

2.4. Herzrhythmusstörungen

Der Entstehung von Arrhythmien liegen verschiedene Ursachen zugrunde. Zum Einen werden sie durch pathologische Abweichungen der Erregungsbildung, wie z. B. durch eine veränderte Herzschlagfrequenz oder Regelmäßigkeit oder dem Ursprung der elektrischen Impulse, ausgelöst. Zum Anderen können sie auch durch verschiedene Erregungsleitungsstörungen verursacht werden, die zu einer Veränderung der Depolarisationskaskade in den Vorhöfen und Kammern führen (Silber and Katz 1975). Die Folge der Veränderungen im physiologischen Ablauf der elektrischen Erregungskaskade des Herzens ist, die Abweichung vom Sinusrhythmus zur Arrhythmie. Anhand dieser eine Arrhythmie verursachenden Veränderungen in der Erregungsleitung und -bildung, können die verschiedenen Arrhythmien in einer entsprechenden Systematik unterteilt werden.

2.4.1. Sinusrhythmus

Der physiologische bzw. normale Herzrhythmus wird als Sinusrhythmus bezeichnet. Der Ursprung der Impulsbildung, also der primäre Schrittmacher, liegt im Sinusknoten im rechten Vorhof in der Nähe der Einmündung der Vena cava cranialis. Vom Sinusknoten wird die Erregungswelle über internodale Leitungsbahnen auf den rechten Vorhof und auf den linken Vorhof bis hin zum AV-Knoten übergeleitet. Dieser liegt im unteren, rechten Teil des Vorhofseptums. Von dort leitet sich die Erregungswelle über das Hissche-Bündel fort, welche die einzige physiologische elektrische Verbindung zwischen den Vorhöfen und den Kammern darstellt. Dieser verläuft entlang des membranösen Septums, Richtung der Aortenklappen und teilt sich in den rechten und linken Tawara-Schenkel auf. Der Rechte zieht entlang der rechten Septumwand zum posterioren Papillarmuskel der rechten Kammer und löst sich in ein Netz von feinen, erregungsleitenden Fasern, der Purkinje-Fasern auf. Der linke Tawara-Schenkel zieht bis zum oberen Drittel des linksventrikulären Septums und teilt sich nochmals auf in den anterioren und posterioren Faszikel, die weiterhin miteinander über den septalen Faszikel, der in den mittleren Bereich des Septums zieht, verbunden sind. Die beiden anderen Faszikel ziehen zu den entsprechenden anterioren und posterioren Papillarmuskeln der linken Kammer. Dort lösen sie sich ebenfalls in die sogenannten Purkinje-Fasern auf, um sich durch das gesamte Kammermyokard zu verteilen (Anderson and Becker 1980).

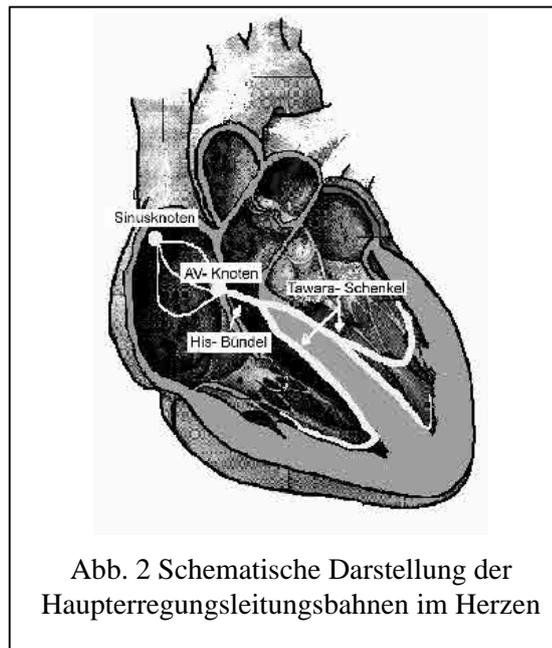


Abb. 2 Schematische Darstellung der Haupterregungsleitungsbahnen im Herzen

2.4.1.1. Normaler Sinusrhythmus

Der normale bzw. physiologische Sinusrhythmus ist gekennzeichnet durch die regelmäßige Herzschlagfrequenz, die je nach Tierart und auch Rasse variieren kann. Die Katze hat Herzfrequenzen von 160-240 Schlägen pro Minute. Hier ist zu beachten, dass die Herzschlagfrequenzen durch Stressfaktoren stark schwanken können. Weiterhin wird der normale Sinusrhythmus durch ein weitgehend konstant bleibendes PP- und RR-Intervall, eine konstante PQ-Dauer und unauffälligen QRS-Komplexen gekennzeichnet. Falls diese Kriterien nicht erfüllt werden, liegt unter Umständen eine Störung der Erregungsleitung oder Erregungsbildung, also eine Arrhythmie, vor (Tilley 1997).

2.4.1.1.1. Sinustachykardie

Eine Sinustachykardie ist durch eine Herzschlagfrequenz gekennzeichnet, die über den Normwerten liegt, aber einen regelmäßigen Rhythmus aufweist. Sie kann bei der Katze beispielsweise durch starken Stress, Fieber, Schock oder diverse Medikamente ausgelöst werden (Tilley 1997).

2.4.1.1.2. Sinusbradykardie

Bei der Sinusbradykardie liegt die Herzschlagfrequenz unterhalb der physiologischen Schwankungsbreiten und der Rhythmus ist regelmäßig. Die Ursache kann eine systemische Erkrankung nach Intoxikationen (Nierenversagen) oder auch eine DKMP im Endstadium sein (Tilley 1997).

2.4.1.2. Sinusarrhythmie

Eine Sinusarrhythmie ist ein aus dem Sinusknoten stammender Sinusrhythmus mit unregelmäßiger Frequenz. Diese Unregelmäßigkeit des Rhythmus ist in erster Linie von der Atmung abhängig. Es kommt zu einer Frequenzsteigerung in der Inspiration und zu einer Frequenzabnahme während der Expiration. Sie wird deshalb auch "respiratorische Sinusarrhythmie" genannt. Diese ist bei Hunden eine physiologische Erscheinung, muss jedoch von anderen Arrhythmien differenziert werden. Bei der Katze ist dieser Befund selten, aber pathologisch (Tilley 1997).

2.4.1.3. Wandernder Schrittmacher

Der wandernde Schrittmacher ist durch eine ständige Formänderung der P-Welle gekennzeichnet. Das Schrittmacherzentrum "wandert" innerhalb des Sinusknotens oder sogar bis hin zum AV-Knoten. Er kann zum Beispiel die Folge einer Vagusstimulierung durch erhöhten intrakraniellen Druck oder eine zerebrale Dysfunktion hervorgerufen werden (Tilley 1997).

2.4.2. Erregungsbildungsstörungen

2.4.2.1. Supraventrikuläre Lokalisation

2.4.2.1.1. Vorhofextrasystolen

Die Vorhofextrasystolen, auch atriale Extrasystolen genannt, entstehen durch eine frühzeitige Impulsbildung innerhalb der Vorhöfe, deren Ursprung nicht im Sinusknoten liegt. Es werden im EKG ein unregelmäßiger Rhythmus, der durch zusätzliche P'-Wellen verursacht wird, festgestellt. Ihr Auslöser kann eine Vergrößerung der Vorhöfe sein. Die atrialen Extrasystolen können in eine Vorhoftachykardie, Vorhofflattern oder Vorhofflimmern übergehen (Tilley 1997).

2.4.2.1.2. Vorhoftachykardie

Die Vorhoftachykardie ist ein sehr schneller aber meist regelmäßiger Rhythmus, dessen Schrittmacherzentrum innerhalb der Vorhöfe, aber außerhalb des Sinusknotens liegt. Die Frequenz liegt bei der Katze über 240 Schlägen pro Minute. Ihr Auftreten kann entweder permanent oder anfallsweise bzw. paroxysmal sein, ihr P'-P'-Intervall ist regelmäßig. Als Vorhoftachykardie kann auch ein Herzrhythmus mit mindestens drei aufeinander folgenden Vorhofextrasystolen bezeichnet werden (Tilley 1997).

2.4.2.1.3. Vorhofflattern

Beim Vorhofflattern liegt die Vorhoffrequenz zwischen 300 und 500 Schlägen pro Minute. Im typischen Erscheinungsbild besitzen die P-Wellen eine charakteristische Sägeblattform, die sogenannten Flatterwellen oder F-Wellen. Bei der atypischen Form treten die F-Wellen nicht auf und sind somit schwer von einer Vorhofftachykardie zu unterscheiden (Tilley 1997).

2.4.2.1.4. Vorhofflimmern

Das Vorhofflimmern zeigt noch höhere Frequenzen wie das Vorhofflattern und der Rhythmus ist unregelmäßig. Im EKG fehlen die charakteristischen P-Wellen der Vorhöfe gänzlich und weisen nur eine undulierende Nulllinie mit schwach angedeuteten, sogenannten f-Wellen auf (Tilley 1997).

2.4.2.2. AV-Knoten Ebene

2.4.2.2.1. AV-Ersatzrhythmus (sekundäre Arrhythmie)

Der Sinusknoten gilt ursprünglich als primärer Schrittmacher. Falls dieser langsamer wird oder seine Funktion ganz ausfällt, übernimmt ein untergeordneter Schrittmacher seine Funktion. Durch das Ausbleiben des Impulses des Sinusknotens wird die Herzaktion durch den AV-Knoten, als nächstes untergeordnetes Schrittmacherzentrum, aufrecht erhalten. Die Depolarisation erfolgt von dort aus vorwärts in Richtung der Kammern und rückwärts in Richtung der Vorhöfe. Kommt es nur zu einem kurzen Impuls aus einem untergeordneten Schrittmacher bezeichnet man dieses als Ersatzsysteme. Wird die Funktion für kurze Zeit komplett übernommen, so nennt man dies Ersatzrhythmus. Beim AV-Ersatzrhythmus ist die Frequenz verlangsamt und nach den Ersatzsystemen folgt eine Pause (Tilley 1997).

2.4.2.3. Ventrikuläre Lokalisation

2.4.2.3.1. Ventrikuläre Extrasystolen (VES)

Durch eine frühzeitige Impulsbildung aus einem ektopen Schrittmacherzentrum, innerhalb der Hauptkammern kommt es zu einer Depolarisation des Herzens, die sich verzögert über das Myokard ausbreitet. Durch die verlangsamte Depolarisationsabfolge erscheinen die QRS-Komplexe verbreitert und bizarr. Die Störungen, die VES auslösen, können direkt vom Herzen ausgehen (z.B. Stauungsinsuffizienzen, Myokardinfarkte) oder indirekt das Herz beeinflussen (z.B. Hypoxie, Anämie) oder durch Medikamente verursacht werden (Tilley 1997).

2.4.2.3.2. Kammertachykardie

Die Kammertachykardie ist eine Summation von ventrikulären Extrasystolen. Ihr Auftreten kann durchgehend sein, bei denen alle Primärimpulse aus dem Myokard stammen, oder sie treten nur vorübergehend mit mindestens drei Extrasystolen auf (Tilley 1997).

2.4.2.3.3. Kammerflattern

Das Kammerflattern ist eine Form der Kammertachykardie mit einer sehr hohen Frequenz von VES (Tilley 1997).

2.4.2.3.4. Kammerflimmern

Beim Kammerflimmern sind im EKG keine normalen Komplexe mehr zu sehen, es sind lediglich unregelmäßige und bizarre Wellen zu sehen. Die Frequenz ist sehr hoch (Tilley 1997).

2.4.2.3.5. Asystolie

Die Asystolie ist gekennzeichnet durch das nicht Vorhandensein von Ventrikelkomplexen, d.h. es sind keine QRS-Komplexe vorhanden. (Tilley 1997)

2.4.2.3.6. Ventrikulärer Ersatzrhythmus (idioventrikulärer Rhythmus)

Fällt der Sinus- und AV-Knotens aus, übernimmt das Erregungsleitungssystem der Ventrikel die Schrittmacherfunktion. Die Frequenz ist auf 40- 100 Schläge pro Minute erniedrigt und im EKG sind meist keine P-Wellen feststellbar. Wenn diese ventrikulären Ersatzsystolen (ES) den Herzrhythmus bestimmen, wird dies auch idioventrikulärer Rhythmus genannt (Tilley 1997).

2.4.3. Erregungsleitungsstörungen

2.4.3.1. Sinuatrionaler Block (SA-Block, Sinusstillstand)

Beim SA-Block handelt es sich um eine Fortleitungsstörung des Impulses vom Sinusknoten zum AV-Knoten. Der Sinusstillstand entsteht durch die Unterdrückung seiner Impulsbildungsautonomie. Im EKG sind beide Arrhythmien nicht zu unterscheiden. Ursächlich kann eine Vagusreizung (schwere Atemwegserkrankungen, Erbrechen), Elektrolytimbalanz oder Arzneimittelintoxikation zugrunde liegen (Tilley 1997).

2.4.3.2. Vorhofstillstand (sinuventrikulärer Rhythmus)

Der Vorhofstillstand ist die Folge einer stetig steigenden Hyperkaliämie. Die graviden Auswirkungen auf die intraventrikulären Erregungsleitungsbahnen sind nicht selten tödlich. Durch die verbreiterten und verzerrten QRS-Komplexe entsteht der Eindruck eines idioventrikulären Rhythmus, da auch die P-Wellen nicht darstellbar sind. Die Sinusknotenimpulse sind jedoch vorhanden und werden auch regulär weitergeleitet. Es kommt nur nicht zu einer Depolarisation des Vorhofmyokards (Goldmann 1982). Mit stetigem Steigen der Serumkaliumkonzentration werden die T-Wellen höher und breiter, die P-Wellen werden kleiner, das PQ-Intervall und die QRS-Dauer wird länger. Das finale Stadium endet in Kammerflattern, Kammerflimmern oder Asystolie. (Schaer 1976; Coulter et al. 1975; Parks 1975; Vander et al. 1973).

2.4.3.3. AV-Block

Der AV-Block ist eine verzögerte oder ganz unterbrochene Erregungsüberleitungsstörung im AV-Knoten oder dem His'schen Bündel. Die supraventrikulären Primärimpulse werden nur verspätet oder gar nicht übergeleitet. Je nach Ausmaß der Störung wird der AV-Block in drei Grade eingeteilt (Tilley 1997).

2.4.3.3.1. AV-Block I° (partieller AV-Block)

Beim AV-Block I° kommt es zu einer verzögerten Erregungsüberleitung. Die P-Wellen und der QRS-Komplex sind normal ausgeprägt, aber das PQ-Intervall ist entsprechend verlängert. Das Vorkommen eines AV-Blocks I° kann durch Digitalisintoxikationen, Propranolol oder Hyper- und Hypokaliämie verursacht werden (Tilley 1997).

2.4.3.3.2. AV-Block II° (partieller AV-Block)

Unter AV-Block II° versteht man eine Unterbrechung der atrioventrikulären Erregungsüberleitung, die allerdings nur vorübergehend ist. Er wird weiterhin noch in den Mobitz-Typ I und II eingeteilt. Der Mobitz-Typ I oder auch Wenckebachsche Periodik genannt, kennzeichnet sich im EKG mit einem unregelmäßigen Rhythmus, der durch ein stetig kürzer werdendes RR-Intervall und länger werdendes PQ-Intervall gekennzeichnet ist. Dies hat zur Folge, dass die P-Welle dann nicht mehr übergeleitet wird. P und QRS sind normal geformt. Die Kammerfrequenz ist durch die gestörte Überleitung kleiner als die Vorhoffrequenz. Beim Mobitz-Typ II ist das PQ-Intervall konstant und die P-Wellen normal geformt. Der QRS-Komplex ist verbreitert und ähnelt einem Schenkel-Block. Er kann durch einen erhöhten Vagotonus oder eine HKMP ausgelöst werden (Tilley 1997).

2.4.3.3.3. AV-Block III°..... (totaler AV-Block)

Der AV-Block III° ist ein totaler AV-Block, d. h. die atrioventrikuläre Erregungsüberleitung ist permanent unterbrochen und die Primärerregungsimpulse der Vorhöfe erreichen die Ventrikel nicht. So müssen andere Schrittmacherzentren unterhalb des Blockes die Herzaktivität aufrecht erhalten. Die Vorhöfe und die Kammern werden somit von zwei verschiedenen Schrittmachern depolarisiert. Zwischen den P-Wellen und den QRS-Komplexen besteht kein Zusammenhang. Die P-Wellen sind normal geformt und treten vermehrt isoliert auf, ihr PP-Intervall ist konstant. Die QRS-Komplexe treten nicht so häufig in Erscheinung. Wenn der Ersatzschrittmacher im Ventrikelmyokard liegt oder zugleich ein Schenkelblock vorhanden ist, sind die Komplexe verbreitert und bizarr geformt. Falls der Ersatzschrittmacherimpuls aus den unteren Teilen des AV-Knotens und oberhalb der Aufteilung des His'schen Bündels kommt und kein Schenkelblock vorliegt, so sind die QRS-Komplexe normal geformt. Bei beiden Typen ist das RR-Intervall weitgehend konstant. Der AV-Block III° kann sowohl durch eine hypertrophe als auch eine dilatative Form der Kardiomyopathie verursacht werden (Tilley 1997).

2.4.3.4. Schenkel-Block

Das ventrikuläre Erregungsleitungssystem besteht aus drei Hauptästen, diese können im einzelnen oder auch kombiniert blockiert sein. Die Hauptäste sind der rechte und der linke Tawara-Schenkel, wobei sich der linke Schenkel nochmals in einen linksanterioren, einen rechtsanterioren und einen septalen Faszikel aufteilt. Demzufolge kann es zu einem Rechtsschenkelblock, Linksschenkelblock, Hemiblock, kombinierten Block oder trifaszikulären Block (Block aller drei großen Leitungswege) kommen (Tilley 1997).

2.4.3.4.1. Rechtsschenkelblock

Der Rechtsschenkelblock entsteht durch die verzögerte Überleitung oder gänzliche Blockierung der Erregungsleitung des rechten Tawara-Schenkels. Der rechte Ventrikel wird dann über die vom linken Tawara-Schenkel weitergeleiteten elektrischen Impulse depolarisiert. Dies erfolgt verspätet und somit sind die QRS-Komplexe verbreitert und bizarr. Die S-Zacken sind in den Ableitungen II, III, aVF, CV6LL und CV6LU sehr tief und breit. Des weitem liegt meist auch eine Rechtachsenabweichung des Herzens vor. Im Falle des Vorhandenseins eines AV-Blocks könnte der linke Tawara-Schenkel mitbeteiligt sein. Im EKG ähnelt der Rechtsschenkelblock sehr der Rechtsherzvergrößerung und muss genau differenziert werden. Ursächlich kann dem Rechtsschenkelblock eine Hyperkaliämie oder

primäre myokardiale Herzerkrankung zugrunde liegen. Gelegentlich kann er auch bei gesunden Katzen auftreten (Tilley 1997).

2.4.3.4.2. Linksschenkelblock

Beim Linksschenkelblock kommt es zu einer verzögerten Überleitung oder einem Block des linken Tawara-Schenkels. Die Depolarisation der linken Kammer erfolgt hier dann verspätet über den rechten Ventrikel. Dadurch stellt sich der gesamte QRS-Komplex, vor allem der frühe Teil, im EKG verbreitert und bizarr dar. Die Hauptausschlagsrichtung in den Ableitungen I, II, III, und aVF ist positiv und die Q-Zacken fehlen. Im EKG Erscheinungsbild des Linksschenkelblocks muss differentialdiagnostisch von der linksventrikulären Vergrößerung abgegrenzt werden, da sich die beiden sehr ähneln. Das gleichzeitige Vorhandensein beider Phänomene ist aber nicht auszuschließen. Eine hypertrophe Kardiomyopathie oder massive Herzschädigungen können als Auslöser angesehen werden (Tilley 1997).

2.4.3.4.3. Hemiblock

Unter Hemiblock wird eine gestörte Überleitung im anterioren oder posterioren Faszikel des linken Tawara-Schenkels verstanden. Die Blockierung eines oder beider Faszikel verändert die Depolarisationszeit des Ventrikels nur geringgradig, allerdings kommt es zu einer deutlichen Veränderung der Depolarisationsrichtung. Diese ist dann in Richtung des blockierten Faszikels verschoben. Der linksanteriore Hemiblock stellt bei der Katze ein relativ häufiges Erscheinungsbild dar. Im EKG sind die QRS-Komplexe kaum bis gar nicht verbreitert und es liegt eine deutliche Linksachsenabweichung vor. Die S-Zacken fallen in den Ableitungen II, III, und aVF sehr tief aus und die R-Zacken in den Ableitungen I und aVL sehr hoch. Hier müssen differentialdiagnostisch eine etwaige linksventrikuläre Vergrößerung, Hyperkaliämie oder Lageveränderungen der intrathorakalen Herzlage ausgeschlossen werden. Seine Ursache kann in einer linksventrikulären Hypertrophie oder einer Hyperkaliämie liegen (Tilley 1997).

2.4.3.4.4. Kombinierter Block

Ein Kombination von verschiedenen Blöcken ist nicht auszuschließen. Zum Beispiel können ein Rechtsschenkelblock und ein linksanteriorer Hemiblock gemeinsam auftreten. Die EKG Veränderungen würden sich entsprechend der einzelnen EKG Merkmale der Blöcke kombinieren. Dies würde bei dieser Kombination zu verbreiterten QRS-Komplexen, einer deutlichen Linksachsenabweichung, hohen R-Zacken in Ableitung I und aVL sowie tiefen

und breiten S-Zacken in den Ableitungen I, II, III, aVF führen. Weiterhin kann sich aus dieser Kombination noch ein AV-Block II° bis III° entwickeln (Tilley 1997).

2.4.4. Kombinierte Störungen von Impulsbildung und Erregungsleitung

2.4.4.1. Ventrikuläres Präexzitations-Syndrom, Wolff-Parkinson-White- Syndrom

Durch akzessorische Leitungsbahnen (Kent-Bündel), die mit den Vorhöfen und den Hauptkammern in Verbindung stehen, ist es möglich, dass Sinusimpulse Teile der Ventrikel depolarisieren, ohne vorher den AV-Knoten zu passieren. Dieses Ereignis nennt sich ventrikuläre Präexzitation. Kommt es zu einer solchen ventrikulären Präexzitation und Phasen von anfallsweise auftretenden Tachykardien, so wird dies als Wolff-Parkinson-White-Syndrom (WPW-Syndrom) bezeichnet (Friedmann 1977). Die EKG Veränderungen bei der ventrikulären Präexzitation zeigen sich in normalen Herzschlagfrequenz und gleichmäßigem Rhythmus, die P-Wellen sind unauffällig, die QRS-Komplexe sind verbreitert und haben einen kleinen Sockel zu Beginn der R-Zacke, den sogenannten Delta-Wellen, und das PQ-Intervall ist verkürzt. Beim WPW-Syndrom ist die Herzschlagfrequenz stark erhöht und die P-Wellen sind undeutlich. Die QRS-Komplexe können sich unauffällig, leicht verbreitert mit Delta- Wellen oder stark verbreitert und bizarr sein (Ogburn 1977; Tilley 1977).