

Definition Leitfähigkeit

Die Leitfähigkeit ist die Fähigkeit eines Materials- ob in Form von Flüssigkeit, eines Feststoffes oder von Gas-, den elektrischen Strom zu leiten. Sie ist eine wichtige Messgröße für viele Bereiche wie etwa Trink- und Abwasserbereich, bei industriellen Herstellungsprozessen, bei der Qualitätskontrolle oder in der Lebensmittelbranche.

Die Leitfähigkeitsmessung in einer Lösung ist die der Konzentration an Gesamtionen- bestehend aus Anionen und Kationen-, die den elektrischen Strom leiten. Sie gibt folglich Aufschluss über die ionische Stärke einer Lösung, nicht jedoch über die Art der Ionen.

Ausgedrückt wird die Leitfähigkeit in $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Leitfähigkeitsmessung

Das Leitfähigkeitsmesssystem besteht aus:

- **einer Leitfähigkeitsmesszelle (Leitfähigkeitssensor)**
- **einem Temperaturfühler**
- **einem Leitfähigkeitsmessgerät**

Die Messzelle besteht aus 2 Elektroden, denen eine Wechselspannung angelegt wird, und in eine Lösung getaucht werden. Gemessen wird der elektrische Stromfluss zwischen den beiden Elektroden. Je nach Anwendungsbereich wird die Leitfähigkeit oder der Widerstand (Kehrwert der Leitfähigkeit) gemessen.

Der Leitfähigkeitswert einer Lösung hängt ab von:

- **der Konzentration an Ionen**
- **der Valenz der Ionen**
- **der Mobilität der Ionen**
- **deren Temperatur**

Verhältnis Leitfähigkeit/Temperatur

Die Leitfähigkeit einer Lösung ist stark Temperaturabhängig. Je höher die Temperatur, je höher der Leitwert. Diese Leitfähigkeitsveränderung wird in $\%/^{\circ}\text{C}$ ausgedrückt und ist als Temperaturkoeffizient β bekannt. Bei den meisten Anwendungen wie etwa bei Trinkwasser liegt β bei $2\%/^{\circ}\text{C}$. Um die Leitfähigkeitswerte vergleichbar zu machen, bezieht man die Ergebnisse auf eine sogenannte Referenztemperatur von 20 bzw. 25°C .

Temperaturkompensation

Da die Leitfähigkeit stark temperaturabhängig ist muss bei jeder Messung die Temperatur der Probe gemessen werden. Die Temperaturkompensation besteht darin, den Leitwert unter Berücksichtigung der Referenztemperatur zu berechnen. Sie erfolgt manuell mit einem separaten Temperaturfühler oder automatisch mithilfe einer Leitfähigkeitssonde mit integriertem Temperatursensor.

Definition Leitfähigkeit

Um auf die Leitfähigkeit bei 25°C zurückrechnen zu können, reicht dem Messumformer (Messgerät) die Angabe, wie sich die Leitfähigkeit bei Temperaturwechsel verändert

Beispiel: Messung Leitfähigkeit bei 25°C = 1413µS/cm bei einer Temperatur von 25°C

In unserem Fall ändert sich die Leitfähigkeit um 134µS/cm bei einer Temperaturänderung von 5°C. Die relative Änderung beträgt $134/1413 = 9,5\%$. Pro Kelvin beträgt die Änderung $9,5\%/5^\circ\text{C} = 1,9 \text{ \%/}^\circ\text{C}$

Die Leitfähigkeit steigt mit jedem °C Temperaturzunahme um 1,9% (ausgehend von 25°C)

Liegt der Temperaturkoeffizient für die Flüssigkeit vor, kann der Messumformer für jede Temperatur die kompensierte Leitfähigkeit ermitteln

Leitfähigkeits-Messumformer oder auch die Leitfähigkeitsmessgeräte zeigen meist die kompensierte Leitfähigkeit an

Die Zellkonstante

Leitfähigkeitssonden bestehen aus einem Elektrodenpaar. Die Zellkonstante K ist eine wesentliche Eigenschaft der Sonde und gibt die Relation von Elektrodenabstand zu Elektrodenflächen wieder. Weil die Leitfähigkeit zwischen den Elektroden durch die Zellgeometrie beeinflusst wird, müssen Querschnitt und Abstand der Elektroden berücksichtigt werden, um die Leitfähigkeitsmessung zu Standardisieren. Für eine traditionelle Zelle mit zwei Platin-Elektroden von 1 cm² Fläche im Abstand von 1 cm beträgt die Zellkonstante $K = 1,0 \text{ cm}^{-1}$. In diesem Fall sind der Leitwert G in µS und die Leitfähigkeit in µS/cm numerisch identisch.

C = Leitfähigkeit in Siemens pro cm (S/cm)

R = elektrischer Widerstand in Ohm

G = Leitwert in Siemens (S; 1 S = 1 Ohm⁻¹)

L = Elektrodenabstand (cm)

A = Elektrodenfläche (cm²)

K = Zellkonstante (cm⁻¹); $K = L/A$

Für schwach leitende Proben werden die Elektroden unter Verkleinerung von L näher zusammengedrückt, um kleinere Zellkonstanten von 0,1 und 0,01 cm⁻¹ zu erhalten. Diese Maßnahme erhöht die Leitfähigkeit zwischen den Elektroden und vereinfacht so die elektronische Auswertung durch das Messgerät. Umgekehrt erhöht man L für stark leitende Lösungen
(Zellkonstante $K = 10 \text{ cm}^{-1}$)

Beispielrechnung einer Zellenkonstante

Fläche= 1cm², Abstand= 1 cm: k=1 Messumformer misst 0.002 S und berechnet: $0.002 \times 1 = 0.002 \text{ S/cm}$

Jede Leitfähigkeitssonde hat eine eigene Zellkonstante. Zeit, Häufigkeit der Anwendungen und Verschmutzungen führen jedoch dazu, dass sich die Zellkonstante verschiebt. Aus diesem Grunde wird empfohlen, die Zellkonstante durch Kalibrierung mit einer Leitwertlösung mit bekanntem Wert festzuhalten.