

**1. Workshop  
Automatisierungstechnische  
Verfahren für die Medizin vom  
21.-22. November 1997 in  
München**



**„Automatisierte Analyse biologischer Prozesse am Beispiel  
des Hirndrucks“**

M. Walter, S. Leonhardt  
Institut für Regelungstechnik, TU Darmstadt, Darmstadt, Deutschland

M. Kiefer, W.I. Steudel  
Neurochirurgische Universitätsklinik, Homburg, Deutschland

## Automatisierte Analyse biologischer Prozesse am Beispiel des Hirndrucks

M. Walter\*, M. Kiefer+, W.I. Steudel+, S. Leonhardt\*

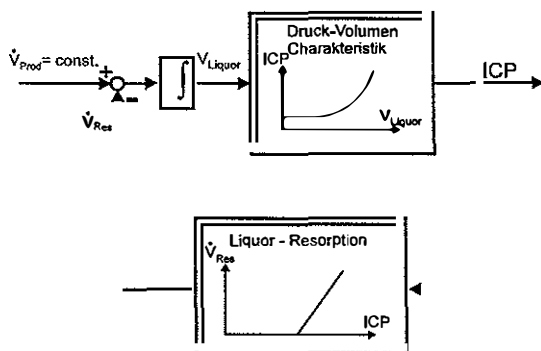
\*Technische Universität Darmstadt, Institut für Regelungstechnik, Landgraf-Georg-Str. 4, 64283 Darmstadt  
+Neurochirurgische Universitätsklinik, 66421 Homburg/Saar

### Einleitung

Der Hirndruck (ICP, Intracranial Pressure) ist eine der zentralen differentialdiagnostischen Größen zur Klassifikation intrakranieller (schädelinterner) Erkrankungen. In der Neurochirurgie ist daher die kontinuierliche Überwachung des Hirndrucks von substantiellem Interesse. Bisher wurde im Allgemeinen nur der über einen längeren Zeitraum gemittelte Wert betrachtet aber neuere Forschungen [1] haben gezeigt, daß auch in der zeitlichen Betrachtung diagnostische Information liegt, die dem Arzt eine Prognose für den Verlauf der Krankheit erlauben. Da die bisherige Auswertung für den Arzt extrem zeitaufwendig ist (der Meßschrieb einer Nacht kann eine Länge von 15m erreichen), liegen hier enorme Potentiale für eine automatisierte Diagnoseunterstützung.

### Medizinische Grundlagen

Der intrakranielle Raum stellt physikalisch ein abgeschlossenes, inkompressibles System dar. Seine Dynamik kann in einem ersten Schritt durch folgendes vereinfachtes Blockschaltbild beschrieben werden:



Sammelt sich Blut im intrakraniellen Raum an, so können die Reserveräume zunächst die gesteigerte Volumen-anforderung kompensieren; sind auch sie erschöpft, steigt der Druck als Funktion des zugeführten Volumens exponentiell an. Man spricht dann von einer A-Welle [2], die zwischen 5 und weit über 30 Minuten andauern können, und die für den Patienten sehr gefährlich werden kann.

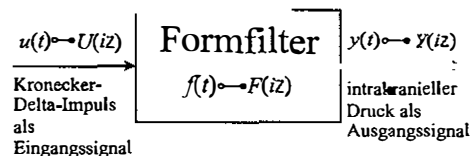
Sind die Reserveräume auf Grund eines im Mittel erhöhten Hirndrucks erschöpft, werden im Hirndrucksignal auch sinus- und rampenförmige Wellen sichtbar (sog. B-Wellen). Im Umkehrschluß weisen B-Wellen auf erschöpfte Reserveräume und drohende Hirndruckattacken (A-Wellen) hin [1].

### Verfahren

Zur Analyse von Hirndrucksignalen wurde bisher die diskrete Fourier-Transformation verwendet:

Da das Frequenzspektrum jedoch fehlerbehaftet (Leckeffekt) und außerdem störanfällig ist, eignet es sich nicht für genauere Betrachtungen [2]. Zudem stellt die DFT ein nichtparametrisches Signalmodell vom Typ eines MA- Prozesses dar, weshalb es die Physik des Signalprozesses nicht ausreichend genau modellieren kann. Aus diesen Gründen ist es günstiger, die Parameter eines ARMA-Modells mittels gängiger Parameterschätzverfahren zu berechnen und aus ihnen Frequenzen und Amplituden zu schätzen.

Die Vorstellung, die dem Ansatz zugrunde liegt, ist die eines Formfilters, welches durch einen Delta-Dirac-Impuls angeregt wird und als Ausgangssignal den zu modellierenden Hirndruckverlauf liefert, Bild 2.



Führt man eine Partialbruchzerlegung durch, so erhält man aus den konjugiert-komplexen Polpaaren die enthaltenen Spektralanteile.

Treten Spektralanteile in charakteristischen Bereichen des Frequenzbandes auf, so kann nun basierend auf heuristischen Regeln automatisiert erkannt werden, ob im Beobachtungszeitraum A- oder B-Wellen aufgetreten sind.

Der besondere Vorteil gegenüber der DFT liegt in der genaueren Erfassbarkeit von Frequenz und Amplitude der im Signal enthaltenen Schwingungskomponenten, sowie in der Reduktion des zu analysierenden Merkmalsvektors. Das off-line getestete Verfahren wurde an 150 Patientendatensätzen erprobt und hat die Arztdiagnosen in 90% der Fälle bestätigt. Eine on-line-Diagnose ist geplant.

### Literatur

- [1] Kiefer, M.: Moderne Hirndruckdiagnostik. Minimal Invasive Medizin 6 (2), 1995, pp. 78-86
- [2] Neumann, D.: Analyse periodischer Signale zur Fehlererkennung. Aus: Isermann, R. (Hrsg.): Überwachung und Fehlerdiagnose. Moderne Methoden und ihre Anwendung bei technischen Systemen. VDI-Verlag, 1994, pp. 43-71