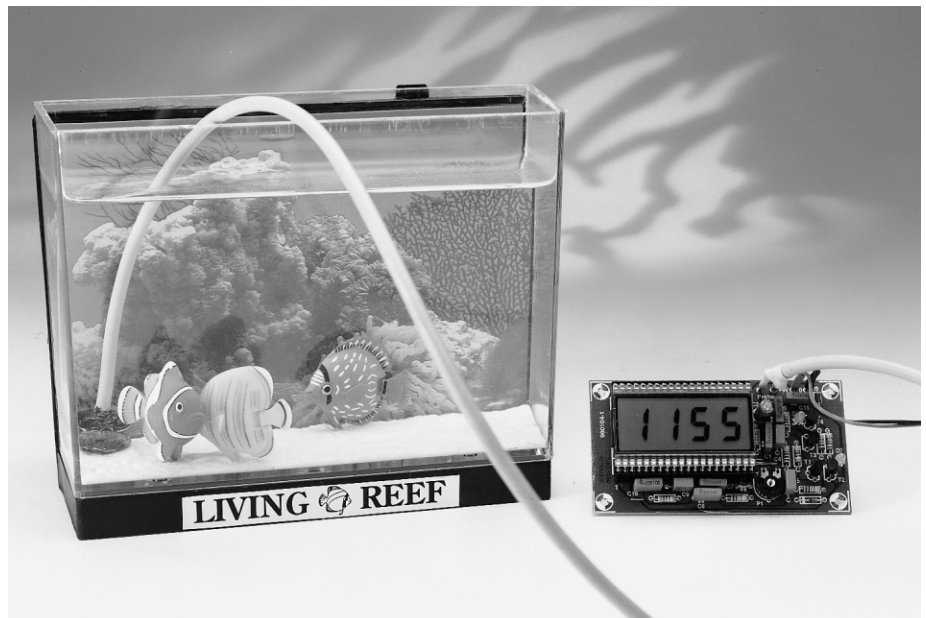


Leitfähigkeits-Meßgerät

Mit selbstgebautem Sensor

Neben dem Säuregrad interessiert bei der Beurteilung der Wasserqualität auch die Leitfähigkeit, die Auskunft erteilt über das Ausmaß der Mineralisierung, sprich, den Kalkgehalt.



Stark kalkhaltiges Wasser ist nicht für Fische, nicht für Pflanzen und erst recht nicht für guten Tee oder Kaffee geeignet. Aus diesem Grund greifen viele Aquaristen, Orchideenliebhaber, Hydrokulturelle und andere zu destilliertem Wasser oder durch Filterpatronen demineralisiertes Wasser, ein teures und im letzten Fall wegen der Verkeimungsgefahr höchst gefährliches Vergnügen. Preiswerter und ökologisch sinnvoll ist es, Regenwasser aufzufangen, zu reinigen und zu nutzen. Leider schwankt die Qualität von Regenwasser stark, je nach Verschmutzung der Luft und der Auffangfläche (Dach). Ob das Wasser für die vorgesehene Anwendung brauchbar ist oder nicht, kann man am einfachsten über seine Leitfähigkeit bestimmen. Das hier präsentierte Meß-

gerät mißt die Leitfähigkeit und zeigt sie in Mikro-Siemens an.

LEITFÄHIGKEIT UND LEITWERT

Die Messung des Leitwerts unterscheidet sich im Prinzip nicht von einer Widerstandsmessung. Man legt eine konstante Spannung an das Meßobjekt an und kann aufgrund des Stroms durch das Objekt seinen Widerstand oder Leitwert bestimmen.

Der elektrische Widerstand beziehungsweise sein Kehrwert, der Leitwert G hängt bei konstanter Temperatur nur von den geometrischen Abmessungen (Querschnittsfläche A in mm^2 , Länge l in m) und der spezifischen Leitfähigkeit (κ in $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$) des elektrischen Leiters ab:

$$G = \kappa \cdot A/l$$

Dies trifft auf ein festes Medium wie ein Kabel oder eine Platinen-Leiterbahn genau so zu wie auf ein flüssiges

Medium. Der in der Schaltung eingesetzte Sensor mit seiner Einheits-Meßzelle besteht aus zwei (kreisförmigen) Elektroden mit einer Querschnittsfläche von 1 cm^2 , die in einem Abstand von 1 cm angebracht sind. Durch die Abmessungen erhält man ohne komplizierte Umrechnung aus dem gemessenen Leitwert die spezifische Leitfähigkeit des Wassers.

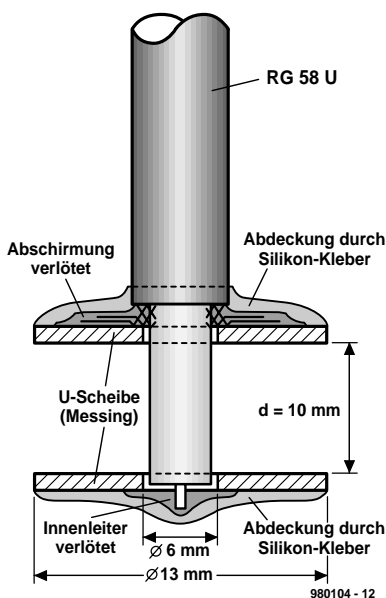
Sauberes Wasser, das im Handel als destilliertes bekannt ist und das man beispielsweise für Bügeleisen, Hydrokulturen oder Autobatterien verwendet, besitzt einen spezifischen Leitwert von $\gamma \approx 10^{-9} \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2 = 10 \mu\text{S}/\text{cm}$. Der Widerstand zwischen den beiden Elektroden beträgt also $100 \text{ k}\Omega$, der Leitwert $10 \mu\text{S}$. Mit zunehmender Verunreinigung beziehungsweise Mineralisierung sinkt der Widerstand zwischen den Platten. Wasser zum Beispiel, das in der Orchideenzucht zum Einsatz kommen soll, darf einen Leitwert von $200 \mu\text{S}$ nicht überschreiten.

Entwurf von Peter Baer

Bild 1. Das Leitfähigkeitsmeßgerät zeichnet sich durch eine trickreiche Verwendung der Backplane-spannung und durch ein ICL7106 mit vertauschten Referenz- und Signaleingängen aus.

Bei normalem Leitungswasser liegt der Leitwert je nach Gegend bis 1 mS, bei Salzwasser steigt der Leitwert auf 100 mS und mehr.

Bild 2. Zur Konstruktion des Sensors benötigt man lediglich ein Stück RG58U-Koaxkabel, zwei lötbare Metallplättchen und eine ruhige Hand.



MESSELEKTRONIK

Die Meßelektronik muß also lediglich in der Lage sein, eine Widerstandsmessung durchzuführen. Das Rezept scheint simpel: Man nehme eine Konstantstromquelle, setze den Sensor in einen Widerstandsteiler ein und führe den Spannungsabfall über dem Sensor einem A/D-Wandler mit Displayansteuerung zu. Leider ist dies nicht so einfach möglich, da der Widerstand eines flüssigen Mediums nicht mit Gleich-, sondern nur mit Wechselstrom bestimmt werden darf. Bei einer Gleichstrommessung würde nämlich eine Elektrolyse stattfinden und diese nach einiger Zeit die Meßelektroden zerstören.

Die Schaltung in **Bild 1** nutzt dazu

trickreich einen rechteckförmigen Wechselstrom, den der A/D-Wandler eigentlich zur Verfügung stellt, um das LC-Display anzusteuern, nämlich die sogenannte Backplane-Spannung BP an Anschluß 21.

Die Backplane-Spannung schaltet über den Transistor T2 eine Konstantstromsenke (T3, D2, R6), die mit einer Konstantstromquelle (T4, D3, R7) kombiniert ist. Im Takt der Backplane-Spannung wird C4 mit einem Strom von $100\text{ }\mu\text{A}$ geladung und entladen (dazu verschwinden beim Entladen in der Senke zusätzlich die $100\text{ }\mu\text{A}$ der Quelle, die ja weiterhin aktiv ist). Durch die Meßzelle fließt also ein Wechselstrom von $\pm 100\text{ }\mu\text{A}$, so daß am Widerstand (dem Wasser) eine Spannung von $\pm 100\text{ }\mu\text{V}/\Omega$ abfällt.

Über C3, R2 und R3 wird die Meßspannung abgegriffen. Der FET T1 legt, ebenfalls von der Backplane-Spannung beeinflusst, während der negativen Halbwelle die Meßspannung auf Masse und wirkt so als getakteter Synchrongleichrichter ohne Schwellspannung und sonstige Nichtlinearitäten.

Von der so gewonnenen gleichgerichteten Meßspannung, die ja proportional zum Widerstand ist, muß der Kehrwert gebildet werden, damit eine Anzeige in Siemens erfolgen kann. Dies erledigt der Autor durch einen weiteren Schaltungstrick, indem er die Meßspannung an die Referenzspannungseingänge des DVM-ICs und an die Meßeingänge eine Konstantspannung legt. So zeigt das am ICL7106 angeschlossene LC-Display nicht wie im Normalbetrieb U/U_{ref} , sondern $U_{\text{konst}}/U_{\text{meß}}$ an. Das Trimpmpoti an den zweckfremdenden Meßeingängen