

Nachweis von Frequenzkomponenten bis 1000 Hz im Oberflächen-EKG

Schnabel, A.G., Basan, D.

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) Berlin
Abbestraße 2-12, 10587 Berlin

EINLEITUNG: Im Rahmen der Vorbereitungen zur Bauartzulassung von interpretierenden EKG-Geräten in Deutschland [1] beschäftigt sich die PTB mit den physikalischen Grundlagen der EKG-Aufzeichnung. Dabei wurde auch die Frage nach der Größe der Frequenzkomponenten bis 1000 Hz des Oberflächen-EKGs untersucht.

METHODE: Zur Klärung dieser Frage sind kommerzielle EKG-Geräte nicht geeignet, da sie üblicherweise eine obere Eckfrequenz (-3 dB Punkt) von 250 Hz besitzen. Um das EKG des Menschen möglichst naturgetreu wiedergeben zu können, wurde in der PTB ein Gerät entwickelt und gebaut, das EKGs im Frequenzbereich 0(DC) Hz-1 kHz digital aufzeichnet. Dazu wird das EKG mit 10 kHz abgetastet und mit einer Auflösung von 1 μ V digitalisiert. Als Anti-aliasing-Filter wird ein Besselfilter achter Ordnung mit einer Eckfrequenz von 1 kHz eingesetzt.

Zum Nachweis der höheren Frequenzkomponenten wurde die Eckfrequenz verschiedener EKGs aus der Cardiodat-EKG-Datenbank der PTB mit Hilfe von digitalen Filtern stufenweise reduziert. Verwendet wurde ein monotoner Binomialfilter [2], da dieser einen linearen Phasenverlauf besitzt und eine exakte zeitliche Zuordnung zum Ursprungssignal (Original) möglich ist. Bildet man die Differenz zwischen dem gefilterten EKG und dem aufgezeichneten Original, lassen sich auch noch Änderungen mit einer Amplitude $<5 \mu$ V sicher nachweisen.

ERGEBNISSE: Bild 1 zeigt das EKG (Einthoven-, Goldberger-, Wilson- und Frank-Ableitungen) eines Herzschlages eines gesunden Probanden. In Bild 2 ist in einem erheblich größeren Maßstab die Differenz desselben EKG-Ausschnittes zu dem EKG mit einer Eckfrequenz von 500 Hz dargestellt, d.h. der Signalanteil zwischen 500 und 1000 Hz des EKG-Ausschnittes (im weiteren als hochfrequente Anteile bezeichnet). Die amplitudenmäßig größten hochfrequenten Anteile findet man in den Brustwandableitungen V2-V4, wo das vollständige EKG üblicherweise auch seine größten Amplituden zeigt. Die hochfrequenten Anteile tauchen vor allem an den steilen Flanken des QRS-Komplexes auf. Das Rauschen und der Digitalisierungsfehler verursachen die hochfrequenten Signalanteile in der Basislinie des EKGs. Ein auf allen Ableitungen vorhandener Grundanteil von $\pm 1 \mu$ V entspricht dem Digitalisierungsfehler von ± 1 Bit. Das auf den Ableitungen uneinheitliche Grundrauschen ist auf unterschiedliche Übergangswiderstände an den benutzten Silber-Silberchlorid-Elektroden, die unterschiedliche biologische Grundaktivität der Muskeln zwischen den Elektroden und die während der Messung über die Patientenkel unterschiedlich stark eingestreuten Störungen zurückzuführen. Für die Brustwandableitung

ist der Unterschied zum 1 kHz Original zu verschiedenen Eckfrequenzen in Bild 3 dargestellt.

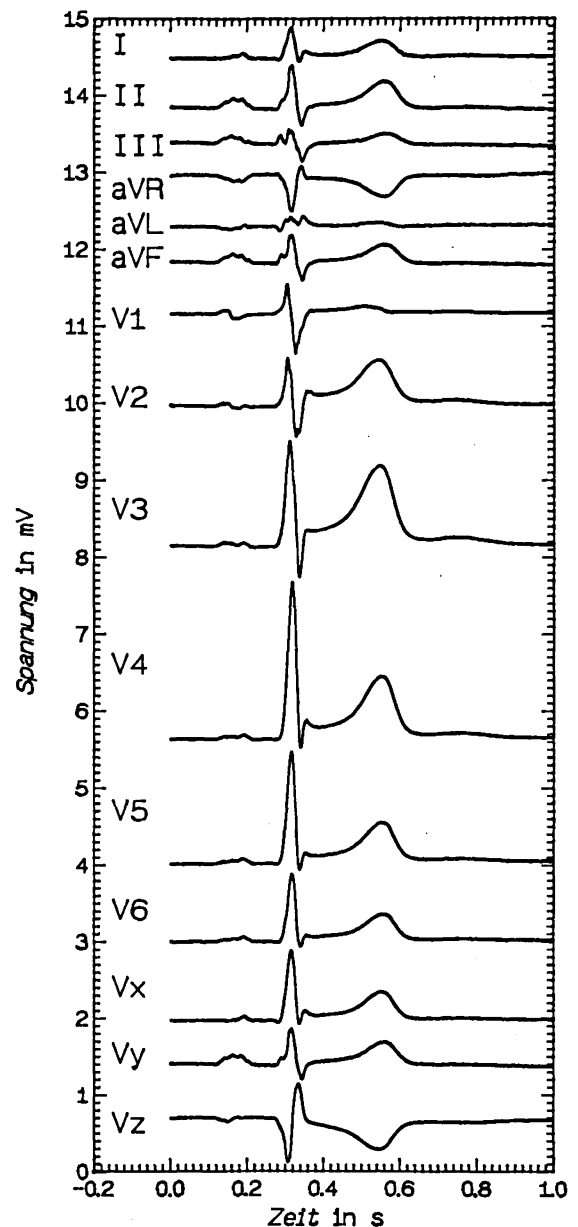


Bild 1: EKG-Ausschnitt mit 1 kHz Eckfrequenz eines gesunden Probanden. (Für die Darstellung wurde den Ableitungen ein entsprechender Offset addiert)