

# Leitfähigkeitssensor CON-BTA

Der Leitfähigkeitssensor kann verwendet werden, um die Leitfähigkeit einer Lösung oder die Gesamt-Ionen-Konzentration wässriger Proben zu bestimmen. Die Leitfähigkeitsprüfung wässriger Proben ist einer der am leichtesten durchzuführenden umweltbedingten Tests. Obwohl es nicht möglich ist, spezifische Ionen zu bestimmen, kann zumindest die Gesamt-Ionen-Konzentration schnell ermittelt werden. Mit dem Sensor können zahlreiche Tests und Experimente durchgeführt werden, um Veränderungen in der Konzentration gelöster Ionen oder dem Salzgehalt zu untersuchen.



Go Wireless pH-Sensor

## Lieferumfang

- Leitfähigkeitssensor
- 90 ml Fläschchen mit 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  NaCl Normlösung
- Handbuch (diese Anleitung)

Bitte beachten Sie, dass die Produkte von Vernier speziell für Unterrichtszwecke entwickelt werden. Sie sind für Industrie-, Medizin-, Forschungs- und Produktionszwecke nicht geeignet.

## 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 <sup>1</sup>	o <sup>2</sup>
CONPT-BTA	•	•	•	•	•	•	o <sup>1</sup>	o <sup>2</sup>
SAL-BTA	•	•	•	•	•	•	o <sup>1</sup>	o <sup>2</sup>

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/con-bta](http://www.vernier.com/con-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](http://www.vernier.com/con-bta). Weitere Möglichkeiten zur Erfassung der Messwerte z.B. mit TI Taschenrechnern finden Sie auf [www.vernier.com/calc/software/index.html](http://www.vernier.com/calc/software/index.html).

## Messungen mit dem Leitfähigkeitssensor

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.

- Führen Sie mit dem Sensor vorsichtig kreisende Bewegungen in der Flüssigkeit durch, während sich der Messwert in der Software 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.
- Wenn Sie Messungen bei Temperaturen unter 15°C oder über 30°C durchführen dauert es etwas länger, bis sich der Messwert eingependelt hat.

**Hinweis:** Halten Sie den Sensor nicht in dickflüssige, organische Flüssigkeiten wie Schweröl, Glycerin oder Ethylenglykol. Halten Sie den Sensor nicht in Aceton oder unpolare Lösungsmittel wie Pentan oder Hexan.

## Funktionsweise

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 ( $\mu S$ ) 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:

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

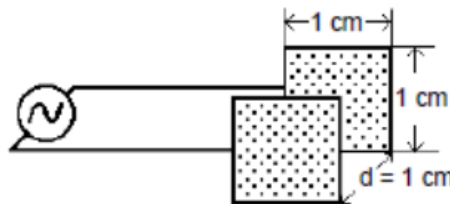


Abbildung 1: Abstand und Oberfläche der Elektroden

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  $1.000 \mu S$  ergibt sich für die Leitfähigkeit  $C$ :

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

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.

Diese sehr wichtige Eigenschaft des Leitfähigkeitssensors verhindert weitgehend das Auftreten von Elektrolyse und Polarisierung 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. Eine der gebräuchlichsten Verwendungsweisen des Leitfähigkeitssensors ist die Ermittlung des TDS-Wertes einer Wasserprobe. Dies kann realisiert werden, weil es im Allgemeinen einen direkten Zusammenhang zwischen der Leitfähigkeit und der Ionen-Konzentration in einer Lösung gibt, wie in Abbildung 3 zu sehen ist.

Der Zusammenhang besteht so lange bis eine sehr große Ionen-Konzentration erreicht wird.

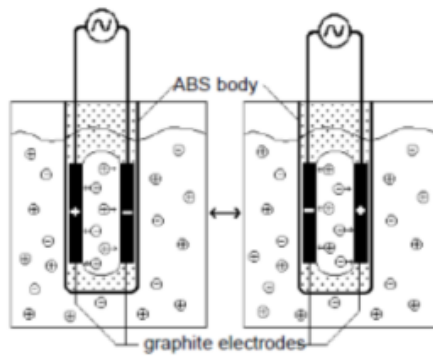


Abbildung 2: Polarität bei Wechselstrom

## 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.

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  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ,  $\text{mg}/\text{l}$  TDS,  $\text{mg}/\text{l}$  NaCl oder Salzgehalt in ppt.

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

niedrig	=	0 bis 200 $\mu\text{S}$
mittel	=	0 bis 2.000 $\mu\text{S}$
hoch	=	0 bis 20.000 $\mu\text{S}$

**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  $\mu\text{S}$  bzw. 0  $\text{mg}/\text{l}$ .
- 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  $\mu\text{S}$ , 491  $\text{mg}/\text{l}$  NaCl oder 500  $\text{mg}/\text{l}$  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  $\text{mg}/\text{l}$  bis 1.000  $\text{mg}/\text{l}$  (TDS), könnten Sie eine Standard-Lösung mit 500  $\text{mg}/\text{l}$  für den ersten Kalibrierungspunkt verwenden und eine zweite Standard-Lösung mit 1.000  $\text{mg}/\text{l}$  für den zweiten Kalibrierungspunkt.

## Automatischer Temperatenausgleich

Der Leitfähigkeitssensor von Vernier besitzt im Bereich von 5°C bis 35°C einen automatischen Temperatenausgleich. Beachten Sie, dass die Temperatur einer Lösung mit Hilfe eines temperaturabhängigen Widerstandes gemessen wird, der in den Zwischenraum zwischen den Graphit-Elektroden hineinragt. 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. Wäre der Sensor nicht mit einem Temperatenausgleich ausgestattet, würden Sie bemerken, dass sich die Messwerte mit der Temperatur verändern würden, obwohl sich die vorliegende Ionen- Konzentration nicht verändert hat.

## 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 Temperatursensoren 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 ( $\text{Cl}^-$ )-Gehalt kann man sich den Salzgehalt als Messung des gesamten Salzgehaltes vorstellen, der die meisten  $\text{Na}^+$ - und  $\text{Cl}^-$ -Ionen einschließt. Obwohl im Meerwasser kleinere Mengen anderer Ionen vorkommen (beispielsweise  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  oder  $\text{SO}_4^{2-}$ ), 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.  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ), Säuren ( $\text{H}^+$ ), Basen ( $\text{OH}^-$ ), hartem Wasser ( $\text{Ca}_2^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ) oder löslichen Gasen, die in Lösungen ionisieren ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ), 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  $\text{H}^+$ , eine Titration für hartes Wasser wie  $\text{Ca}_2^+$  oder eine kolorimetrische Untersuchung für  $\text{NO}_3^-$ ).

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.

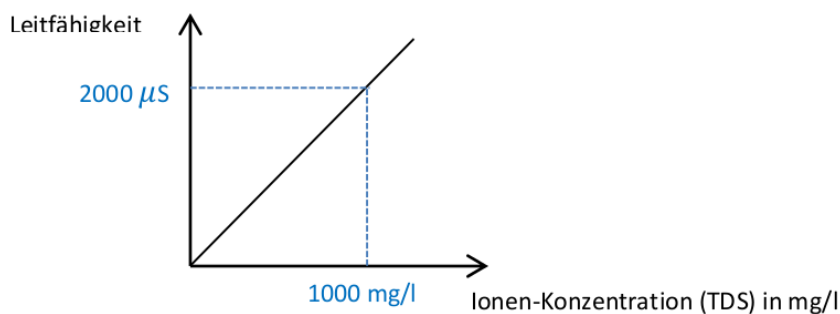


Abbildung 3: Verhältnis zwischen Leitfähigkeit und Ionen-Konzentration

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  $\text{Ca}_2^+$  und  $\text{HCO}_3^-$  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  $\text{H}^+$ - und  $\text{OH}^-$ -Ionen erzeugt oder von sich lösendem Kohlendioxid, wodurch  $\text{HCO}_3^-$ -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.

## 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.

<b>Leitfähigkeit (<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>)</b>	<b>Natriumchlorid- Gehalt (mg/l)</b>	<b>Gesamtheit gelöster Ionen (TDS-Wert) (mg/l)</b>
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

- 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 Leitfähigkeitstiteration 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:	
- niedrig:	0 - 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (0 - 100 mg/l TDS)
- mittel:	0 - 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (0 - 1.000 mg/l TDS)
- hoch:	0 - 20.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (0 - 10.000 mg/l TDS)
13-bit Auflösung (mit Sensor DAQ):	
- niedrig:	0 - 0,05 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (0,025 mg/l TDS)
- mittel:	0 - 0,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (0,25 mg/l TDS)
- hoch:	0 - 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (2,5 mg/l TDS)
12-bit Auflösung (mit LabQuest, LabQuest Mini, LabPro, Go! Link, Easy Link):	
- niedrig:	0 - 0,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (0,05 mg/l TDS)
- mittel:	0 - 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (0,5 mg/l TDS)
- hoch:	0 - 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (5 mg/l TDS)
10-bit Auflösung (mit CBL 2):	
- niedrig:	0 - 0,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (0,2 mg/l TDS)
- mittel:	0 - 4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (2,0 mg/l TDS)
- hoch:	0 - 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (20 mg/l TDS)
Messgenauigkeit:	$\pm 1\%$ des Skalenendwerts für jeden Messbereich
bei werkseitiger Kalibrierung:	$\pm 25 \mu\text{S} / \text{cm}$
bei Benutzer-Kalibrierung:	$\pm 10 \mu\text{S} / \text{cm}$
Reaktionszeit:	98 % des Skalenendwerts in 5 Sekunden, 100 % des Skalenendwerts in 15 Sekunden,
Temperatenausgleich:	Automatisch von 5°C bis 35°C
Temperaturbereich :	0°C bis 80°C
Zellkonstante:	1,0 $\text{cm}^{-1}$
Beschreibung:	Sensor zum Eintauchen, rutschfeste Hülle, parallele Carbon (Grafit) - Elektroden
Abmessungen:	12 mm Durchmesser und 150 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. Wichtig: Vermeiden Sie es an der Oberfläche der Elektroden zu kratzen.

### Ersetzen der Standard-Kochsalzlösung

Zur Kalibrierung des Leitfähigkeitssensors benötigen Sie präzise Standardlösungen. Die mitgelieferte Standardlösung 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 Standardlösungen für den Leitfähigkeitssensor. Diese werden in Flaschen zu je 500 ml geliefert.

Bestellnummern der Standardlösungen:

- CON-LST - Niedriger Bereich (150  $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
- CON-MST - Mittlerer Bereich (1413  $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
- CON-HST - Hoher Bereich (12880  $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

### 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.
- 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

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 $\mu$ S/cm
0,491 g (491 mg/l)	500 mg/l TDS	1000 $\mu$ S/cm
1,005 g (1005 mg/l)	1000 mg/l TDS	2000 $\mu$ S/cm
5,566 g (5566 mg/l)	5000 mg/l TDS	10000 $\mu$ S/cm

Abbildung 5: Kalibrierungslösung

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)
- Normlösung CON-LST
- Normlösung CON-MST
- Normlösung CON-HST
- Ionenselektive Elektroden sind erhältlich für Ammonium  $\text{NH}_4^+$ , Kalium  $\text{K}^+$ , Kalzium  $\text{Ca}_2^+$ , Nitrat  $\text{NO}_3^-$  und Chlorid  $\text{Cl}^-$

## 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 garantiert Fehlerfreiheit in Material und Verarbeitung für einen Zeitraum von fünf Jahren nach der Auslieferung. Ausgeschlossen von dieser Gewährleistung sind Fehler, die durch unsachgemäßen oder falschen Gebrauch verursacht wurden.



Im Alleinvertrieb von

**heutink**.technik

Sitz Adresse:  
 Heutink Technische Medien GmbH  
 Brüsseler Str. 1a  
 49124 Georgsmarienhütte  
 info@heutink-technik.de

Postanschrift:  
 Heutink Technische Medien GmbH  
 Industriepark 14  
 7021 BL Zelhem  
 info@heutink.com

basiert auf Stand 08.02.2016  
 Stand 27. Mai 2016