

Leitfähigkeitssensor mit Platin-Elektroden CONPT-BTA

Der Leitfähigkeitssensor mit Platin-Elektroden kann verwendet werden, um die Leitfähigkeit einer Lösung oder die Gesamt-Ionen-Konzentration wässriger und nicht-wässriger Proben zu bestimmen. Sein stabiles Gehäuse besteht aus Epoxid und beinhaltet Platin-Elektroden, die für Genauigkeit und Präzision sorgen. Obwohl es nicht möglich ist, spezifische Ionen zu bestimmen, kann die Gesamt-Ionen-Konzentration schnell ermittelt werden. Mit dem Sensor können vielfältige Tests oder Experimente durchgeführt werden, um den Gesamtgehalt gelöster Ionen (TDS-Wert) zu bestimmen. Die Leitfähigkeitsprüfung wässriger Proben ist einer der am leichtesten durchzuführenden umweltrelevanten Tests.

Im Vergleich mit dem Leitfähigkeitssensor CON-BTA hat dieser Sensor eine bessere Verträglichkeit gegen aggressive Substanzen, eine genauere Messung und einen abschaltbaren Temperatursgleich, so dass auch Messungen der Leitfähigkeit als Funktion über die Temperatur durchgeführt werden können.



Leitfähigkeitssensor mit Platin-Elektroden

Lieferumfang

- Leitfähigkeitssensor mit Platin-Elektroden
- Handbuch (diese Anleitung)

Unterstützte Geräte

Aufzeichnung der Daten von Leitfähigkeitssensoren und verwandten Geräten								
Referenz	LabQuest2	LabQuest	LabQuest Mini mit Computer	GO!Link	Sensor DAQ	TI Nspire / LabCradle	LabQuest Stream	GW Link
CON-BTA	•	•	•	•	•	•	o ¹	o ²
CONPT-BTA	•	•	•	•	•	•	o ¹	o ²
SAL-BTA	•	•	•	•	•	•	o ¹	o ²

1 Übertragung aktuell nur per USB-Verbindung. Bluetooth in einer späteren Version.
 2 Bluetooth 4.0 wird benötigt. Aktuell werden nur Computer mit Windows 10 oder Mac OS X 10.10 oder neuer unterstützt.

Unter www.vernier.com/conpt-bta finden Sie eine aktuelle Liste zur Unterstützung auch neuer Interfaces wie GW-LINK und LabQuest Stream mit zugehöriger Software.

Software zur Messwernerfassung

Sie benötigen ein Interface mit BTA-Anschluss und eine geeignete Software zur Darstellung und Auswertung der Daten.

- Logger Pro (in Verbindung mit LabQuest, LabQuest Mini, LapPro oder Go! Link)
- Logger Lite (in Verbindung mit LabQuest, LabQuest Mini, LapPro oder Go! Link)
- LabQuest App (in Verbindung mit LabQuest als eigenständigem Gerät)

Weitere Informationen z.B. zur drahtlosen Übertragung auf iOS und Android Geräte finden Sie unter www.vernier.com/con-bta.

Messungen mit dem Leitfähigkeitssensor durchführen

Spülen Sie den Leitfähigkeitssensor mit destilliertem Wasser ab. Falls Sie befürchten, dass Wassertröpfchen die zu testende Probe verwässern oder verunreinigen könnten tupfen Sie ggf. das Innere der Elektrodenöffnung trocken,.

- Halten Sie die Spitze des Sensors in die zu testende Probe.
Hinweis: Stellen Sie sicher, dass die Oberfläche der Elektroden in der länglichen Öffnung vollständig in die Flüssigkeit getaucht ist und sich keine Blasen um die Oberfläche der Elektrode herum befinden..
- Warten Sie, bis sich der in der Software angezeigte Messwert einpendelt. Dies sollte nach 5 bis 10 Sekunden der Fall sein.
Hinweis: Tauchen Sie den Sensor nicht vollständig in die Flüssigkeit, der Griff ist nicht wasserdicht.
- Spülen Sie die Spitze des Sensors mit destilliertem Wasser ab, bevor Sie eine weitere Messung durchführen.

Funktionsweise

Der Leitfähigkeitssensors wird häufig verwendet, um den TDS-Wert einer Wasserprobe zu ermitteln. (TDS steht für *Total Dissolved Solids*, also die Summe aller gelösten Carbonate, Hydrogencarbonate, Sulfate, Chloride etc.) Dies kann realisiert werden, weil es im Allgemeinen einen direkten Zusammenhang zwischen der Leitfähigkeit und der Ionen-Konzentration in einer Lösung gibt.

Der Leitfähigkeitssensor misst die Fähigkeit einer Lösung, elektrischen Strom zwischen zwei Elektroden zu leiten. In Lösungen fließt der Strom durch Ionen-Transport. Der Leitfähigkeitssensor misst den elektrischen Leitwert, der definiert ist als der Kehrwert des elektrischen Widerstandes. Elektrischer Widerstand wird in der Einheit Ohm gemessen, der elektrische Leitwert wird in der Einheit Siemens gemessen (früher bekannt als Mho). Da es sich bei Siemens um eine sehr große Einheit handelt, werden wässrige Proben gewöhnlich in MikroSiemens (μS) gemessen. Obwohl der Leitfähigkeitssensor den elektrischen Leitwert misst, interessiert oft die spezifische Leitfähigkeit einer Lösung. Die Leitfähigkeit C wird als Produkt aus elektrischen Leitwert G und der Zellkonstante k_C berechnet.

$$C = G \times k_C$$

Die Zellkonstante eines Sensors ist das Verhältnis aus dem Abstand d zwischen den beiden Elektroden und der Fläche A der Elektrodenoberfläche:

$$k_C = \frac{d}{A}$$

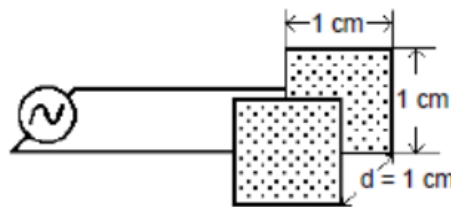


Abbildung 1: Abstand und Oberfläche der Elektroden

Beispielsweise besitzt die Zelle in Abbildung 1 die Zellkonstante

$$k_C = \frac{d}{A} = \frac{1,0\text{cm}}{1,0\text{cm}^2} = 1,0\text{cm}^{-1}$$

Zur Bestimmung der Leitfähigkeit werden Leitwert und Zellkonstante wie oben erläutert multipliziert. Da der Leitfähigkeitssensor von Vernier ebenfalls eine Zellkonstante von $1,0\text{cm}^{-1}$ aufweist, stimmen bei ihm Leitfähigkeit und elektrischer Leitwert zahlenmäßig überein. Bei einer Lösung mit einem Leitwert von $1.000\ \mu\text{S}$ ergibt sich für die Leitfähigkeit C :

$$C = G \times k_C = 1.000\ \mu\text{S} \times (1,0\text{cm}^{-1}) = 1.000$$

An die beiden Elektroden des Sensors wird eine Potentialdifferenz angelegt. Der resultierende Strom ist proportional zur Leitfähigkeit der Lösung. Dieser Strom wird in einen Spannungswert umgerechnet.

Wechselstrom verhindert die Wanderung aller Ionen zu den beiden Elektroden. Wie in Abbildung 2 zu sehen ist, wird in jeder Periode des Wechselstroms die Polarität der Elektroden umgekehrt, was wiederum die Richtung des Ionenflusses umkehrt.

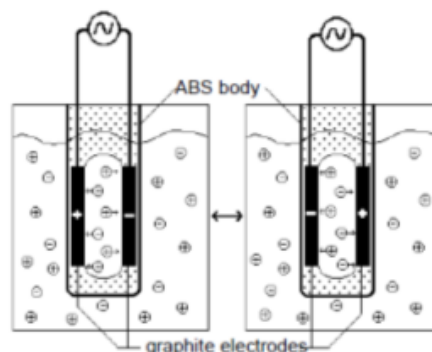


Abbildung 2: Polarität bei Wechselstrom - optional

Diese sehr wichtige Eigenschaft des Leitfähigkeitssensors verhindert weitgehend das Auftreten von Elektrolyse und Polarisation an den Elektroden. Dadurch werden die Lösungen, deren Leitfähigkeit bestimmt werden soll, nicht verunreinigt. Des Weiteren werden Redox-Produkte an den relativ trägen Graphit-Elektroden weitgehend reduziert.

Kalibrierung

Es ist nicht nötig, den Leitfähigkeitssensor zu kalibrieren, wenn er im Fachraum verwendet wird, da er vor dem Versand werksseitig kalibriert wurde. Sie können einfach die passende Kalibrierungsdatei verwenden, die in Ihrem Datenerfassungsprogramm von Vernier gespeichert ist. Die werksseitige Kalibrierung wurde bei Raumtemperatur durchgeführt, mit einem Temperatursgleich von 2%.

Verwenden Sie den Leitfähigkeitssensor für eine Untersuchung der Wasserqualität, können Sie den Sensor kalibrieren, um präzisere Messwerte zu erhalten. Der Leitfähigkeitssensor kann mit jedem Datenerfassungsprogramm von Vernier einfach über zwei bekannte Schwellenwerte kalibriert werden. Die Kalibrierungseinheiten können sein $\mu\text{S}/\text{cm}$, mg/l TDS, mg/l NaCl oder Salzgehalt in ppt.

- Wählen Sie die Einstellung für den Leitfähigkeitsbereich in Ihrem Interface:

niedrig = 0 bis 200 μS
mittel = 0 bis 2.000 μS
hoch = 0 bis 20.000 μS

Hinweis: Wenn Sie nicht sicher sind, welche Einstellung Sie wählen sollen, können Sie für eine oder mehrere Einstellungen die von Vernier gespeicherte Kalibrierung laden und so einen Näherungswert für die zu untersuchende Probe festlegen.

- Kalibrierungs-Nullpunkt: Der Sensor soll sich hier in keiner Flüssigkeit oder Lösung befinden, halten Sie ihn einfach in die Luft. Es wird ein sehr kleiner Spannungswert angezeigt. Nennen Sie diesen Wert 0 μS bzw. 0 mg/l .
- Kalibrierungspunkt für eine Standard-Lösung: Halten Sie den Leitfähigkeitssensor in eine Standard-Lösung (d.h. in eine Lösung mit bekannter Konzentration), wie beispielsweise die mitgelieferte Kochsalzlösung. Stellen Sie sicher, dass die längliche Öffnung mit den Elektroden-Oberflächen vollständig in die Lösung eingetaucht ist. Warten Sie, bis sich die angezeigte Spannung stabilisiert hat. Geben Sie den Wert für die Standard-Lösung ein (beispielsweise 1.000 μS , 491 mg/l NaCl oder 500 mg/l TDS). Weitere Informationen zum Vorbereiten und Interpretieren von Standard-Lösungen finden Sie in den nachfolgenden Abschnitten zur Kalibrierung.

Für noch genauere Ergebnisse kann die Zweipunkt-Kalibrierung mit zwei Standard-Lösungen durchgeführt werden, die den erwarteten Leitfähigkeitsbereich oder die zu untersuchenden Konzentrations-Werte eingrenzen. Erwarten Sie beispielsweise einen Leitfähigkeitswert im Bereich 600 mg/l bis 1.000 mg/l (TDS), könnten Sie eine Standard-Lösung mit 500 mg/l für den ersten Kalibrierungspunkt verwenden und eine zweite Standard-Lösung mit 1.000 mg/l für den zweiten Kalibrierungspunkt.

Zwei-Punkt-Kalibrierung

1. Stellen Sie sicher, dass der gewünschte Temperatursgleich ausgewählt wurde.
2. Starten Sie die Kalibrierung in der Software.
3. Erster Kalibrierungspunkt: Halten Sie den Sensor in eine Standard- Lösung mit bekannter Konzentration. Stellen Sie sicher, dass die längliche Öffnung mit den Elektroden-Oberflächen vollständig in die Lösung eingetaucht ist und sich keine Blasen um die Oberfläche der Elektrode bilden. Warten Sie, bis sich die angezeigte Spannung stabilisiert hat. Geben Sie den Wert für die Standard-Lösung in der gewählten Einheit für Messwert 1 ein. Drücken Sie auf speichern.

Hinweis: Es wird nicht empfohlen, mit Leitfähigkeitssensoren eine Nullpunkt-Kalibrierung durchzuführen. Stattdessen sollte eine Kalibrierung bei einem niedrigen Niveau durchgeführt werden. Dies ist besonders dann wichtig, wenn Sie Messungen unterhalb von 200 S/cm durchführen möchten, bei denen der niedrige Kalibrierungspunkt besonders kritisch ist.

4. Zweiter Kalibrierungspunkt: Halten Sie den Leitfähigkeitssensor in eine andere Standard-Lösung. Stellen Sie sicher, dass die längliche Öffnung mit den Elektroden-Oberflächen vollständig in die Lösung eingetaucht ist und sich keine Blasen um die Oberfläche der Elektrode bilden. Warten Sie, bis sich die angezeigte Spannung stabilisiert hat. Geben Sie den Wert für die Standard-Lösung für Messwert 2 ein. Drücken Sie auf speichern.
5. Möchten Sie die Kalibrierung nur für die aktuelle Messung verwenden, drücken Sie auf Fertig, um die Kalibrierung zu beenden. Zur Speicherung der Kalibrierung auf den Sensor drücken Sie auf speichern.
6. Drücken Sie auf Fertig oder OK um die Kalibrierung zu beenden

Automatischer Temperatursgleich

Der Leitfähigkeitssensor mit Platin-Elektrode besitzt zwei Einstellungen für den Temperatursgleich: 0% und 2%. Die Einstellung 2% eignet sich für die meisten wässrigen Salzlösungen.

Wählen Sie die Einstellung 2%, liegt der Temperatursgleich des Sensors zwischen 5°C bis 35°C

Beachten Sie, dass die Temperatur einer Lösung mit Hilfe eines temperaturabhängigen Widerstandes gemessen wird, der in der Elektrode integriert ist.

Messwerte beziehen sich automatisch auf einen Leitfähigkeitswert bei 25°C, deshalb zeigt der Leitfähigkeitssensor in einer Lösung von 15°C den gleichen Messwert an wie in derselben Lösung, die auf 25°C erwärmt wurde. Das bedeutet, dass Sie den Sensor im Fachraum kalibrieren können und mit Hilfe der gespeicherten Kalibrierung dann Messwerte in kälterem oder wärmerem Wasser in einem See oder Fluss erfassen können.

Testen Sie eine nicht-wässrige Lösung und möchten Messwerte mit Temperaturnormkurve erfassen, müssen Sie Ihre eigene Temperatur-Normkurve vorgeben oder den Wert nachschlagen. Einige Werte werden in Tabelle 1 aufgelistet. Wird die Einstellung 0 % für den Temperaturnormkurve ausgewählt, dann führt der Sensor keinen Temperaturnormkurve durch und Sie würden bemerken, dass sich die Messwerte mit der Temperatur verändern würden, obwohl sich die vorliegende Ionen-Konzentration nicht verändert hat. Mit Hilfe dieser Einstellung können Sie die Leitfähigkeit als Funktion der Temperatur untersuchen.

Probe	Leitfähigkeit in $\mu\text{S}/\text{cm}$	prozentuale Veränderung / °C (bei 25°C)
Reinstwasser	0,055	4,55
Trinkwasser	50 - 500	2,00
0,1 % NaCl	1.990	2,12
0,03 % NaOH	1.780	1,72
20 % Essigsäure	1.600	1,56
5 % NaOH	223.000	1,72
10 % HCl	700.000	1,32

Tabelle1: Leitfähigkeit in Abhängigkeit der Temperatur

Verwendung des Leitfähigkeitssensors in Verbindung mit anderen Sensoren von Vernier

Der Leitfähigkeitssensor wird mit einigen anderen Sensoren von Vernier interagieren, wenn sie sich in derselben Lösung befinden (beispielsweise im selben Aquarium oder Becherglas) und mit demselben Interface verbunden sind (beispielsweise mit demselben LabQuest). Der Leitfähigkeitssensor sendet ein Signal in die Lösung, welches den Messwert eines anderen Sensors beeinflusst. Folgende Sensoren sollten nicht mit dem Leitfähigkeitssensor zusammen an dasselbe Interface angeschlossen und in dieselbe Lösung gehalten werden, da Sie sonst unerwünschte Ergebnisse erhalten werden:

- Sensor für gelösten Sauerstoff
- pH-Wert-Sensor
- ionenselektive Elektroden

Wenn Sie simultane Messwerte mit einem der aufgelisteten Sensoren erfassen möchten, beachten Sie die folgenden Alternativen:

- Zur Erfassung simultaner Messwerte von Leitfähigkeit und gelöstem Sauerstoff oder von Leitfähigkeit und pH-Wert können Sie die Sensoren an zwei verschiedene Interfaces anschließen. Werden die beiden in Frage kommenden Sensoren an gesonderte Interfaces angeschlossen, zeigen die beiden Sensoren in derselben Lösung korrekte Messwerte an.
- Erfassen Sie Messwerte in einem See oder Fluss und möchten zwei der Sensoren mit einem einzelnen Interface verwenden, dann können Sie die beiden in Frage kommenden Sensoren an dasselbe Interface anschließen und jeweils die zugehörige Kalibrierung laden. Halten Sie zuerst den einen Sensor in das Wasser und erfassen Sie dessen Messwerte. Entfernen Sie ihn dann aus dem Wasser und halten Sie nun den zweiten Sensor in das Wasser, um dessen Messwerte zu erfassen

Der Temperatursensor aus Edelstahl kann im selben Gefäß wie der Leitfähigkeitssensor verwendet werden.

Probennahme in Flüssen und Seen

Wenn es möglich ist, wird eine Probennahme entfernt vom Ufer und unter der Wasseroberfläche empfohlen. In frei fließenden Gewässern ist das Wasser gewöhnlich gut vermischt, sodass Proben, die nahe der Strömung entnommen werden, recht repräsentativ für den Fluss als Ganzes sind. Werden einem gestauten Fluss oder See Proben entnommen, ist kaum Vermischung vorhanden.

Es wird nicht empfohlen, den Leitfähigkeitssensor so tief einzutauchen, dass die Elektrode vollständig eingetaucht ist. Die Elektrode ist nicht dafür gebaut, höheren Druck auszuhalten, weshalb Sickerwasser in elektronische Bauteile der Elektrode eintreten könnte. Obwohl es besser ist, Messwerte direkt an der Sammelstelle zu erfassen, sollten sich Messwerte über die Gesamtheit gelöster Ionen oder der Leitfähigkeit nicht signifikant verändern, wenn Sie zuerst Proben entnehmen und die Messwerte dann zu einem späteren Zeitpunkt erfassen. Achten Sie jedoch darauf, dass die Proben verschlossen werden, um eine Ausdunstung zu vermeiden. Werden Probenflaschen randvoll gefüllt, wird ein Gas wie Kohlendioxid, das fähig ist Ionen in einer Lösung zu bilden, daran gehindert, sich in der Wasserprobe zu lösen.

Da der Sensor einen eingebauten Temperaturnormkurve besitzt, können Sie ihn im Fachraum kalibrieren. Das bedeutet, dass der Sensor Messwerte bei einer neuen Probennahme-Temperatur korrekt erfasst, obwohl diese sich von der Kalibrierungs-Temperatur unterscheidet.

Probennahme in Meerwasser oder Gezeitengebieten: Salzgehalt

Der Salzgehalt bezeichnet den Gesamtbetrag aller in Wasser gelöster kohlenstofffreier Salze, der gewöhnlich in *parts per thousand* (ppt) (1 ppt = 1.000 mg/l) angegeben wird. Anders als beim Chlorid (Cl^-)-Gehalt kann man sich den Salzgehalt als Messung des gesamten Salzgehaltes vorstellen, der die meisten Na^+ - und Cl^- -Ionen einschließt. Obwohl im Meerwasser kleinere Mengen anderer Ionen vorkommen (beispielsweise K^+ , Mg^{2+} oder SO_4^{2-}), machen Natrium- und Chlorid-Ionen 91% aller Meerwasser-Ionen aus. Der Salzgehalt stellt im Meerwasser oder in Gezeitengebieten, wo sich Frischwasser aus Flüssen mit dem salzigen Meerwasser vermischt, eine wichtige Messung dar. Der Salzgehalt ist in Meerwasser recht konstant bei 35 ppt (35.000 mg/l), während Mündungen mit Brackwasser Salzgehalte zwischen 1 und 10 ppt aufweisen.

Der Leitfähigkeitssensor weist einen Salzgehalt-Bereich von 0 bis 13 ppt auf. Meerwasser hat einen Salzgehalt von 35 ppt, weshalb jede Meerwasser- Probe zuerst verdünnt werden muss, bevor Messungen mit diesem Sensor vorgenommen werden können. Es wird empfohlen, Meerwasser-Proben (oder andere Proben, die anfängliche Werte über 13 ppt aufweisen), zu $\frac{1}{4}$ ihrer ursprünglichen Konzentration zu verdünnen und anschließend den so gemessenen Salzgehalt mit 4 zu multiplizieren, um den tatsächlichen Salzgehalt in ppt zu erhalten. Brackwasser in Küsten-Mündungen liegt oft im Bereich von 0 bis 10 ppt, also genau im oberen Bereich des Sensors.

Hinweis: Vernier vertreibt auch einen Salzgehalt-Sensor (SAL-BTA) mit einem Messbereich von 0 bis 50 ppt.

Da es für den Leitfähigkeitssensor keine gespeicherte Kalibrierung für den Salzgehalt gibt, sollten Sie eine Zwei-Punkte-Kalibrierung mit 5 ppt- und 10 ppt-Salzgehalt-Lösungen durchführen. Notieren Sie nach Beendigung der Kalibrierung die angezeigten Werte für Schnittpunkt und Steigung. Sie können die Kalibrierung sofort verwenden und sie mit einer Experiment-Datei abspeichern, falls Sie einen Computer verwenden. Wenn Sie einen Taschenrechner verwenden können Sie die Kalibrierung später manuell laden.

Zur Kalibrierung des Salzgehaltes benötigen Sie zwei Standard-Lösungen. Diese können Sie selbst herstellen:

- niedrige Standard-Lösung (Salzgehalt 5 ppt)
Geben Sie 4,60 g NaCl zu ausreichend destilliertem Wasser, um einen Liter Lösung herzustellen.
- hohe Standard-Lösung (Salzgehalt 10 ppt)
Geben Sie 9,20 g NaCl zu ausreichend destilliertem Wasser, um einen Liter Lösung herzustellen.

Weitere Informationen zur Leitfähigkeit

Bei der Leitfähigkeit handelt es sich um eine einfache, informative Überprüfung der Wasserqualität. Manchmal wird sie zur Überwachung der Umwelt verwendet - jede Veränderung in der ionischen Zusammensetzung eines Flusses oder Sees kann mit Hilfe eines Leitfähigkeitssensors schnell entdeckt werden. Der Leitfähigkeitswert wird sich ändern, wenn Ionen aus Salzen (z.B. Na^+ , Cl^-), Säuren (H^+), Basen (OH^-), hartem Wasser (Ca_2^+ , HCO_3^- , CO_3^{2-}) oder löslichen Gasen, die in Lösungen ionisieren (CO_2 , NO_2 , SO_2), in Wasser eingebracht werden.

Der Leitfähigkeitssensor wird Ihnen jedoch nicht das spezifische Ion nennen, das für den Anstieg oder Abfall der Leitfähigkeit verantwortlich ist. Er gibt lediglich einen allgemeinen Hinweis für die Gesamtheit gelöster Ionen (TDS) in einem Fluss oder See.

Für diesen Zweck gibt es spezielle ionenselektive Sensoren von Vernier.

Weiterführende Untersuchungen können dann dabei helfen, das spezifische Ion oder die spezifischen Ionen zu bestimmen, die zum ursprünglichen Leitfähigkeits-Messwert beigetragen haben (z.B. pH-Wert für H^+ , eine Titration für hartes Wasser wie Ca_2^+ oder eine kolorimetrische Untersuchung für NO_3^-).

Staatliche und örtliche Bestimmungen legen oft obere Grenzen für den Gehalt an gelösten Ionen in Trinkwasser fest. Diese Grenzen variieren von Ort zu Ort, müssen jedoch oft in einem Bereich unter 1100 mg/l TDS liegen. Der Leitfähigkeitssensor kann einen schnellen und genauen Messwert für eine solche Bestimmung liefern.

Da ein fast linearer Zusammenhang zwischen der Leitfähigkeit und der Konzentration eines spezifischen Ions oder Salzes besteht, kann mit Hilfe des Leitfähigkeitssensors die Konzentration eines Ions bestimmt werden. Sie erhalten eine ähnliche Kurve wie die in Abbildung 3 gezeigte, wenn Sie Standard-Lösungen zubereiten oder kaufen (Lösungen mit bekannten Konzentrationen). Beachten Sie in dieser Abbildung das 2:1-Verhältnis zwischen der Leitfähigkeit in $\mu\text{S}/\text{cm}$ und der Ionen-Konzentration in mg/l. Obwohl die Gesamtheit gelöster Ionen oft in Ausdrücken dieses 2:1- Verhältnisses definiert wird, sollte klar sein, dass ein TDS-Messwert von 500 mg/l in einer Probe, die hauptsächlich NaCl enthält, eine andere Bedeutung haben kann wie in einer Probe, die primär aus harten Wasser- Ionen wie Ca_2^+ und HCO_3^- zusammengesetzt ist. Der Zusammenhang zwischen Leitfähigkeit und dem Gehalt an Natriumchlorid ist annähernd ein 2:1-Verhältnis und ist sehr angenähert ein direkter Zusammenhang. Die Tabelle in Abb. 4 zeigt einige einander entsprechende Werte für Leitfähigkeit ($\mu\text{S}/\text{cm}$), NaCl-Gehalt (mg/l NaCl) und TDS-Wert (mg/l TDS).

Der Leitfähigkeitssensor kann den Lernenden ein wichtiges Gespür für ionische oder molekulare Eigenschaften von Verbindungen vermitteln. Nicht-ionische molekulare Verbindungen wie Methanol liefern einen Leitfähigkeitswert von annähernd Null.

Hinweis: Lösungen, die einen Leitfähigkeitswert von Null liefern, sind selten. Sogar in sehr reinem destilliertem Wasser werden Ionen durch Aufspaltung von Wasser in H^+ - und OH^- -Ionen erzeugt oder von sich lösendem Kohlendioxid, wodurch HCO_3^- -Ionen entstehen. Wasserlösliche ionische Verbindungen wie weiche Säuren werden Leitfähigkeitswerte hervorbringen, die in Zusammenhang stehen mit der relativen Stärke dieser Säuren - eine wässrige Lösung einer starken Säure wie Salzsäure weist einen wesentlich höheren Leitfähigkeitswert auf als eine schwache Essigsäure gleicher Konzentration.

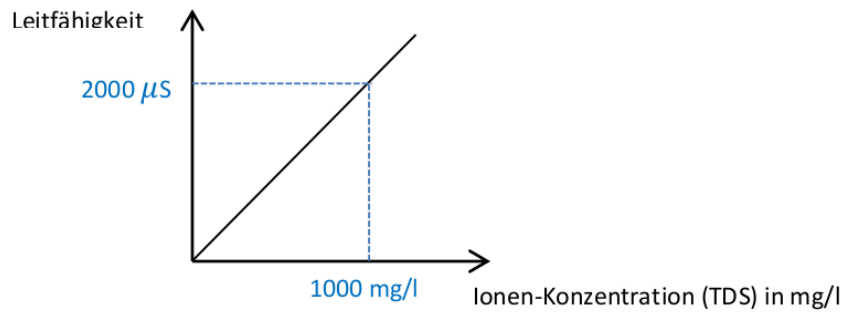


Abbildung 3: Verhältnis zwischen Leitfähigkeit und Ionen-Konzentration

Leitfähigkeit (µS/cm)	Natriumchlorid-Gehalt (mg/l)	Gesamtheit gelöster Ionen (TDS-Wert) (mg/l)
2,2	1,0	1,1
10,8	5,0	5,4
21,4	10	10,7
42,7	20	21,4
105	50	52,5
210	100	105
315	150	158
415	200	208
1020	500	510
1990	1000	995
2930	1500	1465
3860	2000	1930
8963	5000	4482
18000	10250	9000

Abbildung 4: Tabelle zur Leitfähigkeit und Ionen-Konzentration

Experimente

- Den Lernenden wird es ermöglicht, den qualitativen Unterschied zwischen der ionischen und molekularen Beschaffenheit eines Stoffs in wässriger Lösung zu erkennen. Dies kann Unterschiede in der Konzentration schwacher Säuren und Basen beinhalten oder die Anzahl an Ionen, die eine ionische Substanz je Einheit absondert.
- Der Sensor kann verwendet werden, um den direkten Zusammenhang zwischen der Leitfähigkeit und der Ionen-Konzentration einer wässrigen Lösung zu bestätigen. So können die Konzentrationen unbekannter Proben bestimmt werden.
- Es können Veränderungen in der Leitfähigkeit gemessen werden, die aus der Photosynthese in Wasserpflanzen resultieren, wodurch die Bikarbonat-Ionen-Konzentration der Kohlensäure abnimmt.
- Der Sensor kann für eine präzise Messung der Gesamtheit gelöster Ionen (TDS-Wert) direkt vor Ort verwendet werden, zum Beispiel in einem See oder Fluss.
- Die Reaktionsgeschwindigkeit einer chemischen Reaktion kann überwacht werden, bei der gelöste Ionen und die Leitfähigkeit der Ionen mit der Zeit abweichen, da eine bestimmte Ionen-Art verbraucht oder erzeugt wird.
- Es kann eine Leitfähigkeitstitration durchgeführt werden um zu bestimmen, wann stöchiometrische Mengen zweier Substanzen vermischt wurden.
- Der Sensor kann verwendet werden um zu bestimmen, bei welchem Verhältnis eine Ionen-Art durch eine Membran diffundiert. Beispielsweise bei einem Dialyse-Schlauch.
- Veränderungen in der Leitfähigkeit oder der Gesamtheit gelöster Ionen in einem Aquarium, das Wasserpflanzen und Tiere enthält, können überwacht werden. Diese Änderungen könnten von Photosynthese oder Atmung herrühren.

Technische Daten

Mess-Bereich:	0 - 2 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (0 - 1 000 mg/l TDS)
Messgenauigkeit:	
- bei werkseitiger Kalibrierung:	$\pm 25 \mu\text{S} / \text{cm}$
- bei Benutzer-Kalibrierung:	$\pm 10 \mu\text{S} / \text{cm}$
Reaktionszeit:	95 % des Skalenendwerts in 5 Sekunden
Temperatenausgleich:	2% von 5°C bis 35°C (abschaltbar)
Temperaturbereich :	0°C bis 80°C
Zellkonstante:	1,0 cm^{-1}
Beschreibung:	Epoxid-Gehäuse, 2-Zellen Platin-Elektrode
Abmessungen:	12 mm Durchmesser und 120 mm Länge

Wartung und Pflege des Sensors

Aufbewahrung der Elektrode

Der sachgerechte Umgang und die korrekte Aufbewahrung sind wichtig für eine lange Lebensdauer des Sensors. Wenn Sie Ihre Messungen beendet haben, spülen sie den Sensor gründlich mit destilliertem Wasser ab und tupfen ihn vorsichtig mit einem Papiertuch trocken. Der Sensor kann nun an einem trockenen Ort aufbewahrt werden. Ist die Oberfläche der Elektroden verunreinigt, weichen Sie sie für etwa 15 Minuten in Wasser mit mildem Reinigungsmittel ein. Anschließend geben Sie sie weitere 15 Minuten in eine verdünnte Säurelösung (0,1 M Salzsäure oder 0,5 M Essigsäure sind geeignet). Spülen Sie sie abschließend gründlich mit destilliertem Wasser ab.

Hinweis: Vermeiden Sie es an der Oberfläche der Elektroden zu kratzen.

Ersetzen der Standard-Kochsalzlösung

Zur Kalibrierung des Leitfähigkeitssensors benötigen Sie präzise Standard- Lösungen. Die mitgelieferte Standard-Lösung mit 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hält lange, wenn Sie darauf achten, sie nicht mit einem nassen oder verschmutzten Sensor zu verunreinigen. Diese Konzentration ist gut geeignet für eine Kalibrierung im mittleren Bereich (0 bis 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Vernier vertreibt zur Abdeckung jedes Messbereichs drei Standard-Lösungen für den Leitfähigkeitssensor. Diese werden in Flaschen zu je 500 ml geliefert, die Bestellnummern finden Sie unter Zubehör.

Zubereitung eigener Standard-Lösungen mit NaCl oder KCl

- Verwenden Sie ein Behältnis mit genauen Volumen-Markierungen (beispielsweise einen Messzylinder) und geben Sie die Menge an Stoff hinzu, der in der ersten Spalte von Tabelle 1 in g angegeben wird. Die entstehende Standard-Lösung kann zur Kalibrierung der jeweils angegebenen Menge mg/l NaCl (erste Spalte), mg/l TDS (zweite Spalte) oder $\mu\text{S}/\text{cm}$ (dritte Spalte) verwendet werden.

Geben Sie für einen Liter Lösung diese Menge NaCl hinzu:	Zur NaCl-Konzentration in der ersten Spalte äquivalente TDS und Leitfähigkeitswerte:	
	Gesamtheit gelöster Ionen (TDS-Wert)	Leitfähigkeit (Mikrosiemens/cm)
0,0474 g (47,4 mg/l)	50 mg/l TDS	100 $\mu\text{S}/\text{cm}$
0,491 g (491 mg/l)	500 mg/l TDS	1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
1,005 g (1005 mg/l)	1000 mg/l TDS	2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
5,566 g (5566 mg/l)	5000 mg/l TDS	10000 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Abbildung 5: Kalibrierungslösung

- Beachten Sie, dass Standard-Lösungen mit niedrigerer Konzentration durch Verdünnen von Standard-Lösungen höherer Konzentration hergestellt werden können. Haben Sie beispielsweise eine Lösung mit 1.000 mg /l und möchten diese zu einer Lösung mit 200 mg/l verdünnen, dann nehmen Sie einfach 100 ml der Lösung mit 1.000 mg/l und füllen mit destilliertem Wasser zu 500 ml Lösung auf. Die entstandene Lösung hat eine Konzentration von $1.000 \text{ mg/l} \times (100 \text{ ml} / 500 \text{ ml}) = 200 \text{ mg/l}$.

Zubehör

- Salzgehalt-Sensor - SAL-BTA
- pH-Sensor - FPH-BTA
- pH-Sensor mit Glaselektrode - GPH-BNC
- Normlösung Niedriger Bereich ($150 \mu\text{S}/\text{cm}$) - CON-LST
- Normlösung Mittlerer Bereich ($1.413 \mu\text{S}/\text{cm}$) - CON-MST
- Normlösung Hoher Bereich ($12.880 \mu\text{S}/\text{cm}$) - CON-HST
- Ionenselektive Elektroden sind erhältlich für Ammonium NH_4^+ , Kalium K^+ , Kalzium Ca_2^+ , Nitrat NO_3^- und Chlorid Cl^-

Entsorgung

Die Akkus (GW-BAT-xxx) und Batterien (Knopfzellen CR2025) in unseren Bluetooth-Sensoren Go Wireless haben je nach Gebrauch eine Einsatzdauer von bis zu 2 bis 3 Jahren oder länger.



- Wir empfehlen, diese nach dem Einsatz jeweils nach den nationalen bzw. regionalen Regelungen über Batteriesammelstellen und keinesfalls über den Hausmüll zu entsorgen.
- Für Deutschland gilt seit dem 1. Dezember 2009 ein neues Batteriegesetz welches die Entsorgung verbindlich gesetzlich regelt.

Gewährleistung

Vernier gibt auf dieses Produkt fünf Jahre Garantie ab dem Tag der Auslieferung an den Kunden. Die Garantie ist beschränkt auf fehlerhaftes Material oder fehlerhafte Herstellung. Fehler durch falsche Handhabung sind von der Garantie ausgeschlossen.



Technik-LPE GmbH
Friedrichsdorfer Landstr. 64
69412 Eberbach

06271 944650-1
info@technik-lpe.com