



herzkurven® Skripte



REBLIQ

Strukturierte
EKG-Analyse

02 | Rhythmusanalyse

Dr. med. Stephan List

herzkurven[®] Skripte

REBLIQ
Strukturierte EKG-Analyse

02 | Rhythmusanalyse

Dr. med. Stephan List
stephan.list@herzkurven.com

Version 1.0
© 2023 herzkurven[®]

Die Inhalte dieses Skriptes sind Eigentum von herzkurven[®]. Weitergaben oder sonstige Verwendungen sind nur mit ausdrücklicher Genehmigung gestattet.

Im Text wird das generische Maskulinum verwendet, wobei alle Geschlechtsformen gleichermaßen gemeint sind.

Inhaltsverzeichnis

1	Das REBLIQ-Schema.....	4
2	R wie Rhythmus	5
2.1	QRS-Frequenz?	5
2.2	QRS schmal oder breit?	7
2.3	QRS regelmäßig?.....	8
2.4	Vorhofaktivität?.....	9
2.5	Kopplung?	10
2.6	Zusammenfassung.....	12
3	Literatur	13

1 Das REBLIQ-Schema

Das EKG ist fester Bestandteil im klinischen Alltag und gehört damit zu den absoluten Standardmethoden der Basisdiagnostik. Insbesondere in der Akutmedizin können schnell und nicht-invasiv wichtige Erkenntnisse für die Diagnosestellung und die Therapie gewonnen werden. Die Voraussetzung hierfür ist eine sichere und fokussierte Analyse. Dabei kommt es vor allem in der Akutsituation selten auf komplizierte Indizes oder Specials aus der Literatur an. Wenn es darum geht, im EKG akut bedrohliche Veränderungen auszumachen, so lassen sich diese auf wenige Themen eingrenzen: Herzrhythmusstörungen, Erregungsausbreitungsstörungen, Ischämiezeichen und Verlängerungen der QT-Zeit. Aus diesen Überschriften ergibt sich mit dem REBLIQ-Schema nicht nur eine Merkhilfe, sondern eine klare Struktur für die fokussierte EKG-Diagnostik in Akutsituationen. In diesem Skript werden die einzelnen Analyseschritte sowie praktische Tipps vorgestellt.

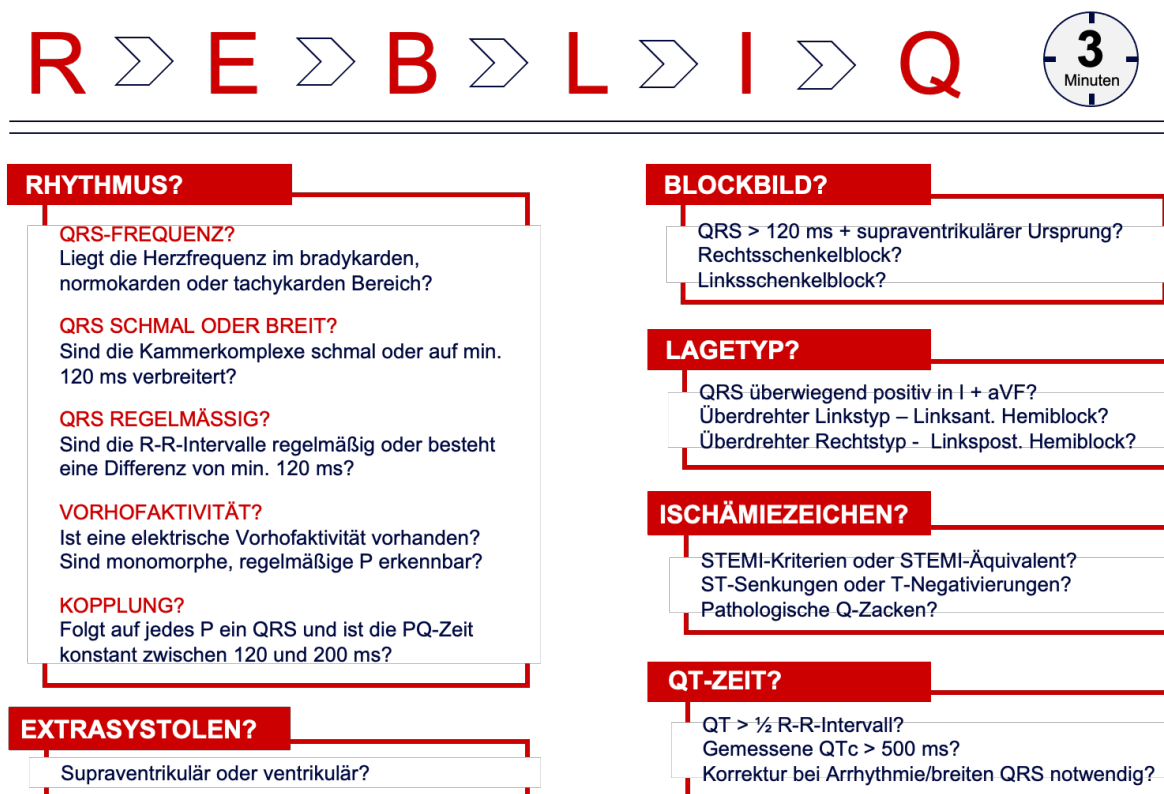


Abbildung 1: REBLIQ-Schema zur strukturierten EKG-Analyse. Durch das standardisierte Vorgehen dauert die vollständige Auswertung eines EKG im Regelfall nicht länger als 3 Minuten. (Abb. S. List)

2 R wie Rhythmus

Prinzipiell gibt es bei der EKG-Rhythmusanalyse verschiedene Herangehensweisen. Die hier gewählte Vorgehensweise erfolgt prioritätenorientiert mit dem Fokus auf vital bedrohlichen Veränderungen wie ausgeprägte Brady- oder Tachykardien. Jeder der Untersuchungsschritte ist als Frage formuliert, die es zu beantworten gilt.

2.1 QRS-Frequenz?

Bradycardien sind definiert als Herzfrequenzen kleiner 60 pro Minute, Tachycardien als Herzfrequenzen größer 100 pro Minute (vgl. Soar et al. 2015). Die korrekte Bestimmung der Herzfrequenz ist eine grundlegende Voraussetzung, um bedrohliche Herzrhythmusstörungen dem entsprechenden Behandlungspfad zuordnen zu können und sollte von jedem Anwender sicher beherrscht werden. Dabei kann man sich nicht immer auf die Anzeige am Gerät oder auf dem Ausdruck verlassen. Artefakte oder hohe P- und T-Wellen können vom Gerät missverständlich als QRS-Komplex interpretiert werden und so eine falsch hohe ventrikuläre Frequenz vortäuschen. Umgekehrt können niederamplitudige Kammerkomplexe nicht erkannt und das Rhythmusbild dann als Asystolie bezeichnet werden. Daher muss der Anwender die maschinell angezeigte Frequenz auf Plausibilität prüfen. Dies kann durch Pulstasten am Patienten erfolgen, aber auch am EKG-Ausdruck selbst gibt es die Möglichkeit, die ventrikuläre Frequenz sicher zu bestimmen. Dabei gibt es verschiedene Techniken, deren zwei hier vorgestellt werden.

Wie eingangs beschrieben, wird eine Aufzeichnungsdauer von sechs Sekunden empfohlen. Bei einer Schreibgeschwindigkeit von 25 mm/Sek. sind das 15 cm und das wiederum entspricht der Länge der meisten handelsüblichen Kugelschreiber (meistens sind diese etwas kürzer, z.B. 14,5 cm, für die ungefähre Einordnung der Herzfrequenz reicht dies jedoch aus. Es wird also die Anzahl der Kammerkomplexe in einer Kugelschreiberlänge, also sechs Sekunden ausgezählt und mit zehn multipliziert. Es ergibt sich die Herzfrequenz pro Minute. Der Vorteil dieser Technik: Sie funktioniert bei regelmäßigen wie unregelmäßigen Rhythmen und erfordert keine aufwändigen „Rechenoperationen“. Der Nachteil: Es müssen sechs Sekunden Rhythmusstreifen

gedruckt werden und der Zusammenhang von Papierlänge und Zeit muss bekannt sein.

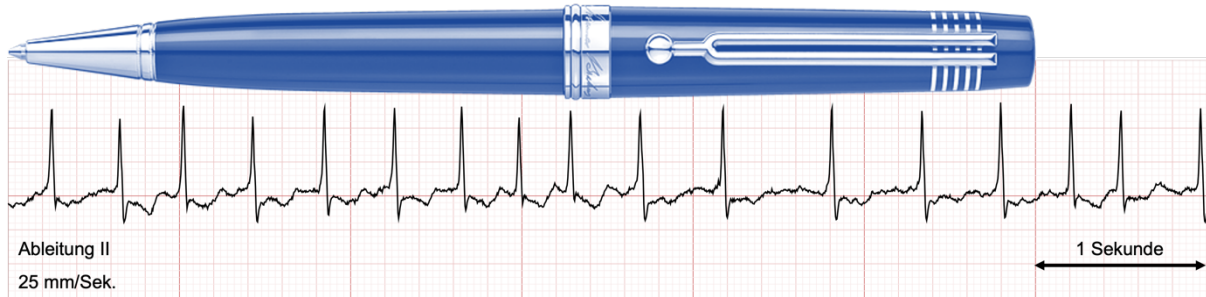


Abbildung 2: Hilfsmittel zur Bestimmung der Herzfrequenz. Rhythmusstreifen mit Aufzeichnungsdauer 7 Sekunden bei einer Schreibgeschwindigkeit von 25 mm/Sekunde. Dargestellt ist die Standardableitung II. 6 Sekunden entsprechen 15 cm und damit in etwa der Länge eines handelsüblichen Kugelschreibers. In diesen 6 Sekunden werden 14 Kammerkomplexe gezählt. Nach Hochrechnung auf 60 Sekunden (14×10) beträgt die Herzfrequenz 140 pro Minute. (Abb. S. List)

Neben dem Auszählen von Kammerkomplexen über einen längeren Zeitraum eignen sich auch etwas mathematischere Ansätze für die Bestimmung der Herzfrequenz. Hierbei wird der Abstand zwischen zwei QRS beurteilt und dieses Intervall dann auf 60 Sekunden hochgerechnet. Entsprechend ist die Voraussetzung dafür, dass es sich um einen regelmäßigen Rhythmus mit konstanten R-R-Intervallen handelt. Da das Kopfrechnen in Akutsituationen nicht immer praktikabel ist, wird hier die sogenannte „Zahlenreihe“ verwendet. Die Abfolge lautet 300 – 150 – 100 – 75 – 60 – 50 – 43 – 38 – 33 – 30 – 27.

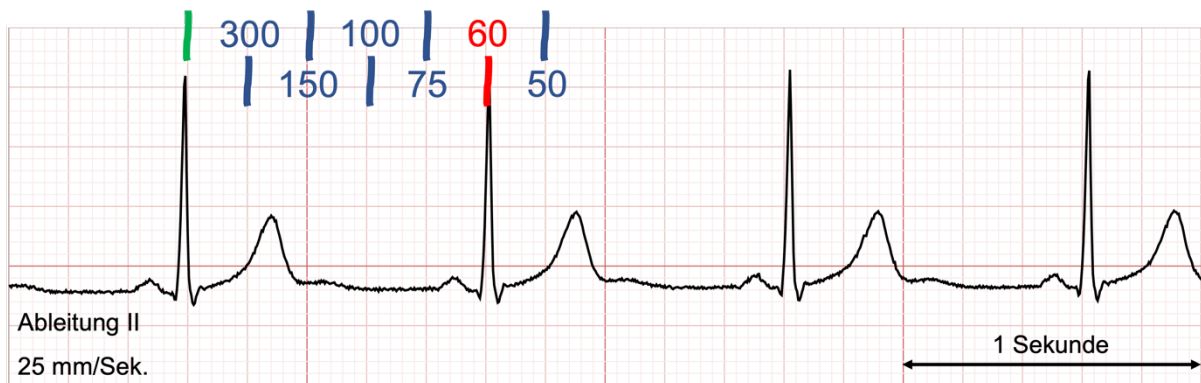


Abbildung 3: Bestimmung der Herzfrequenz mit der Zahlenreihe. Rhythmusstreifen mit Aufzeichnungsdauer 4 Sekunden bei einer Schreibgeschwindigkeit von 25 mm/Sekunde. Dargestellt ist die Standardableitung II. Es wird ein Kammerkomplex markiert (grüne Markierung), welcher nach Möglichkeit auf einer der gut sichtbaren Linien des Millimeterpapierees liegt. Dann werden (bei 25 mm/Sek.) Markierungen in Abständen von 5 mm gesetzt (blau) und mit den Werten der Zahlenreihe beschriftet. Die Markierung, an welcher der nächste Kammerkomplex auftritt (rot) entspricht der QRS-Frequenz pro Minute. Die Voraussetzung ist ein regelmäßiges Rhythmusbild. (Abb. S. List)

Für diejenigen, die gerne rechnen oder den Rechenweg zumindest nachvollziehen möchten: Bei der Zahlenreihe handelt es sich offensichtlich um die fortlaufenden Ergebnisse der einfachen Rechenoperationen $300 / 1 = 300$, $300 / 2 = 150$, $300 / 3 = 100$, etc. Der Divisor ist dabei die Anzahl der 200 ms Intervalle zwischen 2 benachbarten Kammerkomplexen. Bei 25 mm/Sek. sind das 5, bei 50 mm/Sek. 10 mm. Im Bildbeispiel (Abbildung 3) würde dies bedeuten: $300 / 5 = 60$.

2.2 QRS schmal oder breit?

Ein Kammerkomplex gilt als verbreitert, wenn er einen Wert von mindestens 120 ms erreicht (vgl. Brugada et al. 2019). Ursachen für eine Verbreiterung der Kammerkomplexe können ventrikuläre Herzaktionen oder Reizleitungsstörungen sein. Auf dem EKG-Papier entspricht das (bei 25 mm/Sek.) 3 mm. Ist ein Kammerkomplex also genau 3 mm lang oder noch länger, so gilt er als verbreitert. Bei einer Schreibgeschwindigkeit von 50 mm/Sek. gelten Kammerkomplexe ab einer Dauer von 6 mm als verbreitert. Es gilt dabei immer die Ableitung mit der längsten QRS-Dauer.

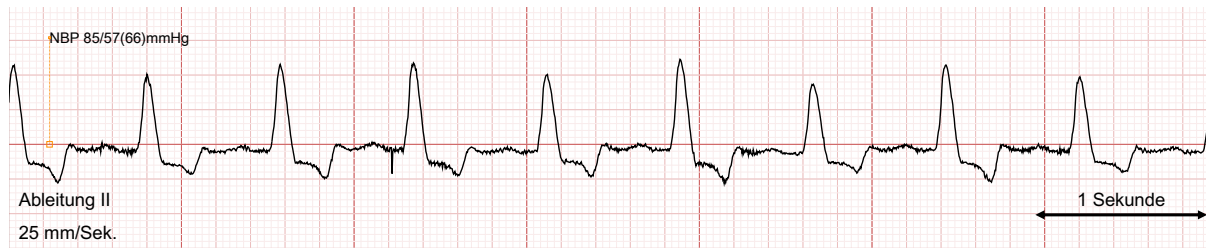


Abbildung 4: Rhythmusstreifen mit Aufzeichnungsdauer 7 Sekunden bei einer Schreibgeschwindigkeit von 25 mm/Sekunde. Dargestellt ist die Standardableitung II. 1. Eine geordnete elektrische Kammeraktivität ist sichtbar; 2. Die QRS-Frequenz beträgt ca. 80 / Minute; 3. QRS-Komplexe sind verbreitert bei einer QRS-Dauer von > 120 ms; 4. QRS-Komplexe sind regelmäßig zueinander; 5. Eine geordnete elektrische Vorhofaktivität ist erkennbar, es lassen sich (flache) monomorphe und regelmäßige P-Wellen mit einer Frequenz von ca. 80 / Minute bestimmen; 6. Auf jede P-Welle folgt ein QRS-Komplex, jedem QRS-Komplex geht eine P-Welle voraus, die PQ-Zeit ist verlängert auf ca. 280 ms und dabei konstant. Vor dem vierten Kammerkomplex ist ein Artefakt sichtbar – es handelt sich nicht um eine Schrittmacheraktivität. Diagnose: Normofrequenter Sinusrhythmus mit AV-Block I° und ventrikulärer Erregungsausbreitungsstörung. (Abb. S. List)

2.3 QRS regelmäßig?

Ein Rhythmus gilt als regelmäßig, wenn die Abstände zwischen den R-Zacken (R-R-Intervalle) nicht wesentlich voneinander abweichen. Genau genommen darf die Differenz zwischen kürzestem und längstem R-R-Intervall in einem Rhythmusstreifen 160 ms (4 mm bei 25 mm/Sek.) nicht überschreiten (vgl. Conover 1996). In der Notfalldiagnostik geht es meist nicht um solch dezente Unregelmäßigkeiten, sondern um die Frage, ob eine relevante Arrhythmie vorliegt. Die häufigsten Ursachen hierfür sind Extrasystolen und das Vorhofflimmern (vgl. Seipel und Kuhlkamp 1994). Da unregelmäßige R-R-Intervalle nicht immer „auf den ersten Blick“ erkennbar sind, sind manchmal Hilfsmittel nützlich: Alternativ zu Tools wie EKG-Lineal und Zirkel sind ein Stift und ein Blatt Papier hier absolut ausreichend.

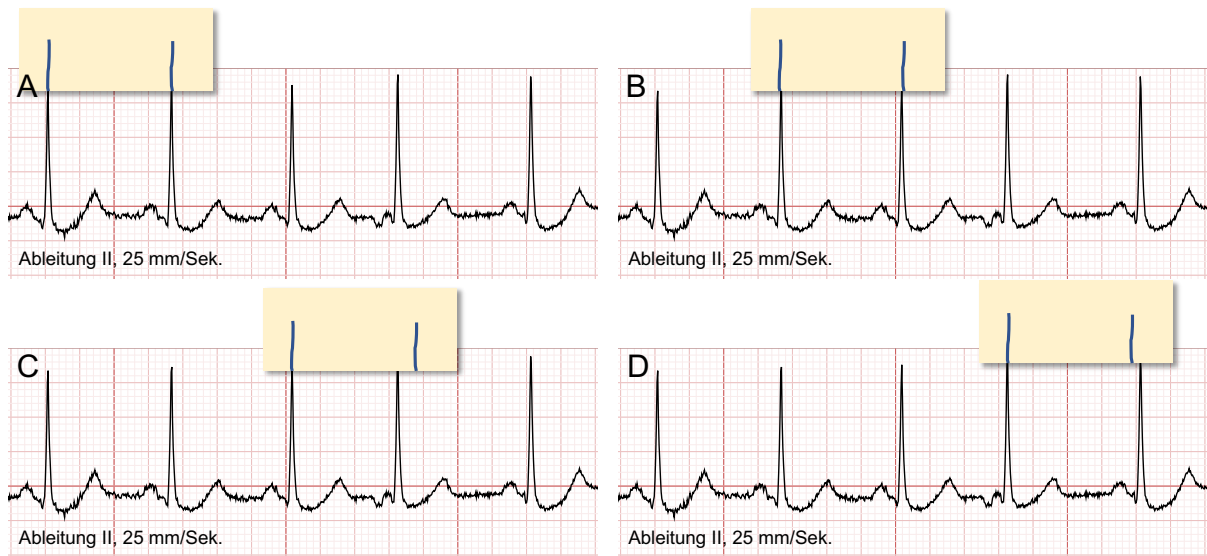


Abbildung 5: Rhythmusstreifen mit einer Schreibgeschwindigkeit von 25 mm/Sekunde. Von A – D ist jeweils derselbe Ausschnitt dargestellt. A: Mit einem angelegten Blatt Papier (hellgelb gefärbt) und einem Stift (blaue Markierungen) wird ein R-R-Intervall markiert. B: Durch Verschieben auf das nächste R-R-Intervall erfolgt der direkte Vergleich – hier sind die Intervalle identisch. C: Eine weitere Verschiebung macht die Arrhythmie in diesem Ausschnitt deutlich. D: Auch das letzte R-R-Intervall in der Aufzeichnung weicht leicht vom Basisintervall ab. Es handelt sich um einen Sinusrhythmus mit einer supraventrikulären Extrasystole. (Abb. S. List)

2.4 Vorhofaktivität?

Nachdem in den ersten drei Analyseschritten die elektrische Erregung der Herzkammern im Fokus stand, geht es im Anschluss um die Vorhofaktivität. Dabei sind folgende Fragen zu klären:

- Ist eine elektrische Vorhofaktivität erkennbar?
- Sind monomorphe (gleichförmige) P-Wellen erkennbar?
- Sind die P-Wellen zueinander regelmäßig?

Wurden alle Fragen mit „Ja“ beantwortet, so ist ein Sinusrhythmus wahrscheinlich. Obwohl für die morphologische Beurteilungen ein 12-Kanal-EKG notwendig ist, sprechen positive P-Wellen in den Ableitungen I und II für einen tatsächlichen Erregungsursprung im Sinusknoten, während negative oder biphasische Polaritäten für einen ektopten Fokus sprechen (vgl. Chou 1991; Teh et al. 2009; Wagner und Marriott 1994). Bei tachycarden Rhythmen ist zu bedenken, dass die Kapazität des Sinusknoten begrenzt ist. Als grober Richtwert für die maximale Frequenzleistung gilt

die Formel: $220 - \text{Lebensalter in Jahren}$ (vgl. Mesquita et al. 1996). In der Praxis kommt es häufig zu Unsicherheiten bei der Erkennung von Vorhofflimmern. Die Flimmerwellen können vereinzelt das Bild von P-Wellen imitieren, jedoch sind diese dann meist nicht gleichförmig und vor allem nicht regelmäßig zueinander (vgl. Calkins et al. 2018).



Abbildung 6: Rhythmusstreifen mit Aufzeichnungsdauer 7 Sekunden bei einer Schreibgeschwindigkeit von 25 mm/Sekunde. Dargestellt ist die Standardableitung II. 1. Die QRS-Frequenz beträgt ca. 60 pro Minute (6 Kammerkomplexe in 6 Sekunden $\times 10 = 60$ pro Minute); 2. QRS-Komplexe sind schmal bei einer QRS-Dauer < 120 ms; 3. QRS-Komplexe sind regelmäßig zueinander; 4. Eine geordnete elektrische Vorhofaktivität ist erkennbar, es lassen sich monomorphe und regelmäßige P-Wellen mit einer Frequenz von 60 / Minute bestimmen; 5. Auf jede P-Welle folgt ein QRS-Komplex, jedem QRS-Komplex geht eine P-Welle voraus, die PQ-Zeit liegt zwischen 120 und 200 ms und ist konstant. Diagnose: Normofrequenter Sinusrhythmus. (Abb. S. List)

2.5 Kopplung?

In den Schritten eins bis drei die Kammeraktivität beurteilt, im vierten Schritt ging es um die Beurteilung der Vorhofaktivität. Im fünften und letzten Schritt der Rhythmusanalyse wird nun die elektrische Verbindung der beiden Ebenen betrachtet. Auch hier müssen 3 Fragen beantwortet werden:

- Folgt auf jedes P ein QRS?
- Geht jedem QRS ein P voraus?
- Ist die PQ-Zeit konstant und < 200 ms?

Können die beiden ersten Fragen mit „Ja“ beantwortet werden, so liegt ein atrioventrikuläres Verhältnis von 1:1 vor. P-Wellen ohne folgenden Kammerkomplex sind Ausdruck von Erregungsüberleitungsstörung im Sinne eines AV-Blockes (vgl. Johnson et al. 1960). QRS-Komplexe ohne vorangehende P-Wellen treten bei Extrasystolen oder ektopten Rhythmen auf.

Das Maß für die atrioventrikuläre Überleitung im Oberflächen-EKG ist die PQ-Zeit. Hierbei wird das Intervall vom Beginn der P-Welle bis zum Beginn des Kammerkomplexes gemessen. In Ableitungen ohne Q-Zacke müsste die PQ-Zeit somit eigentlich PR-Zeit heißen, allgemein spricht man jedoch auch hier von der PQ-Zeit. Die physiologische PQ-Zeit liegt zwischen 120 und 200 ms (3-5 mm bei 25 mm/s, 6-10 mm bei 50 mm/s) und sollte im gesamten Bereich konstant sein (vgl. Wagner und Marriott 1994; Zipes et al. 2018).

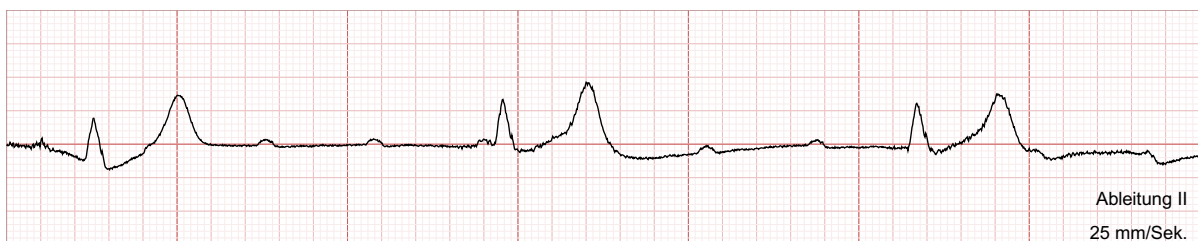


Abbildung 7: Rhythmusstreifen mit Aufzeichnungsdauer 7 Sekunden bei einer Schreibgeschwindigkeit von 25 mm/Sekunde. Dargestellt ist die Standardableitung II. 1. Die QRS-Frequenz beträgt ca. 30 / Minute; 2. QRS-Komplexe sind verbreitert bei einer QRS-Dauer von 120 ms; 3. QRS-Komplexe sind regelmäßig zueinander; 4. Eine geordnete elektrische Vorhofaktivität ist erkennbar, es lassen sich monomorphe und regelmäßige P-Wellen mit einer Frequenz von 90 - 100 / Minute bestimmen; 5. Die P-Wellen werden nicht von QRS-Komplexen beantwortet, umgekehrt lassen sich den Kammerkomplexen keine vorherigen P-Wellen eindeutig zuordnen – es besteht eine atrioventrikuläre Dissoziation. Diagnose: Normofrequenter Sinusrhythmus mit AV-Block III° und ventrikulärem Ersatzrhythmus. (Abb. S. List)

2.6 Zusammenfassung

RHYTHMUS?

QRS-FREQUENZ?

Liegt die Herzfrequenz im bradykarden, normokarden oder tachykarden Bereich?

QRS SCHMAL ODER BREIT?

Sind die Kammerkomplexe schmal oder auf min. 120 ms verbreitert?

QRS REGELMÄSSIG?

Sind die R-R-Intervalle regelmäßig oder besteht eine Differenz von min. 120 ms?

VORHOFAKTIVITÄT?

Ist eine elektrische Vorhofaktivität vorhanden?
Sind monomorphe, regelmäßige P erkennbar?

KOPPLUNG?

Folgt auf jedes P ein QRS und ist die PQ-Zeit konstant zwischen 120 und 200 ms?

Die Rhythmusanalyse in fünf Schritten ermöglicht es, prioritätenorientiert alle relevanten Aspekte eines EKG-Rhythmus systematisch zu analysieren. Dabei soll das strukturierte Vorgehen dafür sorgen, dass keine wichtigen Veränderungen übersehen werden. Weiterhin sind die Inhalte des Untersuchungsablaufes an den Aufbau der Leitlinien zur Versorgung von Tachyarrhythmien angelehnt. Die strukturierte Diagnostik ist somit gleichsam eine Leithilfe für die Therapieauswahl.

Abbildung 8: Übersicht über die strukturierte Rhythmusanalyse in fünf Schritten. (Abb. S. List)

3 Literatur

Brugada, J., Katritsis, D. G., Arbelo, E., Arribas, et al. (2019). 2019 ESC Guidelines for the management of patients with supraventricular tachycardia: The Task Force for the management of patients with supraventricular tachycardia of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J*, doi: 10.1093/eurheartj/ehz467.

Calkins, H., Hindricks, G., Cappato, R., Kim, Y. H. et al. (2018). **2017 HRS/EHRA/ECAS/APQRS/SOLAECE expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation**. *Europace* 20, e1-e160, doi: 10.1093/europace/eux274.

Chou, T.-C. (1991). **Electrocardiography in clinical practice**, 3rd. Aufl., Saunders, Philadelphia.

Conover, M. B. (1996). **Understanding electrocardiography**, 7th ed. Aufl., Mosby, St. Louis.

Johnson, R. L., Averill, K. H. und Lamb, L. E. (1960). Electrocardiographic findings in 67,375 asymptomatic subjects. VII. Atrioventricular block. *Am J Cardiol* 6, 153-177.

Mesquita, A., Trabulo, M., Mendes, M., Viana, J. F. und Seabra-Gomes, R. (1996). **[The maximum heart rate in the exercise test: the 220-age formula or Sheffield's table?]**. *Rev Port Cardiol* 15, 139-144, 101.

Seipel, L. und Kuhlkamp, V. (1994). [Electrocardiographic diagnosis of atrial fibrillation and flutter]. *Z Kardiol* 83 *Suppl* 5, 29-34.

Soar, J., Nolan, J. P., Bottiger, B. W., Perkins, G. D., Lott, C., Carli, P., Pellis, T., Sandroni, C., Skrifvars, M. B., Smith, G. B., Sunde, K., Deakin, C. D. und Adult advanced life support section, C. (2015). **European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 3. Adult advanced life support**. *Resuscitation* 95, 100-147, doi: 10.1016/j.resuscitation.2015.07.016.

Teh, A. W., Kistler, P. M. und Kalman, J. M. (2009). **Using the 12-lead ECG to localize the origin of ventricular and atrial tachycardias: part 1. Focal atrial tachycardia.** J Cardiovasc Electrophysiol 20, 706-709; quiz 705, doi: 10.1111/j.1540-8167.2009.01456.x.

Wagner, G. S. und Marriott, H. J. L. (1994). **Marriott's practical electrocardiography**, 9th. Aufl., Williams & Wilkins, Baltimore.

Zipes, D. P., Jalife, J. und Stevenson, W. G. (2018). **Cardiac electrophysiology: from cell to bedside**, Seventh edition. Aufl., Elsevier, Philadelphia, PA.



www.herzkurven.com



herzkurven



herzkurven



REBLIQ
Strukturierte
EKG-Analyse