

Maritime Sensorik

Praktikum: Versuch MS 1

Betreuer: Dr. Jaskulke

Ort: Südstadt Ex K27

CTD - Sonde mit pH - Sensor

1. Versuchsziel

Kennenlernen der Messung relevanter hydrologischer Parameter mit typischen Sensoren für Druck, Temperatur, Leitfähigkeit und pH - Wert, experimentelle Bestimmung von Eigenschaften und Einführung in Kalibrierverfahren.

2. Grundlagen

Die Analyse von Flüssigkeiten erfordert eine Vielzahl sehr unterschiedlicher Sensoren.

Hydrologische Sensoren, d. h. Sensoren zur Wasseranalyse, erfassen physikalische oder chemische Stoffgrößen.

Um z. B. ein Gewässer umfassend zu beschreiben sind u. a. Parameter wie Temperatur, Druck, Leitfähigkeit, pH-Wert, Sauerstoffgehalt, Strömungsgeschwindigkeit, Trübung, Fluoreszenz und Gehalte an Nitraten und Phosphaten zu bestimmen.

Die Grundversion einer ozeanologischen Sonde ist die CTD - Sonde (conductivity, temperature, depth). In der Vielzahl der Anwendungen wird die Sonde durch Sensoren für den pH-Wert und Sauerstoffgehalt ergänzt.

Im vorliegenden Versuch werden die Untersuchungen auf die Sensoren einer CTD - Sonde und den pH-Wert beschränkt.

2.1 Temperatur

Thermoresistive Sensoren sind durch die Temperaturabhängigkeit ihres Widerstandes gekennzeichnet. Für genaue Messungen wird vorzugsweise Platin als Meßwiderstandsmaterial verwendet. Allgemein gilt für Metalle die numerische Beziehung

$$R(T) = R_0 \cdot (1 + A \cdot (T - T_0) + B \cdot (T - T_0)^2).$$

Die Temperaturkoeffizienten für Platin sind $A = 3,9 \cdot 10^{-3}/K$ und $B = - 0,58 \cdot 10^{-6}/K^2$.

Im Versuch wird ein Pt 1000 eingesetzt. Bild 1 zeigt die Meßschaltung.

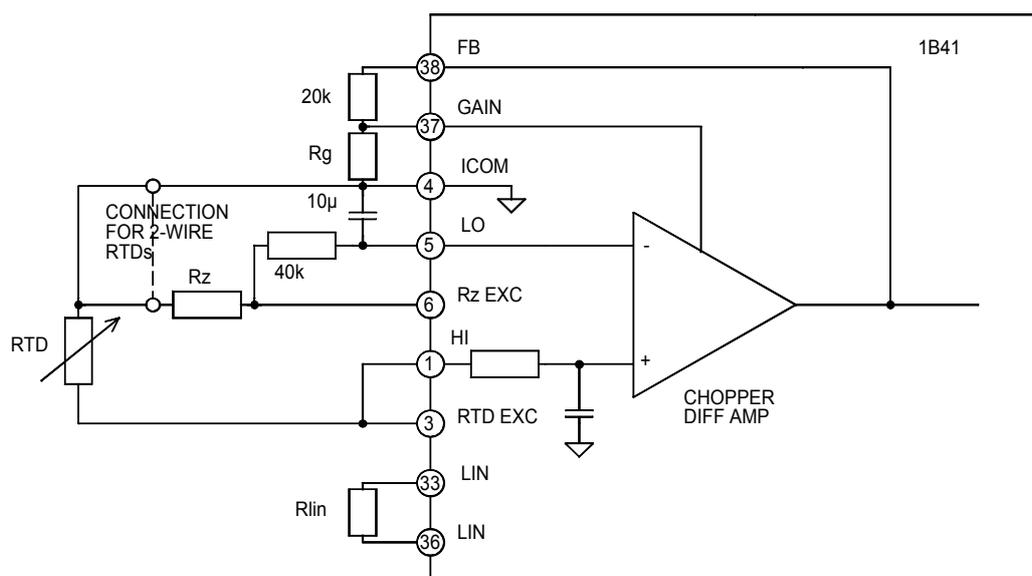


Bild 1: Trennverstärker 1B41

2.2 Druck

In piezoresistiven Drucksensoren wird eine Membran mit dem zu messenden Druck beaufschlagt. Ihre Auslenkung aus der Ruhelage wird als Maß des Druckes u.a. mittels DMS erfaßt. Die Untersuchungen erfolgen mit einem handelsüblichen Druckaufnehmer mit geätzter Siliziumscheibe als Membran und implantierten Piezowiderständen.

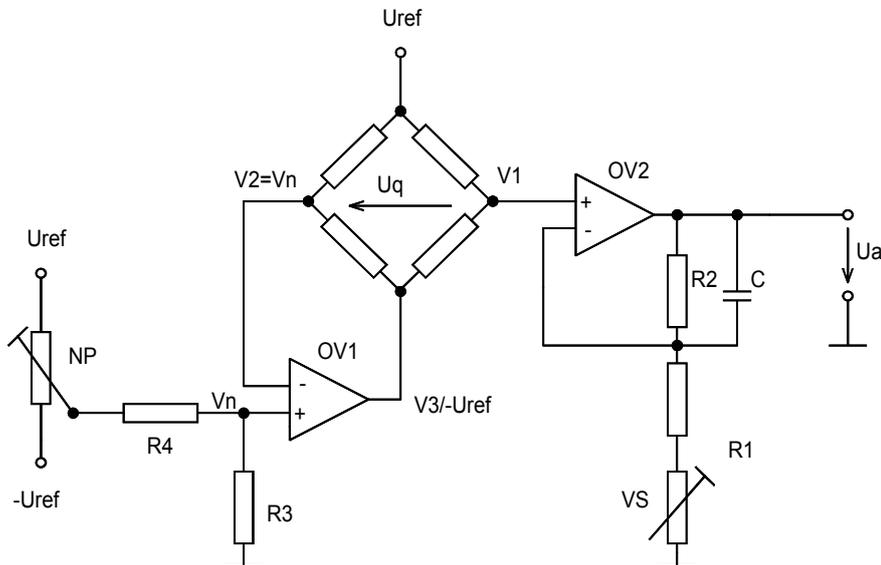


Bild 2: Meßschaltung für die Druckmessung

2.3 Leitfähigkeit

Die elektrolytische oder Ionenleitfähigkeit einer Lösung ist trotz ihrer Unselektivität eine der verbreitetsten Methoden der Flüssigkeitsanalyse.

Zur Vermeidung von Fehlern, die durch Polarisationserscheinungen an den Elektrodenoberflächen auftreten und die gemessene Größe beeinflussen, sind folgende Maßnahmen anwendbar:

- Wechselstrom mit einer Frequenz, die hoch genug ist, um Polarisierungseffekte zu vermeiden
- Vier-Elektrodenmessung mit getrennten stromführenden und Spannungsmeßelektroden
- induktive Messung durch nicht galvanische Kopplung zwischen dem elektrolytischen Leiter und dem elektrischen Meßkreis.

Die Zellkonstante K wird durch die Geometrie des Sensors bestimmt und ist für den realisierbaren Meßbereich maßgebend.

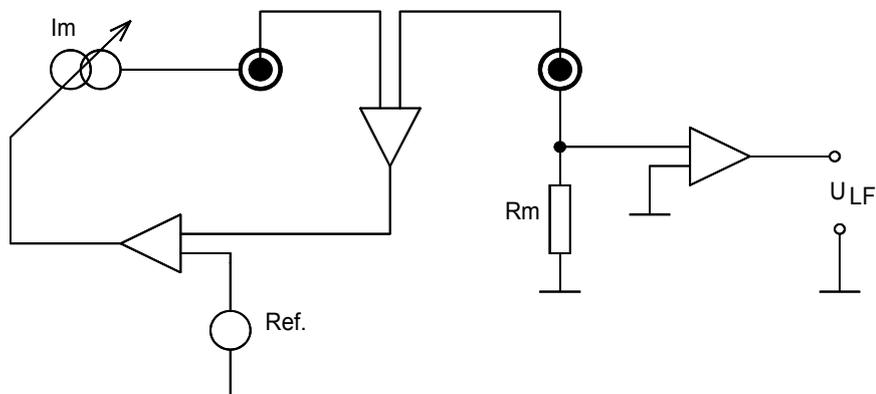


Bild 3: Prinzip einer Vierelektrodenanordnung

2.4 pH - Wert

pH - Sensoren gehören zu der Gruppe der elektrochemischen Sensoren. Die grundsätzliche Wirkungsweise beruht auf elektrochemischen Reaktionen, die an Elektroden in geeigneten Elektrolyten stattfinden. Je nach äußerer Beschaltung kann zwischen potentiometrischer und amperometrischer Betriebsart unterschieden werden. In der potentiometrischen Betriebsart wird hochohmig die Potentialdifferenz zwischen zwei Elektroden erfaßt. Der pH - Wert ist als Logarithmus der Wasserstoffionenaktivität definiert. Über die Nernst-Gleichung liefert die potentiometrische Methode eine lineare pH-Wert-Skala.

Die Kennlinie einer pH-Meßkette läßt sich durch folgende Gleichung beschreiben:

$$U_{\theta} = S_{\theta} (\text{pH}_{\theta} - 7) + U_{\text{asy},\theta}$$

U_{asy} ist das Asymmetriepotential und S die Steilheit der Meßkette. Die Temperaturabhängigkeit einer Meßkette wird durch die Bestimmung des Isothermenschnittpunktes mit den Koordinaten pH_{ISO} und U_{ISO} charakterisiert.

3. Studienfragen

- 3.1 Erläutern Sie die Wirkprinzipien thermoresistiver und thermoelektrischer Sensoren. Geben Sie eine Meßschaltung für die Temperaturmessung mit Thermopaaren an.
- 3.2 Welche Vorteile bieten Dreileiter- und Vierleiterschaltungen bei der Beschaltung eines Temperatursensors?
- 3.3 Erläutern Sie die Wirkungsweise der Kohlrausch - Meßzelle. Was versteht man unter der Zellenkonstanten?
- 3.4 Wird ein Leitfähigkeitswert bei einer beliebigen Temperatur gemessen, so wird zur Umrechnung auf eine Referenztemperatur der Temperaturkoeffizient bestimmt. Ermitteln Sie mit Hilfe des TK die auf 25°C bezogene Leitfähigkeit.
- 3.5 Erläutern Sie das Funktionsprinzip piezoresistiver und piezoelektrischer Drucksensoren. Was versteht man unter Absolut- und Differenzdrucksensoren?
- 3.6 Geben Sie Maßnahmen zur Temperaturkompensation von Drucksensoren an. Wie ist ein Instrumentenverstärker aufgebaut?
- 3.7 Was versteht man unter potentiometrischer pH - Bestimmung? Wozu werden Pufferlösungen benötigt?
- 3.8 Erläutern Sie anhand von Meßketten - Kennlinien die Kenngrößen Steilheit, Asymmetriepotential, Isothermenschnittpunkt und Einstellzeit.

4. Versuchsaufgaben

- 4.1 Nehmen Sie die Kennlinie eines Pt 1000 - Fühlers für den Bereich von 0 - 50°C auf. Bestimmen Sie die Ansprechzeiten (63% und 90%) in Wasser und an Luft bei einer Temperaturdifferenz > 20°C.
- 4.2 Kalibrieren Sie eine Leitfähigkeitsmeßanordnung, bestehend aus einer Vierelektroden-Meßzelle und Meßschaltung durch Nutzung eines Referenzmeßgerätes. Ermitteln Sie die Temperaturabhängigkeit der Leitfähigkeit einer Gewässerprobe.
- 4.3 Ermitteln Sie die Meßkettenkennlinien einer Einstabmeßkette mit Meßschaltung bei zwei verschiedenen Temperaturen unter Verwendung von zwei Puffern.

Bestimmen Sie Steilheit, Asymmetriepotential und Isothermenschnittpunkt und berechnen Sie aus diesen Daten die Steilheit bei 25°C und den meßkettenspezifischen Temperaturkoeffizient.

5. Versuchsaufbau

Zum Versuchsaufbau gehören CTD-Sonden mit Sensoren für Temperatur, Druck, Leitfähigkeit und pH-Wert. Die Meßschaltungen der einzelnen Sensoren wandeln das Sensorsignal jeweils in eine analoge Spannung, die dem Eingangsspannungsbereich des nachfolgenden A/D-Wandlers entspricht.

Für die Untersuchungen der Temperaturabhängigkeiten der Sensoren steht ein Rührer mit Heizplatte zur Verfügung.

6. Versuchsspezifische Hinweise

Der meßkettenspezifische Temperaturkoeffizient einer Einstabmeßkette bestimmt sich zu:

$$\alpha = (S_2 - S_1) / (\theta_2 - \theta_1) \quad [\text{mV/K}]$$

und die Steilheit bei 25°C zu:

$$S_{25} = S_1 - \alpha (\theta_1 - 25) \quad [\text{mV}].$$

Der pH - Wert errechnet sich dann bei gegebener Temperatur nach folgender Gleichung:

$$\text{pH} = (U - U_{\text{ISO}}) / [S_{25} + \alpha (\theta - 25)] + \text{pH}_{\text{ISO}}$$

7. Literaturhinweise

- 7.1 Schnell, G. :Sensoren in der Automatisierungstechnik, Vieweg Verlag, 1991
- 7.2 Einführung in die Konduktometrie, WTW - Firmenschrift, 1988
- 7.3 Einführung in die pH- und Redox- Meßtechnik, WTW - Firmenschrift, 1989
- 7.4 Taschenbuch Betriebsmeßtechnik, VEB Verlag Technik Berlin, 1974