Leitfähigkeit zu vermerken ist, steigt auch das PR-Intervall und die PR-Strecke, welche einen Teil des RR-Intervalls darstellen und der gleichen Temperaturabhängigkeit unterliegen. Deshalb führt eine Verlängerung des RR-Intervalls auch zu einer Verlängerung des PR-Intervall und der PR-Strecke.

### 5.4.24 Einfluss des RR-Intervalls auf das RT-Intervall und die RT-Strecke

Das RT-Intervall und die RT-Strecke sind Bestandteile des RR-Intervalls und deshalb besteht eine statistisch signifikante, positive Korrelation zwischen dem RR-Intervall und dem RT-Intervall, das einer Temperaturabhängigen und Masseabhängigen neuromuskulären Leitfähigkeit unterliegt. Die Länge der RT-



bzw. ST-Strecke hat bei Hund und Katze keine klinische Relevanz (TILLEY, 1989).

#### 5.4.25 Einfluss der Körpermasse auf das PR-Intervall und die PR-Strecke

Wie auch ALBERT et al. (1999) feststellten, besteht eine statistisch signifikante, positive Korrelation zwischen der Körpermasse und dem PR-Intervall. Aus dieser Arbeit geht hervor, dass jedoch keine statistische Signifikanz zwischen der Körpermasse und der PR-Strecke existiert.

Der Einfluss, den die Körpermasse auf das PR-Intervall nimmt, ist demnach durch eine körpermassenabhängige Veränderung der relativen Herzmasse zu erklären. Denn die Herzmasse wirkt sich auf die Ausschläge im Elektrokardiogramm aus, genauer gesagt, eine Zunahme bzw. Abnahme der Muskulatur der Vorhöfe führt zu einer Vergrößerung bzw. Verkleinerung der P-Welle.

#### 5.4.26 Einfluss der Körpermasse auf das RT-Intervall und die RT-Strecke

Es besteht eine statistisch signifikante, positive Korrelation zwischen der Körpermasse und dem RT-Intervall bzw. der RT-Strecke. Da mit steigender Körpermasse die relative Herzmasse zunimmt, steigt auch das RT-Intervall, da es sich proportional zur Muskelmasse verhält und ein großer Muskel für seine Erregung mehr Zeit braucht als ein kleiner.

Die Länge der RT-Strecke bzw. ST-Strecke hat bei Hund und Katze keine klinische Relevanz (TILLEY, 1989).

#### 5.4.27 Einfluss der Körpermasse auf das QRS-Intervall

Die statistisch signifikante, positive Korrelation der Körpermasse auf das QRS-Intervall die auch von ALBERT et al. (1999) beschrieben wurden, ist durch eine

Erhöhung der relativen Herzmasse mit steigendem Gewicht zu erklären, da ein größeres Herz mehr Zeit für eine Erregungsausbreitung braucht als ein kleineres.

### 5.4.28 Einfluss der Körpermasse auf die Herzfrequenz

Es besteht eine statistisch signifikante, negative Korrelation zwischen der Körpermasse und der Herzfrequenz. Diese Aussage treffen auch ALBERT et al. (1999). Das heißt, mit Abnahme der Körpermasse steigt die Herzfrequenz und umgekehrt. Da ein erhöhter Sauerstoffbedarf zu einer Erhöhung der Herzfrequenz führt und laut CALDER (1984) kleinere Tiere eine größere Körperoberfläche und einen höheren Sauerstoffbedarf pro Gewichtseinheit haben als größere Tiere, ist ein Zunahme der Herzfrequenz bei kleineren bzw. leichteren Tieren erklärbar.

### 5.4.29 Einfluss der Körpermasse auf die P- und T-Wellenhöhe, R-Zackenhöhe und T-Wellenbreite

Da es eine Verbindung gibt zwischen der Größe des Ausschlags und der Dicke des aktivierten Muskels (TILLEY, 1989) und eine Verbreiterung der T-Welle bei einer Ventrikelvergrößerung entsteht, wurde eine statistische Beurteilung des Körpermasseneinflusses auf die P- und T-Wellenhöhe, R-Zackenhöhe und T-Wellenbreite vorgenommen. Dabei konnte jedoch keine statistische Relevanz erkannt werden. ALBERT et al. (1999) erkannten hingegen eine statistisch signifikante, positive Korrelation zwischen der Körpermasse und der P- und T-Wellenhöhe sowie R-Zackenhöhe. Dieser Einfluss konnte in dieser Arbeit nur bei der P-Wellenhöhe narkotisierter Tiere beobachtet werden. Die Ursache könnte eine zu geringe Datenmenge sein, die zu falschen Schlussfolgerungen führen kann.

#### 5.4.30 Einfluss des Serumkaliums auf das QRS-Intervall und das RT-Intervall

Durch eine Hyper- und Hypokaliämie wird das QRS-Intervall und das RT-Intervall bei Hund und Katze beeinflusst (TILLEY, 1989). Statistisch besteht beim Grünen Leguan kein signifikanter Einfluss des Serumkaliums auf das QRS-Intervall, jedoch auf das RT-Intervall. Da noch keine Normwerte für den Kaliumgehalt des Blutes vorliegen, ist eine Beurteilung einer vom Normalwert abweichenden Kaliumkonzentration schwierig. Sicher ist jedoch, dass es einen statistisch signifikanten, positiven, linearen Einfluss des Serumkaliumgehalts auf das RT-Intervall gibt. Dieser wird über eine Beeinflussung der Kaliumkonzentration auf die Erregungsleitung verursacht (ANTONI, 1997).

#### 5.4.31 Einfluss des Serumkaliums auf die P-, T- Wellen- und R-Zackenhöhe

Bei Hund und Katze führen Veränderungen des Serumkaliums zu Veränderungen der P-, R- und T-Höhe. Beim Leguan besteht kein statistisch signifikanter Einfluss des Serumkaliums auf die Höhe der Amplitude von P, T oder R. Auch hier ist eine Beurteilung der statistischen Auswertung schwierig, da es noch keine Normwerte für die Kaliumkonzentration im Blut gibt.

#### 5.4.32 Einfluss der Erythrozytenzahl und des Hämatokrits auf die T-, P-Wellenhöhe und das RR-Intervall

Aufgrund einer Veränderung der Herzfrequenz und der T-Wellengröße bei einer Anämie wurde der Einfluss der Erythrozytenzahl und des Hämatokrits auf die T-Wellenhöhe und das RR-Intervall untersucht. Es besteht jedoch kein statistisch signifikanter Einfluss. Die Erklärung dieses Ergebnisses liegt wohl in einer ausreichenden Sauerstoffversorgung des Gewebes bei den Leguanen. Denn eine Anämie verursacht eine Hypoxie, die bei den untersuchten Tieren nicht vorhanden war.

Ohne eine Begründung wurde der Einfluss der Erythrozytenzahl und Hämatokrits auf die P-Wellenhöhe untersucht, es konnte kein statistisch signifikanter Einfluss gefunden werden.

### 5.5 Vergleich der nicht narkotisierten mit narkotisierten Tiere

Körpermasse, Nasen-Kloakenlänge, Kloakaltemperatur:

Der Mittelwert der Körpermasse (steigt um 0,31 kg), Nasen-Kloaken-Länge (steigt um 1,78 cm) und Kloakaltemperatur (steigt um 1,40°C) der narkotisierten Tiere ist höher als der, der nicht narkotisierten Tiere.

Herzfrequenz:

Die Herzfrequenz der narkotisierten Tiere ist um 10 Schläge pro Minute niedriger als bei nicht narkotisierten Tieren. Die Ursache der höheren Herzfrequenz bei nicht narkotisierten Tieren ist deren bewusste Wahrnehmung der Umwelt und damit auch der durch die Zwangsmaßnahmen verursachte Stress.

P-Welle:

Die Mittelwerte der P-Welle unterscheiden sich nicht relevant. Die P-Welle der nicht narkotisierten Tiere ist um 0,015 Sek. länger und um 0,019 mV kleiner als bei den narkotisierten Tieren.

Q-Welle:

Die Mittelwerte der Q-Welle unterscheiden sich nicht relevant. Die Q-Zacke der nicht narkotisierten Tiere ist um 0,004 Sek. länger und um -0,002 mV kleiner als bei den narkotisierten Tieren.

### R-Zacke:

Die Mittelwerte der R-Zacke unterscheiden sich nicht relevant. Die R-Zacke ist bei den nicht narkotisierten Tieren um 0,007 Sek. länger und 0,007 mV kleiner als bei den narkotisierten Tieren.

### S-Zacke:

Die S-Zacke unterscheidet sich in ihrer Größe. Die S-Zacke ist um 0,015 Sek. kürzer und -0,08 mV größer bei narkotisierten Tieren. Eine Ursache des abweichenden Mittelwerts kann nicht gefunden werden.

### SV-Welle:

Auf einen Vergleich wurde bei beiden Gruppen wegen der sehr geringen Anzahl der SV-Wellen verzichtet.

### T-Welle:

Die Mittelwerte der T Welle unterscheiden sich sowohl in der Länge als auch in der Höhe. Die T-Welle ist bei den nicht narkotisierten Tieren 0,025 Sek. kürzer und um -0,048 mV größer als bei den narkotisierten Tieren.

Eine gesamte Vergrößerung kann durch eine Hypoxie, die durch eine Hypoventilation der narkotisierten Tiere hervorgerufen wird, entstanden sein. Zudem führt eine Erhöhung der Herzfrequenz zu einer Verkürzung des RT-(QT-)Intervalls. Dies kann eine weitere Ursache für die kürzere T-Welle sein.

### QRS-Intervall:

Der Mittelwert des QRS-Intervalls unterscheidet sich nicht relevant und ist bei nicht narkotisierten Tieren um 0,002 Sek. kürzer als bei narkotisierten.

### PR-Intervall:

Der Mittelwert des PR-Intervalls unterscheidet sich nicht relevant und ist bei nicht narkotisierten Tieren 0,008 Sek. länger als bei den narkotisierten.

### PR-Strecke:

Der Mittelwert der PR-Strecke unterscheidet sich nicht relevant und ist bei nicht narkotisierten Tieren 0,022 Sek. kürzer als bei narkotisierten.

### RT-Intervall und RT-Strecke:

Der Mittelwert des RT-Intervalls ist bei den nicht narkotisierten Tieren um 0,096 Sek. kürzer und der Mittelwert der RT-Strecke um 0,066 Sek. kürzer als bei den narkotisierten Tieren. Eine Erklärung kann sein, dass mit einem wie in diesem Fall vorliegendem Herzfrequenzanstieg eine Abnahme des RT-(QT-)Intervalls zu beobachten ist (SCHMIDT und KURZBEIN, 1995).

### ST-Streckensenkung und ST-Streckenhebung:

Der Mittelwert der ST-Streckensenkung ist bei nicht narkotisierten Tieren um -0,009 mV größer als bei narkotisierten. Der Unterschied ist nicht relevant. Auf einen Vergleich der ST-Streckenhebungen wird auf Grund der niedrigen Anzahl der ST-Streckenhebung bei narkotisierten Tieren verzichtet.

### SVP-Intervall:

Auch hier wird auf einen Vergleich auf Grund der niedrigen Anzahl des SVP-Intervalls in beiden Gruppen verzichtet.

### Elektrische Herzachse:

Der Mittelwert der elektrischen Herzachse der nicht narkotisierten Tiere ist um 1,3 Grad größer als bei den narkotisierten Tieren. Diese Differenz ist nicht relevant.

### Die Wechselwirkung einzelner untersuchter Parameter sind gleich bis auf:

#### Einfluss der Temperatur auf RT-Strecke:

Die Temperatur hat bei den narkotisierten Tieren keine statistisch signifikante, lineare, negative Korrelation auf die RT-Strecke. Die Ursache kann in einer stärkeren Beeinflussung der Herzfrequenz auf die RT-Strecke liegen.

#### Einfluss der Temperatur auf das PR-Intervall und die PR-Strecke:

Die Temperatur hat bei narkotisierten Tieren keine statistisch signifikante, lineare, negative Korrelation auf das PR-Intervall und die PR-Strecke. Eine Ursache kann nicht gefunden werden.

#### Einfluss der Körpermasse auf das RR-Intervall:

Die Körpermasse hat bei den Tieren, die in Narkose sind keinen statistisch signifikanten, linearen positiven Einfluss auf das RR-Intervall. Aus diesem Grund muss der Einfluss der Herzfrequenz in diesem Fall einen höheren Einfluss auf das RR-Intervall haben als bei nicht narkotisierten Tieren.

#### Einfluss der Körpermasse auf die Herzfrequenz:

Die Körpermasse hat bei den narkotisierten Tieren keine statistisch signifikante, lineare, negative Korrelation auf die Herzfrequenz. Demnach geht ein stärkerer Einfluss von der Änästhesie auf die Herzfrequenz aus als von der Körpermasse.

#### Einfluss der Körpermasse und Erythrozytenzahl auf die P-Wellenhöhe:

Es besteht eine statistisch signifikante, lineare, positive Korrelation der Körpermasse und der Erythrozytenzahl auf die P-Wellenhöhe. Eine höhere Körpermasse hat eine relative Zunahme der Herzmasse zur Folge und da sich die Höhe des Ausschlags proportional zur Muskelmasse verhält, ist eine Erhöhung der P-Amplitude erklärbar. Dieser Zusammenhang ist nicht bei nicht

in Narkose befindlichen Tieren vorhanden. Dies kann durch eine niedrigere Datenmenge begründet sein. Für den Einfluss, den die Erythrozytenzahl auf die P-Wellenhöhe nimmt, kann keine klinische Erklärung gefunden werden.

Einfluss des Hämatokrits auf das RR-Intervall:

Der Hämatokrit hat einen statistisch signifikanten, linearen, negativen Einfluss auf die P-Wellenhöhe. Auch hierfür kann keine klinische Erklärung gefunden werden.

### 5.6 Unterschiede der Tiere, die sowohl narkotisiert als auch nicht narkotisiert untersucht wurden

Es besteht eine statistisch signifikante, niedrigere Herzfrequenz und ein damit verbundenes statistisch signifikantes, höheres RR-Intervalls bei den nicht narkotisierten Grünen Leguanen im Vergleich zu den narkotisierten. Eine Erklärung bietet der Ausfall der psychischen Stressbelastung während einer Anästhesie. Des weiteren konnte eine statistisch signifikante Verlängerung der T-Wellenbreite, des RT-Intervalls und der RT-Strecke im Vergleich zu den nicht narkotisierten Tieren festgestellt werden. Die Vergrößerung der T-Welle kann durch eine narkosebedingte Hypoxie verursacht sein und die durch eine Anästhesie bedingte Senkung der Herzfrequenz führt zu einer Verkürzung des RT-Intervalls (TILLEY, 1989).

Der Einfluss der Narkose betrifft hauptsächlich die Herzfrequenz, das RT-Intervall und die T-Welle, so sind die statistisch nicht signifikant beeinflussten Strecken, Intervalle, Breiten und Höhen erklärbar.

### 5.7 Kaliumkonzentration im Serum

In der Literatur konnten für Reptilien keine Angaben über Kaliumkonzentrationen im Serum gefunden werden. Aus diesem Grund kann kein Vergleich durchgeführt werden.



## 5.8 Schlussbetrachtung

Die vorliegende Arbeit zeigt, dass eine standardisierte elektrokardiographische Untersuchung beim Grünen Leguan grundsätzlich wie in der Klein- und Großtiermedizin einfach durchführbar ist. Außerdem wird deutlich, dass das Elektrokardiogramm meist gut auswertbar ist und ähnlich aufgebaut ist wie beim Säugetier. Es kann sowohl für die Diagnostik bei Verdacht auf kardiale Störungen als auch zur Narkoseüberwachung und –steuerung bei operativen Eingriffen im Sinne eines verbesserten Tierschutzes eingesetzt werden.

## 6 Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war es, neue Erkenntnisse über den bisher wenig beachteten Bereich der elektrokardiographischen Untersuchung in der Reptilienmedizin zu erlangen.

Dabei wurden 39 gesunde Grüne Leguane ohne Narkose und 15 gesunde Grüne Leguane in Narkose mit einem Elektrokardiographen für Kleintiere (PC-EKG 2000 der Firma Eickemeyer, Tuttlingen, Bundesrepublik Deutschland) untersucht. Die Tiere wurden zunächst fixiert, dann fand eine Aufzeichnung in Brustlage statt. Die Elektroden wurden wie folgt angebracht:

rote Elektrode: rechten Körperseite ventrolateral am Übergang des Halses zum Thorax auf Höhe der Clavikular; gelbe Elektrode: symmetrisch zur roten Elektrode auf der linken Körperseite; grüne Elektrode: linken Körperseite cranioventral des Hüftgelenkes in der Regio abdominalis lateralis sinistra; schwarze Elektrode: symmetrisch zur grünen Elektrode auf der rechten Körperseite

Bei den geschriebenen Elektrokardiogrammen wurden in der II Ableitung Herzfrequenz, Herzrhythmus, P-Welle, Q-Zacke, R-Zacke, S-Zacke, SV-Welle und T-Welle, QRS- Intervall, PQ-Intervall, PR-Intervall, PQ-Strecke, PR-Strecke, QT-Intervall, RT-Intervall, ST-Strecke, RT-Strecke, ST-Streckensenkung oder -hebung, SVP-Intervall und elektrischen Herzachse bestimmt.

Des weiteren kam es zur Messung der Amplituden in der Ableitung I, III, aVR, aVL und aVF.

Es erfolgte eine statistische Auswertung der Ergebnisse für die Tiere, die ohne Narkose und mit Narkose untersucht wurden. Die ermittelten Werte wurden mit den in der Literatur gemachten Angaben verglichen und diskutiert.

## Zusammenfassung

Die wichtigsten Ergebnisse sind für die nicht narkotisierten Tiere zusammengefasst:

	KM (kg)	KT (°C)	HF (SpM)	P (mV)	P (Sek.)	Q (mV)	Q (Sek.)	R (mV)	R (Sek.)	S (mV)	S (Sek.)
<b>M</b>	1,5	26,5	61	0,1	0,11	0,00	0,00	0,37	0,09	0,05	0,02
<b>S</b>	±0,97	±2,5	±17	±0,1	±0,05	±0,01	±0,02	±0,18	±0,04	±0,07	±0,02

*Tabelle 5.1:* Zusammengefasste Ergebnisse der Grünen Leguane, die nicht narkotisiert waren

	QRS (Sek.)	SV (mV)	SV (Sek.)	T (mV)	T (Sek.)	PR- Int. (Sek.)	RT- Int. (Sek.)	RT-Str. (Sek.)	ST-Str. (Sek.)	SVP- Int. (Sek.)	Elek. Herza. (°)
<b>M</b>	0,1	0,00	0,06	0,00	0,11	0,38	0,65	0,45	0,42	0,29	66,26
<b>S</b>	±0,05	±0,02	±0,01	±0,1	±0,03	±0,14	±0,18	±0,15	±0,18	±0,06	±31,33

*Tabelle 5.1:* Zusammengefasste Ergebnisse der Grünen Leguane, die nicht narkotisiert waren; (Fortsetzung)

Es besteht eine statistisch signifikante, lineare, negative Korrelation zwischen der Kloakaltemperatur und dem RR-Intervall, RT-Strecke, RT-Intervall, PR-Intervall und PR-Strecke.

Eine statistisch signifikante, lineare, positive Korrelation zwischen der Körpermasse und dem RR-Intervall, PR-Intervall, RT-Strecke, RT-Intervall, QRS-Intervall und eine negative auf die Herzfrequenz.

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse zeigt sich, dass elektrokardiographische Untersuchungen beim Grünen Leguan gut durchführbar sind und auch in der Praxis sowohl zur Diagnostik als auch zur Narkoseüberwachung und -steuerung bei Operationen einsetzbar sind.

## 7 Summary

### **Electrocardiographic Parameters in the Green Iguana (*Iguana iguana*)**

The aim of this study was to get more knowledge on the relatively unknown field of electrocardiographic examination of reptiles.

Therefore 39 healthy green iguanas were examined without anaesthetic and 15 with anaesthetic pretreatment by electrocardiography for small animals (PC EKG 2000 of the company Eickemeyer, Tuttlingen, Federal Republic of Germany). The animals were fixed before a recording was done. The electrodes were attached as follows:

red electrode: right body side ventrolateral at the transition of the neck to the thorax at the height of the clavicular bone; yellow electrode: symmetrically to the red electrode on the left body side; green electrode: left side of the body, cranioventral of the hip joint, in the area of the regio abdominalis lateralis sinistra; black electrode: symmetrically to the green electrode on the right body side.

In the written electrocardiograms following elements were defined in the II lead : heart rate, heart rhythm, P-, Q-, R-, S-, SV- and T-wave, QRS- interval, PQ-interval, PR-interval, PQ-duration, PR-duration, QT-interval, RT-interval, ST-duration, RT-duration, ST-duration decline or elevation, SVP interval and electrical heart axis. Additionally amplitudes in the lead I, III, aVR, aVL and aVF were measured.

Statistic evaluation of the results of the from animals without and with narcosis was made. The determined values were compared and discussed with the data given in the literature.

## Summary

The most important results are summarized for the not anaesthetized animals:

	W (kg)	CT (°C)	HR (bpm)	P (mV)	P (sec)	Q (mV)	Q (sec)	R (mV)	R (sec)	S (mV)	S (sec)	QRS (sec)	SV (mV)
<b>M</b>	1,5	26,5	61	0,1	0,11	0,00	0,00	0,37	0,09	0,05	0,02	0,1	0,00
<b>SD</b>	±0,97	±2,5	±17	±0,1	±0,05	±0,01	±0,02	±0,18	±0,04	±0,07	±0,02	±0,05	±0,02

Table 6.1: Summarized results of the green iguanas which were not anaesthetized

	SV (sec)	T (mV)	T (sec)	PR- interval (sec)	PR- duration (sec)	RT- interval (sec)	RT- duration (sec)	ST- duration (sec)	SVP- interval (sec)	M.ele. axis (°)
<b>M</b>	0,06	0,00	0,11	0,38	0,27	0,65	0,45 ±	0,42	0,29	66,26
<b>SD</b>	±0,01	±0,1	±0,03	±0,14	±0,13	±0,18	0,15	±0,18	±0,06	±31,33

Table 6.1: Summarized results of the green iguanas which were not anaesthetized (continuation)

There is a statistically significant, linear, negative correlation between the cloacal temperature and the RR interval, RT distance, RT interval, PR interval and PR distance.

Further there is a statistically significant, linear, positive correlation between the bodyweight and the RR interval, PR interval, RT distance, RT interval, QRS-interval and a statistically significant, linear, negative correlation between the bodyweight and the heart rate.

According to the results it has been shown, that electrocardiographic examination is well feasible in the green iguana. It can be used for diagnostics and for the observation and control during surgery.

## 8 Literaturverzeichnis

AKERS, T.K., DAMM, M.G. (1963)

The Effect of the Electrocardiograms of two Species of Turtles

Copeia, **4**: 629-634

ALBERT, A., BAYON, A., FERNANDEZ DEL PALACIO, M.J., TALAVERA, J.,  
BROTONS, N. (1999)

Parametros electrocardiograficos normales en iguana verde (Iguana iguana) y  
en el galapago de Florida (Trachemys scripta elegans)

XXXIV Congr Nac AVEPA: 242

ANDERSON, N.L., WACK, R. F., CALLOWAY, L., HETHERINGTON, T. E.,  
WILLIAMS, J. B. (1999)

Cardiopulmonary Effects and Efficacy of Propofol as an Anesthetic Agent in  
Brown Tree Snakes, Boiga Irregularis

Bull Assoc Reptil Amphib Vet, **9**: 9-15

ANTONI, H. (1997)

Erregungsphysiologie des Herzens

In: Physiologie des Menschen

SCHMIDT, R.F., THEWS, G., Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 27: 472-96

BAILY, J.E., PABLO, L.S. (1998)

Anesthesia monitoring and practice

Sem Av Exot Pet Med, **1**: 53-60

BAKER, L.A., WEATHERS, W.W., WHITE, F.N. (1972)

Temperature induced peripheral blood flow changes in lizards

J comp Physiol, **80**: 313-23

BAUR, M., HOFFMANN, R.W. (2005)

Krankheiten bei Reptilien durch ungeeignete Medikamentenverabreichung

Proceedings, 22. Bayerische Tierärztetage: 185-7

BAUR, M., LANG, T. (2003)

Narkoseverfahren

Seminar, 21. Bayerische Tierärztetage: 25-29

BENNETT, A., R (1991)

A review of anesthesia and chemical restraint in reptiles

J Zoo Wildl Med, **22**: 282-303

BONATH, K. (1977)

Narkose der Reptilien

In: Narkose der Reptilien, Amphibien und Fische

BONATH, K., Paul Parey, Berlin: 9-59

BONATH, K. (1985)

Narkose

In: Handbuch der Zootierkrankheiten

IPPEN, R., SCHRÖDER, H.-D., ELZE, K., Akademie-Verlag, Berlin, **Vol.1**: 28-

61

BRUDER, M. (1998)

Einleitung

Blutreferenzwerte bei Grünen Leguanen (*Iguana iguana*)

Diss. Vet. Med., München

BUDDENBROCK, W.V. (1967)

Blut und Herz

In: Vergleichende Physiologie

BUDDENBROCK, W.V., Birkhäuser, Basel, **Vol. 6**

CALDER, W. (1984)

Size, Function and Life History

Havard University Press, Cambridge

COOK, R.A., WESTROM, W. (1979)

Cardiac anatomy, cardiac physiology and electrcardiology of reptiles

Am Assoc Zoo Vet, Annu Proc: 16-23

DÄMMRICH, K. (1991)

Skelett

In: Pathologie der Haustiere

SCHULZ, L.-C., Gustav Fischer Verlag, Jena, **Vol. 1**: 679-726

DROMMER, W. (1991)

Kreislauforgane

In: Pathologie der Haustiere

SCHULZ, L.-C., Gustav Fischer Verlag, Jena, **Vol.1**: 21-92

ECKERT, R., RANDALL, D., BURGGREN, W.; FRENCH, K. (2002)

Herz und Kreislauf

In: Physiologie

Thieme Verlag, Stuttgart, 4: 517-84

EDER, H., GÄBEL, G. (2000)

Erregungsleitungssystem

In: Lexikon der Veterinärmedizin

WIESNER, E., RIEBECK, R., Enke, Stuttgart: 442

EINTHOVEN, W. (1908)

Weiteres über das Elektrokardiogramm. Nach gemeinschaftlich mit Dr. B.

Vaandrager angestellten Versuchen

Pfluegers Arch, **122**: 517



EINTHOVEN, W., FAHR, G., WAART, DE, A. (1912)

Über die Richtung und die manifeste Größe der Potentialschwankungen im menschlichen Herzen und über den Einfluss der Herzlage auf die Form des Elektrokardiogramms

Pfluegers Arch, **150**: 275

FRYE, F.L. (1991)

Anesthesia

In: Biomedical and surgical aspects of captive reptile husbandry

Krieger Publishing Company, Malabas, 2: 421-37

GEDDES, L.A. (2002)

Electrocardiograms from the turtle to the elephant that illustrate interesting physiological phenomena

Pacing Clin Electrophysiol, **25**: 1762-70

GIRLING, S.J., HYNES B. (2004)

Cardivascular and haemopoietic systems

In: BSAVA Manual of Reptiles

GIRLING, S.J., RAITI, P., British Small Animal Veterinary Association, Quedgeley, Gloucester, 2: 243-60

GOLDBERG, E. (1942)

The aVI, aVr and aVf leads: A simplification of standard lead electrocardiography

Am Heart J, **23**: 483

GROTE, J. (1997)

Gewebeatmung

In: Physiologie des Menschen

SCHMIDT, R.F., THEWS, G., Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 27: 624-37

HEINROTH, K.M., WERDAN, K. (2004)

Erregungsleitungssystem des Herzens

In: Springer Lexikon der Medizin

REUTER, P., Springer-Verlag, Heidelberg: 633-4

HICKS, J.W. (2002)

The physiological and evolutionary significance of cardiovascular shunting patterns in reptiles

News Physiol Sci, **17**: 241-5

IPPEN, R. (1985)

Endokrine Drüsen

In: Handbuch der Zootierkrankheiten

IPPEN, R., SCHRÖDER, H.-D., ELZE, K., Akademie-Verlag, Berlin, **Vol. 1**: 207-14

JACKSON, J.C.G. (1989)

Cardiovascular System

In: Turtles, Perspectives and Research

HARLESS, M., MARLOCK, Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, 2: 155-64

JOHANSEN, K. (1959)

The influence of temperature on the electrocardiograms of some northern reptiles

Acta Physiol Scand, **46**: 346-57

KITTLESON, M.D. (1998)

Electrocardiography

In: Small animal cardiovascular Medicine

KITTLESON, M.D., KIENLE, R., Mosby, Inc., ST. Louis, MO: 72-94

KÖLLE, P., HOFFMANN, R. (2000)

Anästhesie beim Reptil

Prakt. Tierarzt, **81**: 135-41

LAWTON, P., C. (1997)

Erkrankungen des Nervensystems

In: Kompendium der Reptilienkrankheiten Haltung-Diagnostik-Therapie

BEYNON, P., H., LAWTEON, M., P., C., COOPER, J.E., Schlütersche,

Hannover: 137-46

LIEBICH, H.-G. (2004)

Muskelgewebe (Textus muskularis)

In: Funktionelle Histologie der Haussäugetiere

LIEBICH, H.-G., Schattauer Verlag, Stuttgart, 4: 99-110

LOCK, B., BENNETT, R. (2003)

Anesthesia and Surgery

In: Biology, Husbandry, and Medicine of the Green Iguana

JACOBSON, E.R., Krieger Publishing Company, Malabar, Florida: 152-67

MADER, D.R., WYNEKEN J. (2000)

Understanding cardiopulmonary systems in reptiles

Proc Assoc Rept Amphib Vet: 195-6

MALLEY, D. (1997)

Reptile anaesthesia and the practicing veterinarian

Practice (Br) July/August: 351-68

MARCUS, L.C. (1983)

Das normale Amphib und Reptil

In: Amphibien und Reptilien in Heim, Labor und Zoo, Biologie, Haltung und tierärztliche Versorgung

Enke Verlag, Stuttgart: 9-13

MARTIN, M. (2001)

Das Ekg beim Kleintier; Ein Leitfaden für die Praxis

Parey, Berlin

MARTINEZ-SILVESTRE, A. (2003)

Electrocardiographic Parameters in the Gomeran Giant Lizard, *Gallotia bravoana*

J Herpet Med Surg, **13**: 22-5

MATHUR, P.N. (1944)

The anatomy of the reptilian heart

Proc Indian Acad Sci, **20**: 1-29

MCDONALD, H.S.; HEATH, J.E. (1971)

Electrocardiographic observations on the tuatara, *Sphenodon punctatus*

Comp Biochem Physiol A, **40**: 881-92

MICHEL, G. (2000)

Embryologie

In: Lexikon der Veterinärmedizin

WIESNER, E., RIEBECK, R., Enke Verlag, Stuttgart, 4

MILLER, M.S., TILLEY, L.P., SMITH, JR F.W.K., FOX, P.R. (1999)

Diagnostic Methods, Electrocardiography

In: Textbook of canine and feline Cardiology

FOX, P.R., SISSON, D., MOISE, N.S., W.B. Saunders Company, Philadelphia, 2:  
67-105

MONCUIT, T., DAOUES, K. (2004)

Echsen

In: Reptilien

MONCUIT, T.D., K., Knesebeck, München: 38-81

MULLEN, R.K. (1967)

Comparative electrocardiography of the Squamata

Physiol Zool, **40**: 114-26

MURRAY, M.J. (1996)

Cardiology and circulation

In: Reptil Medicine and Surgery

MADER, D.R., W.B. Saunders Company, Philadelphia: 95-104

PAGE, C., D (1993)

Current reptilian Anesthesia Procedures

In: Zoo and Wild Animal Medicine, Current Therapy 3

FOWLER, M.E., Saunders Company, Philadelphia: 140-3

PETERS, G. (1985)

Herz und Kreislauf, Anatomische und physiologische Vorbemerkungen

In: Handbuch der Zootierkrankheiten

IPPEN, R., SCHRÖDER, H.-D., ELZE, K., Akademie-Verlag, Berlin, **Vol. 1**: 69-71

RISHNIW, M., CARMEL, B.P. (1999)

Atrioventricular valvular insufficiency and congestive heart failure in a carpet python

Aust Vet J, **77**: 580-3

ROBINSON, P.T. (1977)

Special techniques in reptile medicine

Proc Annual Meeting Amer Assoc Zoo Vet: 68-70

SCHMIDT, C., KURZBEIN, U. (1995)

Herzrhythmus

In: Anleitung zur EKG- Auswertung bei Hund und Katze

Schlütersche, Hannover: 11-28

SCHREY, C., F. (2001)

Laborbefunde

In: Leitsymptome und Leitbefunde bei Hund und Katze

Schattauer Verlag, Stuttgart: 374-7

SKLANSKY, M.S., LEVY, D.J., ELIAS, W.T., MORRIS, P., GROSSFELD, P.D.,

KASHANI, I.A., SHAUGHNESSY, R.D., ROTHMAN, A. (2001)

Reptilian echocardiography: insights into ontogeny and phylogeny?

Echocardiogr, **18**: 531-3

SO, C.S. (1993)

In: Differentialdiagnose der Elektrokardiographie

Urban und Schwarzenberg, München: 1-90

TEMPLETON, J.R. (1970)

Reptiles

In: Comparative Physiology of Thermoregulation

WHITTOW, G.C., Academic Press, New York: 167-221

TILLEY, L.P. (1989)

Grundlagen der Elektrokardiographie

In: EKG bei Hund und Katze Grundlagen, Auswertung und Therapie

Schlütersche, Hannover: 1-38

TRAUTWEIN, G. (1991)

Blutbildende Organe

In: Pathologie der Haustiere

SCHULZ, L.-C., Gustav Fischer Verlag, Jena, **Vol.1**: 93-142

TUCKER, V.A. (1966)

Oxygen transport by the circulatory system of the green iguana (*Iguana iguana*)  
at different body temperatures

J exp Biol, **44**: 77-92

VALENTINUZZI, M.E. (1969a)

Electrophysiology and mechanics of the snake heart beat

PhD dissertation, Baylor College of Medicine, Houston, TX

VALENTINUZZI, M.E., HOFF, H.E.; GEDDES, L.A. (1969b)

Electrocardiogram of the snake: effect of the location of the electrodes and cardiac vectors

J Electrocardiol, **2**: 245-52

VALENTINUZZI, M.E., HOFF, H.E.; GEDDES, L.A. (1969c)

Electrocardiogram of the snake: intervals and durations

J Electrocardiol, **2**: 343-52

VALENTINUZZI, M.E., HOFF, H.E.; GEDDES, L.A. (1969d)

Observations on the electrical activity of the snake heart

J Electrocardiol, **2**: 39-50

WEEGER, C. (2002)

Ergebnisse

Narkose bei Echsen und Schlangen unter der besonderen Berücksichtigung der Anwendung von Propofol, Isofluran und der Kombination dieser Anästhetika -

Eine klinische Studie -

Diss. Vet. Med., München

WESS, G. (2004)

Tierkardiologie

Vorlesungsskript, EKG-Seminar: 1-12

WHITE, F.N. (1968)

Functional anatomy of the heart of reptiles

Am Zool, **8**: 211-9

WHITE, F.N. (1976)

Circulation

In: Biology of the Reptilia

GANS, C., Academic Press, Arbor, Michigan, **Vol. 5**: 275-306

WILLIAMS, D.L. (1997)

Kreislaufsystem

In: Kompendium der Reptilienkrankheiten Haltung-Diagnostik-Therapie

Schlütersche, Hannover: 89-95

ZISWILER, V. (1976)

Kreislaufsystem

In: Spezielle Zoologie, Wirbeltiere

Thieme Verlag, Stuttgart, 2: 325-8



## 9 Anhang

Die folgenden Tabellen geben die ermittelten Werte der Untersuchten Grünen Leguane wieder und Konfidenzintervalle verschiedener Parameter für nicht narkotisierte Tiere, sowie die Werte des Vergleichs der Tiere die nicht narkotisiert als auch narkotisiert untersucht wurden.

Die verwendeten Abkürzungen wurden wie folgt genutzt:

Ca:	Calcium in mg/dl
CaS:	Calcium im Serum in mg/dl
EH:	mittlere elektrische Herzachse
Ery:	Erythrozytenzahl in Zellen x $10^6/\mu\text{l}$
HKT:	Hämatokrit in %
HF:	Herzfrequenz
I:	Intervall
KM:	Körpermasse in kg
KS:	Kalium im Serum in mmol/l
Leuko:	Leukozytenzahl in Zellen x $\mu\text{l}$
M:	Mittelwert
Max:	Maximum
Min:	Minimum
N:	narkotisiert
NaS:	Natrium im Serum in mmol/l
NKL:	Nasen-Kloaken-Länge
P:	Phosphor in mg/dl
p:	Signifikanz
S:	Strecke
S	Standard Abweichung
Sex:	Geschlecht (1= männlich; 2= weiblich)
SH:	Streckenhebung
SS:	Streckensenkung
Temp:	Kloakaltemperatur in Grad Celsius
Tnr:	Tiernummer
Uric:	Harnsäure in mg/dl

## Anhang

Elektrokardiographische Parameter der Tiere die nicht narkotisiert untersucht wurden:

Tnr	EH	I P-H	I Q-H	I R-H	I S-H	I SV-H	I T-H
1	104,8	0,03125		0			0,04163
2	72,9	0,132	0,060625	0,135625	0		0,04988
3	-22,8	0,13475	-0,04525	0,23775	0		
4	70,1	0,10925	-0,017	0,15075			0,03075
5	43,8	0,055625		0,060125			0,00000
6	72,9	0,06025	-0,02725	0,10625			0,09725
7	76,1	0,061625		0,10875			0,02750
8	91	0,1275	-0,05875	0,0525			0,02500
9	54	0,1595	0,045875	0,339	-0,03738		0,08938
10	79,4	0,0395	0	0,149125			0,07588
11	46	0,096875	0	0,47975	0	0,02025	0,08725
12	89	0,048625	-0,081875	0,112375			0,03350
13	70	0,06125	-0,058	0,13275		0,0988	0,02875
14	14,8	0,093375	0	0,13125	0		
15	90,5	0		0			
16	91	0,189875	-0,076125	0,063125	0		
17	73,2	0,072875		0,079625			0,04900
18	65,2	0	-0,15	0,07			
19	134	0,06975	0	0	0		0,11525
20	76,3	0,16925	-0,0815	0,2965		-0,058625	0,03850
21	59,7	0,127	-0,09675	0,24375			0,02688
22	32,9	0,04675	0	0,30025	0		-0,06325
23	1	0,261875	-0,06	0,47525	0	-0,016	0,03425
24	87,9	0,0229	-0,038375	0,140875	0		0,00000
25	60	0,05025	0	0,155125	0		0,04250
26	55,1	0,122	-0,05575	0,164375	0		
27	63,4	0,02125	0	0,0895	0		0,08413
28	72,9	0,1075	0	0,114375	0	0,043	0,07088
29	77,3	0,092875	0	0,139	0		0,00000
30	39,7	0,07525	-0,09425	0,3105	0		
31	98	-0,04425	-0,1025	0,040375	0	0,0365	0,04313
32	90			0			
33	108,2	0,037375		0			0,04700
34	81,8	0		0,0485			
35	65,3	0,03225		0,109			0,02875
36	65,2	0,068375	0	0,120375	0		
37	1	0,05025	0	0,10075	0		0,00000

Tabelle 9.1: Elektrokardiographische Parameter der nicht narkotisierten Tiere

## Anhang

Tnr	I QS-H	I ST-SS	I ST-SH	II P-B	II Q-B	II R-B	II S-B
1	-0,047			0,0611		0,06955	
2				0,12235	0	0,10185	0
3				0,1276	0	0,08025	0,02935
4				0,0807	0	0,0738	
5				0,08225		0,10985	
6				0,0841	0	0,1222	
7		-0,02525		0,2408		0,14255	
8		0	0	0,13195	0	0,0725	
9		-0,02625		0,1175	0	0,0887	0,0606
10		0	0	0,06465	0	0,09325	
11			0,02025	0,06385	0	0,0813	0
12			0,044	0,0418	0	0,0824	
13				0,0635	0	0,05725	
14				0,1276	0	0,0737	0
15	-0,01275			0,225		0,1378	
16			0,025	0,15575	0	0,07145	0,03555
17				0,13015		0,0688	
18				0,10665	0	0,0634	
19	-0,132375			0,0607	0,0455	0,04995	0,0511
20				0,0945	0	0,0763	
21				0,0952	0	0,0834	
22				0,1643	0	0,1225	0
23				0,12465	0	0,0984	0,04
24				0,0713	0	0,0676	0,0212
25				0,0836	0	0,07545	0
26				0,1231	0	0,0545	0,0173
27				0,0593	0	0,0617	0
28				0,1262	0	0,1064	0
29				0,1174	0	0,08025	0
30				0,2024	0,0692	0,087	0,0287
31				0,05795	0	0,0622	0,029
32						0,05385	
33	-0,068375			0,0619		0,0738	
34				0,068		0,3128	
35				0,0842		0,0803	
36				0,2067	0	0,1075	0,0311
37				0,126	0	0,08095	0,0302

Tabelle 9.1: Elektrokardiographische Parameter der nicht narkotisierten Tiere; (Fortsetzung)

## Anhang

Tnr	II SV-B	II T-B	II P-H	II Q-H	II R-H	II S-H	II SV-H
1		0,07970	0,04475		0,278625		
2		0,12060	0,07725	0	0,29525	0	
3			0,0505	0	0,06325	-0,03975	
4		0,08020	0,12525	0	0,4395		
5		0,08440	0,105		0,679375		
6		0,12970	0,0515	0	0,310625		
7		0,17970	0,12875		0,485375		
8		0,10975	0,254875	0	0,5375		
9		0,14150	0,246375	0	0,7605	-0,12463	
10		0,16100	0,148375	0	0,788125		
11	0,0603	0,14520	0,127	0	0,7595	0	-0,01075
12		0,10225	0,02725	0	0,477625		
13	0,0443	0,08310	0,052575	0	0,42225		0
14			-0,098125	0	0,10125	0	
15			0,00425		0,26225		
16			0,28675	0	0,3635	-0,1385	
17		0,11150	0,06525		0,279875		
18			0,077875	0	0,173875		
19		0,08850	0,13375	-0,047	0,352875	-0,15225	
20	0,07185	0,06885	0,06885	0	0,29885		0,03525
21		0,11875	0,14725	0	0,37025		
22		0,14180	-0,04875	0	0,502375	0	
23	0,04765	0,11225	0,3128875	0	0,142125	-0,22763	-0,012
24		0,10620	0,1	0	0,43675	-0,01838	
25		0,09265	0,04875	0	0,346125	0	
26			0,0535	0	0,273125	-0,07763	
27		0,14800	0,05975	0	0,181875	0	
28	0,0523	0,11305	0,226	0	0,43525	0	0
29		0,09975	0,0555	0	0,508625	0	
30			0,0555	-0,02775	0,36575	-0,0415	
31	0,06375	0,06440	0,07475	0	0,312375	-0,0245	0
32					0,257625		
33		0,04780	0,0595		0,1905		
34			0,347375		0,4815		
35		0,11480	0,09275		0,272		
36			0,116375	0	0,35225	-0,0335	
37		0,07758	0,069625	0	0,15825	-0,10988	

Tabelle 9.1: Elektrokardiographische Parameter der nicht narkotisierten Tiere; (Fortsetzung)

## Anhang

Tnr	II T-H	II ST-S	II PQ-S	II QRS-I	II PR-I	II QT-I	II RT-I	II ST-SS
1	0,02687			0,06955	0,3655		0,5549	
2	0			0,10185	0,3714		0,6575	
3				0,1096	0,4508			
4	0,056			0,0738	0,3692		0,6117	
5	0,097875			0,10985	0,3241		0,6481	-0,0495
6	-0,03675			0,1222	0,67035		1,051	
7	0,058			0,14255	0,4265		0,9141	
8	0,0475			0,0725	0,319		0,3282	-0,04025
9	0,11125	0,4804		0,1493	0,389		0,7732	-0,09625
10	-0,09025			0,09325	0,385		0,763	-0,04575
11	0,11325			0,0813	0,3279		0,7043	
12	-0,05775			0,0824	0,3127		0,605	-0,03
13	0			0,05725	0,2581		0,6029	
14				0,0737	0,31			
15				0,1378	0,3835			
16				0,107	0,306			-0,05225
17	0,05075			0,0688	0,3068		0,6195	
18				0,0634	0,2283			
19	-0,14785	0,1765	0,10235	0,14655	0,21745	0,4388	0,3833	
20	-0,03125			0,0763	0,2716		0,4909	
21	-0,27275			0,0834	0,3196		0,6094	
22	-0,13775			0,1225	0,3678		0,7192	
23	0,092125	0,5945		0,1384	0,3411		0,7415	
24	0,072	0,229		0,0888	0,2805		0,4284	
25	0,066			0,07545	0,38645		0,7314	
26				0,0718	0,2543			
27	0			0,0617	0,2935		0,4141	
28	0,045			0,1064	0,5557		0,92485	
29	0,099375			0,08025	0,258		0,5504	
30			0,2203	0,1849	0,889			
31	-0,0375	0,4515		0,0912	0,3549		0,59955	
32				0,05385				
33	0			0,0738	0,2542		0,3848	
34				0,3128	0,4852			
35	-0,22375			0,0803	0,5325		0,7671	
36				0,1386	0,5033			
37	0,048	0,6058		0,11115	0,56835		0,8672	

Tabelle 9.1: Elektrokardiographische Parameter der nicht narkotisierten Tiere;  
(Fortsetzung)

## Anhang

Tnr	ST-SH	RT-S	PR-S	PQ-I	RR-I	RR-I Max	RR-I Min
1		0,40565	0,3044		1,0627	1,1312	1,0484
2		0,43505	0,24905		1,2054	1,222	1,2068
3			0,3232		1,17705	1,1977	1,1722
4		0,4577	0,2885		1,051	1,0776	1,0432
5		0,45385	0,24185		1,0895	1,0928	1,0008
6		0,7991	0,58625		2,19	2,406	2,2548
7	0,0315	0,59185	0,1857		1,7527	1,8204	1,736
8		0,14595	0,18705		0,7565	0,7757	0,7473
9		0,543	0,2715		1,19265	1,2684	1,1913
10		0,50875	0,32035		1,2227	1,2172	1,2673
11	0,0355	0,4778	0,26405		1,1476	1,1477	1,1213
12		0,42035	0,2709		0,9785	1,0007	0,9833
13		0,46255	0,1946		0,8672	1,0218	0,8561
14			0,1824		0,7001	0,7604	0,6929
15			0,1585		0,9198	0,9201	0,9054
16			0,15025		0,7751	0,8077	0,7891
17		0,4392	0,17665		0,9016	0,9388	0,8895
18			0,12165		0,7099	0,7152	0,7092
19		0,24485	0,15675	0,16305	0,6012	0,6024	0,5994
20		0,34575	0,1771		0,7889	0,8016	0,7827
21		0,40725	0,2244		0,9651	0,9709	0,9575
22		0,4549	0,2035		1,4333	1,4355	1,7
23		0,53085	0,21645		1,1379	1,1541	1,1275
24		0,2546	0,2092		0,7437	0,7735	0,7359
25		0,5633	0,30285		1,304	1,3153	1,3006
26			0,1312		0,6188	0,6274	0,6187
27		0,2044	0,2342		1,0631	1,0758	1,0464
28		0,7054	0,4295		1,5321	1,5398	1,4324
29		0,3704	0,1406		0,9201	0,9507	0,9201
30			0,6866	0,4371	1,1447	1,1538	1,1333
31		0,47295	0,29695		0,9691	0,99	0,955
32					0,7537	0,7553	0,7316
33		0,2632	0,1923		0,831	0,8365	0,8213
34			0,4172		1,0113	1,0153	1,0008
35		0,572	0,4483		1,192	1,35	1,18
36			0,2966		1,167	1,2054	1,138
37		0,70867	0,44235		1,6725	1,673	1,672

*Tabelle 9.1:* Elektrokardiographische Parameter der nicht narkotisierten Tiere;  
(Fortsetzung)

## Anhang

Tnr	II PP-I	III P-H	III Q-H	III R-H	III S-H	III SV-H
1	1,0627	0,04175		0,342125		
2	1,2054	0	0	0,35675	-0,084625	
3	1,187	-0,192	0	0,075375	-0,2555	
4	1,051	0	0	0,35625		
5	1,0895	0,069625		0,6395		
6	2,19	0,049125	0	0,214375		
7	1,7527	0,1		0,413375		
8	0,7565	0,301625	0	0,5425		
9	1,1986	0,0865	0	0,5235	-0,2435	
10	1,2332	0,06375	0	0,6735		
11	1,1476	0,031625	0	0,319875	-0,038375	-0,03
12	0,9785	0,05575	0	0,44975		
13	0,8672	0,01925	0	0,3545		-0,04425
14	0,7001	-0,154875	0	0,11275	0	
15	0,9198	0,00325		0,27025		
16	0,7751	0,200625	0	0,4295	-0,15575	
17	0,9016	0,04575		0,26		
18	0,7099	0,0665	0	0,137375		
19	0,6012	0,1155	0	0,40325	-0,06575	
20	0,7889	0,1055	0	0,53235		-0,10075
21	0,9651	0,05675	0	0,208		
22	1,4333	-0,0835	0	0,36325	-0,05025	
23	1,1379	0,06925	0	0,360875	-0,503625	-0,01275
24	0,7437	0,1045	0	0,42525	-0,1055	
25	1,304	0,039125	0	0,20275	-0,078125	
26	0,6188	-0,04875	0	0,23165	-0,132375	
27	1,0631	0,05	0	0,1815	-0,0485	
28	1,5321	0,14075	0	0,371125	-0,062625	-0,012125
29	0,9201	0,06775	0	0,389975	-0,04475	
30	1,1447	-0,03875	0	0,253375	-0,207	
31	0,969	0,10975	0	0,426125	-0,056875	-0,54
32				0,267		
33	0,831	0,053		0,2235		
34		0,323		0,4695		
35	1,192	0,0885		0,231625		
36	1,167	0,06075	0	0,328625	-0,129	
37	1,6725	0,05925	0	0,1515	-0,180375	

*Tabelle 9.1:* Elektrokardiographische Parameter der nicht narkotisierten Tiere;  
(Fortsetzung)

## Anhang

Tnr	III T-H	III ST-SS	III ST-SH	aVR P-H	aVR Q-H
1	0,0365			-0,02475	
2	-0,063			-0,103625	0
3				-0,08575	0
4	0			-0,109625	0
5	0,066	-0,057		-0,0875	
6	-0,0925			-0,045625	0
7	0,04725		0,05225	-0,068	
8	0,067125	-0,0595		0,118	0
9	0,07125	-0,0765		-0,20475	-0,523125
10	0,1905			-0,10475	0
11	0		0,01775	-0,108	0
12	-0,0785	-0,055		-0,028875	0
13	-0,02775			-0,0505	0
14				0	0
15				0,001	
16		-0,0445		0,2195	-0,13425
17	-0,0955			0,0515	
18				0	0
19	-0,1875			-0,067	-0,14075
20	-0,066			-0,193	0
21	-0,25825			-0,145375	0
22	-0,0965			0,0135	0
23	0,055875			-0,260125	0
24	0,095			-0,05275	0
25	0,049875			-0,035	0
26				-0,11475	-0,15275
27	-0,07725			-0,04425	0
28	-0,101375			0,171	0
29	0,065			-0,065	0
30				-0,054	0
31	-0,0535			-0,029	0
32					
33	-0,03775			-0,0415	
34				-0,16725	
35	-0,239			-0,07	
36				-0,051875	0
37	0,08			-0,046125	0

*Tabelle 9.1:* Elektrokardiographische Parameter der nicht narkotisierten Tiere;  
(Fortsetzung)



## Anhang

Tnr	aVR R-H	aVR S-H	aVR SV-H	aVR T-H	aVR QS-H	aVR ST-SS
1	0			0	-0,093875	
2	0	0		0	-0,17225	
3	0	0			-0,119125	
4	0			-0,04675	-0,235625	
5	0			-0,0555	-0,359875	
6	0			0	-0,184875	
7	0			0	-0,28625	0
8	0			0	-0,26	
9	0,05525	0		-0,0825		
10	0			0	-0,4605	
11	0	0	0	0,09325	-0,61005	-0,02475
12	0			0	-0,2515	0
13	0		-0,01925	0	-0,2675	
14	0	0			-0,046875	
15	0				-0,1215	
16	0,065	0				
17	0			-0,16625	-0,148	
18	0				-0,118	
19	0,139375	0		0,055		
20	0		-0,036	0	-0,165125	
21	0			0,15325	-0,1181	
22	0	0		0,095625	-0,033425	
23	0	0	0	-0,043	-0,3045	
24	0	0		0	-0,22425	
25	0	0		-0,038875	-0,198	
26	0,054625	0				
27	0	0		-0,0525	-0,115625	
28	0	0	-0,022	0	-0,250875	
29	0	0		-0,041	-0,318125	
30	0	0			-0,342375	
31	0	0	0	0	-0,09275	
32	0				-0,12075	
33	0			-0,03325	-0,0925	
34	0				-0,269375	
35	0			0,12575	-0,164625	
36	0	0			-0,2085	
37	0	0		-0,058	-0,111875	

*Tabelle 9.1:* Elektrokardiographische Parameter der nicht narkotisierten Tiere;  
(Fortsetzung)

## Anhang

Tnr	aVR ST-SH	aVL P-H	aVL Q-H	aVL R-H	aVL S-H	aVL SV-H
1		0		0		
2		0,0785	-0,178375	0,09975	0	
3		0,1215	-0,049	0,27875	0	
4		0,06925	0	0		
5		0,042		0		
6		0,0465	0	0		
7	0	-0,032125		0		
8	0,024	0,19625	0	0		
9	0,06275	0,052625	-0,2375	0,18525	0	
10	0,04	0,03275	0	0		
11		0,0485	-0,166	0,1165	0	0,03525
12	0	0,03925	0	0		
13		-0,0515	0	0		-0,01925
14		0,122125	-0,104	0,09325	-0,0715	
15		0,101625		0		
16	0,03925	0,137375	-0,2505	0,08725	0	
17		0,04175		0		
18		0	0	0		
19		0,09575	0	0	0	
20		0,0525	-0,19925	0,0515		0,07
21		0,085125	-0,145125	0,086375		
22		0	-0,49375	0,107	0	
23		0,119	-0,21375	0,4605	0	0,0255
24		-0,05575	-0,198625	0,13925	0	
25		0	-0,053875	0,095	0	
26		0,071	-0,12025	0,131625	0	
27		0	-0,07175	0,0305	0	
28		0,04025	-0,143125	0,071	0	
29		0,061	-0,142	0,045	0	
30		0,038	-0,1235	0,2377	0	
31		-0,0685	0	0,049	0	0,05275
32				0		
33		-0,025		0		
34		-0,145875		0		
35		-0,0525		0		
36		-0,04475	-0,14975	0,117125	0	
37		0	-0,06825	0,12575	0	

*Tabelle 9.1:* Elektrokardiographische Parameter der nicht narkotisierten Tiere;  
(Fortsetzung)

## Anhang

Tnr	aVL T-H	aVL QS-H	aVL ST-SS	aVL ST-SH	aVF P-H	aVF Q-H
1	0,05225	-0,175875			0,040625	
2	0,056625	-0,17225			0	0
3		0			0	0
4	0	-0,16125			0	0
5	-0,03	-0,28675		0,034	0,07825	
6	0,08375	-0,079625			0,041	0
7	0,053625	-0,19	-0,02775		0,098625	
8	0,056	-0,2725		0,024	-0,2125	0
9	0,0375			0,04375	0,157375	0
10	0,12225	-0,29425		0,02525	0,110375	0
11	0		0	0	0,0777625	0
12	0,07	-0,2125		0,0455	0,0495	0
13	0	-0,1735			-0,0215	0
14					-0,124	0
15		-0,14025			0,0025	
16				0,04375	0,220625	0
17	0,057	-0,1235			0,03375	
18		-0,069			0,05925	0
19	0,15125	-0,1835			0,0915	0
20	0,03475				0,162	0
21	0,14175				0,066875	0
22	0	0			-0,05725	0
23	-0,02				0,208125	0
24	-0,05075				0,114	0
25	0				0,043625	0
26					0,0205	0
27	0,078				0,05025	0
28	0,07375				0,189	0
29	-0,025375				0,0505	0
30					0,00925	0
31	0,0475				0,1075	0
32		-0,1345				
33	-0,039	-0,124			-0,05	
34		-0,2266875			0,322875	
35	0,1305	-0,0995			0,111	
36					0,111	0
37	-0,058				0,064125	0

*Tabelle 9.1:* Elektrokardiographische Parameter der nicht narkotisierten Tiere;  
(Fortsetzung)

## Anhang

Tnr	aVF R-H	aVF S-H	aVF SV-H	aVF T-H	aVF ST-SS	aVF ST-SH	HF
1	0,302375			0			56,4600
2	0,326375	-0,04325		0			49,7760
3	0,233	-0,147375					50,9749
4	0,36825			0,04675			57,0885
5	0,61575			0,069875	-0,05075		55,0711
6	0,258625			0,049875			27,3973
7	0,452875			0,06025		0,0475	34,2329
8	0,55			0,05325	-0,104		79,3126
9	0,5905	-0,1755		0,05	-0,09675		50,3081
10	0,726875			0,144875	-0,0305		49,0717
11	0,509375	0	-0,0155	0,07875		0,0215	52,2830
12	0,452			0,08225	-0,4575		61,3183
13	0,37375		-0,021	0			69,1882
14	0,104375	-0,07925					85,7020
15	0,26575						65,2316
16	0,399125	-0,13825			-0,0425		77,4094
17	0,265125			-0,08375			66,5484
18	0,142875						84,5189
19	0,40975	-0,162		-0,155			99,8004
20	0,6525		0	-0,03925			76,0553
21	0,264375			0,25935			62,1697
22	0,416125	0		-0,121			41,8614
23	0,365375	-0,34925	-0,021	0,0485			52,7287
24	0,41575	-0,058		0,0535			80,6777
25	0,270875	0		0,056125			46,0123
26	0,222375	-0,008225					96,9619
27	0,176125	0		0			56,4387
28	0,411125	-0,04175		-0,068875			39,1619
29	0,447875	0		0,07825			65,2103
30	0,297875	0,10875					52,4155
31	0,3625	-0,42875	-0,032	-0,03675			61,9131
32	0,26975						79,6073
33	0,21			0			72,2022
34	0,4905						59,3296
35	0,2365			-0,241			50,3356
36	0,338125	-0,07275					51,4139
37	0,19375	-0,131		0,066			35,8744

*Tabelle 9.1:* Elektrokardiographische Parameter der nicht narkotisierten Tiere;  
(Fortsetzung)

## Anhang

Tnr	Ca	P	CaS	NaS	KS	Uric	Leuko	Ery	Hkt
1	11,1	7,97	9,5	177,7	5,87	1,6	6250	0,575	31
2	11,72	6,7				1,9	9500	0,885	32
3	9,61	7,78	10,7	194	7,58	3,8	4000	1,35	30
4	13,92	6,44	9,86	166,3	8,53	0,8	7500	0,725	
5	10,66	14	10,1	169,5	4,92	1,1	7250	0,93	39
6	15,11	5,4	9,42	151,5	5,81	2,2	7000	1,35	
7	10,85	5,95				4,8	5250	0,575	20
8	10,62	9,76	12,75	171,6	3,59	1,4	8750	0,665	26
9	12,66	8,7	10,58	179,9	3,46	1,9	7000	0,765	30
10	11,4	6,4	10,84	169,4	7,33	1,2	9500	0,66	30
11	10,53	5,09	11,5	163,4	5,23	1,1	5250	1,055	29
12	11,99	9,12				0,4	9750	0,68	
13	9,24	14,49				1,6	3250	0,665	22
14	10,55	7,77	11,74	174,3	3,1	0,6	10500	0,73	30
15	12,5	7,7	10,14	160,5	4,55	0,1	9250	0,78	22
16	11,26	8,15	11,83	165,3	4,83	1	6500	1,1	31
17			10,54	196,4	5,89		6000	0,975	29
18	11	8,61	10,5	157,5	7,22	1,3	10250	0,86	38
19	15,15	11,41				5,6	10500	0,735	29
20	15,63	5,31	11,42	179,3	3,17	0,1	5000	0,66	30
21	11,41	3,93	10,78	166,8	4,37	2,5	6000	1,065	28
22	10,73	7,49	12,06	155,4	6,35	5,6	9250	0,815	32
23							6500	1,05	23
24	9,97	6,87	10,1	159,4	4,09	1	5250	1,105	33
25	30,28	16,8				0,8	9500	0,88	30
26	11,4	6,09	12,47	167,2	2,03	1,8	4000	0,91	34
27	9,58	10,54	10,94	157,1	2,24	2	4500	0,76	26
28	11,3	6	11,82	164,4	7,66	0,4	6750	1,57	36
29	9	6				0,5	7500	0,645	28
30	10,14	5,63	5,73	176,6	2,55	1	4750	0,405	14
31	11,35	7,27	8,54	164,5	6,29	0,1	8500	0,835	32
32	13,25	9,95				2,5	8750	1,11	38
33	11,01	7,87	15,03	166,6	4,5	0,9	7250	0,775	
34	11,7	9,08	10,7	156,6	3,47	0,5	10500	0,53	18
35	13,43	6,71				0,1	4750	0,44	30
36	11,8	6				0,2	7750	1,57	34
37							9750	0,795	28

*Tabelle 9.1:* Elektrokardiographische Parameter der nicht narkotisierten Tiere;  
(Fortsetzung)

Tnr	KM	Sex	NKL	Temp
1	0,69	2	25	25,8
2	1,01	1	25,4	30
3	2,7	1	40	26,3
4	0,52	1	21,5	26,5
5	2,92	1	34	28,5
6	2,25	1	41	20,2
7	3,3	1	43	24
8	1,6	1	31	29,7
9	1,87	1	37	25,4
10	2,7	1	39	28,3
11	2,26	1	37	
12	0,72	1	28	26,5
13	0,57	1	23,5	28,3
14	1,7	1	34	27,5
15	1,63	2	36	28,1
16	2,2	1	42	
17	0,5	1	25	27,9
18	0,45	2	22,5	23,8
19	0,69	2	22	30,2
20	1,8	1	32	27,5
21	1,76	2	38	
22	2,33	1	37,5	24,1
23	2,2	2	40,5	26,9
24	0,91	2	25	
25	0,75	2	20	23,2
26	0,67	2	25	27,2
27	0,45	1	24	
28	2,5	2	44	22
29	0,45	2	28	23
30	2,5	1	37	
31	0,58	1	21	26,9
32	0,43	2	20,5	29
33	0,23	1	16,5	
34	0,9	2	32	28
35	0,75	1	23	26,4
36	3,8	1	41	28,1
37	2,2	2	35	25,1

*Tabelle 9.1:* Elektrokardiographische Parameter der nicht narkotisierten Tiere;  
(Fortsetzung)

## Anhang

Elektrokardiographische Parameter der Tiere die narkotisiert untersucht wurden:

Tnr	EH	I P-H	I Q-H	I R-H	I S-H	I SV-H	I T-H	I QS-H
1	90	0		0			0	
3	-3	0,12825	0	0,385	0			
7	72,6	0,09	0	0,081	0		0	
8	78	0,058125		0,100375			0,0365	
12	79,5	0,02725	-0,0355	0,1525			0,06725	
14	-1	0,03725	0	0,061875	0		0,014625	
16	83	0,164125	0	0,046625	0		0,012	
19	109,2	0,08325	0	0	0		0,18825	-0,115
20	78,9	0,0325		0,105			0,08	
23	86,3	0,17475	-0,028	0,416	0	0,02425	0	
25	42,2	0,035	0	0,23325	0		0	
36	72,1	0,0755	0	0,06725	0	0,02275	0,04275	
38	83,1	0,05612	-0,0203	0,052125	0		0,04425	
39	72,2	0,0595	0	0,07475	0		0	
40	31,2	0,01975		0,02375			0	

*Tabelle 9.2:* Elektrokardiographische Parameter der narkotisierten Tiere

Tnr	I ST-SS	I ST-SH	II P-BN	II Q-B	II R-B	II S-B	II SV-B
1			0,03295		0,06925		
3			0,08185	0	0,0701	0,066	
7			0,14305	0	0,1584	0,04155	
8			0,10065		0,0786		
12	0	0	0,0599	0	0,09025		
14			0,05655	0	0,05535	0,03505	
16		0,025	0,11595	0	0,0815	0,0219	
19			0,08215	0	0,07295	0,06695	
20			0,0675		0,071		
23	-0,0275		0,1093	0	0,0922	0,03195	0,0408
25			0,0895	0	0,07875	0	
36	-0,01		0,16505	0	0,0981	0,0406	0,0609
38			0,1768	0	0,0677	0	
39	-0,01		0,1025	0	0,1043	0,0397	
40	-0,00975		0,0385		0,04315		

*Tabelle 9.2:* Elektrokardiographische Parameter der narkotisierten Tiere;  
(Fortsetzung)

## Anhang

Tnr	II T-B	II P-H	II Q-H	II R-H	II S-H	II SV-H	II T-HN
1	0,13005	0,03725		0,1675			0,052125
3		0,2045	0	0,22825	-0,3045		
7	0,1698	0,1665	0	0,426875	-0,09975		-0,129375
8	0,07535	0,058125		0,5345			0,039875
12	0,0925	0,120375	0	0,822625			-0,101
14	0,13865	0,04725	0	0,090375	-0,086625		-0,198125
16	0,13655	0,1214	0	0,571625	-0,107875		0,053
19	0,1872	0,092875	0	0,46475	-0,23575		-0,308
20	0,126	0,075		0,59			-0,0675
23	0,2358	0,344	0	0,4435	-0,252125	0	0,15325
25	0,13375	0,05275	0	0,319	0		0,0685
36	0,14	0,24025	0	0,321375	-0,1795	-0,02025	-0,1415
38	0,0567	0,04075	0	0,1697	0		0
39	0,1384	0,234	0	0,3465	-0,0818		-0,1155
40	0,10925	0,017		0,165			0

Tabelle 9.2: Elektrokardiographische Parameter der narkotisierten Tiere;  
(Fortsetzung)

Tnr	II ST-S	II PQ-S	II QRS-I	II PR-I	II QT-I	II RT-I	II ST-SS	II ST-SH
1			0,06925	0,36		0,6953		
3			0,1361	0,2938				
7	0,8748		0,19995	0,7785		1,2664		
8			0,0786	0,3167		0,8008		
12			0,09025	0,3987		0,8606	-0,0485	
14	0,5062		0,0904	0,3809		0,7373	-0,02225	
16	0,1603		0,1034	0,4239		0,4158		0,056
19	0,1826		0,1399	0,2595		0,5076		
20			0,071	0,2888		0,6342		
23	0,5012		0,12415	0,3612		0,88	-0,12925	
25			0,07875	0,3732		0,775		
36	0,7095		0,1387	0,46365		0,9785	-0,0915	
38			0,0677	0,40465		0,3619		
39	0,7066		0,144	0,428		1,0122	-0,05125	
40			0,04315	0,2667		0,4667	-0,02375	

Tabelle 9.2: Elektrokardiographische Parameter der narkotisierten Tiere;  
(Fortsetzung)

Tnr	II RT-S	II PR-S	II PQ-I	II RR-I	II RR-I Max	II RR-I Min	III P-H
1	0,496	0,32705		1,2496	1,3128	1,2517	0,037125
3		0,21195		0,8407	0,8485	0,8414	0,1255
7	0,9382	0,63545		2,8516	2,8664	2,8336	0,087875
8	0,64685	0,21605		1,27255	1,2766	1,2606	0,026375
12	0,67785	0,3388		1,605	1,6252	1,5928	0,108375
14	0,5433	0,32435		1,3602	1,3674	1,3405	0,040375
16	0,19775	0,30795		1,2109	1,2196	1,2054	0,197
19	0,24745	0,17735		0,8439	0,8543	0,84	-0,050125
20	0,4372	0,2213		1,16	1,1645	1,1531	0,05125
23	0,552	0,2519		1,3032	1,3043	1,2841	0,19175
25	0,5625	0,2837		1,4393	1,4574	1,419	-0,027
36	0,7404	0,2986		1,532	1,556	1,5144	0,17975
38	0,1433	0,22785		0,8638	0,8774	0,8552	-0,04875
39	0,7695	0,3255		1,616	1,62	1,61	0,17975
40	0,3143	0,2282		0,748	0,8686	0,7463	-0,01175

Tabelle 9.2: Elektrokardiographische Parameter der narkotisierten Tiere;  
(Fortsetzung)



## Anhang

Tnr	III Q-H	III R-H	III S-H	IIISV-H N	IIIT-H	III ST-SS	III ST-SH
1		0,176375			0,0555		
3	0	0,21975	-0,62			-0,076	
7	0	0,386375	-0,149625		-0,109125		
8		0,453375			0,178625		
12	0	0,70925			-0,15825		0,0485
14	0	0,093125	-0,115125		-0,219125	-0,0345	
16	0	0,563375	-0,165625		0,053	0	0
19	0	0,566625	-0,17375		-0,3995		
20		0,53			-0,1425		
23	0	0,3515	-0,47475	-0,021875	0,211	-0,085	
25	0	0,16175	-0,061		0,066625		
36	0	0,322625	-0,23225	-0,051125	-0,105625	-0,075	
38	0	0,1862	0		-0,046125		
39	0	0,3385	-0,13775		0,11525	-0,04425	
40		0,145			0	-0,03	

*Tabelle 9.2:* Elektrokardiographische Parameter der narkotisierten Tiere;  
(Fortsetzung)

Tnr	aVR P-H	aVR Q-H	aVR R-H	aVR S-H	aVR SV-H	aVR T-H
1	0		0			0
3	-0,149125	0	0	0		
7	-0,12125	0	0	0		0,062125
8	-0,0555		0			0
12	-0,07525	0	0			0,03725
14	-0,03175	0	0	0		0,0745
16	-0,20075	0	0	0		0
19	-0,060375	-0,189	0,139375	0		0,184
20	-0,0575		0			0
23	-0,23575	0	0	0	0	-0,05125
25	-0,02775	0	0	0		-0,03175
36	-0,1295	-0,13675	0	0	0	0,06275
38	-0,064	0	0	0		0
39	-0,1215	0	0	0		-0,0555

*Tabelle 9.2:* Elektrokardiographische Parameter der narkotisierten Tiere;  
(Fortsetzung)

Tnr	aVR QS-H	aVR ST-SS	aVR ST-SH	aVL P-H	aVL Q-H	aVL R-H
1	-0,061625			0		0
3	-0,218875		0,05675	-0,047	-0,102	0,51025
7	-0,218875			0	-0,17775	0,1164625
8	-0,30525			0,026625		0
12	-0,45975	-0,01925		-0,05475	0	0
14	-0,04425			0	-0,04775	0,0795
16	-0,36575	-0,02775		0,077625	-0,3021255	0,064375
19				0,0375	-0,336	0,057125
20	-0,3325			0		0
23			0,09175	-0,04675	-0,16875	0,37825
25	-0,25825			0,0405	-0,03625	0,1005
36	-0,1445		0,0705	-0,073625	-0,148	0,137375
38	-0,205875			0,056	0	0
39	-0,18		0,04575	-0,08625	-0,17675	0,032
40	-0,105		0,01875	0,0434027		0

*Tabelle 9.2:* Elektrokardiographische Parameter der narkotisierten Tiere;  
(Fortsetzung)

## Anhang

Tnr	aVL S-H	aVL SV-H	aVL T-H	aVL QS-H	aVL ST-SS	aVL ST-SH
1			-0,037625	-0,08925		
3	0					0,03925
7	0		0,05075	0		
8			-0,065375	-0,19025		
12			-0,12425	-0,298875	-0,0495	
14	0		0,11175	0		0,0165
16	0		0,032625		-0,01625	
19	0		-0,26175			
20			0,112625	-0,235		
23	0	0,02375	-0,129			0,0225
25	0		-0,039			
36	0	0,0405	0,05475			0,03275
38	0		0,0325	-0,237375		
39	0		-0,062		-0,03025	
40			0,03275	-0,06		0,013

*Tabelle 9.2:* Elektrokardiographische Parameter der narkotisierten Tiere;  
(Fortsetzung)

Tnr	aVF P-H	aVF Q-H	aVF R-H	aVF S-H	aVF SV-H	aVF T-H
1	0,03625		0,1735			0,051875
3	0,144	0	0,2245	-0,45675		
7	0,122	0	0,397	-0,133625		-0,131
8	0,04		0,48975			0,089375
12	0,11225	0	0,7645			-0,14125
14	0,03975	0	0,08425	-0,096375		-0,22075
16	0,258875	0	0,559	-0,1297375		0,051
19	0,070375	0	0,51875	-0,195875		-0,339625
20	0,05125		0,5575			-0,1025
23	0,27125	0	0,37725	-0,035175	0	0,20175
25	0,04825	0	0,23625	0		0,068
36	0,19175	0	0,33	-0,205	-0,030375	-0,2825
38	-0,0105	0	0,439875	0		0
39	0,203	0	0,33525	-0,13375		0,10825
40	0,01275		0,155			0,04925

*Tabelle 9.2:* Elektrokardiographische Parameter der narkotisierten Tiere;  
(Fortsetzung)

Tnr	aVF ST-SS	AVF ST-SH	HF
1			48,0154
3	-0,0685		71,3691
7			21,0408
8			47,1494
12		0,05475	37,3832
14	-0,0165		44,1112
16		0,04925	49,5499
19			71,0985
20			51,7241
23	-0,091		46,0405
25			41,6869
36	-0,06225		39,1645
38			69,4605
39	-0,054		37,1287
40	-0,02875		80,2139

*Tabelle 9.2:* Elektrokardiographische Parameter der narkotisierten Tiere;  
(Fortsetzung)

## Anhang

Tnr	Ca	P	CaS	NaS	KS	Uric
1	11,1	7,97	9,5	177,7	5,87	1,6
3	9,61	7,78				3,8
7	10,85	5,95				4,8
8	10,62	9,76	12,75	171,6	3,59	1,4
12	11,99	9,12	11,14	168,8	5,65	0,4
14	10,55	7,77	11,74	174,3	3,1	0,6
16	11,3	8,11				1
19	15,15	11,41				5,6
20	15,63	5,31				0,1
23						
25	30,28	16,8				0,8
36	11,8	6				0,2
38	12,88	4,65	11,78	158,8	3,33	2,9
39	11,8	6				0,2
40	12,49	7,66	7,61	174,3	7,95	0,1

*Tabelle 9.2:* Elektrokardiographische Parameter der narkotisierten Tiere;  
(Fortsetzung)

Tnr	Leuko	Ery	Hkt	KM	Sex	Temp
1	6250	0,575	31	0,69	2	25,8
3	4000	1,35	30	2,7	1	29,8
7	5250	0,575	20	3,3	1	24
8	8750	0,665	26	1,6	1	29,7
12	9750	0,68		0,72	1	26,1
14	10500	0,73	30	1,7	1	32,3
16	9750	0,86	30	2,2	1	27,1
19	10500	0,735	29	0,69	2	30,2
20	5000	0,66	30	1,8	1	27,5
23	6500	1,05	23	2,2	2	26,9
25	9500	0,88	30	0,75	2	23,2
36	7750	1,57	34	3,8	1	27,1
38	10250	0,75	35	1,58	1	31,6
39	7750	1,57	34	3,8	1	27,1
40	6500	0,5	30	0,38	1	29,8

*Tabelle 9.2:* Elektrokardiographische Parameter der narkotisierten Tiere;  
(Fortsetzung)

Konfidenzintervalle der elektrischen Herzachse (in Grad) bei unterschiedlichem Gewicht (mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % liegt die elektrische Herzachse zwischen den angegebenen Unter- und Obergrenzen):

<b>KM (kg)</b>	<b>untere Grenze der EH</b>	<b>obere Grenze der EH</b>
0,25	24,97	144,23
0,5	21,77	140,09
0,75	18,46	136,06
1	15,06	132,13
1,25	11,55	128,30
1,5	7,93	124,58
1,75	4,21	120,96
2	0,38	117,45
2,25	-3,55	114,05
2,5	-7,58	110,75
2,75	-11,72	107,55
3	-15,96	104,44

*Tabelle 9.3:* Konfidenzintervalle der elektrischen Herzachse bei unterschiedlicher Körpermasse

Konfidenzintervalle des PR-Intervalls und der PR-Strecke bei unterschiedlichen RR-Intervallen:

<b>RR-Intervall</b>	<b>untere Grenze des PR-Intervall</b>	<b>Obere Grenze des PR-Intervall</b>	<b>Untere Grenze der PR-Strecke</b>	<b>obere Grenze der PR-Strecke</b>
0,7	0,06	0,50	0	0,39
0,8	0,09	0,52	0	0,41
0,9	0,12	0,55	0,01	0,43
1	0,14	0,57	0,03	0,46
1,1	0,17	0,60	0,06	0,48
1,2	0,20	0,63	0,08	0,51
1,3	0,22	0,65	0,11	0,53
1,4	0,25	0,68	0,13	0,56
1,5	0,27	0,71	0,15	0,59
1,6	0,30	0,74	0,17	0,62
1,7	0,32	0,77	0,20	0,64

*Tabelle 9.4:* Konfidenzintervalle des PR-Intervalls (Sek.) und der PR-Strecke (Sek.) bei unterschiedlichen RR-Intervallen (Sek.)

Konfidenzintervalle des RT-Intervalls und der RT-Strecke bei unterschiedlichen RR-Intervallen:

RR-Intervall	untere Grenze des RT-Intervalls	obere Grenze des RT-Intervalls	untere Grenze des RT-Strecke	obere Grenze des RT-Strecke
0,7	0,28	0,62	0,11	0,47
0,8	0,33	0,66	0,15	0,51
0,9	0,37	0,71	0,19	0,54
1	0,42	0,75	0,23	0,58
1,1	0,47	0,80	0,27	0,62
1,2	0,51	0,84	0,30	0,65
1,3	0,56	0,90	0,34	0,69
1,4	0,60	0,94	0,38	0,73
1,5	0,65	0,98	0,41	0,77
1,6	0,70	1,03	0,45	0,81
1,7	0,74	1,08	0,48	0,85

*Tabelle 9.5:* Konfidenzintervalle des RT-Intervalls (Sek.) und der RT-Strecke (Sek.) bei unterschiedlichen RR-Intervallen (Sek.)

## Anhang

Vergleich der Tiere die sowohl nicht narkotisiert als auch narkotisiert untersucht wurden:

Parameter		Mittelwert	N	Standardabweichung
Paaren 1	Herzfrequenz	62,12	14	19,45
	Herzfrequenz N	47,83	14	16,84
Paaren 2	II RR-Intervall	1,07	14	0,36
	II RR-Intervall N	1,44	14	0,618
Paaren 3	II RRmin	1,06	14	0,36
	II RRmin N	3,13	14	6,79
Paaren 4	II RRmax	1,09	14	0,37
	II RRmax N	3,17	14	6,83
Paaren 5	II P-Höhe	0,11	14	0,11
	II P-Höhe N	0,17	14	0,23
Paaren 6	II Q-Höhe	-0,01	9	0,02
	II Q-Höhe N	0,00	9	0,00
Paaren 7	II R-Höhe	0,31	14	0,15
	II R-Höhe N	0,39	14	0,20
Paaren 8	II S-Höhe	-0,09	7	0,09
	II S-Höhe N	-0,17	7	0,11
Paaren 9	II P-Breite	0,12	14	0,06
	II P-Breite N	0,10	14	0,04
Paaren 10	II Q-Breite	0,01	9	0,02
	II Q-Breite N	0,00	9	0,00
Paaren 11	II R-Breite	0,09	14	0,02
	II R-Breite N	0,09	14	0,03
Paaren 12	II S-Breite	0,03	7	0,02
	II S-Breite N	0,04	7	0,02
Paaren 13	II SV-Höhe	-0,01	1(a)	.
	II SV-Höhe N	0,00	1(a)	.
Paaren 14	II SV-Breite	0,05	1(a)	.
	II SV-Breite N	0,04	1(a)	.
Paaren 15	II T-Breite	0,10	9	0,05
	II T-Breite N	0,14	9	0,05
Paaren 16	II T-Höhe	0,01	9	0,08
	II T-Höhe N	-0,03	9	0,14
Paaren 17	II QRS-Intervall	0,10	14	0,03
	II QRS-Intervall N	0,11	14	0,04
Paaren 18	II PR-Intervall	0,35	14	0,08
	II PR-Intervall N	0,40	14	0,14
Paaren 19	II PR-Strecke	0,23	14	0,06
	II PR-Strecke N	0,30	14	0,13

*Tabelle 9.6:* Parameter der Grünen Leguane die sowohl nicht narkotisiert als auch narkotisiert untersucht wurden

Anhang

		Mittelwert	N	Standardabweichung
<b>Paaren 20</b>	II RT-Intervall	0,60	8	0,20
	II RT-Intervall N	0,80	8	0,22
<b>Paaren 21</b>	II RT-Strecke	0,41	8	0,16
	II RT-Strecke N	0,57	8	0,20
<b>Paaren 22</b>	II ST-Streckensenkung	-0,03	1(a)	.
	II ST-Streckensenkung N	-0,05	1(a)	.
<b>Paaren 23</b>	II ST-Streckenhebung	.	0(b)	.
	II ST-Streckenhebung N	.	0(b)	.
<b>Paaren 24</b>	elek. Herzachse	67,46	14	42,51
	elek. Herzachse N	68,41	14	33,30

*Tabelle 9.6.1:* Parameter der Grünen Leguane die sowohl nicht narkotisiert als auch narkotisiert untersucht wurden; (Fortsetzung)

a Korrelation und T können nicht berechnet werden, da die Summe der Fallgewichtungen kleiner oder gleich 1 ist

b Korrelation und T können nicht berechnet werden, da keine gültigen Paare vorhanden sind

Anhang

	Mittelwert- differenz	Standard- abweichung	N	p
<b>Herzfrequenz - Herzfrequenz N</b>	14,29	17,26	14	0,008 (n.s.)
<b>II RR-Intervall - II RR- Intervall N</b>	-0,37	0,38	14	0,003
<b>II RRmin - II RRmin N</b>	-2,07	6,57	14	0,259 (n.s.)
<b>II RRmax - II RRmax N</b>	-2,08	6,62	14	0,261 (n.s.)
<b>II P-Höhe - II P-Höhe N</b>	-0,07	0,24	14	0,319 (n.s.)
<b>II Q-Höhe - II Q-Höhe N</b>	-0,01	0,02	9	0,347 (n.s.)
<b>II R-Höhe - II R-Höhe N</b>	-0,08	0,15	14	0,065 (n.s.)
<b>II S-Höhe - II S-Höhe N</b>	0,08	0,10	7	0,073 (n.s.)
<b>II P-Breite - II P-Breite N</b>	0,02	0,04	14	0,058 (n.s.)
<b>II Q-Breite - II Q-Breite N</b>	0,01	0,02	9	0,347 (n.s.)
<b>II R-Breite - II R-Breite N</b>	0,00	0,01	14	0,934 (n.s.)
<b>II S-Breite - II S-Breite N</b>	0,01	0,02	7	0,200 (n.s.)
<b>II T-Breite - II T-Breite N</b>	-0,05	0,06	9	0,038 (n.s.)
<b>II T-Höhe - II T-Höhe N</b>	0,03	0,09	9	0,299 (n.s.)
<b>II QRS-Intervall - II QRS- Intervall N</b>	-0,01	0,02	14	0,293 (n.s.)
<b>II PR-Intervall - II PR- Intervall N</b>	-0,05	0,12	14	0,117 (n.s.)
<b>II PR-Strecke - II PR- Strecke N</b>	-0,08	0,14	14	0,060 (n.s.)
<b>II RT-Intervall - II RT- Intervall N</b>	-0,21	0,14	8	0,004
<b>II RT-Strecke - II RT- Strecke N</b>	-0,16	0,19	9	0,041 (n.s.)
<b>elek. Herzachse - elek. Herzachse N</b>	-0,96	27,01	14	0,897 (n.s.)

Tabelle 9.6.2: Vergleich der Parameter der Grünen Leguane die sowohl nicht narkotisiert als auch narkotisiert untersucht wurden



## 10 Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Dr. habil. R. Hoffmann für die Überlassung des Dissertationsthemas. Außerdem möchte ich mich für die allseitige Unterstützung und schnelle Korrektur dieser Arbeit bedanken.

Bei Herrn Dr. Wess, Leiter der Abteilung Kardiologie der Medizinischen Kleintierklinik der Tierärztlichen Fakultät der LMU München bedanke ich mich sehr herzlich für die Korrektur und die zahlreichen Anregungen, Ratschläge und Hilfestellungen bei der Anfertigung der Arbeit sowie für die Ergebnisse der Ultraschalluntersuchungen, bei deren Erstellung Markus Killich mitwirkte und mir mit Rat und Tat zur Seite stand.

Frau Bühler, Mitarbeiterin des Instituts für Zoologie, Fischereibiologie und Fischkrankheiten der Tierärztlichen Fakultät der LMU München danke ich für die Idee zu dieser Arbeit.

Den Unternehmensinhabern der Firma Eickemeyer, Frau Sprung-Eickemeyer und Herrn Sprung danke ich für die Leihgabe des PC-EKG-Geräts, mit dem die Untersuchungen durchgeführt wurden.

Frau Schmid und Frau Kranjčić, Mitarbeiter des Labors der Medizinischen Tierklinik der Tierärztlichen Fakultät der LMU München danke ich für die Serumanalyse.

Herrn Prof. Dr. Küchenhoff, Leiter des Statistischen Beratungslabors am Institut für Statistik der LMU München und Frau Ossig danke ich für die Betreuung der statistischen Auswertung.

Herrn Dr. Baur, Mitarbeiter des Instituts für Zoologie, Fischereibiologie und Fischkrankheiten der Tierärztlichen Fakultät der LMU München und Herrn Schäfer danke ich für die ausführliche wissenschaftliche Beratung.

Martin Küstner danke ich für die rettenden Lösungen meiner zahlreichen Computerprobleme.

Sigrid von Gropper danke ich für die Übersetzung des spanischen Textes.

Überdurchschnittlich großer Dank gilt meiner Familie, insbesondere meinen lieben Eltern Dr. Kher-Eddin Dahhan, Sabine Barbara Dahhan und meinen Schwestern Dr. Nora Becker und Nadja Dahhan, die immer für mich da sind und mich stets unterstützen. Außerdem bedanke ich mich bei Carsten Becker für die Auswahl meines Computers und bei Kujtim Bütün für die moralische Unterstützung.