

3.2. Methode

Alle Katzen wurden einer eingehenden allgemeinen Untersuchung und einer speziellen klinisch-kardiologischen Untersuchung unterzogen. Die spezielle Untersuchung des Herzkreislaufsystems umfasste die Auskultation, die Beurteilung der Röntgenaufnahmen des Thorax in zwei Ebenen, ein Elektrokardiogramm und ein Echokardiogramm.

3.2.1. Adspektion

Bei jeder Katze wurde der Atmungstyp, die Atmungsfrequenz, die Farbe der Schleimhäute und die kapilläre Rückfüllungszeit bestimmt.

3.2.2. Palpation

Durch Auflegen der Hände auf beide Thoraxseiten wurde der Herzspitzenstoß bzw. eventuell auftretende Intensitätsänderungen gefühlt. Des weiteren wurde auf das bei sehr lauten Herzgeräuschen gleichzeitig auftretende Schwirren geachtet.

3.2.3. Auskultation

Jedes Tier wurde im Stehen mindestens zwei Minuten sowohl auf der linken als auch auf der rechten Thoraxseite auskultiert. Hierbei wurden auf Herzschlagfrequenz, Herzrhythmus, Lautstärke und Reinheit der Herztöne bzw. auf vorhandene Herzgeräusche geachtet. Die Herzgeräusche wurden nach zeitlichem Auftreten (systolisch oder diastolisch), den puncta maxima und nach der Lautstärke charakterisiert. Die Einteilung der Lautstärke der Herzgeräusche erfolgte in fünf Lautstärke Graden (*nach Dettweiler und Patterson 1965*):

- Grad 1: das leiseste noch hörbare Geräusch,
- Grad 2: ein leises, nach wenigen Herzschlägen hörbares Geräusch,
- Grad 3: ein sofort zu Beginn der Auskultation und über einen größeren Thoraxbereich wahrnehmbares Geräusch,
- Grad 4: das lauteste Geräusch, das mit abgehobenem Phonendoskop nicht mehr hörbar ist,
- Grad 5: ein lautes Geräusch, das auch mit dem von der Thoraxwand abgehobenen Phonendoskop hörbar ist.

3.2.4. Elektrokardiogramm

3.2.4.1. Elektrokardiogramm, Screening-EKG

3.2.4.1.1. Geräte

Zur routinemäßigen EKG-Ableitung standen zwei tragbare Dreikanalschreiber¹ zur Verfügung. Die Eichung der EKG-Geräte erfolgte auf 1 cm = 1 mV, in Ausnahmefällen zur besseren Darstellung der Ausschläge auch auf 2 cm = 1 mV. Die Registriergeschwindigkeit betrug über mindestens sechs Sekunden 25 mm/sek., dann wurde für einige Sekunden mit einer Geschwindigkeit von 50 mm/sek. registriert.

3.2.4.1.2. Vorgehensweise

Ableitpunkte und -technik

Zur Aufzeichnung der Elektrokardiogramme wurden die Tiere in einem ruhigen, warmen Raum von einer Hilfsperson in rechter Seitenlage gehalten, wobei die Extremitäten im rechten Winkel zur Wirbelsäule gestreckt wurden. Als Elektroden dienten kleine Krokodilklemmen (Gesamtlänge 5cm), die an den Vorderextremitäten distal des Olekranons, an der linken Hintergliedmaße distal der Patella und beliebig an der rechten Hintergliedmaße direkt an der Haut des Tieres befestigt und mit Elektrodengel befeuchtet wurden. Um Störartefakte zu minimieren, wurden, falls erforderlich, die Klemmen zusätzlich mit Zellstoff gegeneinander abgepolstert.

Aufgrund der mangelnden Kooperation einiger Katzen konnten nicht bei allen Tieren die Brustwandableitungen registriert werden. Wurden sie abgeleitet, wurde zusätzlich je eine Klemme im sechsten linken Interkostalraum auf Höhe des Knochen-Knorpel-Übergangs und im sechsten linken und fünften rechten Interkostalraum parasternal angebracht.

Folgende Ableitungen wurden aufgezeichnet:

A. bipolare Standardableitung *nach Einthoven*:

Ableitung I: rechte gegen linke Vordergliedmaße

Ableitung II: rechte Vordergliedmaße gegen linke Hintergliedmaße

Ableitung III: linke Vordergliedmaße gegen linke Hintergliedmaße

B. unipolare Extremitätenableitung *nach Goldberger*:

¹ Multiscriptor EK33, Registriertechnik: Direktschrift nach dem Thermoverfahren, Firma Hellige, Freiburg

Cardiotest EK 53K, Registriertechnik: Direktschrift nach dem Thermo-Punkt-Druckverfahren, Firma Hellige, Freiburg

Ableitung aVR: Sammelelektrode gegen rechte Vordergliedmaße

Ableitung aVL: Sammelelektrode gegen linke Vordergliedmaße

Ableitung aVF: Sammelelektrode gegen linke Hintergliedmaße

C. drei unipolare präkardiale Brustwandableitungen:

Ableitung CV₅RL: fünfter rechter Interkostalraum parasternal

Ableitung CV₆LL: sechster linker Interkostalraum parasternal

Ableitung CV₆LU: sechster linker Interkostalraum Höhe Rippenknochen-
Knorpel-Übergang

3.2.4.1.3. Ausmessung der Elektrokardiogramme

Alle vorliegenden Elektrokardiogramme wurden vollständig nach der von Tilley (1997) vorgeschlagenen Methodik ausgewertet. Dabei wurden die Amplituden (P-, Q-, R-, S- und T-Zacken bzw. Wellen) in Millivolt und die Zeiten (P-, PQ-, QRS-, ST-, T- und QT- Intervalle bzw. Dauer) in Sekunden ausgemessen. Des weiteren wurde der Vektor in der Frontalebene bestimmt. Die Aufzeichnung erfolgte auf Thermo-Millimeterpapier, wobei ein kleines Kästchen einem Quadratmillimeter entspricht. Bei einer Registriergeschwindigkeit von 50 mm/Sek. entspricht ein Millimeter waagrecht 0,02 Sekunden und bei einer Eichung von 1 cm gleich 1 Millivolt entspricht ein Millimeter senkrecht 0,1 Millivolt.

Die Ausmessungen erfolgten in der zweiten Ableitung nach Einthoven bei einer Registriergeschwindigkeit von 50 Millimeter pro Sekunde mit Hilfe eines Geodreiecks, wobei die kleinste messbare Einheit 0,5 mm (= 0,01 Sekunden bzw. 0,05 Millivolt) betrug.

Es wurden fünf komplette Herzaktionen ausgemessen und der Mittelwert berechnet. Entsprechend der vorgegebenen Messgenauigkeit wurde der Mittelwert auf 0,5 mm gerundet.

Die Herzschlagfrequenz pro Minute wurde bei einer Registriergeschwindigkeit von 25 mm/Sek. bestimmt. Hierfür wurde eine Strecke von sechs Sekunden ermittelt, die Anzahl der R-Zacken ausgezählt und der ermittelte Wert mit zehn multipliziert.

3.2.4.2. Computergestütztes Elektrokardiogramm (PC-EKG)

3.2.4.2.1. Geräte

Für die computergestützte EKG-Ableitung kamen das "Bioport 2000" Erfassungsmodul, ein Sony Laptop und die "BioAnimal" Aufzeichnungs- und Analysesoftware zum Einsatz.

Bioport 2000-Erfassungsmodul

Das Bioport 2000- Erfassungsmodul (Abb. 3) der Firma Hörmann, Zwönitz besteht aus:

- a. 12-Kanal EKG-Erfassungskabel, Länge: 2 m zum Ableiten der elektrischen Herzaktionen.
- b. Analog/Digital- Wandler (A/D-Wandler), zur digitalen Umwandlung der abgeleiteten elektrischen Herzpotentiale.
- c. Aufzeichnungs- und Analysesoftware BioAnimal, zur optischen Darstellung der Herzpotentiale.

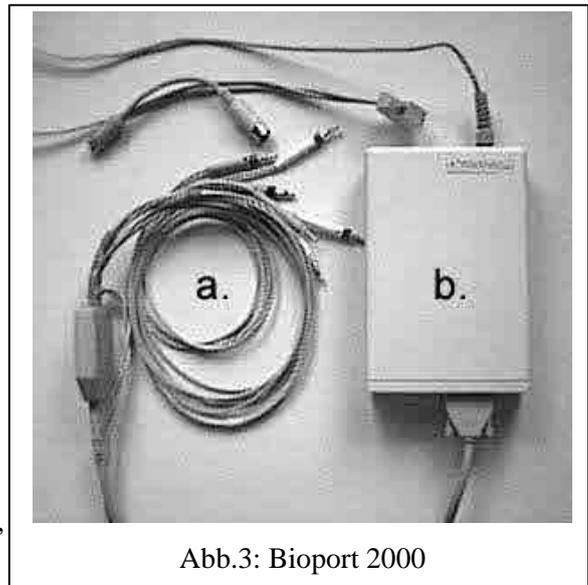


Abb.3: Bioport 2000

Sony VAIO Laptop PCG-F707

Hierbei handelt es sich um einen handelsüblichen Portable-PC, der aufgrund der Handlichkeit gewählt wurde. Das Bioport-Erfassungsmodul ist mit jedem anderen PC mit Windows 95/98? Betriebssystem kompatibel. (Abb. 4.)

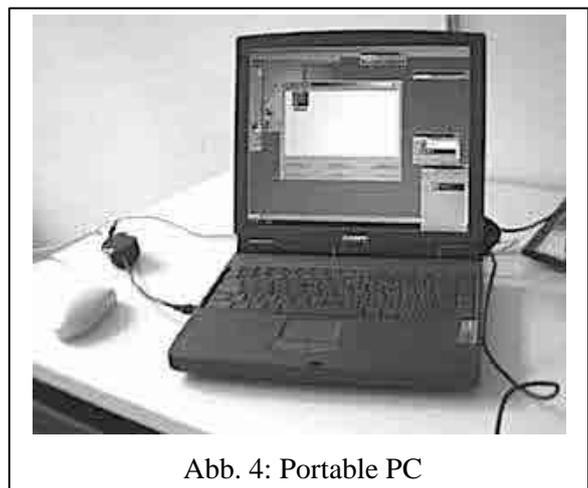


Abb. 4: Portable PC

Gerätebeschreibung:

Die EKG-Ableitkabel werden mit den EKG-Klemmen wie in Kap. 3.2.4.2.2. beschrieben an den Patienten angelegt. Die abgeleiteten elektrischen Herzaktionen werden über das EKG-Erfassungskabel zum A/D-Wandler (Analog/ Digital-Wandler) geleitet und es erfolgt eine digitale Umwandlung der analogen, elektrischen Herzpotentiale. Von dort werden die Daten

in den Computer eingespeist, welche durch die Aufzeichnungs- und Analysesoftware "BioAnimal" verarbeitet und visuell auf dem Monitor dargestellt werden. So ist es möglich die elektrischen Herzpotentiale ohne zeitliche Verzögerung auf dem Monitor in Form des Elektrokardiogramms zu verfolgen und auszuwerten, sowie diverse Sequenzen zu speichern.

Die BioAnimal-Software verfügt über zwei verschiedene Aufzeichnungsmodi:

1. Ruhe-EKG-Modus: Hier werden zwischen drei und sechs Ableitung gleichzeitig (Einthoven und Goldberger) dargestellt und beliebige Sequenzen können in Form von sogenannten 10s-Sequenzen (zehn Sekunden) abgespeichert werden. So können per Mausklick die letzten zehn Sekunden des dargestellten EKG abgespeichert werden.
2. Rhythmus-EKG Modus: Hier werden drei Ableitungen (Einthoven oder Goldberger) und zugleich noch ein Rhythmusstreifen in der zweiten Ableitung nach Einthoven auf dem Monitor dargestellt. In diesem Modus ist es möglich, eine bis zu fünf Minuten und 40 Sekunden lange EKG-Sequenz abzuspeichern.

Bei beiden Modi ist es möglich, die gespeicherten Sequenzen nachträglich einzusehen, auszumessen und auszudrucken.

3.2.4.2.2. Vorgehensweise:

Wie bereits erläutert wurde das Patientengut entsprechend der durchgeführten EKG-Studien in zwei Gruppen aufgeteilt:

Gruppe A: Langzeit-EKG zur Arrhythmieerkennung

Die Unterbringung der Tiere erfolgte in einem ruhigen, warmen Raum in einer Box (Tiefe: ca. 60cm; Höhe: ca. 60cm; Breite: ca. 60cm; Seiten, Hinterwand, Dach geschlossen; Front offen, vergittert, Gitterabstand: 4cm; Boden Kunststoff gelocht). Die Katzen konnten sich in der Box frei bewegen und bekamen eine Katzentoilette, eine Decke sowie einen Fress- und Wassernapf (beide etwa 10cm Durchmesser).

Nach einer Eingewöhnungsphase von 30-40 Minuten an den Käfig wurden die Katzen aus dem Käfig genommen und an das PC-EKG angeschlossen.

Ableitpunkte und -technik:

Als Elektroden dienten kleine Krokodilklemmen (Gesamtlänge: 3cm) mit einem dünnen und flexiblen Kabel (Länge ca. 30cm), das mit den regulären Ableitkabeln verbunden wurde. Die Klemmen wurden beiderseits an den Vorderextremitäten distal der Olekranons, an der linken Hintergliedmaße distal der Patella und beliebig an der rechten Hintergliedmaße direkt an der

Haut des Tieres befestigt und mit Elektrodengel befeuchtet wurden. Von einem Anlegen der Brustwandableitungen wurde abgesehen, da die Tiere schon deutliche Intoleranzen im Routine-EKG zeigten.

Folgende Ableitungen wurden aufgezeichnet:

A. bipolare Standartableitung *nach Einthoven*:

Ableitung I: rechte gegen linke Vordergliedmaße

Ableitung II: rechte Vordergliedmaße gegen linke Hintergliedmaße

Ableitung III: linke Vordergliedmaße gegen linke Hintergliedmaße

B. unipolare Extremitätenableitung *nach Goldberger*:

Ableitung aVR: Sammelelektrode gegen rechte Vordergliedmaße

Ableitung aVL: Sammelelektrode gegen linke Vordergliedmaße

Ableitung aVF: Sammelelektrode gegen linke Hintergliedmaße

Weiteres Vorgehen:

Vor dem Hineinsetzen der Katzen in den Käfig wurden die ersten drei bis vier Elektrokardiogramme entsprechend des Routine-EKG aufgezeichnet. Hierfür wurden die Tiere von einer Hilfsperson in rechter Seitenlage gehalten, wobei die Extremitäten im rechten Winkel zur Wirbelsäule des Tieres gestreckt wurden. Diese Sequenzen wurden später sowohl mit dem Routine-EKG als auch den erfassten PC-EKG verglichen.

In einem Zeitraum von vier bis sechs Stunden wurden EKG-Sequenzen von 40-60 Minuten Dauer aufgezeichnet, unterbrochen von einzelnen Pausen. In den Aufzeichnungspausen wurden die EKG-Klemmen entfernt, um die Hautstellen der Tiere zu schonen. Während der Aufzeichnung und Ableitung des EKG wurden die Katzen und das mitlaufende EKG vom Untersucher beobachtet und verschiedene Sequenzen zur späteren Analyse gespeichert. Den Katzen war es möglich, sich frei in dem Käfig zu bewegen.

Gruppe B: EKG-Überwachung in der Aufwachphase direkt post operationem

Hierbei wurden die Tiere direkt nach dem operativen Eingriff an das PC-EKG angeschlossen und es wurde ein Monitoring durchgeführt. Um eine ausreichende Vergleichsbasis zu erhalten, wurde bei den Tieren vor und nach dem operativen Eingriff ein Kontroll-EKG geschrieben. Die EKG-Überwachung in der Aufwachphase teilt sich zeitlich in zwei Phasen:

Phase I: Das Monitoring wurde unmittelbar nach Abschluss des operativen Eingriffs begonnen und dauerte bis zur Extubation der Patienten. Das Tier wurde direkt auf dem OP-

Tisch in die rechte Seitenlage verbracht und die Gliedmaßen senkrecht zur Wirbelsäule gestreckt.

Nach der Extubation wurde die Katze in eine Aufwachbox gebracht (Tiefe: ca. 60cm; Höhe: ca. 60cm; Breite: ca. 60cm; Seiten, Hinterwand, Dach geschlossen; Front offen, vergittert, Gitterabstand: 4cm; Boden Kunststoff gelocht). Als Unterlage diente eine kleine Decke.

Phase II: Sofort, nachdem die Tiere in die Aufwachbox gebracht wurden und in rechter Seitenlage lagen, wurden die EKG-Klemmen erneut angelegt und das Monitoring fortgesetzt. Es wurde beendet, sobald die Wirkung des Narkosemittels weitgehend nachließ und die Katze erste Eigenmotorik, wie z. B. das Heben des Kopfes, zeigte. Die post operative EKG-Überwachung erfolgte über einen Zeitraum von 10- 30 Minuten, was im Durchschnitt etwa 18,1 Minuten pro Tier dauerte.

Ableitpunkte und -technik:

Als Elektroden wurden ebenfalls kleine Krokodilklemmen (Gesamtlänge: 3cm), die beiderseits an den Vorderextremitäten distal der Olekranons, an der linken Hintergliedmaße distal der Patella und beliebig an der rechten Hintergliedmaße direkt an der Haut des Tieres befestigt und mit Elektrodengel befeuchtet wurden.

Folgende Ableitungen wurden aufgezeichnet:

A. bipolare Standartableitung *nach Einthoven:*

Ableitung I: rechte gegen linke Vordergliedmaße

Ableitung II: rechte Vordergliedmaße gegen linke Hintergliedmaße

Ableitung III: linke Vordergliedmaße gegen linke Hintergliedmaße

B. unipolare Extremitätenableitung *nach Goldberger:*

Ableitung aVR: Sammelelektrode gegen rechte Vordergliedmaße

Ableitung aVL: Sammelelektrode gegen linke Vordergliedmaße

Ableitung aVF: Sammelelektrode gegen linke Hintergliedmaße

Da die Tiere meist in der Aufwachphase zu zittern anfangen, wurden sie mit einem Tuch zugedeckt und eventuell mit einer Wärmelampe bestrahlt. Konnte das Zittern auf diese Weise nicht beseitigt werden, so wurden die Elektroden soweit Richtung proximal verlagert, das die Zitterartefakte weitgehend beseitigt waren und der Herzrhythmus trotzdem eindeutig beurteilt werden konnte.

3.2.4.2.3. Ausmessung der PC-Elektrokardiogramme:

Bei allen erfassten PC-Elektrokardiogrammen aus Teil I und Teil II wurden ebenfalls entsprechend der von Tilly (1997) vorgeschlagenen Auswertungsmethodik vorgegangen. Hierfür wurden die Zeiten (P-, PQ-, QRS-, ST-, T- und QT- Intervalle bzw. Dauer) in Sekunden und die Amplituden (P-, Q-, R-,S- und T-Zacken bzw. Wellen) in Millivolt ausgemessen. Die Auswertungen erfolgten zum Einen mit der computergesteuerten Aufzeichnungs- und Analysesoftware "BioAnimal" und zum Anderen wurden die Sequenzen auf Millimeterpapier (Eichung: 1cm= 1mV; 1cm-senkrecht =1mV; 25mm-waagrecht =0,01s) ausgedruckt und "visuell" ausgemessen.

Die Ausmessung erfolgte bei der "visuellen" Methode in der zweiten Ableitung nach Einthoven bei einer Registriergeschwindigkeit von 50 mm/s mit Hilfe eines Geodreiecks, wobei die kleinste messbare Einheit 0,5 mm (=0,01 Sekunden bzw. 0,05 Millivolt) betrug. Es wurden fünf komplette Herzaktionen ausgemessen und der Mittelwert berechnet. Entsprechend der vorgegebenen Messgenauigkeit wurde der ermittelte Wert auf 0,5 mm gerundet.

Die Ausmessung bei der computergestützten Analysemethode erfolgte ebenfalls in der zweiten Ableitung nach Einthoven. Die Registriergeschwindigkeit und die Amplitudeneichung konnte nachträglich variiert werden. Die Registriergeschwindigkeit konnte beliebig zwischen 2,5 - 200 mm/s und die Amplitudeneichung zwischen 5 – 20 mm = 1mV variiert werden, wobei die kleinste messbare Einheit 0,01 mm (=1 Millisekunde bzw. 0,01 Millivolt) betrug.

Es wurden fünf komplette Herzaktionen ausgemessen und der Mittelwert ermittelt.

Aufgrund der für Katzen typisch niedrigen Amplituden im EKG war die computergestützte Analyse Software oftmals nicht in der Lage, die Amplituden, Zeiten und die durch die Bewegungsfreiheit der Katze erzeugten Artefakte zu differenzieren oder zuzuordnen. Somit konnte die Herzschlagfrequenz durch den Computer nicht zuverlässig bestimmt werden. Das Setzen der Messpunkte für die Amplituden und Zeiten erfolgte manuell visuell.

Bei beiden Methoden wurde die Herzschlagfrequenz pro Minute bei einer Registriergeschwindigkeit von 25 mm/s bestimmt. Hierfür wurde eine Strecke von sechs Sekunden ermittelt, die Anzahl der R-Zacken ausgezählt und die ermittelte Summe mit zehn multipliziert.

3.2.5. Weiterführende Untersuchungen

3.2.5.1. Blutdruckmessung

Alle Katzen wurden einer Blutdruckmessung unterzogen. Zur Ermittlung des Blutdrucks wurde das Doppler-Messverfahren gewählt.

3.2.5.2. Röntgenologische Untersuchung

Von allen Katzen wurden Röntgenaufnahmen des Thorax in latero-lateraler und dorso-ventraler Projektion angefertigt. Daran wurden Herz und Lunge entsprechend den Empfehlungen von Lord und Zontine (1977) ausgewertet und beurteilt. Die Ergebnisse der Röntgenuntersuchungen gingen in die Diagnosestellung der einzelnen Herzerkrankungen ein. Außer bei den später dargestellten Fallbeispielen wird auf eine Beschreibung der einzelnen röntgenologischen Befunde verzichtet.

3.2.5.3. Blutuntersuchungen

Des weiteren wurden, sofern zur weiteren Diagnosestellung nötig, hämatologische und blutchemische Untersuchungen durchgeführt.

3.2.5.4. Echokardiographische Untersuchung

Für die echokardiographische Untersuchung stand das Ultraschallgerät Sigma 44HVCD² zur Verfügung. Zur morphologischen Beurteilung des Herzens wurde die Zweidimensionale- (2D) und die Eindimensionale- (m-Mode) Echokardiographie unter Verwendung eines 7,5-MHz-Schallkopfes verwendet. Zur Beurteilung der Hämodynamik wurde die Doppler-Echokardiographie unter Verwendung eines 7,5- oder 5-MHz- Schallkopfes angewandt. Die echokardiographischen Untersuchungen erfolgten entsprechend den Empfehlungen der "American Society of Echocardiography" (O'Rourke et al. 1984).

3.2.6. Statistische Methoden

Die Analyse der gesammelten Daten erfolgte anhand der Methoden der beschreibenden Statistik, da das Ziel in der durchschaubaren Darstellung der Daten lag. Als statistische Kennwerte wurden die Häufigkeit, Minimal-, Maximal- und Durchschnittswert berechnet. Zur Berechnung dieser Werte und zur graphischen Darstellung wurde das Programm Microsoft Excel© verwendet.

² Sigma 44HVCD, Firma Kontron Instruments, Neufahrn