

Leitfähigkeit (EC) und gelöste Feststoffe (TDS)

Definition

Die elektrische Leitfähigkeit einer Lösung ist definiert als die Fähigkeit einer Lösung, einen elektrischen Strom zu transportieren. Die elektrische Leitfähigkeit wird in Siemens pro Zentimeter gemessen, die gängigsten Messgrößen sind Mikrosiemens ($\mu\text{S}/\text{cm}$) und Millisiemens (mS/cm).

Aufstellung verschiedener EC-Messwerte	
Ultrareines Wasser	0,05 bis 0,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Wasser vom Ionenaustauscher	Bis 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Destilliertes Wasser	Bis 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Trink-, Grundwasser	300 bis 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Fluss-, Seewasser	1 bis 5 mS/cm
Milch, Bier, Wein	1 bis 5 mS/cm
Meerwasser	56 mS/cm

In wässrigen Lösungen verhält sich die **Leitfähigkeit** direkt **proportional** zur **Konzentration** gelöster **Feststoffe** (Salze); je mehr Salze in einem Medium in gelöster Form vorliegen, desto höher ist die Leitfähigkeit.

Leitfähigkeitsmessung

Die Messung der elektrischen Leitfähigkeit ist neben dem pH-Wert einer der wichtigsten Parameter zur Beurteilung von wässrigen und nichtwässrigen Lösungen. Zur Messung dieser Größe gibt es grundsätzlich zwei Methoden:

Die amperometrische und die potentiometrische Messung.

Ein amperometrisches Messsystem basiert auf einer bekannten Potentialdifferenz (V) zwischen zwei Elektroden und misst den Stromfluss (I) zwischen diesen. Die Auswertung erfolgt nach dem ohmschen Gesetz:

$$I = U/R$$

Wobei R für den Widerstand steht. Es folgt daraus: Je größer der gemessene Strom, umso höher die Leitfähigkeit. Der Widerstand wird insbesondere durch den Abstand der Oberflächen der beiden Metallelektroden bestimmt, was zu Problemen führt, wenn sich Ablagerungen auf den Oberflächen bilden (die Distanz wird verringert). Aus diesem Grund sind amperometrische Sensoren nur für die Messung in Lösungen mit geringer Leitfähigkeit zu empfehlen.

Die potentiometrische Messmethode der Vier-Ring-Sensoren ist eine induktive Leitfähigkeitsmessung die die durch den Polarisierungseffekt auftretenden Probleme amperometrischer Sonden ausschaltet. Für die Messung wird an den beiden äußeren Edelstahlringen eine Wechselspannung angelegt, die einen Stromfluss in der Lösung erzeugt. Die beiden inneren Ringe messen den Spannungsabfall, der von der Leitfähigkeit der Lösung abhängt. Diese Messmethode erlaubt es, einen Sensor für mehrere Messbereiche bis zu 200 mS/cm zu verwenden.

Leitfähigkeit und Wasserhärte

Die Leitfähigkeitsmessung erlaubt es, mit einer sehr guten Annäherung, Aussagen über die Wasserhärte zu treffen. Diese wird hauptsächlich durch die Präsenz von gelösten Kalzium- und Magnesium-Ionen in einer Flüssigkeit bestimmt. Die am häufigsten verwendete Einheit für die Wasserhärte ist das französische Härtegrad (°f), das wie folgt definiert ist:

$$1^{\circ}\text{f} = 10 \text{ ppm (mg/l) CaCO}_3$$

Indem man das Messergebnis der Leitfähigkeitsmessung ausgedrückt in ppm (mg/l) durch 10 dividiert, erhält man die Wasserhärte mit einem maximalen Fehler von 2 – 3 °f. Wie bereits weiter oben angeführt, entsprechen 2 µS/cm ca. 1 ppm (mg/l). Daraus abgeleitet kann man folgende Aussage treffen:

$$1^{\circ}\text{f} = 20 \text{ }\mu\text{S/cm} \quad 1^{\circ}\text{dH} = 30 \text{ }\mu\text{S/cm}$$

Die Leitfähigkeitsgröße ausgedrückt in µS/cm dividiert durch 20 ergibt die Wasserhärte in französischen Grad mit einem maximalen Fehler von 2-3 °f.

Übersicht Wasserhärte in deutschen und französischen Graden				
ppm	µS/cm	°dH	°f	Härte
0-70	0-140	0-4	0-7	sehr weich
70-150	140-300	4-9	7-15	weich
150-250	300-500	9-15	15-25	leicht hart
250-320	500-640	15-19	25-32	mäßig hart
320-420	640-840	19-25	32-42	hart
über 420	über 840	über25	über42	sehr hart

$$1^{\circ}\text{dH} = 1,716^{\circ}\text{f}$$

Temperatureffekte

Die Leitfähigkeit einer Lösung erhöht sich mit der Temperatur. Dieser Effekt wird gewöhnlich als Änderung in % pro Grad angegeben und als Temperaturkoeffizient β bezeichnet.

Z. B. weist ultrareines Wasser einen Temperaturkoeffizienten von 5% / °C auf, während konzentrierte Proben meist im Bereich 1% / °C liegen.

Temperatursensoren, deren Charakteristik mit der Probe gleich ist, werden in die Messzelle integriert, um eine parallele Temperaturmessung durchzuführen und das Messergebnis mit Hilfe der Elektronik auf eine wählbare Referenztemperatur umzurechnen und anzuzeigen.

Für genaue Messungen sollten Probe und Kalibrierstandards dieselbe Temperatur aufweisen, am besten die Referenztemperatur.