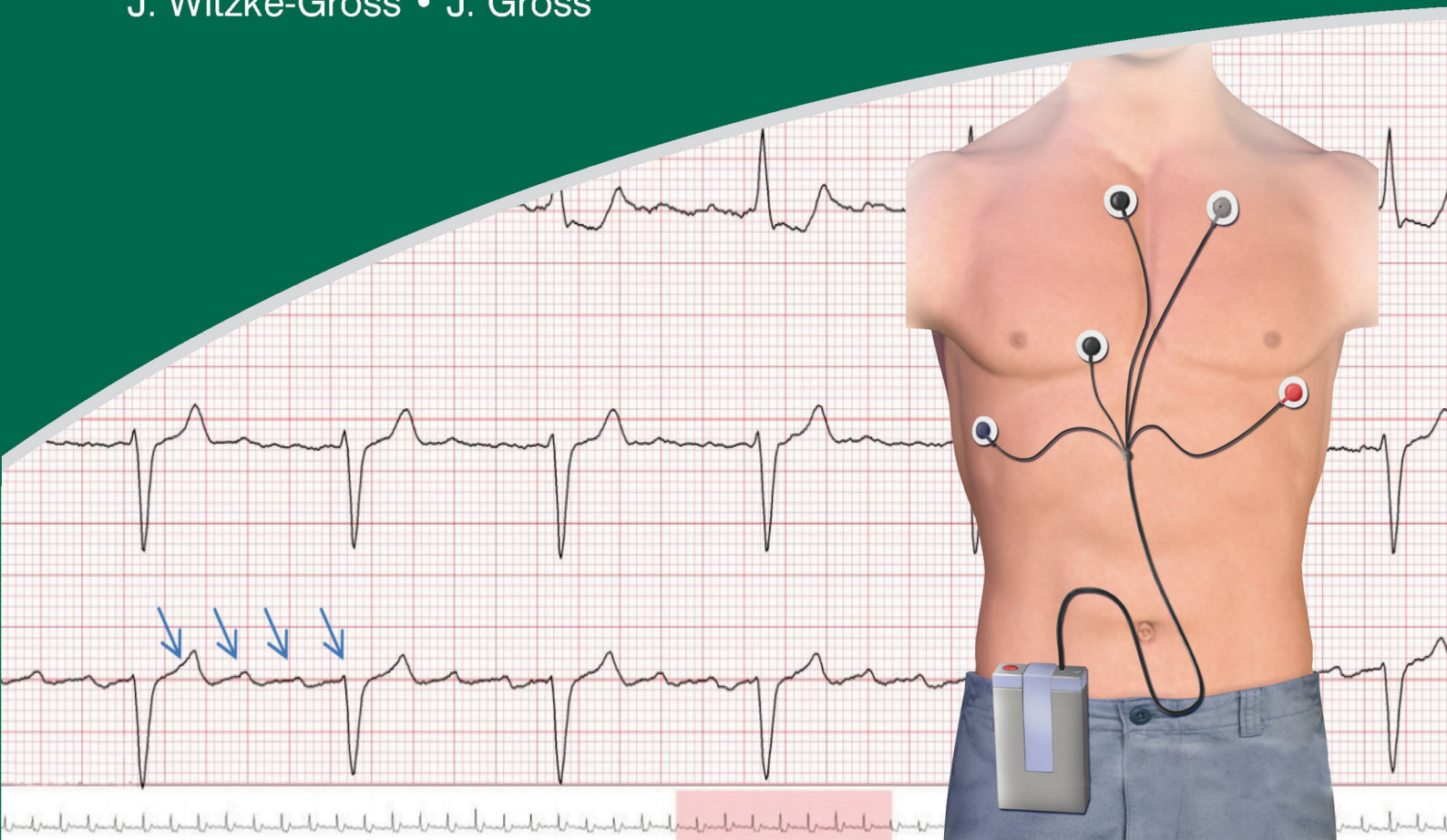


Langzeit-EKG-Auswertung einfach gemacht

H. Dehn • H. Löhr • F. El-Hamouti • D. Scivoli
N. El Bondouhi • C. Röthel • V. Kraus
J. Witzke-Gross • J. Gross



*H. Dehn, H. Löhr, F. El-Hamouti, D. Scivoli,
N. El Bondouhi, C. Röthel, V. Kraus
sowie J. Witzke-Gross, J. Gross*

Langzeit-EKG-Auswertung einfach gemacht



H. Dehn, H. Löhr, F. El-Hamouti, D. Scivoli,
N. El Bondouhi, C. Röthel, V. Kraus
sowie J. Witzke-Gross, J. Gross

Langzeit-EKG-Auswertung einfach gemacht

**Mit einem Vorwort von Herrn Prof. Dr. med. Jörg Neuzner, Direktor der Klinik für Herz- und
Kreislaufkrankungen am Klinikum Kassel**

**283 Abbildungen
5 Tabellen**

Impressum

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Angaben sind im Internet unter <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Alle Rechte vorbehalten

Dieses Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Verfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung auf DVDs, CD-ROMs, CDs, Videos, in weiteren elektronischen Systemen sowie für Internet-Plattformen.

© Lehmanns Media GmbH, Berlin 2018
Helmholtzstr. 2-9
10587 Berlin

Illustrationen und Abbildungen: Praxis Dres. med. J. Witzke-Gross und J. Gross, Rüsselsheim
Satz & Layout: \LaTeX (Zapf Palatino) Volker Thurner, Berlin
Druck und Bindung: Elanders • Waiblingen
ISBN 978-3-86541-941-5

www.lehmanns.de

Inhaltsverzeichnis

1	Indikationen zur Langzeit-EKG-Registrierung	4
2	Langzeit-EKG-Richtlinie der kassenärztlichen Bundesvereinigung	5
3	Artefaktbildung	7
3.1	Durch die Anlagetechnik und die Elektroden bedingte Artefakte	7
3.2	Durch den Patienten bedingte Artefakte	9
3.3	Durch den Rekorder bedingte Artefakte	10
3.4	Durch die Kabel bedingte Artefakte	11
3.5	Durch externe Geräte bedingte Artefakte	13
4	Grundlagen der elektrischen Vorgänge am Herzen	14
4.1	Normaler Erregungsablauf	14
4.2	Schenkelblöcke	15
4.3	WPW-Tachykardien (AVRT)	18
4.3.1	Antidrome Reentry-Tachykardie	19
4.3.2	Orthodrome Reentry-Tachykardie	20
4.4	AV-junktionale Reentry-Tachykardien (AVJRT)	21
4.4.1	Die gewöhnliche „slow-fast“ Form:	22
4.4.2	Die ungewöhnliche „fast-slow“ Form:	23
4.5	Zusammenfassung	24
5	Systematische Einteilung der Herzrhythmusstörungen nach elektrophysiologischen Kriterien	25
5.1	Grundrhythmus	25
5.1.1	Sinusrhythmus	25
5.1.2	Respiratorische Arrhythmie	25
5.1.3	Vorhofflimmern	25
5.1.4	Vorhofflattern	26
5.1.5	Präautomatische Pause	26
5.1.6	Schrittmacher-Rhythmen	26
5.2	Ersatzrhythmen	28
5.2.1	Junktionaler Rhythmus	28
5.2.2	Multifokaler atrialer Rhythmus (wandernder Schrittmacher des Herzens)	28
5.2.3	Idioventrikulärer Rhythmus	29
5.3	Verbreiterung der QRS-Komplexe	29
5.3.1	Schenkelblock	29
5.3.2	Intermittierender Schenkelblock	30
5.3.3	Herzschrittmacher mit Ventrikelstimulation	30
5.3.4	WPW-Anomalie	30
5.4	Supraventrikuläre Herzrhythmusstörungen	31
5.4.1	SVES (supraventrikuläre Extrasystole)	31

5.4.2	SVES im Bigeminus	31
5.4.3	SVES im Bigeminus mit Aberranz	31
5.4.4	SVES über einen Schrittmacher übergeleitet	32
5.4.5	Blockierte SVES	32
5.4.6	Blockierte Vorhoftachykardie	32
5.4.7	SVT (supraventrikuläre Tachykardie)	33
5.4.8	SVT mit Verlangsamung	33
5.4.9	SVT mit Beschleunigung	33
5.4.10	SVT mit AV-Block II. Grades (beweist die Überleitung über den AV-Knoten)	34
5.4.11	SVT mit frequenzabhängigem Schenkelblock	34
5.4.12	AV-junktionale Reentry-Tachykardie (AVJRT)	34
5.4.13	WPW-Reentry-Tachykardie (AVRT)	35
5.4.14	Posttachykardie-Pause	35
5.5	Ventrikuläre Herzrhythmusstörungen	35
5.5.1	VES (ventrikuläre Extrasystole)	35
5.5.2	Interponierte VES	36
5.5.3	VES im Bigeminus	36
5.5.4	VES im 2:1 Rhythmus	36
5.5.5	Monomorphe (monotope) VES	37
5.5.6	Polymorphe (polytope) VES	37
5.5.7	R-auf-T-Phänomen	37
5.5.8	Spät einfallende VES	38
5.5.9	Couplet (V-Paar)	38
5.5.10	Triplet	38
5.5.11	Akzelerierter idioventrikulärer Rhythmus	39
5.5.12	Ventrikuläre Tachykardie (VT)	39
5.5.13	VT mit Capture Beat	39
5.5.14	Torsade de Pointes (Spitzenumkehrtachykardie)	40
5.5.15	Kammerflattern	40
5.5.16	Kammerflimmern	40
5.6	SA-Blöcke (sinuatriale Blöcke)	41
5.6.1	SA-Block 2:1	41
5.6.2	Höhergradige SA-Blockierung	41
5.6.3	Sinusknoten-Dysfunktion, Sinusarrest	41
5.7	AV-Blöcke (atrioventrikuläre Blöcke)	42
5.7.1	AV-Block I. Grades	42
5.7.2	AV-Block II. Grades Typ Wenckebach (englisch: Mobitz I)	42
5.7.3	AV-Block II. Grades Typ Mobitz (englisch Mobitz II)	42
5.7.4	AV-Block III. Grades	43
5.7.5	AV-Dissoziation	43
5.8	Präexzitationen	43
5.8.1	Lown-Ganong-Levine-Anomalie (LGL)	43

5.8.2	Wolff-Parkinson-White-Anomalie (WPW)	44
6	Auswertungsablauf mit einem computergestützten System	45
6.1	Übernahme der Rohdaten und Einstellungen	45
6.2	24-Stunden-Herzfrequenzgrafik	46
6.2.1	Zusammenfassung	58
6.3	QT-Zeit/QTc-Zeit	59
6.4	Seitenansicht	61
6.5	Editieren der Herzrhythmusstörungen	63
6.6	Auswahl der Beispiele	67
6.7	Tabellarische Darstellung der Ereignisse	68
6.8	Herzfrequenzvariabilität	68
6.9	Erstellung des Befundes	69
6.10	Beispiele zur Formulierung des Befundes	70
6.10.1	Zusammenfassung	71
7	Einteilung der Herzrhythmusstörungen nach morphologischen Kriterien	72
7.1	Schmalkomplex-Extrasystolen	72
7.2	Breitkomplex-Extrasystolen	76
7.3	Bradykardien	83
7.4	Längere R-R-Abstände und Pausen	91
7.5	Schmalkomplex-Tachykardien	102
7.5.1	Zusammenfassung	110
7.6	Breitkomplex-Tachykardien	111
7.6.1	Zusammenfassung:	112
7.7	EKG-Streifen mit Spikes (Herzschrittmacher)	125
7.7.1	Die häufigsten Betriebsarten eines Schrittmachers	128
7.7.2	Fusionsschläge	136
7.7.3	Zusatz-Optionen	137
7.7.4	Schrittmacherdysfunktionen	144
7.8	ST-Strecken-Veränderungen	147
8	Quiz	151
9	Quiz-Lösungen	168
10	Abrechnung der Langzeit-EKG-Auswertung	177
10.1	Gesetzliche Krankenkassen	177
10.2	Private Krankenversicherungen	177
11	Weiterführende, deutschsprachige Literatur	178
	Register	183

Vorwort

Die kontinuierliche Erfassung und Registrierung des Elektrokardiogramms, eine Leistung des amerikanischen Wissenschaftlers Norman J. Holter, begleitet die Kardiologie als ein wesentliches diagnostisches Verfahren seit mehr als 60 Jahren. Technischer Fortschritt hat die Diagnostik vereinfacht, sicherer und leistungsfähiger gemacht. Weitere positive methodische Attribute werden die Zukunft dieses nicht-invasiven diagnostischen Verfahrens in der Kardiologie sichern.

Das Buch „Langzeit-EKG-Auswertung einfach gemacht“ stellt den Komplex Langzeit-EKG in vielen unterschiedlichen Aspekten dar. In klarer inhaltlicher Gliederung erfolgt die Abhandlung administrativer Inhalte, eine Übersicht zur Indikationsstellung, die Darstellung technisch apparativer Aspekte, eine umfangreiche Darstellung sehr sehenswerter EKG Beispiele und ein Abschnitt zur automatischen computergestützten Auswertung. Das Buch schließt mit einem EKG-Quiz zur Selbstkontrolle des Lesers. Die 283 Abbildungen sind repräsentativ und sehr gut erklärt.

Für dieses Buch kann ohne Einschränkung die wertvolle Umschreibung gelten: „aus der Praxis für die Praxis“. Aus der beispielhaften Initiative von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern einer kardiologisch-angiologischen Praxis wurde eine sehr lesenswerte Anleitung zum Einstieg in die Auswertung von Langzeit-EKG.

Das Buch „Langzeit-EKG-Auswertung einfach gemacht“ richtet sich an alle die mit der Auswertung von Langzeit-EKG beginnen, wie medizinische Fachangestellte, Krankenpflegekräfte als auch junge Ärztinnen und Ärzte und schließt damit eine Lücke in diesem Bereich deutschsprachiger Fachliteratur.

Dem vorliegenden Buch wünsche ich eine breite Leserschaft in Praxen und Kliniken, denn nicht weniger hat die beispielhafte Initiative der Autorinnen und Autoren aus Rüsselsheim verdient.

Kassel im Frühjahr 2017

Prof. Dr. med. Jörg Neuzner

Einleitung

Langzeit-EKG-Auswerten kann so spannend sein und zudem Spaß machen, wenn man versteht, was im Erregungskreislauf so vor sich geht und die verschiedenen Herzrhythmusstörungen erkennen kann.

Als MFAs der Facharztpraxis für Kardiologie/Angiologie Dres. med. Jutta Witzke-Gross und Joseph Gross in Rüsselsheim ist es unter anderem unsere Aufgabe, nach intensiver Einarbeitung, die von der Langzeit-EKG-Software herausgesuchten Herzrhythmusstörungen zu überprüfen, gegebenenfalls zu korrigieren sowie mit weiteren relevanten Beispielen, wie etwa aus der Seiten-Ansicht, zu ergänzen. Unsere Befunde werden anschließend von unseren Ärzten zeitnah überprüft und wenn nötig nachgebessert. So entsteht für uns eine permanente Rückkopplung, die uns sehr hilft, unsere Kenntnisse zu verbessern. Außerdem sammeln wir alle interessanten und /oder schwierigen Beispiele, um sie im Rahmen von Praxis internen Fortbildungen im Team noch einmal zu besprechen. So können wir alle aus Fehlern lernen und unser Wissen vertiefen.

Im Rahmen unserer Langzeit-EKG-Auswertungen und auch zur Einarbeitung neuer MFAs hätten wir uns ein einfaches Handbuch zu diesem Thema gewünscht. Allerdings gibt es dazu auf dem Markt nur wenige einfache und auch für Nicht-Mediziner verständliche Bücher. So reifte in uns der Entschluss, ein eigenes Buch mit vielen Beispielen und so wenig Text wie möglich bzw. nötig zu entwerfen. Unsere Idee dabei war, das Buch sehr praxisnah zu gestalten und die Vorgänge der Auswertung so zu beschreiben, wie wir sie von unserer Praxis kennen. Natürlich ist eine Kenntnis der elektrophysiologischen Vorgänge am Herzen wichtig, um die Herzrhythmusstörungen zu verstehen und sie erkennen zu können; daher sind auch die entsprechenden Kapitel im Buch zu finden. Bei der praktischen Auswertung der Langzeit-EKGs geht man allerdings anders vor. Man leitet von der Morphologie der Rhythmusstörungen die Differentialdiagnose ab. Die Auswerte-Software teilt uns die Auffälligkeiten in der Registrierung in verschiedene Kategorien auf, zum Beispiel Pausen, Bradykardien oder Tachykardien. Die in diesem Buch genannten Kriterien sollen die Auswerter dabei unterstützen, zu korrekten elektrokardiographischen Diagnosen zu kommen. Allerdings haben wir absichtlich Angaben zur Klinik und Therapie vermieden, da wir uns nur auf die Auswertung von Langzeit-EKGs konzentrieren wollten. Die Konsequenzen aus den Langzeit-EKG-Befunden anhand der Anamnese, Klinik und aktuellen Medikation zu ziehen ist die Aufgabe des behandelnden Arztes.

Jetzt liegt „unser Werk“ vor! Wir würden uns wünschen, dass unsere Leser von diesem einfachen Buch genauso begeistert sind wie wir, und dass es ihnen bei der Auswertung von Langzeit-EKGs hilfreich ist.

Helma Dehn und Heike Löhr, im Namen unseres Teams

Abkürzungsverzeichnis

A	Atrium	R-R-Abstand	Abstand zwischen 2 R-Zacken von 2 aufeinanderfolgenden QRS-Komplexen
AAI	Stimulation und Wahrnehmung im Vorhof (Schrittmacher)	RV	rechter Ventrikel (rechte Kammer)
Abb.	Abbildung	s.	siehe
anschl.	anschließend	SA	sinuatrial
AV	atrioventrikulär	Schl./Min.	Schläge/Minute
AVJRT	atrioventrikuläre junctionale Reentry-Tachykardie	SDNN	Standard Deviation of Normal to Normal R-R-Intervals
AVRT	atrioventrikuläre Reentry-Tachykardie	Sek.	Sekunde
Bsp.	Beispiel	SR	Sinusrhythmus
bzw.	beziehungsweise	SVES	supraventrikuläre Extrasystole
DDD	Stimulation und Wahrnehmung im Vorhof und Ventrikel (Schrittmacher)	SVT	supraventrikuläre Tachykardie
d. h.	das heißt	TENS	transkutane elektrische Nervenstimulation
EKG	Elektrokardiogramm	TIA	transitorische ischämische Attacke
ggfs.	gegebenenfalls	u. a.	unter anderem
HF	Herzfrequenz	usw.	und so weiter
HRV	heart rate variability, Herzfrequenzvariabilität	V	Ventrikel
KBV	kassenärztliche Bundesvereinigung	VAT	Wahrnehmung im Vorhof, durch Triggerung Stimulation im Ventrikel (Schrittmacher)
KHK	koronare Herzkrankheit	v. a.	vor allem
LA	linkes Atrium (linker Vorhof)	Verd.	Verdacht
LGL	Lown-Ganong-Levine (-Syndrom)	VES	ventrikuläre Extrasystole
LV	linker Ventrikel (linke Kammer)	VT	ventrikuläre Tachykardie
MFA	Medizinische Fachangestellte	VVI	Stimulation und Wahrnehmung im Ventrikel (Schrittmacher)
ms	Millisekunde	WPW	Wolff-Parkinson-White (-Syndrom)
QTc	korrigierte QT-Zeit	z. B.	zum Beispiel
RA	rechtes Atrium (rechter Vorhof)	z. T.	zum Teil
regelm.	regelmäßig		

1 Indikationen zur Langzeit-EKG-Registrierung

- Synkopen, Sturz unklarer Ursache,
- Verspürte Herzrhythmusstörungen, wie z. B. Anfälle von Herzrasen,
- Dokumentierte Herzrhythmusstörungen im Ruhe- bzw. Belastungs-EKG,
- Erniedrigte oder erhöhte Herzfrequenz im Ruhe-EKG,
- Transitorische ischämische Attacke (TIA) oder Schlaganfall (auf der Suche nach Phasen von Vorhofflimmern/-flattern),
- Therapiekontrolle bei vorbekannten Herzrhythmusstörungen,
- Koronare Herzkrankheit (KHK),
- Herzklappenfehler,
- Herzfehlbildungen,
- Eingeschränkte linksventrikuläre Pumpenfunktion,
- Kardiomyopathien,
- Herzmuskelentzündung,
- Schlafapnoe,
- Chronisch obstruktive Ventilationsstörung,
- Wolff-Parkinson-White-Anomalie (WPW),
- Lown-Ganong-Levine-Anomalie (LGL),
- Verdacht auf Dysfunktion eines Herzschrittmachers,
- Diabetes mellitus (auf der Suche nach asymptomatischer „stummer“ Myokardischämie bzw. Neuropathie des Herzens),
- Mögliche Verlängerung der korrigierten QT-Zeit (QTc), z. B. unter Psychopharmaka,
- Verdacht auf Brugada-Syndrom.

Anmerkung: Bei der Vielzahl der Indikationen kann natürlich nicht bei jedem Patienten ein Event-Rekorder implantiert werden, sodass uns die Langzeit-EKG-Registrierung bzw. -Auswertung sicherlich noch lange begleiten wird.

2 Langzeit-EKG-Richtlinie der kassenärztlichen Bundesvereinigung (Stand vom 1.1.2015)¹

„Langzeit-elektrokardiographische Untersuchungen dürfen in der kassenärztlichen Versorgung nur solche Ärzte durchführen, die der Kassenärztlichen Vereinigung nachgewiesen haben, dass sie die nachfolgenden Anforderungen an die persönliche Qualifikation sowie die apparativen Voraussetzungen erfüllen.

A. Fachliche Voraussetzungen

- 1. Die Durchführung Langzeit-elektrokardiographischer Untersuchungen erfordert eingehende Kenntnisse des Arztes in der Elektrokardiographie mit der Fähigkeit, auch seltene Rhythmusstörungen unter erschwerten Bedingungen (z. B. bei Artefakt-Überlagerung) zu erkennen.*
- 2. Langzeit-elektrokardiographische Untersuchungen dürfen daher nur von solchen Ärzten durchgeführt werden, welche nachgewiesen haben, dass sie mindestens 100 kontinuierlich aufgezeichnete Langzeit-EKG-Untersuchungen, einschließlich Auswertung und Beurteilung, selbständig durchgeführt haben.*

B. Apparative Voraussetzungen

- 3. Langzeit-EKG-Untersuchungen dürfen in der kassenärztlichen/vertragsärztlichen Versorgung nur mit solchen Geräten durchgeführt werden, die den nachfolgend genannten Voraussetzungen entsprechen:*
 - 1) Die Geräte müssen eine kontinuierliche Aufzeichnung über 24 Stunden bei simultaner, mindestens 2-kanaliger EKG-Ableitung gewährleisten.*
 - 2) Die kontinuierliche oder diskontinuierliche Auswertung muss sicherstellen, dass alle wichtigen Ereignisse erfasst werden. Als wichtige Ereignisse gelten:*
 - Asystolie über 2,0 sec. Dauer,*
 - supraventrikuläre Tachykardie*
 - Vorhofflimmern,*
 - Vorhofflattern,*
 - ventrikuläre Extrasystolen,*
 - höhergradige tachykarde ventrikuläre Rhythmusstörungen,*
 - Kammertachykardie,*
 - Kammerflattern,*
 - Kammerflimmern.*
 - 3) Der im Auswertesystem verfügbare Dokumentationsspeicher muss gewährleisten, dass auch bei gehäuft auftretenden Ereignissen eine in quantitativer Hinsicht korrekte Beurteilung möglich ist.*

¹Quelle: http://www.kbv.de/media/sp/Langzeit_EKG.pdf

C. Genehmigungsverfahren

4. *Der Antrag auf Durchführung und Abrechnung Langzeit-elektrokardiographischer Untersuchungen ist bei der zuständigen Kassenärztlichen Vereinigung zu stellen. Dem Antrag sind die erforderlichen Zeugnisse und Bescheinigungen über das Vorliegen der fachlichen Voraussetzungen nach Abschnitt A sowie der apparativen Voraussetzungen nach Abschnitt B beizufügen. Der Nachweis der Berechtigung zum Führen der Gebietsbezeichnung „Arzt für Innere Medizin“ gilt als Nachweis der fachlichen Voraussetzungen nach Abschnitt A. Eine Gewährleistungsgarantie des Herstellers, dass das verwendete Gerät den in Abschnitt B genannten Voraussetzungen entspricht, gilt - vorbehaltlich einer Prüfung der Angaben durch die Kassenärztliche Vereinigung - als Nachweis der apparativen Voraussetzungen nach Abschnitt B.*
5. *Über die Genehmigung zur Durchführung und Abrechnung von Langzeit-EKG-Untersuchungen entscheidet die Kassenärztliche Vereinigung. Bestehen trotz der vorgelegten Zeugnisse und Bescheinigungen nach Abschnitt A begründete Zweifel an der fachlichen Befähigung des antragstellenden Arztes, so ist die Qualifikation in einem Fachgespräch (Kolloquium) vor der hierfür bei der Kassenärztlichen Vereinigung eingerichteten Kommission zu überprüfen. Das Kolloquium kann frühestens nach drei Monaten wiederholt werden.“*

3 Artefaktbildung

Eine gute Anlagetechnik des Langzeit-EKG-Aufnahmegeräts ist das „A und O“ einer guten Registrierungsqualität und damit einer optimalen Auswertung. Allerdings gibt es auch Artefakte durch Bewegungen des Patienten, durch defekte Aufnahmegeräte oder durch externe Einflüsse.

3.1 Durch die Anlagetechnik und die Elektroden bedingte Artefakte

- Die Haut des Patienten sollte mit Küchenpapier und Haut-Desinfektionsmittel großzügig entfettet werden, um die Klebefähigkeit der Klebeelektroden zu verbessern. Kosmetik-Öle und Cremes verursachen eine sehr schlechte Registrierungsqualität.
- Bei Körperbehaarung den Patienten vor dem Anbringen der Klebeelektroden unbedingt rasieren, da sich sonst die Elektroden ablösen könnten.
- Die Verwendung von Klebeelektroden mit Solid Gel und einem Durchmesser von 55 mm ist nach unserer Erfahrung aufgrund der guten Klebefähigkeit der Elektroden vorteilhaft.
- Bei stark schwitzenden Patienten und/oder im Sommer empfiehlt es sich nach unserer Erfahrung, Klebeelektroden mit Lochvlies-Klebefläche zu benutzen.
- Die Klebeelektroden sollten *vor dem Anbringen auf den Körper* mit den Leitungen verbunden werden, damit das Elektroden-Gel nicht herausgedrückt wird und zur Ablösung der Klebeelektroden führt.
- Die Klebeelektroden sollten oberhalb der getasteten Knochen geklebt werden, um Artefakte durch die Muskulatur zu vermeiden, da die Muskelpotentiale zu einer fein verzitterten Grundlinie führen können.

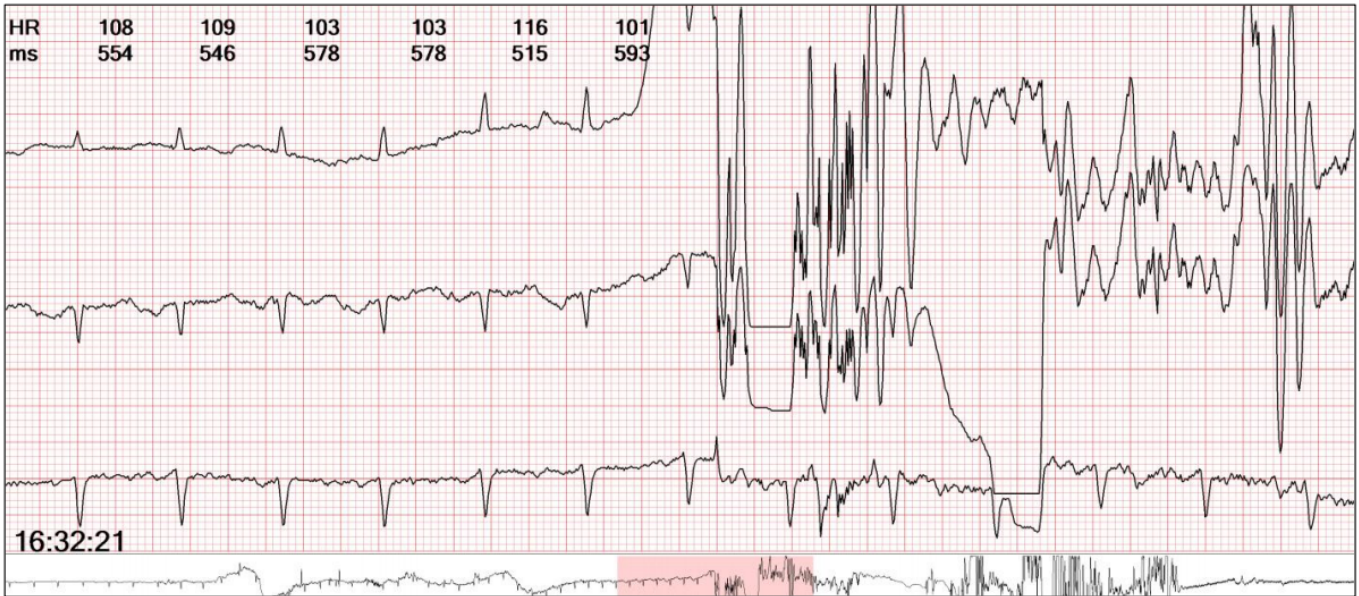


Abbildung 1: Störung der Langzeit-EKG-Registrierung infolge Ablösung der Klebeelektroden

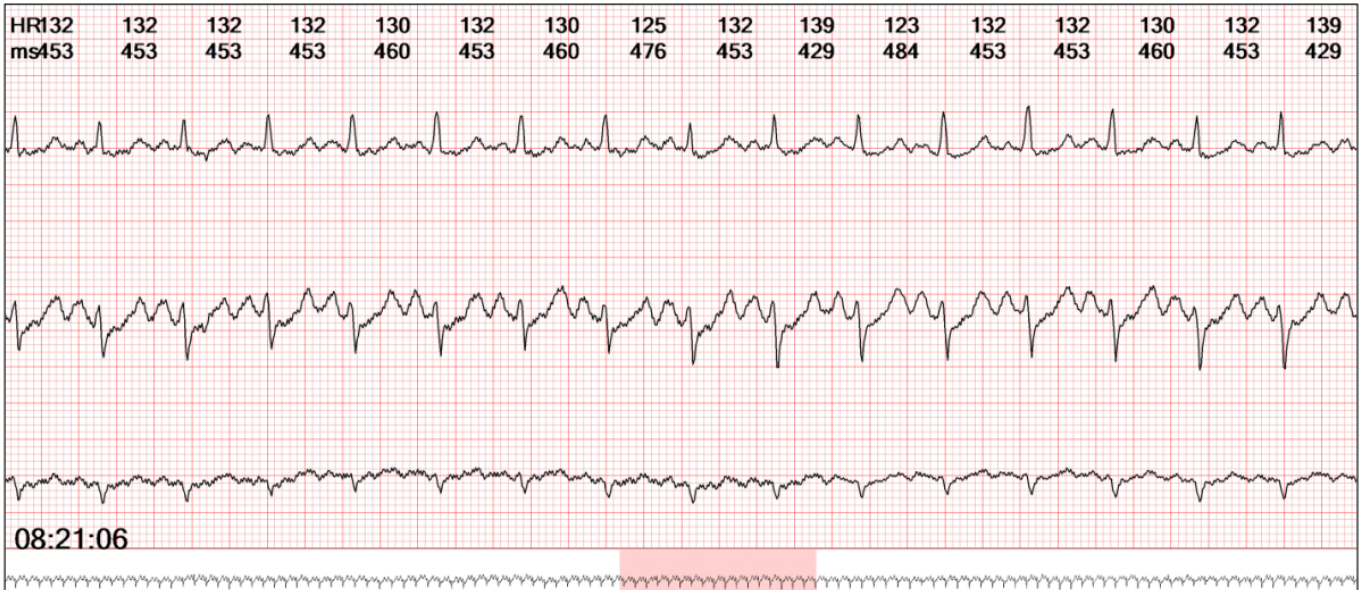


Abbildung 2: Feine Verzitterung in allen Kanälen (Muskelpotentiale)

3.2 Durch den Patienten bedingte Artefakte

Trotz guter Anlagetechnik kann es, vor allem bei schnelleren Bewegungsabläufen (Joggen, Radfahren, Rasieren, Kratzen usw.), zu starker Artefaktbildung kommen. Artefakte können sogar ähnlich wie eine ventrikuläre Tachykardie aussehen.

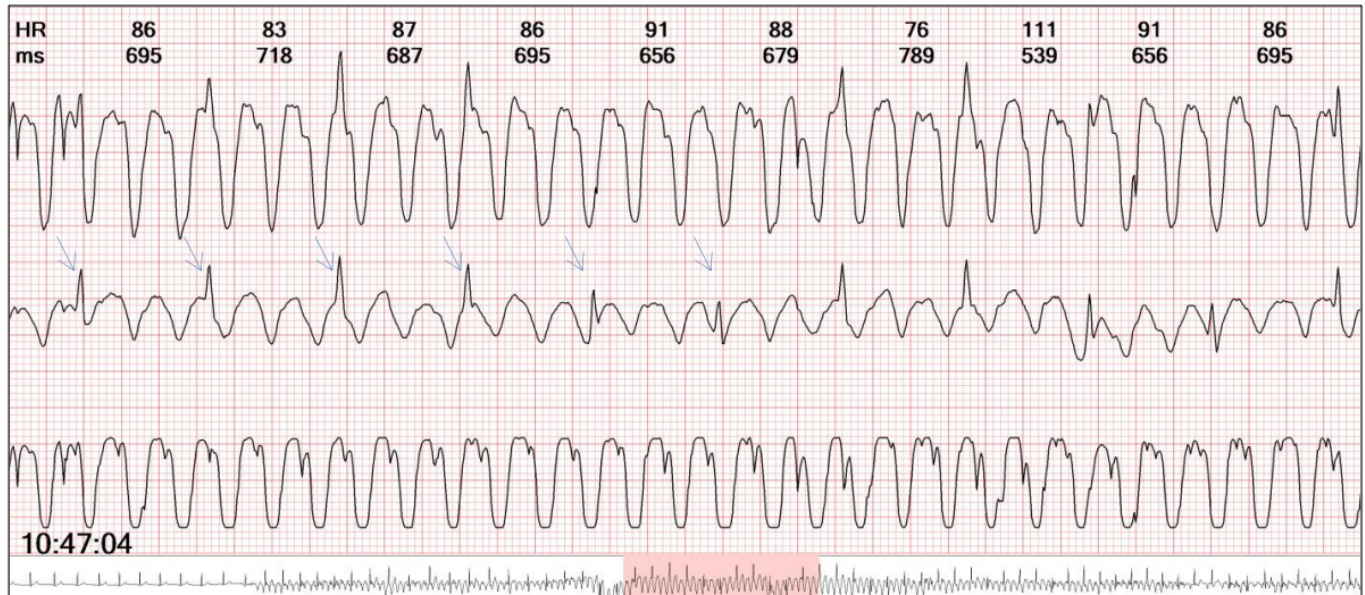


Abbildung 3: Starke Bewegungsartefakte. Im Kanal 2 sind die Spitzen der QRS-Komplexe erkennbar!

3.3 Durch den Rekorder bedingte Artefakte

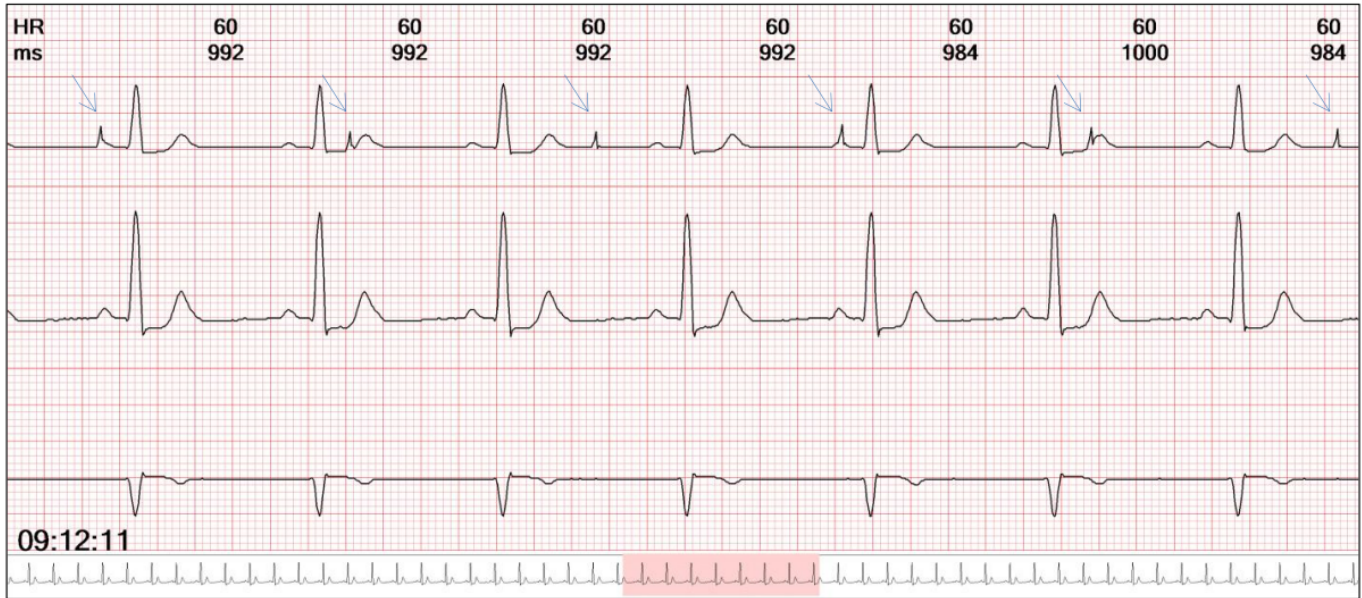


Abbildung 4: Spikeähnliche Artefakte im 1. Kanal durch defektes Aufnahmegerät, kein Schrittmacherträger

Eine defekte Platine des Aufnahmegeräts kann spikeähnliche Artefakte verursachen (Verwechslungsgefahr mit Schrittmacherimpulsen).

3.4 Durch die Kabel bedingte Artefakte



Abbildung 5: Zeitweise keine Registrierung im 1. und 3. Kanal



Abbildung 6: Starke Verzitterung im 3. Kanal durch defekte Kabel