

## 10-Pol-Ableitung (→ 12-Kanal-Ableitung)

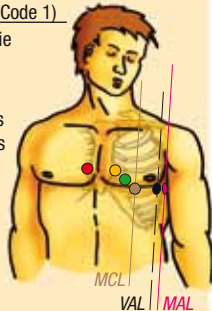
- bipolare und unipolare Extremitätenableitungen: I, II, III, aVR, aVL, aVF (s. S. 143)
- **zusätzlich: unipolare Brustwandableitungen nach Wilson (V<sub>1</sub> bis V<sub>6</sub>)**

### Korrekte Ableitungstechnik (DIN EN 60601-2-51, Code 1)

Positionen der Extremitäten-Elektroden (R, L, F, N) wie bei den Einthoven-Ableitungen (s. S. 143).

#### Positionen für die Brustwand-Elektroden:

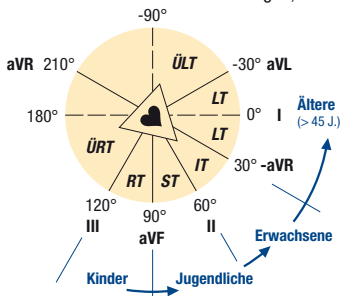
- C<sub>1</sub> (für Abl. V<sub>1</sub>) = weiß/rot: 4. ICR parasternal rechts
- C<sub>2</sub> (für Abl. V<sub>2</sub>) = weiß/gelb: 4. ICR parasternal links
- C<sub>3</sub> (für Abl. V<sub>3</sub>) = weiß/grün: genau in der Mitte zwischen C<sub>2</sub> und C<sub>4</sub>
- C<sub>4</sub> (für Abl. V<sub>4</sub>) = weiß/braun: 5. ICR links, MCL
- C<sub>5</sub> (für Abl. V<sub>5</sub>) = weiß/schwarz: Höhe von C<sub>4</sub>, linke vordere Axillarlinie
- C<sub>6</sub> (für Abl. V<sub>6</sub>) = weiß/violett: Höhe von C<sub>4</sub>, linke mittlere Axillarlinie



**Schaltung der Ableitungen:** Die Brustwand-Elektroden (C<sub>1</sub>–C<sub>6</sub>) stellen jeweils die **differenten Elektroden** (⊕-Pole) dar. Die **indifferente Elektrode** (⊖-Pol) ist immer die Zusammenschaltung der Extremitätenelektroden R, L und F („konstruierter Nullpunkt in der Thoraxmitte“, Central Terminal nach Wilson).

## Lagetypen des Herzens/Elektrische Herzachse

Die elektrische Herzachse ist die Hauptausbreitungsrichtung der elektrischen Erregung in der Frontalebene (Ebene der Extremitätenableitungen). Auf dem sog. **Cabrera-Kreis** (s. Abb.) sind die Extremitätenableitungen nach ihrer Ableitungsrichtung angeordnet, sodass man anhand ihrer QRS-Ausschlagshöhen (genauer: QRS-Nettoflächen) die elektr. Herzachse genau bestimmen und einem der **sechs Lagetypen** zuordnen kann (genaue Winkelgradangabe im RD nicht relevant). Die elektr. Herzachse verändert sich physiologisch mit zunehmendem Alter vom Rechts- zum Linkstyp: Betrachtet man nur die Einthoven-Ableitungen, so haben Kinder normalerweise den größten R-Ausschlag in der Ableitung III (Rechtstyp), junge Erwachsene bis etwa 45 Jahre in der Ableitung II (Indifferenz- bis Steiltyp), ältere Menschen und Hochschwängere in der Ableitung I (Linkstyp). Abweichungen von dieser Regel liefern sehr schnell wichtige Hinweise auf Herz-Kreislauf- oder Lungenerkrankungen und bedürfen einer Abklärung.





Die Bestimmung des Lagetyps ist notfallmedizinisch ausreichend auch mit den Einthoven-Ableitungen allein möglich:

Ableitung mit der größten R-Zacke	Unterscheidung	Lagetyp	Mögliche Ursachen
<b>I</b>	Ableitung II <b>überwiegend negativ</b> ( $R < S$ )	Überdrehter Linkstyp (ÜLT)	KHK, Herzklappenveränderungen mit Linksherzhypertrophie, [Linksanteriörer Hemiblock, s. S. 207]
	Ableitung II <b>überwiegend positiv</b> ( $R > S$ )	Linkstyp (LT)	Linksherzbelastung, (z. B. arterieller Bluthochdruck), Adipositas, Schwangerschaft, normal im Alter $> 45$ Jahre
<b>II</b>	R-Ausschläge: <b>I &gt; III</b>	Indifferenztyp (IT)	normal bei Erwachsenen
	R-Ausschläge: <b>III &gt; I</b>	Steiltyp (ST)	normal bei Jugendlichen (bei Älteren, bei denen mit Linkstyp gerechnet wird, evtl. Hinweis auf Rechtsherzbelastung)
<b>III</b>	Deutliche R-Zacke in I (besser: Ableitung <b>aVR überwiegend negativ</b> ( $R < S$ ))	Rechtstyp (RT)	normal bei Kindern; Erwachsene: Cor pulmonale/Rechtsherzbelastung; [Linksposteriörer Hemiblock]
	keine oder minimale R-Zacke in I (besser: Ableitung <b>aVR überwiegend positiv</b> ( $R > S$ )) Wenn Ableitung II überwiegend negativ → auf jeden Fall ÜRT!	Überdrehter Rechtstyp (ÜRT)	immer pathologisch: Rechtsherzhypertrophie bei Herzfehler, Cor pulmonale, akute oder chronisch rezidivierende Lungenembolien; [Linksposteriörer Hemiblock, s. S. 207]
<b>R in I, II und III etwa gleich groß und meist kleine Amplitude</b>	Deutliches S in I, II und III: $S_I-S_{II}-S_{III}$ -Typ Deutliches S in I und Q in III: $S_I-Q_{III}$ -Typ	Sagittaltyp (Der elektrische Hauptvektor steht senkrecht zu den Achsen der Extremitätenableitungen.)	Rechtsherzbelastung ( $S_I-Q_{III}$ -Typ als Zeichen für eine Lungenembolie = McGinn-White-Syndrom), Jugendliche

### Merke für erwachsene Patienten:

- Alle Einthoven-Ableitungen überwiegend positiv (R-Zacke größer als S-Zacke in derselben Ableitung) → Lagetyp in Ordnung.
- Eine Einthoven-Ableitung überwiegend negativ → möglicherweise pathologisch
- Zwei Einthoven-Ableitungen überwiegend negativ → auf jeden Fall pathologisch (Herzerkrankung)
- Alle drei Einthoven-Ableitungen überwiegend negativ („Nord-West-Vektor“) → auf jeden Fall pathologisch (schwere Herzerkrankung), oft bei ventrikulärer Tachykardie.
- Bei ungewöhnlichem Lagetyp (insbes. ÜRT) auch an Verpolung der EKG-Elektroden oder Situs inversus cordis (anatomisch rechts-links-vertauschte Organanlage) denken!

## 1. Patient (unabhängig vom EKG-Bild!)

- **Klinischer Zustand?** stabil/instabil/pulslos (Kriterien s. S. 178 ff.)
- Herzauswurfleistung: **Puls? Blutdruck?**
- **Symptomatik?** „Ein EKG ohne Patient ist nur bedrucktes Papier.“ (n. Marshall)

## 2. EKG-Qualität

- **Artefakte/Störungen?** (Vgl. S. 138, 142, 148 ff.)
- **Korrekte Ableittechnik?** (Vgl. S. 142 ff.)  
Z. B. falscher Lagetyp oder vorgetäuschte Infarktzeichen bei vertauschten Kabeln oder fehlerhaften Elektrodenpositionen. Falsche Diagnosen entstehen leichter, wenn die befundende Person bei der Ableitung nicht anwesend ist, weil sie dann die möglichen Einflussfaktoren (Patient, Ableitungstechnik und Umgebung) nicht plastisch vor Augen hat und diese nicht in die Beurteilung einbeziehen kann. Außerdem ist im RD selten ein älteres EKG des Pat. zum Vergleich verfügbar.
- **Schreibgeschwindigkeit? Eichzacke? Filter? Patientendaten?**

## 3. Herzfrequenz

Herzfrequenz = Häufigkeit der QRS-Komplexe pro Minute = „Kammerfrequenz“  
Auch wenn die Herzfrequenz vom EKG-Gerät automatisch bestimmt wird, muss bei der EKG-Befundung anhand der Kurve die Herzfrequenz in jedem Fall orientierend überprüft werden, da die Zählung des EKG-Geräts fehlerhaft sein kann: i. d. R. wird vom Gerät jeder EKG-Impuls als Kammeraktion gezählt, der eine bestimmte Ausschlagshöhe überschreitet, z. B. auch Artefakte. Typische Zählfehler:

- a) Herzfrequenz zu hoch: bei hohem P, hohem T, aufgesplittertem QRS-Komplex
- b) Herzfrequenz zu niedrig: bei kleinem QRS-Komplex (Niedervoltage)

- bei Vorschub **25 mm/s** und regelmäßigem Rhythmus:  
Frequenz =  $300 : \text{Anzahl der 5-mm-Kästchen von R-Zacke zu R-Zacke}$   
Oder: Frequenz = Anzahl der QRS-Komplexe in 6 s [= 15 cm bei 25 mm/s] x 10
- bei Vorschub **50 mm/s** und regelmäßigem Rhythmus:  
Frequenz =  $600 : \text{Anzahl der 5-mm-Kästchen von R-Zacke zu R-Zacke}$

- Normale Ruhefrequenz: 60 – 80/min
- Bradykardie: < 50/min (streng < 60/min), kritisch < 40/min – individuell!)
- Tachykardie: > 100/min (streng > 90/min), kritisch > 150/min – individuell!)
- Definition nach DGK (2005): **Bradykardie < 60/min, Tachykardie > 100/min**
- **Achtung: Herzfrequenz ist nicht Pulsfrequenz!** Immer zusätzlich auch Pulsfrequenz zählen! (QRS-Komplexe, die nicht als Puls wirksam werden?)

Herzfrequenz – Pulsfrequenz = Pulsdefizit  
(Ein Pulsdefizit ist typisch z. B. bei Vorhofflimmern.)

Bei bestimmten Herzrhythmen kann die zusätzliche Bestimmung der Vorhoffrequenz (P-Wellen/Minute) nützlich sein (Durchführung wie bei Kammerfrequenz).

## 4. Rhythmus

### • QRS-Komplexe regelmäßig?

→ Arrhythmie bei Frequenzvariation  $> 10\%$  (ältere Erwachsene) bis  $20\%$  (jüngere Erwachsene). Bei Kindern bis  $30\%$  normal. Eine Arrhythmie bei Sinusrhythmus (s. u.) ist fast immer normal. Eine normale Frequenzvariation tritt (bei manchen Menschen verstärkt) durch Reflexe auf:

- Einatmung → verstärkter venöser Rückstrom → HF  $\uparrow$  (Bainbridge-Reflex)
- Luft anhalten und pressen → HF  $\downarrow$  (Vagusreizung über Druckrezeptoren)

Ggf. gezielte EKG-Registrierung in Ein- und Ausatemphase und in Atemruhe.

→ Wenn unregelmäßig, an folgende Rhythmusstörungen denken:

Vorhofflimmern (s. S. 162), Extrasystolen (s. S. 166 ff.), Pausen bei SA-Block (s. S. 176 f.) oder AV-Block (s. S. 174 ff.)

### • QRS-Komplexe schmal ( $< 0,12$ s)?

→ QRS schmal: supraventrikulärer Rhythmus (oberhalb His-Bündel-Teilung)

→ QRS breit: z. B. ventrikulärer Rhythmus, Differenzialdiagnose s. S. 187

### • Vorhofaktivität: P-Wellen?

1. Regelmäßige P-Wellen erkennbar?
2. P-Welle vor jedem QRS-Komplex?
3. QRS-Komplex nach jeder P-Welle?
4. PQ-Zeit konstant normal ( $< 0,2$  s)? (Messung: Beginn P bis Beginn QRS)
5. P-Welle in I, II, III, aVF positiv und **P-Welle in aVR negativ?**

**Wenn alle fünf Fragen mit JA beantwortet werden → Sinusrhythmus.**

Möglichkeiten, wenn Sinusrhythmus-Kriterien nicht erfüllt werden:

- Unregelmäßige, aber gleichförmige P-Wellen: Sinusarrhythmie (z. B. respiratorisch durch Reflexmechanismen bedingt, s. o.), SA-Block (s. S. 176 f.)
- Fehlende P-Wellen, absolute Arrhythmie der meist schmalen QRS-Komplexe, evtl. feines Flimmern der Grundlinie: Vorhofflimmern (s. S. 162)
- Sägezahnartige Grundlinie: Vorhofflattern (s. S. 161)
- P-Welle in I negativ/in aVR positiv: Verpolung (Vertauschung rot - gelb), ektopter Vorhofrhythmus (Erregungsbildung im Vorhof außerhalb des Sinusknotens),
- P-Welle in I negativ/in aVR positiv oder fehlend: AV-Knotenrhythmus (s. S. 172)
- PQ-Zeit verkürzt: Präexzitationssyndrom (s. S. 152), bei negativer P-Welle in I, II, III unterer Vorhofrhythmus (oft normal bei Kindern und Jugendlichen)
- Spitze P-Wellen/kombinierte P-T-Wellen: Vorhoftachykardie (s. S. 160)
- P-Wellen-Form wechselnd: wandernder Vorhofschrütmacher, SVES (s. S. 166)
- Zwei unabhängige P-Wellen, Sternotomienarbe: herztransplantiertes Patient mit belassenem Sinusknoten des alten Herzens
- Auch an Herzschrittmacher denken (ggf. sehr kleine Spikes, s. S. 190 ff.)

## 5. Formanalyse im 12-Kanal-EKG und Details

Ausführliche Darstellung s. S. 204 ff.