

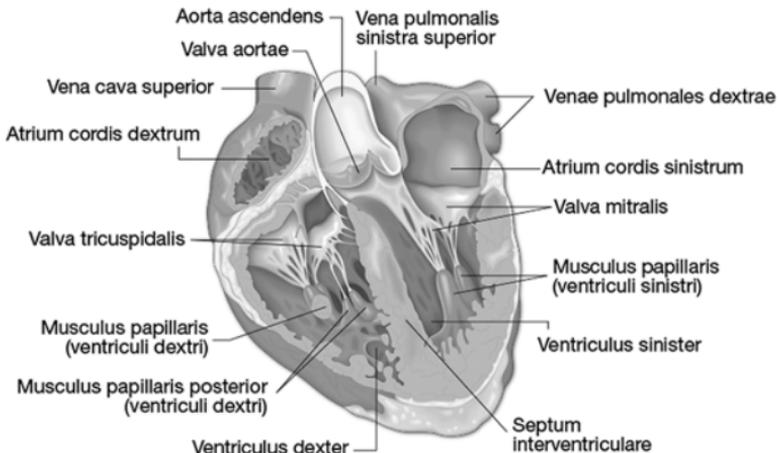
# 1 Einleitung

Damit man das EKG verstehen und interpretieren kann, ist es zunächst einmal wichtig, die anatomischen Strukturen und physiologischen Abläufe zu verstehen. Denn nur wenn man die einzelnen »Wellen« und »Zacken« der Anatomie des Herzens zuordnen kann, kann man die im EKG auftretenden Veränderungen entsprechend werten. Darum ist es unabdingbar, sich mit der Anatomie und Physiologie des Herzens zu beschäftigen.

Weiterhin sollte auch das Anbringen der EKG-Elektroden beachtet werden, denn ein völlig planloses Anbringen der Kabel am Patienten führt nicht selten zur Verpolung, sodass – je nach Anspruch des Betrachters – so gut wie keine Aussage über die elektrische Funktion des Herzens getroffen werden kann.

## 2 Herz

Das Herz (lat. Cor) ist ein muskuläres Hohlorgan und ist sozusagen der »Motor« des Lebens der Menschen (und der Tiere). Es wird durch die Herzscheidewand (Septum cardiale) in eine rechte und linke Hälfte getrennt. Beide Herzhälften werden jeweils wiederum in Vorhof (Atrium) und Herzkammer (Ventrikel) unterteilt (► Abb. 1). Gemeinsam mit den Arterien und Venen bildet dieser »Motor« das Herzkreislaufsystem. Wobei das rechte Herz für den »kleinen« bzw. Lungenkreislauf und somit für den Gasaustausch in den Alveolen zuständig ist, während das linke Herz für den »großen« bzw. Körperkreislauf und somit die Organdurchblutung verantwortlich ist.



**Abb. 1:** Das Herz im Querschnitt, mit freundlicher Genehmigung der SERVIER Deutschland GmbH

Dabei pumpt das rechte Herz sauerstoffarmes Blut in die Lungen, wo es dort in den Alveolen mit Sauerstoff »beladen« wird, um es dann über das linke Herz in den Körperkreislauf zu den Organen und Muskeln zu pumpen.

## **2.1 Anatomische Lage**

Das Herz befindet sich im Mediastinum (»Mittelfellraum«), auf Höhe der 4. bis 8. Rippe zwischen der Wirbelsäule und dem Sternum sowie zwischen den beiden Lungenflügeln. Dabei ist es jedoch nicht mittig im Thorax angelegt, sondern eher nach links ausgerichtet. Es liegt zu 1/3 in der rechten und zu 2/3 in der linken Thoraxhälfte. Seine Ausdehnung erstreckt sich hier bis zur linken Medioklavikularlinie, also einer imaginären, senkrechten Linie vom Schlüsselbein nach unten. Die untere Grenze ist das Zwerchfell, auf dem das Herz teilweise aufsitzt.

Die Herzspitze berührt die Brustwand im 5. ICR und ist hier in der Kontraktionsphase tastbar (Herzspitzenstoß).

## **2.2 Größe und Gewicht**

Das gesunde Herz eines erwachsenen Menschen ist in etwa so groß wie seine geschlossene Faust, wobei bei trainierten Sportlern, insbesondere bei Leistungssportlern eine physiologische Hypertrophy bis zu der Größe von 1,5 geschlossenen Fäusten erkennbar ist.

Abhängig von Geschlecht, Körpergewicht, Alter und Trainingszustand wiegt das Herz

- bei Frauen ca. 280–300 gr.
- bei Männern ca. 320–350 gr.

Als kritisch wird ein Gewicht von ca. 500 gr. eingestuft, da dann die Sauerstoffversorgung des Myokards, aufgrund des nicht ausreichenden Blutflusses, vermindert wird.

## **2.3 Die Wandschichten des Herzens von innen nach außen**

Die Wand des Herzens besteht aus insgesamt drei unterschiedlich starken Schichten:

- Die Herzinnenhaut (das Endokard)
- Der Herzmuskel (das Myokard)
- Die Herzaußenhaut (das Epikard)

Das Epikard bildet gemeinsam mit dem Perikard den Herzbeutel, welcher die anatomische Abgrenzung zu den Mediastinalorganen (Trachea, Ösophagus, Thymusdrüse) bildet.

### **2.3.1 Das Endokard**

Das Endokard ist die innerste der drei Schichten der Herzwand. Sie besteht aus einer glatten Endothelhaut, elastischen Fasern und Bindegewebe. Es ist ungefähr 0,5–1,0 mm dick und kleidet den Raum im Herzzinneren vollständig aus.

## 2.3.2 Das Myokard

Das Myokard ist der eigentliche Herzmuskel, welcher aus glatter und quergestreifter Muskulatur besteht. Das Myokard ist für das typische Aussehen des Herzens verantwortlich. In dieser Schicht sind die Erregungs- und Überleitungsbahnen gelagert, welche für die Funktion des Herzens verantwortlich sind.

## 2.3.3 Das Epikard

Das Epikard bildet die Außenhaut des Herzens und ist fest mit dem Myokard verwachsen. Weiterhin ist es auch das viszerale Blatt (Lamina visceralis) des Herzbeutels (Perikard). Es besteht aus einem einschichtigen Plattenepithel sowie einer subserösen Schicht aus Fett und Bindegewebe, in welchem die größeren Koronargefäße eingelagert sind.

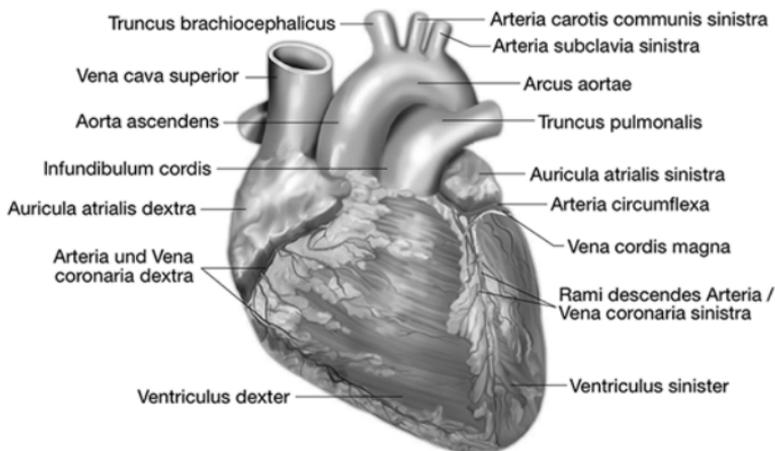
Das Epikard produziert, in geringen Mengen, eine spezielle Flüssigkeit, den Liquor pericardii, welche den Raum zwischen dem viszeralem und dem parietalen Blatt des Herzbeutels befeuchtet. Das Liquor pericardii reduziert die Reibung zwischen den beiden Perikard-Blättern und gewährleistet dadurch die Beweglichkeit des Herzens im Herzbeutel.

## 2.3.4 Das Perikard

Das Perikard ist die äußere Wand des Herzbeutels. Es besteht aus einer groben Bindegewebs- und Fettschicht. Das Perikard ist mit den Pleuren der Lunge und dem Zwerchfell verwachsen, wodurch die anatomische Lage des Herzens im Thorax fixiert ist.

## 2.4 Die Blutversorgung des Herzens

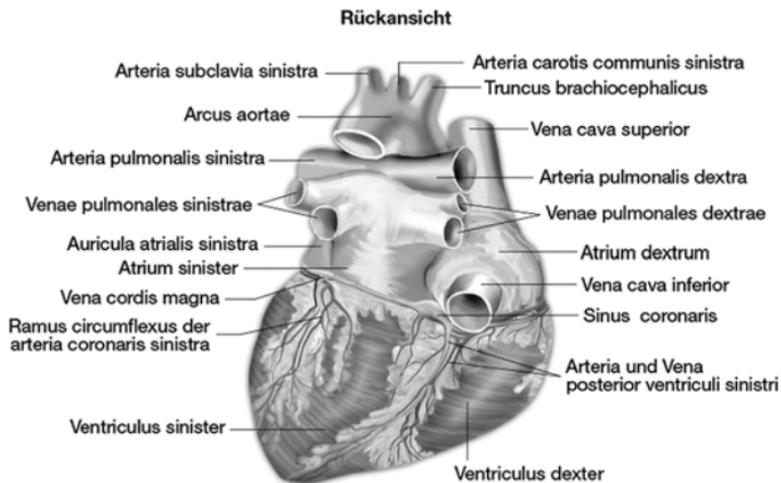
Wie jedes andere Organ des Körpers, wird auch das Herz mit Blut und somit mit lebensnotwendigen Nährstoffen versorgt. Dies erfolgt über die sogenannten Herzkranzgefäße, welche kranzförmig um das Herz herum angelegt sind. Dabei unterscheidet man zwei Arten der Koronargefäße, nämlich die Herzkranzarterien (Aa. coronariae) und die Herzkranzvenen (Vv. cordis).



**Abb. 2:** Herz-Vorderansicht, mit freundlicher Genehmigung der SERVIER Deutschland GmbH

Die Herzkranzarterien entspringen unmittelbar oberhalb der Aortenklappe aus der aufsteigenden Aorta (Aorta ascendens) und verlaufen mit ihren größeren Ästen auf dem Herzmuskel, um dann mit ihren Endaufzweigungen von außen in das Myokard einzutauchen.

Obwohl die Koronararterien aus der Aorta entspringen, werden sie nicht in der Systole, sondern nach dem die Aortenklappe geschlossen ist, also in der Diastole, durchblutet. Die Muskelkontraktion der Ventrikel sorgt in der Systole für die Entleerung der Koronararterien.



**Abb. 3:** Herz-Hinteransicht, mit freundlicher Genehmigung der SER-VIER Deutschland GmbH

## 2.5 Der Blutkreislauf

Das Myokard sorgt dafür, dass das Blut kontinuierlich in alle Regionen des Körpers gelangt. Dazu schlägt das Herz durchschnittlich 70 bis 80 Mal pro Minute und pumpt in dieser Zeit vier bis sechs Liter Blut durch das Gefäßsystem. Dies entspricht ca. 360 Liter pro Stunde bzw. 8.640 Liter pro Tag. Durch seine beiden synchron arbeitenden Pumpen, dem rechten und dem linken Ventrikel, pumpt das Herz Blut gleichzeitig in die Lungen (sauerstoffarmes Blut) und in die restlichen Organe sowie die Extremitäten (sauerstoffreiches Blut).

Funktionell wird der Blutkreislauf darum in zwei verschiedene Teilkreisläufe differenziert:

- Der kleine Blutkreislauf.
- Der große Blutkreislauf.

## 2.5.1 Der kleine Blutkreislauf

Der kleine Blutkreislauf beschreibt den Weg des Blutes vom Eintritt in das rechte Herz, bis zum Austritt aus dem linken Herzen in den großen Blutkreislauf hinein.

Das sauerstoffarme Blut strömt über die V. cava superior (obere Hohlvene) und die V. cava inferior (untere Hohlvene) in den rechten Vorhof. Von dort fließt es durch die Trikuspidalklappe in die rechte Kammer. Von der rechten Kammer aus wird das Blut dann durch die Pulmonalklappe in die A. pulmonalis (Lungenarterie) gepresst, um es dann in den Arteriolen dem Gasaustausch zuzuführen. Hier wird dem Blut über die kleinsten Lungenbläschen, den Alveolen, Sauerstoff zugeführt und »Abfallprodukte«, wie z. B. Kohlendioxid, dem Blut entzogen. Über die Venolen führt dann der Weg des sauerstoffreichen Blutes in die vier Vv. pulmonales (Lungenvene) in den linken Vorhof des Herzens. Von hier aus gelangt das Blut dann durch die Mitral- oder auch Bikuspidalklappe genannt, in den linken Ventrikel. Von hier aus wird es durch die Aortenklappe hindurch in die Aorta und somit in den großen Blutkreislauf gepumpt.

## 2.5.2 Der große Blutkreislauf

Der große Blutkreislauf beschreibt den Weg des Blutes vom Eintritt in die Aorta bis zum rechten Atrium (rechter Vorhof des Herzens).

Der linke Ventrikel pumpt das Blut in die große Körperschlagader, die Aorta, die sich dann nach oben in die Kopf- und Armarterien und nach unten in die Organ- und Beinarterien in immer kleinere Gefäße bis ins Kapillarsystem verzweigt und Sauerstoff zu allen Organen und Körpergeweben transportiert. Hier im Kapillar-

system, welches aus Arteriolen (mit sauerstoffreichem Blut) und Venolen (sauerstoffarmes Blut) besteht, findet der Gas- und Stoffaustausch statt. Sauerstoff wird aus den Arteriolen in das Gewebe abgegeben, Abfallprodukte und Kohlendioxid in die Venolen aufgenommen. Auf dem Weg zum Herzen zurück vereinen sich die kleinen Venen zu immer größer werdenden venösen Blutgefäßen, welche dann das darin enthaltende sauerstoffarme Blut über die obere und untere Hohlvene im rechten Vorhof zusammenführen.

## 2.6 Das vegetative Nervensystem im Herzen

Das vegetative Nervensystem wird unterteilt in die Nerven des Sympathikus, welche in den Vorhöfen und den Kammern des Herzens lokalisiert sind und die Nerven des Parasympathikus, welche hauptsächlich in den Vorhöfen des Herzens zu finden sind.

Abhängig von dem jeweiligen Neurotransmitter, welcher das Nervensystem innerviert, hat dies unterschiedliche Wirkungen:

- Inotropie: Wirkung auf die Herzkraft
- Chronotropie: Wirkung auf die Herzfrequenz
- Dromotropie: Wirkung auf die Erregungsleitung
- Bathmotropie: Wirkung auf die Herzerregbarkeit

Wird der Sympathikus im Herzen durch die Botenstoffe Adrenalin oder Noradrenalin innerviert, führt dies zur Erleichterung der Erregbarkeit, Beschleunigung der Erregungsleitung, Steigerung der Herzfrequenz, Erhöhung des Blutdruckes und der myokardialen Durchblutung. Wird das parasympathische Nervensystem im Herzen durch seinen Botenstoff Acetylcholin innerviert, führt dies zur Senkung der Herzfrequenz, des Blutdruckes und der myokardialen Durchblutung.

## 2.7 Das Reizleitungssystem

Das Myokard unterscheidet sich im Vergleich zur Skelettmuskulatur wie auch zur Organmuskulatur deutlich. Zum einen weist das Herz eine »Mischmuskulatur« auf, es beinhaltet also glatte wie auch quergestreifte Muskulatur, zum anderen ist es in seiner Funktion vom Nervensystem unabhängig.

Würde man ein schlagendes Herz aus dem Körper heraus transplantieren, es dabei aber ausreichend mit Sauerstoff und Nährstoffen versorgen, dann würde dieses Herz auch abgetrennt vom Nervensystem weiter schlagen.

Das Herz besitzt ein autonomes Erregungs- bzw. Schrittmacherzentrum, welches im rechten Vorhof auf Höhe der Einmündung der V. cava superior liegt. Dieses Schrittmacherzentrum, allgemein als Sinusknoten bezeichnet, gibt eine Frequenz von ca. 60–80 bpm vor.

Die Erregungswelle breitet sich dann über die Vorhöfe aus und wird im AV-Knoten zunächst gesammelt. Der AV-Knoten ist im »Koch-Dreieck« lokalisiert, welches sich an der Wand zwischen rechtem und linkem Vorhof und an der Grenze zu den Ventrikeln befindet.

Unter physiologischen Bedingungen sind die Vorhöfe und die Kammern elektrisch voneinander getrennt, so dass der AV-Knoten hier ein wichtiges Bindeglied im Herzreizleitungssystem darstellt. Weiterhin hat auch der AV-Knoten die Möglichkeit zur Eigenerregung. Fällt beispielsweise der Sinusknoten als Taktgeber aus, kann der AV-Knoten die Rolle des Taktgebers sofort »übernehmen«. Jedoch ist dieser Ersatzrhythmus durch den AV-Knoten etwas langsamer und weist eine Frequenz von ca. 40–50 bpm auf.

Leitet der AV-Knoten den Impuls weiter, führt dieser zunächst in das His'sche Bündel, welches normalerweise die einzige muskuläre Brücke zwischen dem Vorhof und der Kammer darstellt.

Nach dem His'schen Bündel wird die Erregung über den rechten und linken Tawara-Schenkel, welche zunächst entlang des Septums verlaufen, weiter geleitet und dann bis in die Purkinje-Fasern im gesamten Herzmuskel verteilt. Dabei erfolgt die Erregung des Kammermyokards von innen nach außen und von der Herzspitze (Apex) zur Herzbasis.