

Aus der Medizinischen Universitätsklinik Innsbruck  
(Vorstand: Prof. Dr. H. Braunsteiner)

**Kontrollgerät zur Messung der Leitfähigkeit  
von Dialysaten bei künstlichen Nieren**

Von **R. Mauser, P. Dittrich und F. Skrabal**

Mit 3 Abbildungen

*Control Device for the Measurement of the Electrical  
Conductance of Dialysates in Artificial Kidneys*

*Summary.* An AC-DC-Bridge circuit with analogous-digital indicator and alarm mechanism for measurement and control of the dialysate concentration in the artificial kidney is described.

*Key words:* Electrical conductance, dialysates, artificial kidney.

*Zusammenfassung.* Es wird über eine AC-DC-Brückenschaltung mit Analog/Digitalanzeige und Alarmvorrichtung zur Messung und Überwachung der Dialysatkonzentration bei künstlichen Nieren berichtet.

*Schlüsselwörter:* Elektrische Leitfähigkeit, Dialysate, künstliche Niere.

---

Eine umfangreichere Kontroll- und Alarmvorrichtung zur Überwachung des Dialyseablaufes wurde erstmals 1960 von Brennan und Bunker angegeben. Shaldon hat diese Entwicklung weiter gefördert und seine Vorschläge in zahlreichen Arbeiten publiziert. Eine besondere Bedeutung kommt Monitoren

bei gleichzeitiger Behandlung mehrerer Patienten und im Rahmen der Heimdialyse zu. Die Aufgabe dieser Kontrollsysteme, deren Meßinstrumente sich meist am Behandlungsplatz befinden (Bedside-Monitor), ist es, bei jeder Störung sofortige Sicherheitsmaßnahmen auszulösen („fail safe“). Nach den Erfahrungen der Scribnerschen Arbeitsgruppe sind bei der Einrichtung eines Kontrollsystems folgende allgemeine Gesichtspunkte wichtig: Monitore sollen unabhängig voneinander jeweils nur eine Funktion prüfen. Der Alarm muß zunächst hörbar und sichtbar ausgelöst werden und durch entsprechende Anzeige die Art der Störung eindeutig erkennen lassen. Das optische Alarmsignal soll nicht abzustellen sein, solange der es auslösende Zustand andauert. Der Alarmbereich darf nicht ohne weiteres verstellbar sein, da jede Korrektur der Einstellung eine subjektive Fehlerquelle darstellt. Die einzelnen Kontrollgeräte müssen unabhängig voneinander jederzeit auf ihre Funktion geprüft werden können. Solche Prüfungen sollten routinemäßig erfolgen (Dittrich, P., Gurland, H. J., Kessel, M., Massini, M.-A., Wetzels, E.: Hämodialyse und Peritonealdialyse, 2. Aufl. Berlin-Heidelberg-New York: Springer, 1970).

Im folgenden wird eine Einrichtung beschrieben, welche es gestattet, die Konzentration des Dialysates an Hand seiner Leitfähigkeit analog oder digital zu erfassen und im Falle einer Abweichung sowohl eine akustische als auch optische Alarmvorrichtung auszulösen bzw. den Dialyseprozeß zu stoppen.

Auf Grund der Zusammensetzung des Dialysates (im gegebenen Falle 5,55 g NaCl, 0,223 g KCl, 0,1911 CaCl<sub>2</sub> · H<sub>2</sub>O, 0,1521 g, MgCl<sub>2</sub> · 6 H<sub>2</sub>O, 2,46 g CH<sub>3</sub>COO · Na pro Liter Dialysat) ist eine relativ hohe elektrische Leitfähigkeit gegeben, welchem sich 2 Meßverfahren anbieten:

- a) Die Gleichstrommessung.
- b) Die Wechselstrommessung.

Beide Verfahren bringen Vor- und Nachteile mit sich und sind nur bedingt brauchbar, wobei die Wechselstrommessung bis 1000 Hz (1 msec.) aus Sicherheitsgründen in bezug auf die Flimmerneigung des Myokards (Einfallen von Impulspaketen in die vulnerable Phase) abzulehnen ist, die Gleichstrommessung jedoch unweigerlich zum Effekt der Galvanostegie führt, da der Differenzialstrom der Brücke in Richtung Null limitiert sein muß, um eine Fehlalarmauslösung zu vermeiden.

Unter Berücksichtigung dieser Faktoren wurde an der Medizinischen Universitätsklinik Innsbruck (Vorstand: Prof. Dr. H. Braunsteiner) eine Schaltung entwickelt (Österr. Pat.-Nr. 290.882), welche sowohl das AC- als auch das DC-Verfahren gemeinsam verwendet und dadurch ein Optimum an Sicherheit und Verlässlichkeit bietet, wobei gleichzeitig auf einen genau definierten Abstand der differenten zur indifferenten Elektrode verzichtet werden kann.

### Technische Beschreibung

Abb. 1 zeigt das Blockschaltbild der Anlage in welchem die wesentlichen Einheiten dargestellt sind.

Über eine Ohmsche Brückenschaltung (Diagonale) welche von einem konstanten Gleichstrom gespeist und mittels ADJ auf I<sub>0</sub> abgeglichen wird, erfolgt die Konzentrationsmessung des Dialysates (R<sub>x</sub>), dessen Wert durch das in Reihe liegende Mikroamperemeter angezeigt wird. Eine Taste, welche durch einen Widerstand (R/Check) überbrückt ist und dessen Wert höher als R<sub>x</sub> sein muß, gestattet es, einen simulierten Alarm auszulösen, sobald diese gedrückt wird.

Die indifferente (positive) Elektrode der Brücke ist mit dem Dialysatbehälter direkt verbunden, die differente in Form einer Schrittmacherelektrode, deren Platinspitze mittels einer Plastikglocke gegen direkte Verbindung mit dem Behälter geschützt ist, wird

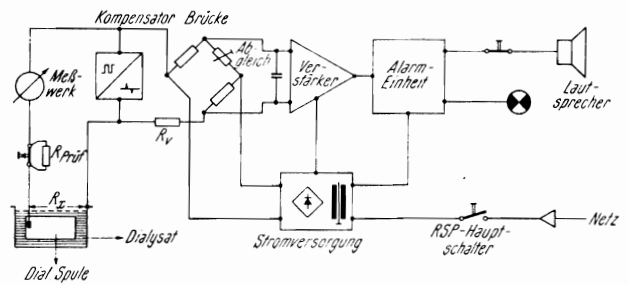


Abb. 1

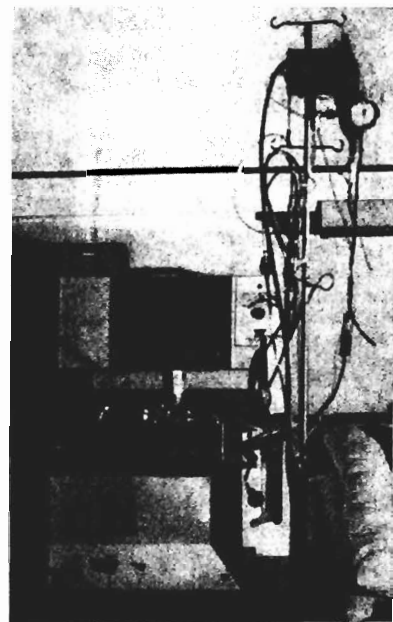
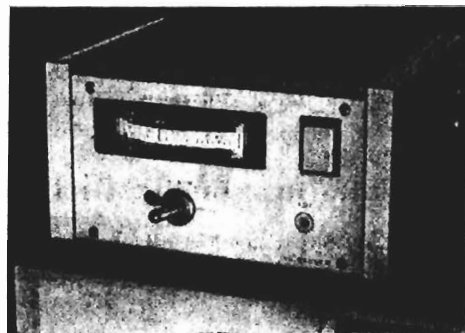


Abb. 2 und 3. Anordnung und Gestaltung des Kontrollgerätes

während des Dialyseprozesses in die vom Dialysat umspülten Spule (Dial. Coil) gelegt, sie kann zur Reinigung der Anlage leicht entfernt werden.

Parallel auf dem R<sub>x</sub>-Zweig der Brückendiagonale wird eine, von einem astabilen Multivibrator erzeugte Rechteckspannung nach anschließender Differenzierung mit einer Frequenz von 25 kHz geschaltet, welcher den bekannten Galvanostegieeffekt verhindert, ohne jedoch die Messung zu beeinflussen.

Das aus der Brückendiagonale, im Falle einer Änderung von R entstehende Differenzpotential wird einem DC-Verstärker (Ampl.), dessen Eingang kapazitiv für 25 kHz kurz geschlossen ist und dadurch ein „Aufschaukeln“ verhindert, zugeführt. Das am Ausgang des Verstärkers entstehende Signal hat Kippcharakteristik, deren Hysterese unabhängig vom Triggerpunkt variiert werden kann und ein Relais zum Abfallen bringt, welches seinerseits den Alarm in Form eines akustischen und optischen Signals anzeigt. Durch die Ruhestromschaltung des Relais wird eine weitere Sicherungsmaßnahme geboten, da im Falle eines Bauteilbruches im Verstärker oder der Stromversorgung das Relais abfallen würde und die beiden Alarmeinrichtungen, welche von der 6 Volt-Einrichtung (Meldeleuchtenstromversorgung der RSP-Niere, Fa. Travenol) gespeist werden, auslösen würden.

Die akustische Einrichtung ist mittels eines Schalters manuell abschaltbar. Wird dieser Schalter betätigt, so leuchtet die rote Alarmleuchte automatisch so lange, und zwar ohne Berücksichtigung, ob ein tatsächlicher Alarm vorhanden ist oder nicht. Dadurch soll einerseits verhindert werden, daß eine rechtzeitige Rückstellung der akustischen Alarmbereitschaft vergessen wird, zum anderen soll bei eventuellem Ausfall der Meldeleuchte mit größtmöglicher Sicherheit die

Akustik in Bereitschaftsstellung sein. Zwar würde sich auch an der Brückenstrommeßeinrichtung eine Veränderung bemerkbar machen, jedoch ist die Wahrscheinlichkeit der rechtsseitigen visuellen Erfassung zu gering.

Die Stromversorgungseinheit (Power Supply), welche die komplette elektronische Einrichtung speist, wird netzseitig vom Hauptschalter „POWER-ON“ (RSP-Fa. Travenol) geschaltet. Dadurch ist bei der Inbetriebnahme der künstlichen Niere automatisch auch die Überwachungsanlage betriebsbereit. Mit der Check-Taste sollten in gewissen Zeitabständen (z. B. pro Woche) simulierte Alarmauslösungen durchgeführt werden, um sich jederzeit über die Funktionstüchtigkeit der Überwachungseinrichtung zu orientieren.

#### *Technische Daten*

Stromversorgung: 220 V/50 Hz und 6 V/50 Hz.  
Typischer Brückenstrom bei angegebener Konzentration 350  $\mu$ A.

Kompensationsspannung: 2 V/25 kHz, Pulsbreite 800 nanosek.

Pulsanstieg 48 nanosek.

Anschrift der Verfasser: Ing. der Elektronik u. Kybernetik R. Mauser, Doz. Dr. P. Dittrich und Dr. F. Skrabal, Medizinische Universitätsklinik, Anichstraße 35, A-6020 Innsbruck.