

EKG: Ableitungen und Einthoven-Dreieck

IMPP-Relevanz ⌚ Lesezeit: 5 min 👁 Zuletzt verwendet am 07.07.2023 um 17:13 Uhr

Steckbrief

Der zeitliche Verlauf des Summationsvektors kann beim EKG mithilfe der Extremitäten- und Brustwandableitungen – projiziert auf die jeweilige Ableitungsebene – sichtbar gemacht werden. Ein Standard-EKG erfasst 12 Ableitungen (**12-Kanal-EKG**):

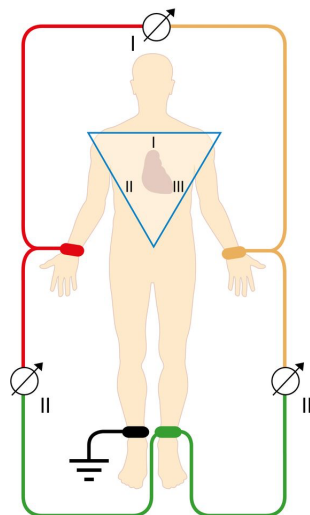
- **6 Extremitätenableitungen:** Die bipolaren Ableitungen I, II, III nach **Einthoven** sowie die unipolaren Ableitungen aVR, aVL, aVF nach **Goldberger** registrieren Potenzialdifferenzen in der **Frontalebene**.
- **6 Brustwandableitungen:** Die unipolaren Ableitungen V₁–V₆ nach **Wilson** erfassen Potenzialschwankungen in der **Horizontalebene**.

Die Verbindungslinien der Ableitorte der Extremitätenableitungen ergeben ein ungefähr gleichseitiges Dreieck, das **Einthoven-Dreieck**.

EKG-Ableitung nach Einthoven (Anordnung der Elektroden)

Die Extremitätenableitungen nach Einthoven erfassen jeweils Potenzialschwankungen zwischen rechtem und linkem Arm und linkem Bein. Die Erdungselektrode am rechten Bein reduziert externe Störeinflüsse. Die Verbindungslinien der Ableitungspunkte ergeben das sog. Einthoven-Dreieck.

(Quelle: Behrends et al., Duale Reihe Physiologie, Thieme, 2012)



Extremitätenableitungen

Die EKG-Elektroden der Extremitätenableitungen werden nach dem **Ampelprinzip** angebracht:

- rote Elektrode: rechter Arm
- gelbe Elektrode: linker Arm
- grüne Elektrode: linkes Bein

- schwarze Elektrode (Erdung): rechtes Bein.

Mithilfe der Erdungselektrode sollen externe Störfaktoren ausgeschaltet werden.

Ableitungen nach Einthoven (I, II, III)

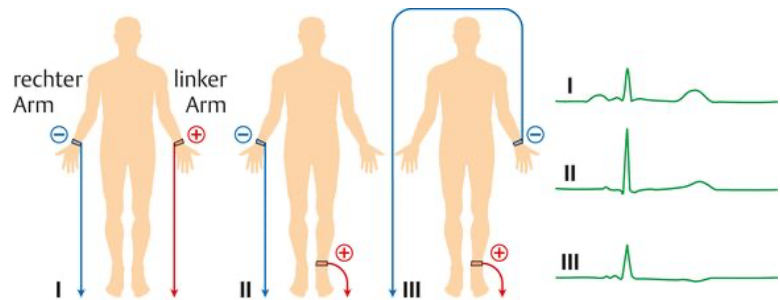
Die Ableitung nach Einthoven erfolgt **bipolar**, d.h., die Elektroden messen jeweils die Potenzialdifferenz zwischen 2 Elektroden:

- **Ableitung I** bezieht sich auf die Potenzialdifferenz zwischen rechtem und linkem Arm,
- **Ableitung II** auf die zwischen rechtem Arm und linkem Fuß und
- **Ableitung III** auf die zwischen linkem Arm und linkem Fuß.

Extremitätenableitungen nach Einthoven

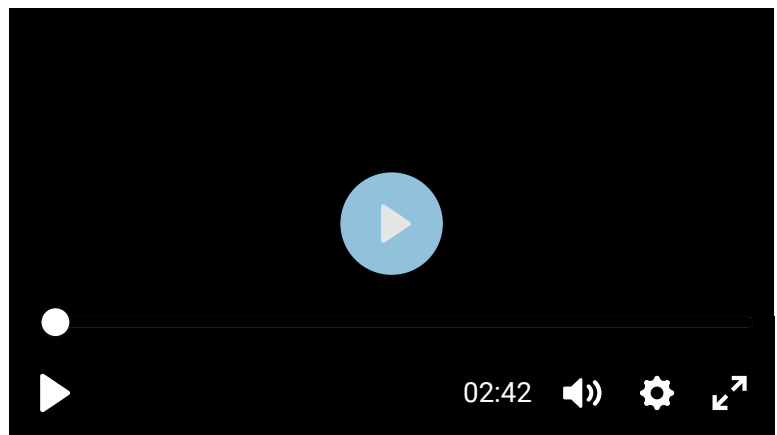
Die Abbildung zeigt die Extremitätenableitungen und ihre Polaritäten nach Einthoven (I, II, III) sowie die korrespondierenden EKG-Kurven.

(Quelle: Pape et al., Physiologie, Thieme, 2019)



Im folgenden Video wird das Prinzip der EKG-Ableitung und ihr Zusammenhang zur Vektorschleife erläutert.

EKG-Ableitung – Prinzip am Beispiel von Einthoven II



Ableitungen nach Goldberger (aVR, aVL, aVF)

Die Ableitung nach Goldberger erfolgt **unipolar**: Man schaltet jeweils 2 Elektroden zu einer **indifferenten** Elektrode zusammen und misst gegen die übrig gebliebene, **differente** Elektrode (diese ist mit dem + - Eingang des Messgeräts verbunden und wird auch als Gegenelektrode bezeichnet).

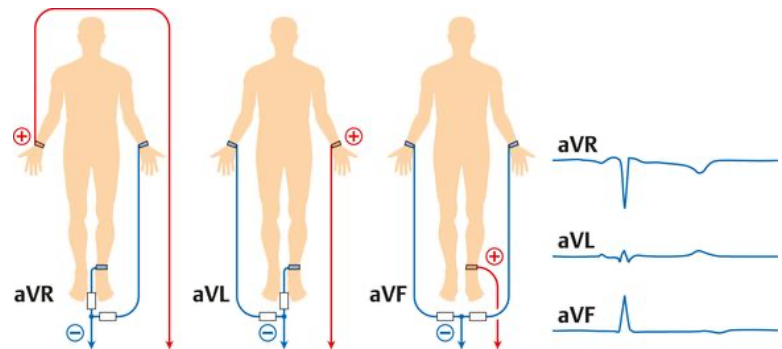
Bei der Ableitung **VR** wird der **rechte Arm** (differente Elektrode) gegen den Zusammenschluss der beiden anderen Elektroden (linker Arm mit linkem Fuß: indifferente Elektrode) abgeleitet. Es entsteht ein verstärktes (engl. augmented) Messsignal: **aVR**. Neben aVR werden auch die **Ableitungen aVL**

(differente Elektrode: **linker Arm**; indifferente Elektrode: Zusammenschluss von rechtem Arm und linkem Fuß) und **aVF** (differente Elektrode: **linker Fuß**; indifferente Elektrode: Zusammenschluss von rechtem und linkem Arm) gemessen.

Extremitätenableitungen nach Goldberger

Die Abbildung zeigt die Extremitätenableitungen und ihre Polaritäten nach Goldberger (aVR, aVL, aVF) sowie die dazugehörigen EKG-Kurven.

(Quelle: Pape et al., Physiologie, Thieme, 2019)



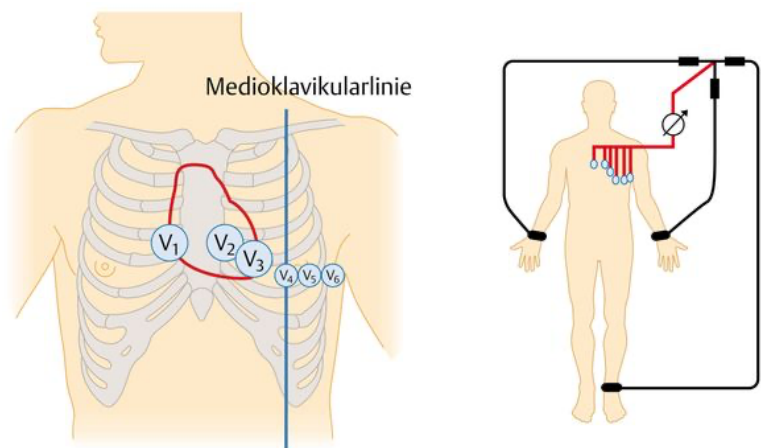
✓ Brustwandableitungen

Die Ableitungsform nach **Wilson** erfolgt **unipolar**. Sie registriert die Erregungsausbreitung durch Änderungen des Summationsvektors in der **Horizontalebene**. Hierfür werden als indifferente Elektrode 3 Extremitäten zusammengeschaltet, die ein Potenzial von annähernd Null ergeben. Dadurch entsteht ein elektrischer Referenzpunkt, der etwa im Zentrum des Herzens liegt. Gegen diesen Punkt werden 6 herznah gelegene Ableitungspunkte auf der Brustwand (**V₁–V₆**) gemessen. Zwischen dem Referenzpunkt und den 6 Ableitungspunkten auf der Brustwand spannt sich eine horizontale Ebene auf. Im EKG wird die R-Zacke von V₁ bis V₄ typischerweise immer größer, die S-Zacke immer kleiner.

Brustwandableitungen nach Wilson

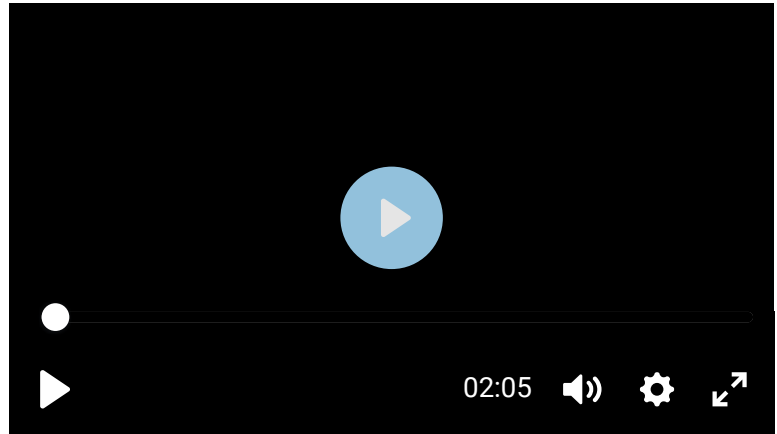
Die Abbildung zeigt die Brustwandableitungen nach Wilson (V₁ bis V₆).

(Quelle: Behrends, Bischofberger, Deutzmann et al., Duale Reihe Physiologie, Thieme, 2021)



Darüber hinaus gibt es noch weitere Brustwandableitungen: die bipolaren Ableitungen nach **Nehb**. Diese liefern v.a. Informationen über die Herzhinterwand.

Die verschiedenen EKG-Ableitungen



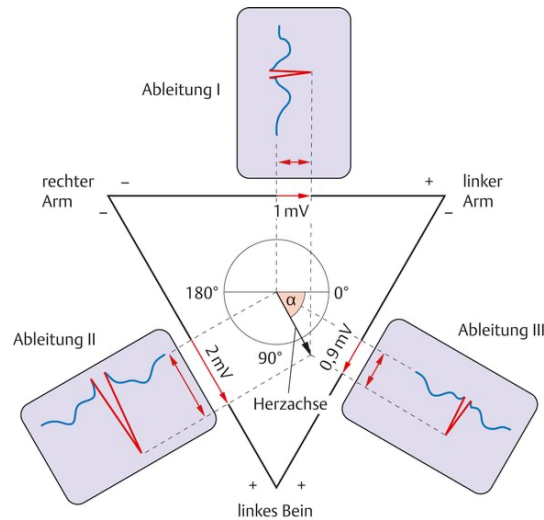
✓ Einthoven-Dreieck und elektrische Herzachse

Die Verbindungslinien der Ableitorte der Extremitätenableitungen auf dem Brustkorb ergeben ein ungefähr gleichseitiges Dreieck (das Einthoven-Dreieck). Bei den Ableitungen nach **Einthoven** stellen die Dreiecksseiten die Ableitungsebenen dar, auf welche die Hauptrichtung des Summationsvektors jeweils projiziert (siehe [Bild](#)). Bei den Ableitungen nach **Goldberger** projizieren die Summationsvektoren auf die Winkelhalbierenden des Dreiecks. Die Ableitungsebenen sind daher um 30° gegen die Ableitungsebenen nach Einthoven gedreht. Veranschaulichen kann man sich dies mithilfe des [Cabrera-Kreises](#).

Die Richtung des größten Summationsvektors der QRS-Schleife (also die Richtung des maximalen R-Vektors) wird als **elektrische Herzachse** bezeichnet. Diese stimmt – bei normaler Erregungsausbreitung – annähernd mit der anatomischen Längsachse des Herzens überein. Bestimmen kann man die elektrische Herzachse mithilfe des Einthoven-Dreiecks und den R-Zacken zweier Ableitungen: Die **Amplitude** der **R-Zacken** wird auf die entsprechende Ableitungslinie des Dreiecks und weiter zum Zentrum des Dreiecks projiziert. Die Punkte, an denen sich die von den R-Zacken und Nulllinien gefällten Senkrechten schneiden, legen die elektrische Herzachse fest.

Einthoven-Dreieck und elektrische Herzachse

Die Elektrodenanordnung der Extremitätenableitungen kann man vereinfacht mithilfe des gleichseitigen Einthoven-Dreiecks darstellen: Die Dreiecksseiten stellen die Ableitungsebenen dar, auf die – bei den Ableitungen nach Einthoven – jeweils die Hauptrichtung des Summationsvektors projiziert. Man erhält die elektrische Herzachse, indem man die Amplituden der R-Zacken in die Mitte des Dreiecks projiziert. Dort, wo sich die von den R-Zacken und Nulllinien gefällten Senkrechten schneiden, verläuft die elektrische Herzachse. (Quelle: Huppelsberg, Walter, Kurzlehrbuch Physiologie, Thieme, 2013)



Der **Winkel α** , den die elektrische Herzachse mit der Horizontallinie (Ableitung I nach Einthoven) bildet, bestimmt den Lagetyp des Herzens.

✓ IMPP-Fakten im Überblick

Die **EKG-Ableitung I** nach **Einthoven** misst die Potenzialdifferenz zwischen **rechtem** und **linkem Arm**.

Bei der **Ableitung aVL** nach **Goldberger** bildet der linke Arm die differente, der Zusammenschluss von rechtem Arm und linkem Fuß die indifferente Elektrode.

Bei der **Ableitung aVF** nach **Goldberger** bildet der linke Fuß die differente, der Zusammenschluss von rechtem und linkem Arm die indifferente Elektrode.

Bei der Ableitung nach **Wilson** wird die R-Zacke von $V_1 - V_4$ typischerweise immer größer, die S-Zacke immer kleiner.

Mündliche Prüfungsfragen

Prüfung

Alle

zuletzt bearbeitet: 18.11.2024
Fachlicher Beirat: Prof. Dr. rer. nat. Stephan Grissmer, 11.07.2024