

ABSCHLUSSBERICHT

Evaluation „EKG Genauigkeit“ Pulsmesser SIGMA SPORT PC-15, PC-4, PC-3

Versuchsaufbau:

Drei verschiedene Geräte der Firma Sigma Sport, Neustadt (PC-15, PC-4, PC-3) wurden mittels EKG Simulator geprüft:

<i>EKG-Simulator:</i>	Bio-Tek „Lionheart“, Ser.-Nr. 122215, letzte Kalibrierung 25.2.2005 Das Gerät ermöglicht die Simulation von physiologischen und pathologischen Herzfrequenzsignalen unterschiedlicher Qualität und Intensität.
<i>Signalaufnahme:</i>	Signalelektroden auf den Aufnahmefeldern des mitgelieferten Pulsgurtes.
<i>Zeitmessung:</i>	Elektronische Stoppuhr
<i>Frequenzvergleich:</i>	Visueller Displayvergleich

Messgrößen:

Vergleich von simulierter Herzfrequenz mit der vom jeweiligen Pulsmesser angezeigten Herzfrequenz

- bei unterschiedlichen Herzfrequenzen (Spektrum 40 Schläge/min. bis 240 Schläge/min).
- bei unterschiedlicher Intensität des Herzfrequenzsignals (0,5 mV, 1 mV).

Signalzeit (Zeitdauer von Beginn der Signalgebung bis Anzeige auf dem Display des Pulsmessers)
Simulierung von verschiedenen Rhythmusstörungen (krankhaften EKG Mustern) zur Überprüfung der Signalstabilität.

Ergebnisse:

Eine Übersicht der Ergebnisse bei physiologischen EKG Signalen zeigt Tabelle 1 und die beiden Abbildungen 1 und 2.

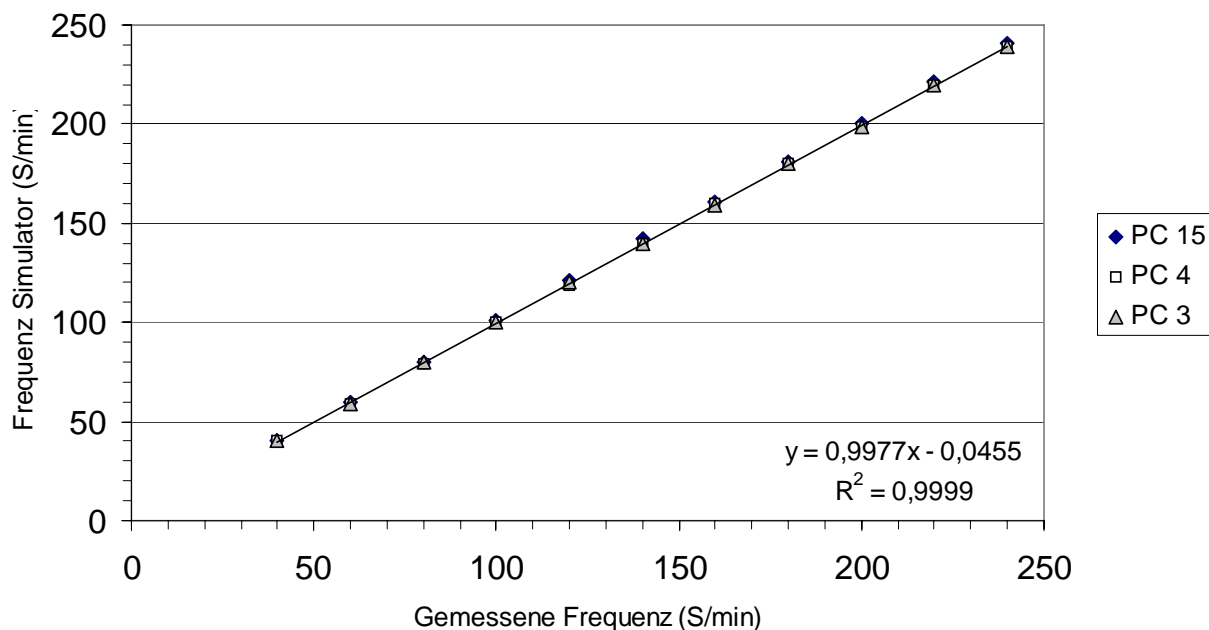
Insgesamt findet sich eine fast 100%ige Übereinstimmung der angezeigten Werte mit den vom Simulator EKG-genau vorgegebenen Frequenzen ($R^2=0,9999$). Die maximale Abweichung beträgt 1 Schlag pro Minute (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Vergleich von Simulatorfrequenz (Signalintensität 1 mV) und den von den verschiedenen Pulsmessern angezeigten Frequenz sowie Signalzeit (inkl. Mittelwert und Standardabweichung)

Signalintensität 1 mV						
Simulatorfrequenz (kalibriert, S/ min)	PC 15		PC 4		PC 3	
	HF	Signalzeit (sec)	HF	Signalzeit (sec)	HF	Signalzeit (sec)
40	40	23,08	40	6,18	40	8,42
60	60	16,31	59	4,22	59	5,24
80	80	9,69	79	5,06	80	5,59
100	101	11,24	100	5,71	100	5,25
120	121	10,27	119	4,21	120	3,62
140	142	4,75	140	5,10	140	4,88
160	161	4,17	160	4,38	159	3,86
180	181	4,10	180	4,32	180	6,18
200	200	4,06	199	5,29	199	4,04
220	221	4,30	220	2,40	220	3,90
240	241	4,87	239	3,58	*239	5,66
Mittelwert		8,80		4,59		5,15
Std.abweichung		6,22		1,05		1,38

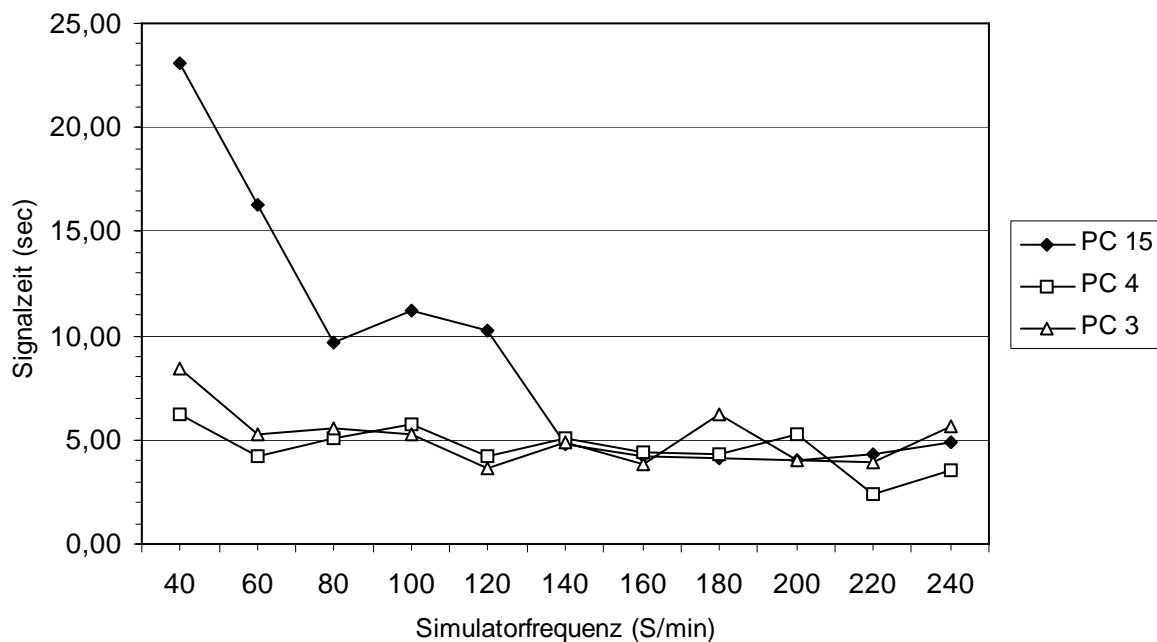
* PC 3 springt bei 240 S/min zwischen HF Anzeige und Uhrzeitanzeige hin und her.

Abbildung 1 Korrelation zwischen vorgegebener und angezeigter Frequenz bei 3 Sigma Sport Pulsmessern. Die Regressionsgleichung und das Bestimmtheitsmaß sind unter der Grafik dargestellt.



Es konnten nur Frequenzen mit einer Signalintensität von 1 mV aufgezeichnet werden, bei einer Signalintensität von 0,5 mV empfängt keine Pulsuhr ein Signal. Bei der Signalintensität handelt es sich eigentlich um die Stärke des elektrischen Signal, welches auf der Haut eines Patienten detektiert werden kann. Abgeschwächt ist sie klinisch vor allem bei Personen mit einer größeren Körperfettmasse, welche eine relativ hohe elektrische Resistenz aufweist. Das EKG Signal kann ebenso abgeschwächt werden durch die klinische Situation eines Perikardergusses (Flüssigkeit im Herzbeutel), der die Strecke zwischen dem Herzen und der Ableitung auf der Haut vergrößert und gleichzeitig eine hohe elektrische Resistenz aufweist. Dagegen können hohe Spannungen (high voltage) vor allem bei linksventrikulären Vergrößerungen gemessen werden, seien sie pathologischer Natur (z.B. Bluthochdruck geschädigtes Herz) oder physiologischer, wie bei Leistungssportlern, die eine Vergrößerung der Herzmuskelmasse haben können (Sportherz). Eine Signalintensität von 1 mV ist aber sehr realistisch. Die nicht messbare Signalintensität von 0,5 mV spielt in der medizinischen Anwendung sicherlich eine Rolle, ist unter Freizeitbedingungen dagegen eher zu vernachlässigen. Außerdem würde es bei einer Detektion eines weniger intensiven Signals auch eher zu Fehlmessungen kommen.

Abbildung 2: Verlauf der Signalzeit (Ordinate) bei ansteigender Simulatorfrequenz (Abszisse)



Die Signalzeit, als Zeitdauer von Beginn der Signalgebung bis Anzeige auf dem Display des Pulsmessers, ist bei der PC 4 am kürzesten und weist auch die geringste Standardabweichung (Mittel 4,59 +/- 1,09 sec) auf. Interessanterweise nimmt bei der PC 15 mit zunehmender vorgegebener Herzfrequenz die Signalzeit bis zu einer asymptotischen Angleichung bei etwa 4,10 sec ab (siehe jeweils auch Abbildung 2) und die Signalzeit weist unter den drei Uhren die längste Detektion mit der größten Abweichung auf (Mittel 8,89 +/- 6,22 sec) Sowohl bei PC 4 als auch bei PC 3 ist dieser Effekt

im Ansatz bei niedrig vorgegebenen Frequenzen ähnlich nachweisbar, doch ist die Signalzeit im Vergleich zur PC 15 viel kürzer. Dieses mag in einer unterschiedlichen Hardware bei PC 3 und PC 4 begründet sein. Auffällig ist unter praktischen Gesichtspunkten auch, dass in dem für den Sport relevanten HF-Bereich von 100(120)-200 Schlägen/min die Signalzeit zwischen allen drei Uhren sehr ähnlich ist und es gerade bei höheren Herzfrequenzen keine Abweichung gibt. Damit scheinen auch unter diesem Gesichtspunkt die Uhren für die Praxis geeignet.

Tabelle 2: Verhalten der Pulsmesser bei Simulationen von pathologischen (krankhaften) EKG Profilen (siehe Illustrationen) auf eine Grundfrequenz (Sinusrhythmus) von 80 Schlägen/ Minute.

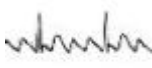
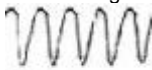
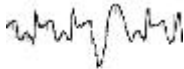

<i>Rhythmusstörungen</i>						
Rhythmusstörung Simulatorfrequenz <i>(kalibriert, S/ min)</i>	PC 15		PC 4		PC 3	
	<i>HF</i>	<i>Signalzeit (sec)</i>	<i>HF</i>	<i>Signalzeit (sec)</i>	<i>HF</i>	<i>Signalzeit (sec)</i>
Vorhofflimmern, Grundfrequenz Sinusrhythmus 80/min  AF	Uhr bleibt auf 80/min		55	19,72	55	19,72
Ventriculäre Tachycardie Grundfrequenz Sinusrhythmus 80/min Rhythmusstörung 190/min  VT	0	6,88/5,76	0	6,88/2,49	0	6,88/2,49
R auf T Phänomen Grundfrequenz Sinusrhythmus 80/min  R auf T	80		80		80	
Supraventriculäre Tachycardie Grundfrequenz Sinusrhythmus 80/min, Rhythmusstörung 190/min  SVES	190	7,55/11,73	189	5,63/6,79	189	5,63/6,79

Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse bei Einspielen von krankhaften EKG Mustern auf eine Grundfrequenz von 80 Schlägen pro Minute. Die Pulsmesser geben (auch) die („krankhaften“) Kammerkomplexe zuverlässig wieder und lassen sich nicht durch akzessorische Impulse, wie z.B. bei Vorhofflimmern oder „R auf T“ Muster, stören. Die eingespielten ventriculäre Tachycardien wurden nicht erkannt, was am ehesten an der Charakteristik der eingespielten Muster (VT, siehe oben) liegen kann. Da diese

Rhythmusstörung nur in lebensbedrohlichen Situationen auftritt bzw. lebensbedrohlich ist, ist die Relevanz für die Sport-Praxis aber begrenzt.

Zusammenfassung

Drei Pulsmesser der Firma Sigma Sport, Neustadt wurden auf ihre Messgenauigkeit mit einem kalibrierten EKG Simulator überprüft. Die kürzeste Signalzeit als Antwort auf die vorgegebene Frequenz wurde mit der PC4 gemessen. Es zeigte sich in allen Herzfrequenzbereichen eine hohe Präzision bei der Wiedergabe der vorgegebenen Schlagzahlen mit der Signalintensität von 1 mV, das Bestimmtheitsmaß R^2 in der Regressionsanalyse betrug 0,9999. Zudem zeigten sich die Geräte in der Wiedergabe der Frequenz robust bei Einspielen von fehlerhaften EKG Mustern.

Die überprüften Pulsmessgeräte sind in ihrer Genauigkeit mit kommerziellen EKG Systemen vergleichbar.

Für weitere Rückfragen stehen wir jederzeit gerne zur Verfügung,

Freiburg, 28.9.2005



PD Dr. Y.O. Schumacher



T. Pottgießer