

Braun T. M.

Der mechanische Pulsmeter

Endlich läßt sich bildlich darstellen
und berechnen,
was der tastende Finger fühlt!

(1. Auflage, 2024)

*Mein Dank gilt allen, die unendliche
Geduld mit mir bewiesen haben.
"Gut Ding will Weile haben" war das
Motto und ich glaube jeder weiß was
das bedeutet!*

Impressum:

1. Auflage 2024
ISBN13 978-3-9817326-8-9

Schwarzach-Verlag, Schönthal, 2024, www.Schwarzach-Verlag.de
Hrsg.: Thomas Braun®, 92444 Rötz, Böhmerstr. 21

Der mechanische Pulsmeter (mPm)

Inhaltsverzeichnis

* Vorwort	6
* Einführung	8
<i>Aufbau und Anwendung des mPm</i>	9
<i>Auswertung des mPm</i>	10
* Machbarkeit	14
* Extrasystolie und Arrhythmie dargestellt im mPm	17
* Exakte Laufzeitmessung der Pulswelle und Synchronisierung von mPm- und EKG-Aufzeichnung	44
<i>Grundlagen der Auswertung (Synchronisierung)</i>	45
<i>Problemstellung</i>	45
<i>Laufzeitmessung von R → M</i>	47
* Veränderungen der Pulswelle mit zunehmendem Lebensalter und steigendem Blutdruck	55
<i>Analyse der Verlängerung von M → PW mit mPm und EKG</i>	61
* Zusammenhang von Blutdruck und Form der mechanischen Pulswelle	68
* Weitere Messungen und Pilotprojekte	74
<i>Die zweite, niedrigere Pulswelle</i>	74
<i>Auswirkung der Kompressionsstufe auf die Form von Spannungskurve und Kurve der Summe der Spannungen im Verlauf</i>	75
<i>Erster und höchster mechanischer Gipfel</i>	77
<i>Dreidimensionale Erfassung der Pulswelle (mPm-3D)</i>	78
* Ist der mPm eine Innovation?	83
* Rück- und Ausblick, sowie Historisches	85
<i>Rückblick</i>	85
<i>Ausblick</i>	87
<i>Historisches</i>	88
* Anhang	92
<i>Ausgelagerte Tabellen</i>	92
<i>Einzelnachweise</i>	98
<i>Abbildungsnachweis</i>	98
<i>Rechtlicher Hinweis</i>	98
<i>Abkürzungen</i>	99
<i>Stichwortkatalog</i>	100

Verwendete Abkürzungen:

Abb = Abbildung
Kap. = Kapitel
ES = Extrasystole
J und Jahre = Lebensjahre (Alter)
KS = Kompressionsstufe
ME = Meßeinheit = 0,00598 sek.
MI = Meßintervall
m = männlich
mV = Millivolt
N = normaler Herzschlag
s = Sekunden
Signifikanz = zweiseitige Signifikanz ($p < 0,05$; überprüft an mehreren Rechnern im Netz)
SVES = supraventrikuläre Extrasystolie
U = Untersuchung mit mechanischem Pulsmeter
VES = ventrikuläre Extrasystolie
w = weiblich
Z. n. = Zustand nach

Als Ersatz für einen Absatz „Diskussion“ findet sich der Absatz „Gedanken zu den Ergebnissen“.

Haftungsausschluß

Trotz akribischer Recherche und Ausarbeitung kann keinerlei Haftung für den Inhalt dieses Buches übernommen werden. Es Buch wurde von Autor nach bestem Wissen und Gewissen erstellt. Es kann sich aber, wie überall der Fehlerteufel eingeschlichen haben. Daher können weder Autor noch Verlag irgendwelche Haftungsansprüche übernehmen, die in wie auch immer gearteter Weise aus dem hier aufgeschriebenen entstehen oder entstehen werden. (S. a. Rechtlicher Hinweis S. 99)

Wie schön ist es,
sich mit der Arbeit
zum Wohle der Menschheit
zu befassen!

(Zitat von Claude-Henri de Saint-Simon, 1802)

des Mikrodynamos in gleiche Richtung. Es wechselt seine Richtung erst, wenn sich der Durchmesser der Arterie wieder verkleinert. Die Gipfel in dieser Kurve werden daher als *mechanische Gipfel (PW)*, Täler als *mechanische Täler* bezeichnet. Zur Vermeidung von Artefakten erkennt das Programm in seiner Grundeinstellung mechanische Gipfel die nicht weiter als 0,3 Sekunden später als die elektrischen Gipfel auftreten. Dieser Wert ist jedoch frei einstellbar.

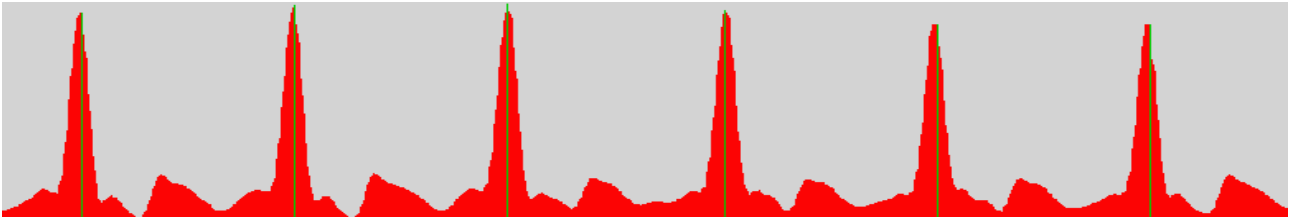


Abb. 1-3: Beispiel einer graphischen Darstellung des Spannungsverlaufs. Die gezeigten elektrischen Gipfel (grün markiert) entsprechen dem Zeitpunkt der schnellsten Ausdehnung der Arterienwand bei ankommender Pulswelle.

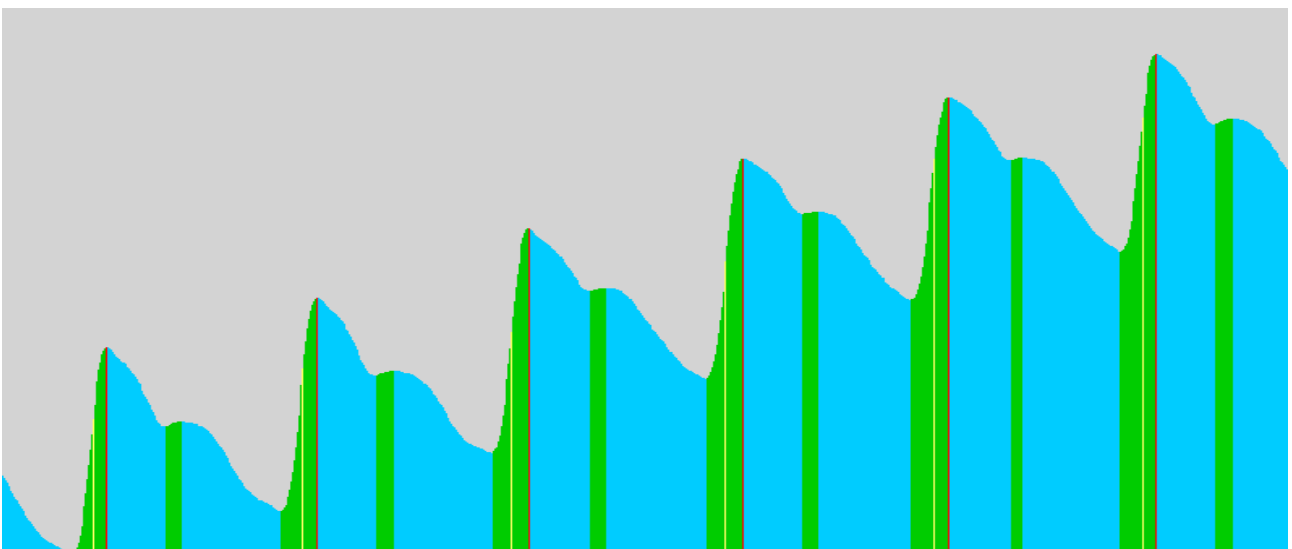


Abb. 1-4: Beispiel einer graphischen Darstellung der Summe der Spannungen im Verlauf. Die gezeigten mechanischen Gipfel (PW) sind rot markiert und entsprechen dem Zeitpunkt der maximalen Ausdehnung der Arterienwand bei ankommender Pulswelle. Der Übersichtlichkeit halber sind die Zeitpunkte der elektrischen Gipfel gelb, positive Spannungswerte grün und negative blau markiert. Hier überwiegt die Summe der positiven Spannungen die der negativen, daher ist die Kurve insgesamt ansteigend. Der Anstieg zum mechanischen Gipfel (SPW) ist PW vorgelagert. SPW beschreibt die Periode der kontinuierlichen Zunahme des Durchmessers der Arterie bei ankommender Pulswelle (im Bild der grüne, zum rot markierten PW ansteigende Bereich. M liegt in diesem Anstiegsbereich und ist gelb markiert).

Daraus ergeben sich folgende Messpunkte:

1. Elektrischer Gipfel (M): Zeitpunkt der schnellsten Bewegung der Arterienwand bei Zunahme des Durchmessers der Arterie
2. Mechanischer Gipfel (PW): Zeitpunkt des maximalen Durchmessers der Arterie
3. R: Oberer Umschlagpunkt der R-Zacke im EKG (sofern zusätzlich ein EKG-Rhythmusstreifen aufgezeichnet wird)

Daraus ergeben sich auch folgende, nachfolgend verwendete Mess-Perioden:

1. R → PW: Zeitdauer vom oberen Umschlagpunkt der Depolarisierung des Herzens in EKG bis zum maximalen Durchmesser der Arterie infolge der ankommenden Pulswelle
2. M → PW: Zeitdauer von der schnellsten Bewegung der Arterienwand bei Zunahme

3 - Extrasystolie und Arrhythmie dargestellt im mPm

Ziel der Untersuchung war es Extrasystolen und Arrhythmien im mechanischen Pulsmeter (mPm) in Kombination mit einem EKG-Rhythmusstreifen darzustellen.

Dazu wurden Untersuchungen an 101 Patienten auf Extrasystolie und Arrhythmie durchsucht. Insgesamt handelte es sich um 344 Untersuchungen (zu unterschiedlichen Zeitpunkten, beispielsweise vor und nach Kardioversion auch bei den gleichen Patienten). Bei den Untersuchungen war gleichzeitig zum mPm auch ein EKG-Rhythmusstreifen aufgezeichnet worden.

In diesem Kapitel werden erstmals *neue Messparameter* erwähnt: *Erster mechanischer Gipfel (PW_1)* und *höchster mechanischer Gipfel (PW_hoch)*

Das hat folgenden Grund:

In den allermeisten Fällen weist die graphische Darstellung der Summe der Spannungen im Verlauf bei jedem Pulsschlag einen Gipfel auf (s. Abb. 1-4). Das ist dann der erste und höchste Gipfel (PW). Dabei ist der Abstand $PW_1 \rightarrow PW_{hoch}$ eben Null (Regelfall).

Es kommt aber auch vor, daß die Kurve anders aussieht und zwei Gipfel aufweist. Beim derzeitigen Stand der Auswertung (Februar 2024) findet das nur Berücksichtigung, wenn der zweite Gipfel höher ist als der erste und binnen 50 ME (schneller als 0,3 Sekunden) nach dem elektrischen Gipfel (M) auftritt. Dieser zweite Gipfel wird dann als PW_{hoch} und der erste Gipfel als PW_1 bezeichnet. Fallen PW_{hoch} und PW_1 zusammen, so lautet die Bezeichnung PW ($PW_1 \rightarrow PW_{hoch} = 0$).

Einführung / Vorbereitung

(Siehe auch Kapitel 1)

Der eingesetzte mechanische Pulsmeter (mPm) setzt die Bewegung der Wand einer Arterie (hier Art. radialis links) in die mechanische Drehung eines Mikrodynamos um. Dabei entsteht eine wechselnde Spannung, die mittels Voltmeter aufgezeichnet werden kann. Die höchste Spannung im Kurvenverlauf bezeichnet den Zeitpunkt der höchsten Geschwindigkeit der Arterienwand.

Nach ausdrücklicher Zustimmung der Patienten wurde der mPm, immer am linken Handgelenk über der Arteria radialis angelegt, so daß eine gute Auslenkung zu erkennen war. Zudem wurden Elektroden für einen EKG Rhythmusstreifen angelegt.

Beides wurde mit Multimetern verbunden, die die jeweiligen Meßzyklen aufzeichneten, die anschließend mittels Computeranalyseprogramm ausgewertet wurden. Filter wurden, um Verfälschungen zu vermeiden, nicht verwendet. EKG und mPm wurden nur so synchronisiert, daß die Herzaktionen eindeutig den Pulswellen zuordenbar waren.

Extrasystolen

Als Normalschläge (N) werden hier Herzaktionen ohne Anhalt für einen nicht regelrechten Erregungsablauf bezeichnet. Bei Extrasystolen (ES) handelt es sich um vorzeitig einsetzende Herzschläge, wobei grundsätzlich ventrikuläre und supraventrikuläre

Extrasystolen (VES und SVES), abhängig vom Entstehungsort unterschieden werden. Die Diagnose der Extrasystolen erfolgte mittels EKG, weshalb nachfolgend nur Fälle aufgenommen wurden, bei denen gleichzeitig mit dem mPm auch eine EKG-Rhythmusstreifen abgeleitet wurde.

Die Auswurfleistung des Herzens ist bei Extrasystolen grundsätzlich geringer als bei Normalschlägen. So ist es erklärlich, daß speziell bei VES ein Ausbleiben der peripheren Pulswelle palpatorisch erfaßt werden kann (peripheres Pulsdefizit).

Ventrikuläre Extrasystolie

Simultan mit dem mPm war ein EKG-Rhythmusstreifen abgeleitet worden, sodass die jeweiligen Kammerkomplexe im EKG den Pulswellen im mPm zugeordnet werden konnten. Die Kammerkomplexe der VES sind nicht einheitlich, sondern von der Lage des ektopen Schrittmachers abhängig (rechtsventrikuläre von linksventrikuläre) und deutlich verbreitet. Es kann grundsätzlich davon ausgegangen werden, daß die Auswurfleistung des Herzens bei einer VES die Leistung bei einem Normalschlag nicht übersteigt, sondern meist sogar deutlich darunter liegt.

Supraventrikuläre Extrasystolie

Als SVES wurden vorzeitig einfallende Herzaktionen angenommen, deren Kammerkomplexe im EKG-Rhythmusstreifen keine Deformitäten verglichen mit Normalschlägen aufwiesen.

Kasuistiken

ES wurden bei insgesamt 26 Personen in unterschiedlicher Häufigkeit aufgefunden. Dabei fanden sich bereits bei der ersten Durchsicht im mPm zwei verschiedene Muster: Pulsdefizit (nicht sicher nachweisbare Pulswelle) und kein Pulsdefizit (nachweisbare Pulswelle).

Bei der Darstellung der Fälle wurde das EKG den elektrischen Gipfeln nur grob zugewiesen, die Synchronisierung der gleichzeitigen Aufzeichnungen von EKG und mPm bestand also nur darin, Pulswellen (mPm, M) und Herzaktionen (EKG, R) eindeutig einander zuzuordnen. Die bei *Positionen* nachfolgend bei *Schlagfolge* und *Pulswellenfolge* angegebenen Werte beziehen sich auf die jeweiligen Aufzeichnungsintervalle, Absolutwerte der Abstände können daraus nicht abgeleitet werden.

Kasuistik 1 bis 15 zeigen ventrikuläre Extrasystolen (VES), wobei jeweils zwei Normalschläge gefolgt von einer VES, der ein weiterer Normalschlag folgt, dargestellt sind (N – N – VES – N).

Kasuistik 16 zeigt einen etwa 40 Sekunden lange Periode eines Trigemini, ausgelöst durch ein, vor jedem dritten Normalschlag einfallende VES (N – N – VES – N – N – VES ...).

Kasuistik 17 bis 21 zeigen supraventrikuläre Extrasystolen (SVES), denen Normalschläge vorangehen und folgen (... - N – SVES – N ...)

Kasuistik 22 zeigt eine Pause von > 1,5 Sekunden

Kasuistik 23 zeigt eine absolute Arrhythmie

Kasuistik 24 zeigt eine Sinusarrhythmie

Kasuistik 7 (P6):

(männlich, 74 Jahre, Leitsymptom: polytope ventrikuläre Extrasystolie, RR 130/90, Med.: Enalapril)

VES bei 4004

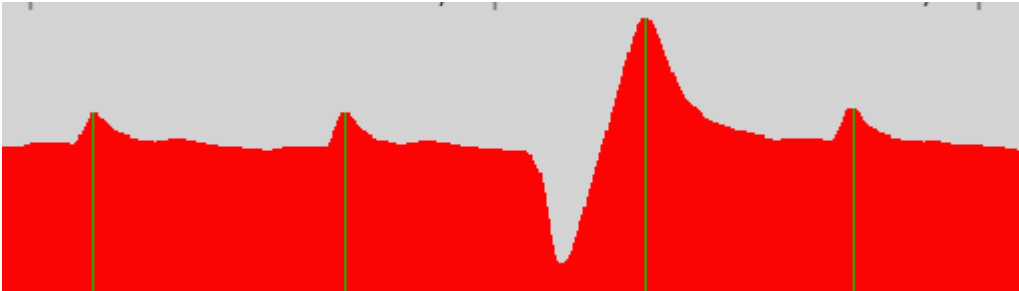


Abb. 3-19: EKG-Rhythmusstreifen

Schlagfolge (EKG): N – N – VES – N (Positionen: 3753, 3867, 4004, 4098)

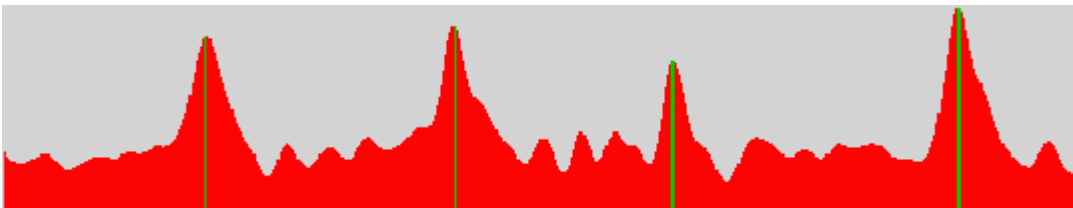


Abb. 3-20: Elektrische Drehgipfel

Pulswellenfolge (mPm): N – N – VES – N (Positionen: 3786, 3899, 3998, 4128)

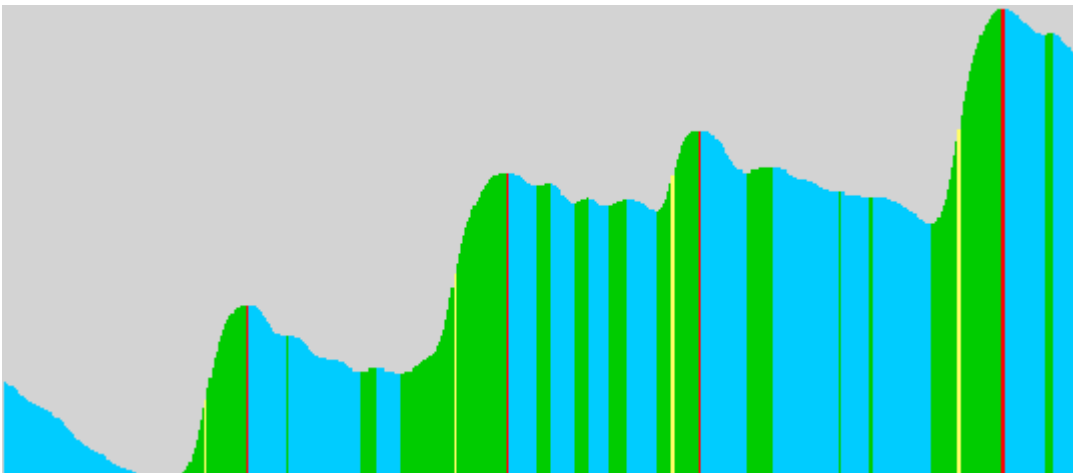


Abb. 3-21: Mechanische Drehgipfel

Infolge der VES tritt hier ein mechanischer Gipfel auf. Dieser ist niedriger, als bei den Normalschlägen. Der elektrische mPm-Gipfel nach der VES ist etwas höher (Expansion der Arterie am schnellsten) als vor der VES, wobei sich messtechnisch folgende Spannungen zeigen:

Pulswellenfolge: N – N – VES – N; Höhe von M: 0.05 mV; 0.05 mV; 0.04 mV; 0.06 mV

R → M: 33 – 32 – 6 – 30

M → PW: 19; 24; 12; 20

R → PW: 52 – 56 – 18 – 50

Kasuistik 20 (P22):

(männlich, 80 Jahre, Leitsymptom: Art Hypertonie (I), Handgelenksdeformität durch Gicht und Unfälle RR 130/90, Medikation: Bisoprolol, HCT)

SVES bei 11567, 11650

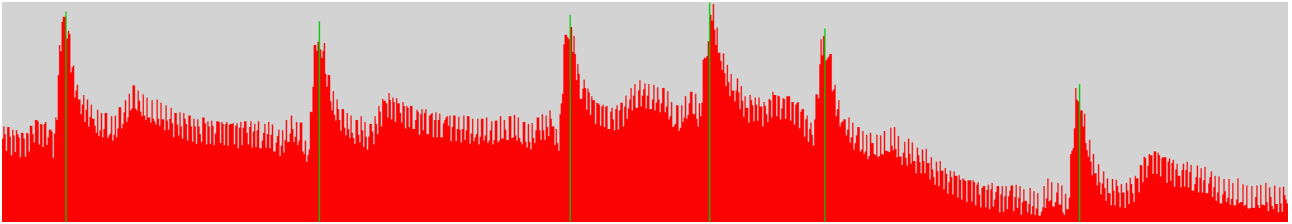


Abb. 3-55: EKG-Rhythmusstreifen

Schlagfolge (EKG): N – N – N – SVES – SVES – N (Positionen: 11105, 11287, 11467, 11567, 11650, 11833)

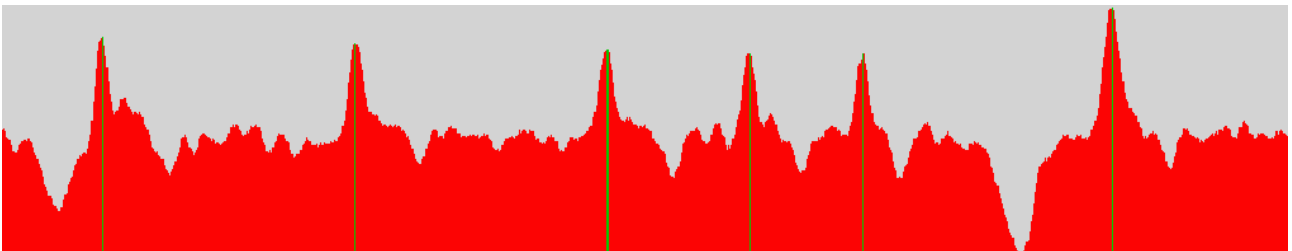


Abb. 3-56: Elektrische Drehgipfel

Pulswellenfolge (mPm): N – N – N – SVES – SVES – N (Positionen: 11135, 11316, 11497, 11599, 11680, 11859)

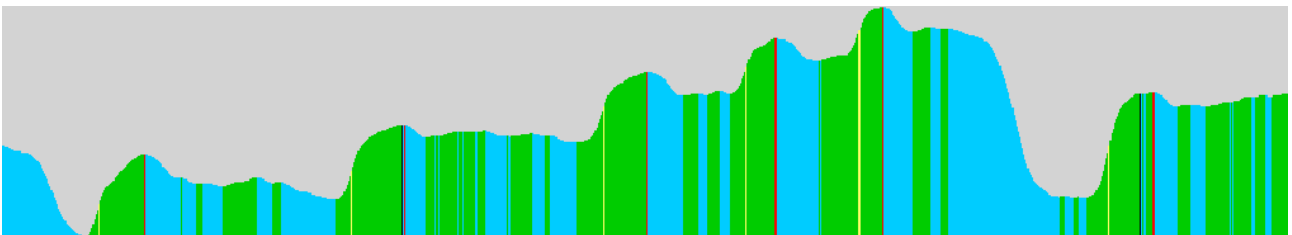


Abb. 3-57: Mechanische Drehgipfel

Bemerkenswert ist, daß hier in der graphischen Darstellung beide SVES einen mechanischen Gipfel auslösen. Den zwei Gipfeln folgt ein vertieftes Tal mit anschließend erhöhter elektrischer Pulswelle. Als Randnotiz treten hier in zwei Fällen PW_1 und PW_hoch auf. Der elektrische mPm-Gipfel nach der SVES ist höher (Expansion der Arterie am schnellsten) als vor der SVES, wobei sich messtechnisch folgende Spannungen zeigen:

Pulswellenfolge: N – N – N – SVES – SVES – N; Höhe von M: 0.07 mV; 0.07 mV; 0.06 mV; 0.06 mV; 0.06 mV; 0.09 mV

R → M: 30 – 29 – 30 – 32 – 30 – 26

M → PW_1: 33; 36; 31; 21; 17; 22

R → PW_1: 63 – 65 – 61 – 54 – 47 – 48

Ergebnisse:

- Die Gipfel der Pulswellen infolge der VES fehlten entweder, oder waren niedriger, als die von Normalschlägen.
- Die Laufzeit elektrischer zu mechanischem Gipfel ($M \rightarrow PW$) bei VES fehlte oder war kürzer als bei einem Normalschlag.
- Die Höhe der elektrischen Gipfel von Normalschlägen nach einer VES war in allen Kasuistiken höher, als der Durchschnitt der beiden, der VES vorausgehenden Normalschläge. In allen diesen Kasuistiken war die Schlagfolge $N - N - VES - N$. Dies fand sich analog auch nach einer Pause.
- Die SVES (im Rhythmusstreifen aufgrund fehlender Deformierung des QRS-Komplexes differenziert) weisen in keinem Fall ein Pulsdefizit auf. Jedoch fand sich in 4 der 5 Kasuistiken ebenfalls beim Normalschlag nach der Extrasystole ein höherer elektrischer Gipfel im mPm, als beim Normalschlag vor der Extrasystole (in einem Fall war die Höhe gleich).
- Die R-Zacken der VES im Rhythmusstreifen waren insgesamt heterogen. Eine Laufzeitzuordnung, wie bei Normalschlägen ist daher nicht aussagekräftig.
- Die absolute Arrhythmie zeigte im Vergleich zur Sinusarrhythmie deutlich unterschiedliche Höhen der elektrischen Gipfel.

Gedanken zu den Ergebnissen

- Die Ergebnisse des mPm waren in sich konsistent und zeigten auch gleichförmige Veränderungen, die nicht sehr stark ausgeprägt waren. Als Beispiel sei hier die erhöhte Spannung von N nach einer VES im Vergleich zu den beiden N vor der jeweiligen VES genannt. Es handelte sich dabei zwar nur um jeweils hundertstel Millivolt, aber das System erfasste diese Veränderungen augenscheinlich stabil und korrekt und machte sie so einer Auswertung zugänglich.
- Die Auswurfleistung des Herzens bei einer VES ist als geringer einzustufen, als beim Normalschlag. Das zeigte sich im mPm an fehlenden, oder deutlich verkleinerten Gipfeln. Gleichzeitig war in diesen Fällen die Laufzeit elektrischer zu mechanischem Gipfel ($M \rightarrow PW$) geringer. Es liegt daher nahe, daß eine geringere Herzleistung nicht nur mit niedrigeren elektrischen Gipfeln, sondern auch mit einer Verkürzung der Zeitdauer zwischen elektrischen und mechanischen Gipfeln einhergeht.
- Nach Entleerung des Gefäßsystems erschien dann nach Extrasystole (oder Pause) ein Normalschlag mit einer höheren Amplitude, ohne längere Zeitdauer des Anstiegs und ohne Verlängerung der Laufzeit elektrischer (M) zu mechanischem Gipfel (PW), was auf eine stärkere Beschleunigung der Arterienwand hinweist (mögliche Erklärung für das Gefühl des Herzklopfens bei manchen Patienten).

4 - Exakte Laufzeitmessung der Pulswelle und Synchronisierung von mPm- und EKG-Aufzeichnung

Die hier verwendete Messperiode ist $R \rightarrow M$. Ihre exakte Messung wird nachfolgend dargestellt und unter verschiedenen Bedingungen auf Konsistenz der Ergebnisse geprüft.

Der mechanische Pulsmeter (4) setzt die Bewegung der Wand einer Arterie (hier Art. radialis links) in die mechanische Drehung eines Mikrodynamos um. Dabei entsteht eine wechselnde Spannung, die mittels Voltmeter (Typ: Voltcraft VC7200BT) aufgezeichnet wurde. Ein zweiter gleicher Voltmeter zeichnete den EKG-Rhythmusstreifen auf.

Üblicherweise wird die Zeitdifferenz zwischen dem oberen Umschlagpunkt der R-Zacke im EKG (R) und dem Absorptionsverlauf des Hämoglobin bei der Pulsoxymetrie am Finger gemessen. Die Kurven des Absorptionsverlaufs sind flach, an einer Verbesserung der Geräte wird gearbeitet (1). Pulsoxymeter messen den Kapillarpuls. Sie werden insbesondere eingesetzt, den Sauerstoffgehalt des Blutes abzuschätzen und liefern ergänzend auch die zeitliche Veränderung der Sauerstoffsättigung im Kapillarblut, woraus die Pulsrate errechnet wird (3)(4). Es liegt daher nahe, daß das mPm mindestens gleichwertig exakte Ergebnisse liefert.

Vorbereitung

(Siehe auch Kapitel 1)

Nach ausdrücklicher Zustimmung der jeweiligen Patientin / des jeweiligen Patienten: Anlegen des mPm, immer am linken Handgelenk über der Arteria radialis. so daß eine gute Auslenkung zu erkennen war, und gut auswertbare Kurven zu erwarten waren. Zudem wurden Elektroden für einen EKG Rhythmusstreifen angelegt und beides mit den Multimetern verbunden. Es wurde durchgehend das MI mit 0,00598 Sekunden verwendet.

Die Messung wird wieder bei unterschiedlichen Auflagedrücken der, über der Arteria radialis liegenden Meßsonde durchgeführt (Kompressionsstufen, Abkürzung: KS). Die Sonde selbst war an der Kontaktfläche konkav und wies eine abgerundet rechteckige Form von 4 mal 5 mm auf (~ 20 qmm). Die ausgeübte Kraft lag bei Stufe 0 bei etwa 0,2 N und wurde bei jeder weiteren Belastungsstufe um weitere ~ 0,5 N gesteigert. Rein rechnerisch lag der Druck in der Eingangsstufe (Stufe 0) bei ~ 10 kPa und steigerte sich bei jeder weiteren Stufe um jeweils ~ 25 kPa insgesamt sind es sechs Stufen, die mit KS 0 bis KS 5 bezeichnet werden. Aufgrund der konkaven Form der Sonde, der Tatsache, daß sich Gewebe zwischen Sonde und Arterie befindet und der mögliche zentrischen, oder auch nicht zentrischen Lage der Sonde über der Arterie bei der Messung scheint es nicht sinnvoll daraus einen konkreten „Verschlußdruck“ der Arterie abzuleiten. Dennoch zeigen die Aufzeichnungen druckabhängige Unterschiede, denen hier ebenfalls erstmals nachgegangen wird.

Grundlagen der Auswertung (Synchronisierung)

Grundlegende Herausforderung war die exakte Synchronisierung der Aufzeichnungen der zwei separaten Voltmeter.

Einfluß des Alters auf die Laufzeit

Dazu wurden die, von den Patienten freiwillig angegebene Lebensalter verwendet. Eine Spannweite von 17 bis 87 Jahren war gegeben. Es erfolgte die möglichst gleichmäßige Einteilung in vier Altersgruppen (s. u.) Untersucht wurde alleine auf das Lebensalter hin, andere Faktoren flossen nicht ein. Alter ist keine Krankheit, führt aber zu typischen (alterstypischen) Veränderungen. Im Mittelpunkt der Auswertung stand daher die Meßgenauigkeit des mPm anhand des Einflusses des Alters.

Bei KS1 (R → M):

Alter (in Lebensjahren)	MI	Von	Bis	n	Laufzeit in s
70 bis 87	34,9	28	42	10	0. 21
50 bis 69	35,7	28	42	12	0. 21
30 bis 49	41,3	35	46	6	0. 25
17 bis 29	42,9	36	50	9	0. 32

Tabelle 4-3: Einfluß des Alters bei KS 1

Bei KS 4 (R → M):

Alter (in Lebensjahren)	MI	Von	Bis	n	Laufzeit in s
70 bis 87	35.0	30	40	7	0. 21
50 bis 69	37,5	32	47	11	0. 22
30 bis 49	41,2	39	43	5	0. 25
17 bis 29	43,1	40	47	7	0. 26

Tabelle 4-4: Einfluß des Alters bei KS 4

Einfluß des systolischen Blutdrucks auf die Laufzeit

Dazu wurden die gemessenen systolischen Blutdruckwerte in vier Gruppen unterteilt. Der niedrigste dokumentierte Wert lag bei 100 mmHg, der höchste bei 180 mmHg. Eine entsprechende Unterteilung in Stufen von je 20 mmHg bot sich daher an. Untersucht wurde allein auf den systolischen Blutdruck hin, andere Faktoren flossen nicht ein. Primär ging es auch nicht darum, krankhafte Veränderung zu erfassen, sondern die Messgenauigkeit des mPm anhand des Einflusses des systolischen Blutdrucks als Monokausalität.

Bei KS 1 (R → M):

Systolischer RR (in mmHg)	MI	Von	Bis	n	Laufzeit in s
160 bis 180	33,3	28	42	7	0. 20
140 bis 159	38,2	33	42	9	0. 23
120 bis 139	39,2	32	48	15	0. 23

5 - Veränderungen der Pulswelle mit zunehmendem Lebensalter und steigendem Blutdruck

Verwendete Messperioden sind M → PW, R → M und R → PW und zusätzlich SPW.
 Neuer Parameter R → SPW (Strecke von R bis zum Beginn von SPW).

Allgemein ist die Pulswellengeschwindigkeit eine Maß für die Elastizität der Gefäße. In der Jugend ist sie deutlich langsamer, als im Alter. Im Falle des mPm, das immer an der linken Arteria radialis angelegt worden war gilt daher:

$$\text{Pulswellengeschwindigkeit} = \text{Arterienlänge (Herz} \rightarrow \text{Handgelenk links)} / \text{R} \rightarrow \text{PW} (?)$$

Sie ist ein Maß für die Steifigkeit der arteriellen Gefäße und gilt als, in peripheren muskulären Arterien deutlich weniger ausgeprägt(7), als in den proximalen elastischen Arterien; die vom Herzen kommende Pulswelle wird aber an den präkapillären Widerstandsgefäßen der Extremitäten erheblich reflektiert(6). Diese alterstypische Abnahme der Elastizität und die damit verbundene beschleunigte Reflexion der Pulswelle gilt allgemein als Ursache der arteriellen Hypertonie.

Einführung

Es wird hier der Frage nachgegangen, ob sich mittels mPm auch in der Arteria radialis alterstypische Veränderungen nachweisen lassen. Im Rahmen der Synchronisierung von EKG und mPm war eine möglich altersabhängige Veränderung von R → M gefunden worden. Daher wurden die Ergebnisse auf altersabhängige Veränderungen hin untersucht.

Dazu standen folgende Datensätze zur Verfügung:

Gruppeneinteilung	
Gesamtgruppe (n=101)	Mittelwert = 50,1 Jahre, Spanne: 13 – 87 Jahre
Teilgruppe 1 (n=56) (Gesamtgruppe minus Teilgruppe 2)	Mittelwert = 48,7 Jahre, Spanne: 13 – 83 Jahre
Teilgruppe 2 (n=45) Bei Teilgruppe 2 war eine exakte Synchronisation von EKG-Rhythmusstreifen zu mPm-Kurve durchgeführt. Dieses Erfordernis fehlt bei Teilgruppe 1. (Teilgruppe 2 ist Gesamtgruppe minus Teilgruppe 1.)	Mittelwert = 51,8 Jahre, Spanne: 16 – 87 Jahre
Bei allen Untersuchten handelte es sich um ambulante Patienten, die einer Untersuchung auf konkrete Befragung hin klar zugestimmt hatten. Alle Patienten wurden im gleichen Raum auf der gleichen Liege untersucht. Niemand zeigte zum Zeitpunkt der Untersuchung schwerwiegende Krankheitszeichen. Alle wurden auch über die Einnahme von Medikamenten befragt. 26 Patienten nahmen antihypertensive Medikamente. Alle Patienten waren bei der Untersuchung beschwerdefrei.	
Auf eine weitere Unterteilung in Frauen und Männer mußte verzichtet werden, da die Frauen über 10 Jahre älter waren und nur etwa 1/3 der Probanden ausmachten.	

Tabelle 5-1: Gruppeneinteilung

In der vorliegenden Arbeit wurde ergänzend, auch die Signifikanz der Ergebnisse errechnet. Sie wurde der Vollständigkeit halber dargestellt. Inhaltlich ist jedoch nicht entscheidend, ob Veränderungen nur „tendenziell“ oder doch „signifikant“ sind. Für die Statistik wurde der T-Test für unabhängige Stichproben verwendet. Er untersucht, ob sich