

Um die Funktionsweise des EKG beschreiben zu können, benötigen wir zunächst zelluläre Grundlagen. Diese und die Übertragung elektrischer Nervensignale werden noch ausführlich in Kapitel 5 (Neuronale Signalleitung) besprochen.

3.4 Elektrokardiogramm (EKG)

Zelluläre Grundlagen

Bei einer ruhenden Herzmuskelzelle liegt eine Spannung an. Sie ist außen und innen geladen.

ruhende Herz-
muskelzelle:

Bei der erregten Herzmuskelzelle kehrt sich die Polarität um. Sie ist außen und innen geladen.

erregte Herz-
muskelzelle:

Von außen können nur die extrazellulären Ladungen (außerhalb der Zelle) gemessen werden, da die intrazellulären Ladungen (innerhalb der Zelle) werden.

ruhende Herz-
muskelzelle:

Ein benachbartes Paar von positiven und negativen Ladungen ist physikalisch gesehen ein
Darstellung als ,
der vom zum
..... Ladungsschwerpunkt zeigt.

erregte Herz-
muskelzelle:

Der Summendipolvektor gibt in guter Näherung die Richtung des elektrischen Feldes an. Sein Betrag ist umso größer, je größer die Ladungen sind.

Mittels Pfeiladdition erhält man einen

Der Niederländer Willem Einthoven (1860 – 1927) gilt als Begründer des Elektrokardiogramms. Er bekam dafür 1924 den Nobelpreis für Medizin.

Beachte: In der Medizin wird „rechts“ und „links“ immer aus Sicht des Patienten angegeben.

Zeichne bei allen 3 Ableitungen die Projektion des Summendipolvektors ein.

Messung des Summendipolvektors

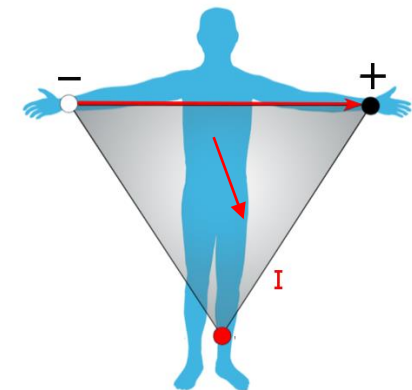
Der Summendipolvektor ändert sich während eines Herzschlags in ganz charakteristischer Form. Beim EKG wird dieser gemessen. Da der dreidimensionale Vektor nicht als Ganzes gemessen werden kann, werden Projektionen davon aufgezeichnet.

Messung nach Einthoven:

Bei einem EKG misst man die Potentialdifferenz zwischen zwei Punkten. Diese ergibt sich anschaulich als Projektion des Summendipolvektors auf die Verbindungslinie der Messelektroden. In der Medizin spricht man hier von Ableitungen.

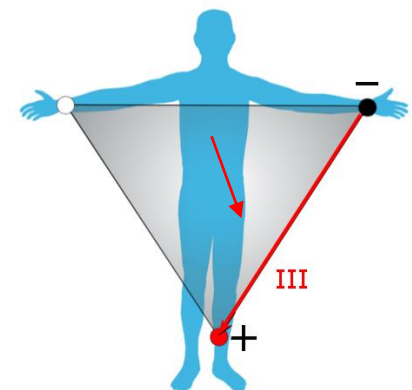
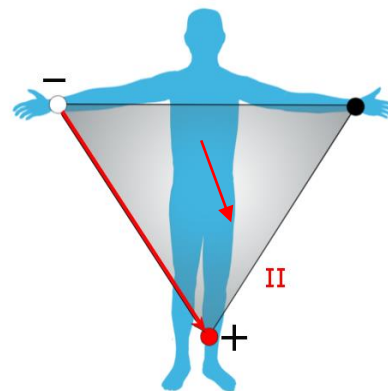
Ableitung Einthoven I:

Potentialdifferenz zwischen linkem Handgelenk (+ Pol) und rechtem Handgelenk (– Pol).



Einthoven II: linker Knöchel (+), rechtes Handgelenk (–)

Einthoven III: linker Knöchel (+), linkes Handgelenk (–)



Die Erregung der Herzmuskelzellen erfolgt nicht gleichzeitig, sondern immer nach demselben Muster (in der Abbildung rot dargestellt). Damit verschieben sich auch die elektrischen Ladungen nach einem bestimmten Muster. Der Summendipolvektor wechselt daher ganz charakteristisch seinen Ursprung, seine Richtung und seinen Betrag.

Unter jedem Bild ist der jeweilige Teil des EKG-Bildes eingezeichnet (hier nach Einthoven II). Dabei ist der Ausschlag der EKG-Linie genauso groß wie die Projektion des Summendipolvektors. Zeigt der Summendipolvektor in Richtung vom rechten Handgelenk zum linken Knöchel, dann ist der Ausschlag positiv, zeigt er in umgekehrte Richtung, dann ist der Ausschlag negativ.

Die charakteristischen Punkte in der EKG-Kurve werden mit P, Q, R, S, T bezeichnet.

Bild nicht lizenzierbar

Die linke Abbildung zeigt ein EKG-Bild mit den Einthoven-Ableitungen I – III.

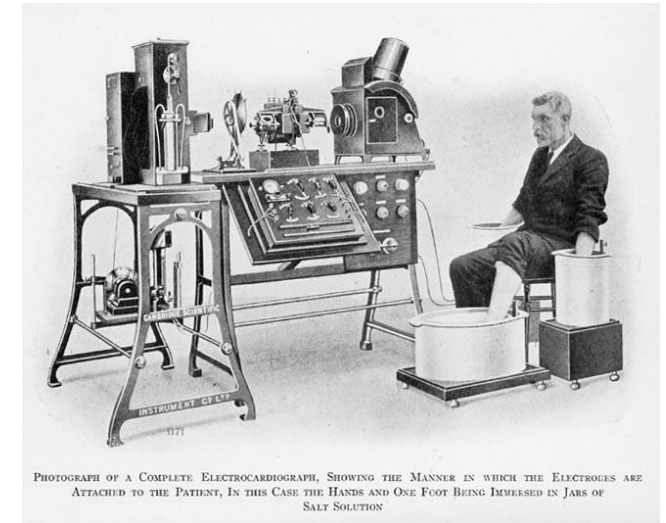
Heute verwendet man beim EKG in der Regel 6 oder 12 Ableitungen. Damit lässt sich das Herz genauer untersuchen.

Das rechte Bild zeigt eine frühe Form der EKG-Ableitung nach Einthoven. Dabei werden die Extremitäten in Wannen mit Salzwasser getaucht.

EKG-Bilder



[Bionerd; https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ekg_normal_bionerd.jpg; Ausschnitt]



PHOTOGRAPH OF A COMPLETE ELECTROCARDIOGRAPH, SHOWING THE MANNER IN WHICH THE ELECTRODES ARE ATTACHED TO THE PATIENT, IN THIS CASE THE HANDS AND ONE FOOT BEING IMMERSED IN JARS OF SALT SOLUTION

Pulsmessung

• Brustgurt:

Ein Brustgurt mit misst immer nur die (größter Ausschlag im EKG). Damit erhält man die Herzfrequenz.

Beim Fingerclip wird rotes Licht verwendet, da dieses vom Finger- gewebe durchgelassen wird und nur vom Blut absorbiert wird. Dies kannst du experimentell testen: Leuchtest du mit einer weißen LED deinen Daumen an, so leuchtet er rot. Rotes Licht wird also durchgelassen, die anderen Lichtfarben werden absorbiert.

Mit dem Fingerclip kann gleich- zeitig auch die Sauerstoffsättigung im Blut gemessen werden. Dafür wird zusätzlich eine infrarote LED benötigt.

• Fingerclip:

Eine LED sendet Licht aus, eine Fotodiode auf der anderen Seite misst die Intensität des durchkommenden Lichts. Bei jedem Pulsschlag wird das Blutvolumen in der Arterie kurzzeitig

..... . Dadurch wird mehr Licht Somit schwankt die gemessene Intensität im Rhythmus der Herzfrequenz.

