

**2. Workshop  
Automatisierungstechnische  
Verfahren für die Medizin vom  
25. bis 26. Feb. 1999 in  
Darmstadt**



**„System zur Herzfrequenzauswertung während der  
Dialysebehandlung“**

P. Wabel, U. Moissl, S. Leonhardt, R. Isermann  
Institut für Automatisierungstechnik, TU Darmstadt, Darmstadt, Deutschland  
E-Mail:pwabel@iat.tu-darmstadt.de

W. Kleinekofort, M. Krämer  
Fresenius Medical Care Deutschland GmbH, Bad Homburg, Deutschland

ISBN: 318318317x  
Pages: 45-46

# System zur Herzfrequenzauswertung während der Dialysebehandlung

P. Wabel, U. Moissl, S. Leonhardt, W. Kleinekofort<sup>†</sup>, M. Krämer<sup>†</sup>, R. Isermann

Institut für Automatisierungstechnik  
Technische Universität Darmstadt  
Landgraf Georg Str. 4  
64283 Darmstadt  
email: pwabel@iat.tu-darmstadt.de

<sup>†</sup>Fresenius Medical Care  
Deutschland GmbH  
Daimlerstr. 15  
61352 Bad Homburg  
email: matthias.kraemer@fmc-ag.de

## Einführung

Mit Hilfe der Hämodialyse werden Patienten therapiert, deren Nierenfunktion sehr stark reduziert oder nicht mehr vorhanden ist. Der Organismus des Patienten muß von Giftstoffen (z.B. Stoffwechselendprodukten) gereinigt und das zwischen den Behandlungen (drei mal pro Woche) aufgenommene Wasser entzogen werden. Bild 1 zeigt schematisch

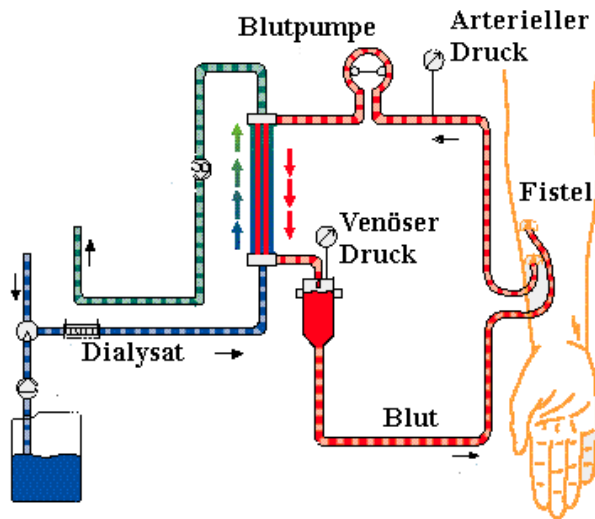


Bild 1: Schematischer Aufbau Dialysesystem

die Behandlungsmethodik der Hämodialyse auf. Über eine Fistel (Verbindung von Arterie mit Vene) wird dem Patienten Blut entzogen und von der Blutpumpe durch den extrakorporalen Kreislauf gepumpt. Im Dialysator fließt Dialysat im Gegenstrom zum Blut. Giftstoffe treten aus dem Blut durch eine Membran in das Dialysat. Mittels einer Druckdifferenz über die Dialysatormembran wird zusätzlich dem Blut Flüssigkeit entzogen (Ultrafiltration). Über eine Tropfkammer gelangt das gereinigte Blut wieder zum Patienten.

In ca. 30% der Dialysebehandlungen kommt es durch die Ultrafiltration zu Hypotensionkrisen. Diese Krisen verlangen ein Eingreifen des Pflege-

personals, sind äußerst belastend für den Patienten und unterbrechen und verlängern die Behandlung. Es ist somit bedeutend, Wissen über den cardiovascularen Zustand eines Patienten zu besitzen. Die Herzfrequenz ist dabei einer von verschiedenen Indikatoren für den momentanen Kreislaufzustand während der Dialysebehandlung.

## Zielsetzung

Aus den oben genannten Gründen sollte eine Herzfrequenzmessung kontinuierlich, möglichst ohne Verwendung eines zusätzlichen Meßsystems wie EKG oder Pulsoxymeter, zur Verfügung stehen. Es bietet sich an, die bereits in die Dialysemaschine eingebauten arteriellen und venösen Drucksensoren zu verwenden. Diese erfüllen normalerweise nur Sicherheitsfunktionen, sind aber für die an sie nun neu gestellte Aufgabe durchaus geeignet. Aufgabe ist, die Herzfrequenz aus den Druckschwankungen im extrakorporalen Kreislauf bei laufender Dialysemaschine (Blutpumpe) zu ermitteln.

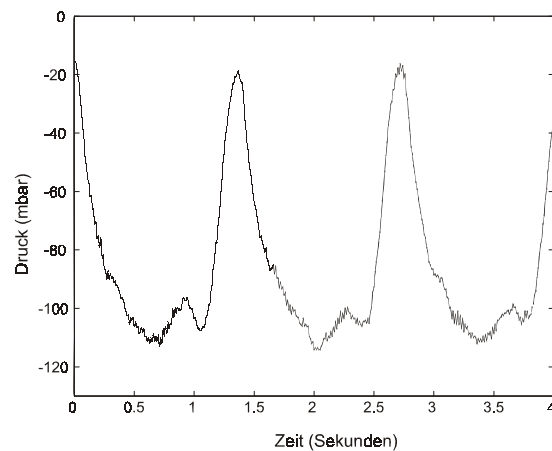


Bild 2: Arterieller Drucksignal

## Durchführung

Als Hauptproblem erweist sich die Trennung des Nutzsignals (Herzpulssignal) vom Störsignal (Blutpumpe). Die Blutpumpe im extrakorporalen Kreis-

lauf ist als Schlauchpumpe mit zwei Rollen ausgeführt und erzeugt ein sehr stark pulsierendes Signal. Dessen Frequenz liegt im Bereich der physiologischen Herzfrequenz. In einem ersten Ansatz wurde der Patient durch ein Schlauchsystem mit eingebauter Schlauchpumpe (Herz) simuliert und über entsprechende Klemmen die physiologischen Drücke an der Fistel eingestellt. Das mit dem arteriellen Drucksensor gemessene Signal, ist in Bild 2 im Zeitbereich dargestellt. Berechnet man die diskrete Fouriertransformation dieses Signals über ein Fenster der Länge 30 sec und stellt es anschließend als Leistungsdichtespektrum dar, so lassen sich verschiedene Frequenzanteile bestimmen, siehe Bild 3.

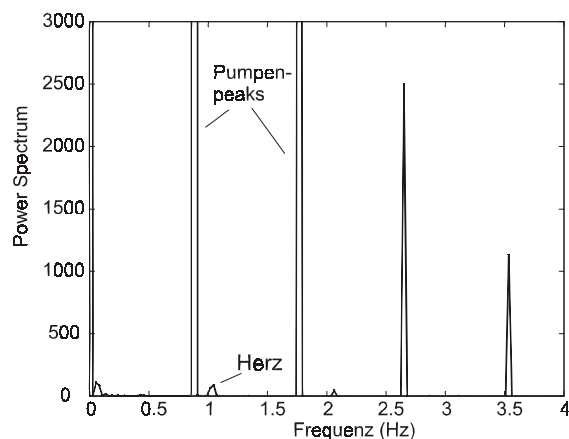


Bild 3: Leistungsdichtespektrum des arteriellen Drucksignals

Die Frequenzpeaks der Störsignale und ihrer Vielfachen sind in diesem Bild deutlich zu erkennen. Die Pumpenfrequenz entspricht ca. 0,85 Hz. Sonstige Frequenzen der Dialysemaschine, z.B. Dialysatpumpe liegen in einem tieferen Frequenzbereich. Die Amplitude des Herzsignals ist so klein, daß es kaum erkennbar ist. Nur durch geeignete Lage und Form des Fensters konnte der Herzfrequenzpeak von den Störpeaks separiert werden. Das Programm kann ab einem Frequenzabstand von 0,15 Hz vom Störsignal die Herzfrequenz erkennen.

Die Signalgüte auf der venösen Seite ist zwar deutlich schlechter, trotzdem kann auch hier das Nutzsignal separiert werden. Ein plötzliches Verschwinden des Herzsignals kann auf ein Herausrutschen der venösen Nadel hinweisen, was sofortiges Ausschalten der Blutpumpe verlangen würde.

#### Patientendaten

Das mit Labormessungen entwickelte Programm wurde im nächsten Schritt auf Klinikdaten angewandt. Die Herzfrequenz des Patienten ist unbe-

kannt, zur Verifizierung steht ein synchron aufgenommenes EKG-Brustgurtsignal zur Verfügung. In Bild 4 ist das Leistungsdichtespektrum des arteriellen-

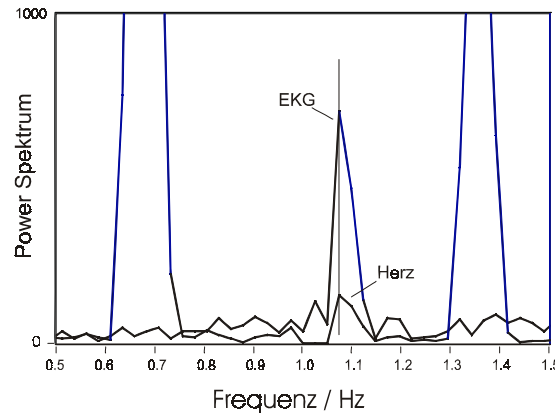


Bild 4: Klinikdaten, Leistungsdichtespektrum der Signale von arteriellem Druck und EKG-Brustgurt

len Drucksignals gemeinsam mit dem EKG-Signal dargestellt. In Bild 4 wird gezeigt, daß das von den Störsignalen separierte Nutzsignal von der Frequenz exakt mit dem EKG-Signal übereinstimmt.

#### Zusammenfassung

Durch geeignete Filterung und Analyse kann aus dem arteriellen Drucksignal der Dialysemaschine die Herzfrequenz gewonnen werden. Somit steht diese ohne Verwendung weiterer Hilfsmittel (EKG oder Pulsoxymeter) dem Behandler zur Verfügung. Das hier vorgestellte Programm kann wesentlich zur weiteren Verbesserung der Dialysetherapie beitragen, sowohl zur Überwachung des Kreislaufzustandes des Patienten als auch zur Diagnose einer eventuell herausgerutschten venösen Nadel.

#### Ausblick

Durch entsprechende Filter im Zeitbereich ist daran gedacht, die Herzfrequenz mit einem geringeren Zeitoffset zur Verfügung zu stellen. Eine erste Anwendung mit quasi online Anzeige der Herzfrequenz am Krankenbett ist in Planung. Zusätzlich sollte die Blutpumpe vom PC angesteuert werden, um eine Trennung des Störsignals vom Nutzsignal auch bei sich stark ändernder Herzfrequenz sicherzustellen.

#### Literatur

- Hänsler, E., Statistische Signale, Springer Verlag 1991  
 Azizi, S., Entwurf und Realisierung digitaler Filter, Oldenburg Verlag, 1981