

---

# GELEIDBAARHEIDSSENSOR ML57M

## GEBRUIKERSHANDLEIDING



**CENTRUM VOOR MICROCOMPUTER APPLICATIES**

<http://www.cma-science.nl>

## Beschrijving

Geleidbaarheidssensor ML57m meet de geleidbaarheid van een oplossing in het drie bereiken tussen 0 en 20,000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

De geleidbaarheidssensor bestaat uit een geleidbaarheidselektrode en een versterker.

De elektrode is een eenvoudige 2 cel grafiet type met een ABS-behuizing.

De Geleidbaarheidssensor is een I2C digitale sensor, die geijkte waarden geeft van de gemeten grootte. Deze sensor kan worden aangesloten op interfaces die ondersteuning bieden voor I2C digitale sensoren zoals de CMA MoLab datalogger. De sensorkabel die nodig is om de sensor op de interface aan te sluiten wordt niet meegeleverd; sensorkabels worden meegeleverd bij de interfaces.

## Sensorspecificaties

Geleidbaarheidssensor ML72m is een digitale sensor die de gemeten geleidbaarheidswaarden omzet naar een digitale waarde via de 16-bit AD conversie. De maximale meetfrequentie van de sensor is 15 Hz.

## De werking van de sensor

De geleidbaarheidssensor meet de mate waarin een oplossing tussen twee elektroden elektrische stroom geleidt. Zouten en andere anorganische stoffen die in water oplossen vallen uiteen in elektrisch geladen ionen. Een verhoogde ionconcentratie leidt dus rechtstreeks tot een verhoogde geleiding. Bekende ionen die in water elektrische stroom geleiden zijn o.a. natrium, chloride, calcium en magnesium. Organische verbindingen zoals suikers, olieën en alcoholen vormen geen ionen.

Het principe waardoor de sensor geleidbaarheid meet is eenvoudig: de elektrode bestaat uit twee platen van grafiet (cellen) waarover een potentiaalverschil staat worden in het watermonster geplaatst waarna de stroom gemeten wordt. De Geleidbaarheidssensor meet eigenlijk de geleiding van de oplossing (de inverse van de weerstand), die wordt bepaald uit de spanning- en stroom waarden via de wet van Ohm ( $G = 1/R = I/V$ )

De specifieke celconstante (K) van de geleidbaarheidselektrode wordt gebruikt om de geleiding om te rekenen naar geleidbaarheid (C), deze is de cell geleiding vermenigvuldigd met de celconstante  $C = G \cdot K$ , waarin de celconstante bepaald wordt uit het quotient van de plaatafstand en het plaatoppervlak. De elektrode heeft een nominale celconstante K van  $1,0 \text{ cm}^{-1}$ .

Geleiding wordt uitgedrukt in de SI-eenheid Siemens (S). Een geleiding van 1 S is zeer hoog. De geleiding van een oplossing wordt meestal uitgedrukt in  $\mu\text{S}$  en de geleidbaarheid in  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Om te voorkomen dat alle ionen in de oplossing migreren naar de elektroden, maakt de sensor gebruik van wisselstroom. Met elke wisselstroomcyclus verandert de polariteit van de elektroden en keert de ionenstroom om. Dit voorkomt elektrolyse en polarisatie.

## IJking

De geleidbaarheidssensor is voorzien van een fabrieksiJking in  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . In het programma Coach kan de ijking worden verschoven of een nieuwe 3-punts ijking worden gemaakt. De gebruikersijking wordt opgeslagen in het permanente sensorgeheugen.

Voor nauwkeuriger metingen kan de sensor worden geijkt. Zorg eerst dat de elektrode schoon is, door de punt gedurende ca. 10 minuten in gedestilleerd water te zetten. Als dat niet mogelijk is, spoel de punt dan grondig met gedestilleerd water. Dep de buitenkant van de elektrodebehuizing droog met een papieren doek. Schud de elektrode krachtig om druppels uit de celkamer te verwijderen.

- **Nulpuntsijking**

Voor deze ijking eenvoudigweg uit met de elektrode buiten een oplossing (bijv. in lucht) te houden. Noem deze waarde 0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

- **Ijkpunt met standaardoplossing**

Plaats de sensor in een standaardoplossing (met bekende concentratie), bijvoorbeeld Natriumchloride Calibratiestandaard die equivalent is met 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Zorg dat de gehele langwerpige uitsparing van de elektrode is ondergedompeld in de oplossing. Wacht totdat de getoonde spanning stabiliseert. Voer dan de waarde in van de standaardoplossing, bijv. 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Voor nog nauwkeuriger resultaten, kan een 3-puntsijking worden uitgevoerd, met 3 standaardoplossingen die rond de verwachte geleidbaarheidswaarden liggen.

Voor een goede ijking is het essentieel dat u de beschikking heeft over nauwkeurige standaardoplossingen. Het is mogelijk om zelf standaardoplossingen te maken. De onderstaande tabel geeft daarvoor aanwijzingen.

Hoeveelheid NaCl voor 1 liter oplossing	Equivalente Geleidbaarheidswaarden
0,0474 g (47,4 mg/L)	100 $\mu\text{S}/\text{cm}$
0,491 g (491 mg/L)	1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
1,005 g (1005 mg/L)	2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
5,566 g (5566 mg/L)	10000 $\mu\text{S}/\text{cm}$

## Gegevens verzamelen

Deze Geleidbaarheidssensor werkt alleen met specifieke interfaces. Bij aansluiting op zo'n interface wordt de sensor automatisch herkend. Raadpleeg de handleidingen van de interface en de Coach-software voor gedetailleerde informatie over meten met sensoren.

Om te meten:

- Laat de punt van de Geleidbaarheidselektrode ca. 10 minuten inweken in gedestilleerd water. Als dat niet mogelijk is, spoel de punt dan grondig met gedestilleerd water.
- Dep de buitenkant van de elektrodebehuizing droog met schoon vloeipapier. Schud de elektrode krachtig om druppels uit de celkamer te verwijderen.
- Plaats de elektrode in het monster waarvan de geleidbaarheid bepaald moet worden. De vloeistof moet minstens 3 cm diep zijn om te zorgen dat de celkamer zich geheel in de vloeistof bevindt.
- Roer de oplossing zachtjes om luchtbelletjes die in de celkamer opgesloten kunnen zitten te verwijderen. Wacht 10 seconden totdat de aflezing stabiliseert.
- Als de meting plaatsvindt in een oplossing met een temperatuur buiten het bereik 10°C tot 35°C, is meer tijd nodig voordat de aflezing gestabiliseerd is.
- Als het experiment voorbij is, maak de elektrode dan grondig schoon, om te vermijden dat contaminatie optreedt bij het volgende gebruik van de elektrode.

**Waarschuwing:** Plaats de sensor *nooit* in visceuze, organische vloeistoffen als olie, glycerol en ethyleenglycol. Ook aceton en apolaire oplosmiddelen als pentaan en hexaan kunnen de sensor aantasten.

## Automatische temperatuurcompensatie

Temperatuur is van grote invloed op de geleidbaarheid. De geleidbaarheidssensor is daarom voorzien van een automatische temperatuurcompensatie die werkt tussen 5 °C en 35 °C. De meetwaarden worden gerefereerd aan geleidbaarheidswaarden bij 25 °C. Is de temperatuur van een oplossing 15 °C, dan geeft de sensor een waarde die hoort bij 25 °C. Zodoende is het mogelijk om één ijking te gebruiken bij metingen aan watermonsters van verschillende temperatuur. Zonder temperatuurcompensatie zou een verschil in geleidbaarheid optreden op basis van het temperatuurverschil bij gelijke ionconcentratie.

## Praktische informatie

- De elektrode van de Geleidbaarheidssensor moet schoon en vrij van vervuiling en andere aanslag worden bewaard. Reinig de elektrode na gebruik met gedestilleerd water en dep hem droog met vloeipapier.

- Vermijd krassen op de binnenoppervlakken van de celkamer van de elektrode. De elektrode kan droog worden bewaard.
- Als de celkamer van de elektrode vervuild is (en ook wanneer deze gebruikt is in oplossingen met een hoge ionenconcentratie, zet de celkamer dan ca. 15 minuten in een milde zeepoplossing. Zet hem daarna ca. 15 minuten in een verdunde zuuroplossing, zoals 0,1 M HCl of 0,5 M azijnzuur. Spoel hem daarna grondig met gedestilleerd water en dep hem droog.
- De belangrijkste reden voor onnauwkeurige metingen is vervuiling afkomstig van andere monsters. Zorg dat er geen druppeltjes van het ene monster in het andere monster terecht komen. Maak de elektrode steeds schoon met gedestilleerd water bij meting in verschillende monsters, en schud hem krachtig om druppeltjes te verwijderen. Droog hem in het ideale geval met warme lucht alvorens hem in de volgende oplossing te plaatsen.
- Zorg dat de watermonsters afgedekt zijn om verdamping te voorkomen. Het beste is de testflesjes tot de rand te vullen om te voorkomen dat een gas zoals koolstofdioxide oplost in het watermonster.
- Gebruik de sensor niet in een situatie die kan leiden tot beschadiging van de grafietplaten in de celkamer. Probeer de binnenkant van de cel niet te droog te vegen.
- De automatische temperatuurcompensatie werkt in het temperatuursbereik van 10 °C tot 35 °C. De sensor kan echter gebruikt worden in oplossingen met een temperatuur tussen 0 °C en 80 °C.
- De elektrode meet niet alleen geleidbaarheid tussen de grafietplaten, maar ook een veld aan de zijkant van de elektrode (zij het in mindere mate). In een nauw reactievat, kunnen de wanden interfereren met dit veld. Indien de elektrode te dicht bij de bovenkant van het vloeistofniveau wordt gehouden of bij andere objecten (bijv. de bodem van het bekersglas) kan dit leiden tot onjuiste meetwaarden.
- Er is geen exact verband tussen de geleidbaarheid in  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en de totale opgeloste hoeveelheid vaste stoffen (TDS – total dissolved solids) in ppm (parts per million). Experimenteel is bepaald dat er wel een benadering is voor speciale typen water: in water met een hogere gehalte keukenzout (NaCl), geldt  $\text{ppm TDS} = 0,5 \cdot \mu\text{S}/\text{cm}$ . Gebruik voor de meeste andere wateroplossingen een factor 0,67.

### **De Geleidbaarheidssensor gebruiken met andere ML-sensoren**

Het is erg belangrijk om te weten dat de Geleidbaarheidssensor de meetwaarden van een aantal andere sensoren beïnvloedt, *indien* deze geplaatst is in dezelfde oplossing (bijvoorbeeld in hetzelfde aquarium of bekersglas) *en* verbonden is met dezelfde interface (bijv. dezelfde MoLab). Dit komt omdat de geleidbaarheidssensor een signaal

produceert in de oplossing dat het signaal van sommige andere sensoren beïnvloedt, te weten: de zuurstofsensor (vloeistof), zoutgehaltesensor en de pH-sensor.

Meerdere van deze sensoren kunnen tegelijkertijd worden aangesloten op de interface, maar er kan er maar één tegelijkertijd (betrouwbare) metingen verrichten.

### **Suggesties voor experimenten**

Geleidbaarheid is één van de eenvoudigst meetbare milieu-parameters van water. Ook al blijft het onduidelijk welke specifieke ionen aanwezig zijn, biedt de sensor de mogelijkheid tot het uitvoeren van een groot aantal experimenten waarbij het bepalen van de totale ionconcentratie of het zoutgehalte van belang is:

- Onderzoeken van het verband tussen geleidbaarheid en ionconcentratie.
- Kwalitatieve verschillen in de geleidbaarheid aantonen tussen oplossingen van sterke en zwakke zuren, elektrolyten, niet-elektrolyten etc.
- Geleidbaarheidsverandering meten door fotosynthese van waterplanten ten gevolge van de afname van de waterstofcarbonaatconcentratie.
- Bepalen van de totale belasting aan opgeloste zouten in oppervlaktewater.
- Volgen van de reactiesnelheid van een reactie waarbij ionen worden gevormd of verbruikt.
- Bepalen van de diffusiesnelheid van ionen door een membraan zoals tijdens dialyse.
- Uitvoeren van een geleidbaarheidstitratie om te bepalen wanneer stoichiometrische hoeveelheden van twee stoffen gereageerd hebben.
- Geleidbaarheid volgen in een aquarium dat planten en dieren bevat. De veranderingen zijn het gevolg van fotosynthese en stofwisseling.

### **Voorbeelden van experimenten**

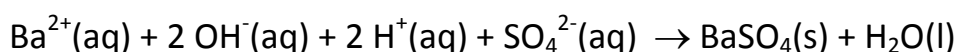
#### *Eigenschappen van oplossingen (van elektrolyten en niet-elektrolyten)*

Metten van de geleidbaarheid tijdens het toevoegen van een geconcentreerde NaCl-oplossing levert een lineair verband op tussen geleidbaarheid en ion-concentratie. Onderzoek oplossingen van suiker, NaCl, KCl en CaCl<sub>2</sub> (allen 0,005 M) op de geleidbaarheid. Het blijkt dat de waarden van de geleidbaarheid zich nagenoeg verhouden als het aantal ionen in oplossing per mol opgeloste stof.

Onderzoek naar de geleidbaarheid van oplossingen van sterke en zwakke zuren (allen 0,005 M) levert het volgende op: CH<sub>3</sub>COOH (142 μS), H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (1230 μS), HCl (1990 μS).

#### *Equivalentiepuntbepalen tijdens een titratie*

Tijdens de titratie van 0,01 M bariumhydroxide met 0,080 M zwavelzuur treedt bij het equivalentiepunt een minimum op in de geleidbaarheid. Er zijn dan nauwelijks ionen in oplossing.



### *Diffusie door membranen*

Een dialyse-slang gevuld met NaCl of KCl-oplossing hangt in gedestilleerd water. Het zout diffundeert door de slang. De diffusie is te volgen door de geleidbaarheid te meten. Onderzoek de afhankelijkheid tussen de diffusiesnelheid en het concentratieverschil van de oplossing binnen en buiten de slang.

### *Het nemen van watermonsters in zeewater en oppervlaktewater*

Bemonster zeewater, voor het bepalen van de gemiddelde geleidbaarheid, bij voorkeur op enige afstand van de kust en onder het wateroppervlak. Ook stilstaand oppervlaktewater dient onder het wateroppervlak bemonsterd te worden. Neem bijvoorkeur een aantal monsters op verschillende diepte. De menging van waterlagen in plassen met stilstaand water is sterk seizoenafhankelijk. Stromend oppervlaktewater is in het algemeen goed gemengd, bemonstering luistert dan minder nauw.

Hulpmiddelen voor het nemen van watermonsters staan in vele boeken over veldwerk beschreven. Steek in iedergeval niet de Geleidbaarheidsensor geheel onder water. Bij een te hoge waterdruk kan in de sensor lekkage ontstaan.

Het is aan te bevelen om de geleidbaarheid ter plekke te meten. De geleidbaarheid is echter niet dusdanig veranderlijk dat bepaling achteraf bezwaarlijk is. Enkele maatregelen die men moet nemen zijn:

- verdamping tegengaan door monsterpotjes goed af te sluiten
- monsterpotjes bij voorkeur tot de rand vullen om oplossen van koolstofdioxidegas tegen te gaan

Wijziging van de temperatuur wordt door de sensor automatisch gecompenseerd. Monsters die veel organismen bevatten zullen in het algemeen minder geschikt zijn voor bepalingen achteraf.

In open zee heeft zeewater een geleidbaarheid van circa 53.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (27.000 mg/L NaCl). Dit ligt buiten het bereik van de sensor (maximaal 20000  $\mu\text{S}$ ). Verdun daarom zeewater voor bepalingen van de geleidbaarheid met gedestilleerd water (bijvoorbeeld 25 mL zeewater op 100 mL oplossing) en reken de verdunning (1/4) achteraf terug.

## Technische specificaties

<i>Sensortype</i>	Digitaal: 16-bits resolutie (digitaalomzetting door de sensor) communicatie via I2C
<i>Meetbereik</i>	0 .. 20000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
<i>Resolutie</i>	0,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$
<i>Nauwkeurigheid</i>	$\pm 2\%$ na calibratie bij 25°C
<i>Responstijd</i>	98% van volle-schaal in 5 s, 100% in 15 s.
<i>Temperatuur</i> - compensatie - bereik	automatisch tussen 10°C en 35°C. tussen 2°C en 80°C
<i>Celconstante</i>	1,0 $\text{cm}^{-1}$
<i>Sensorafmetingen</i>	Behuizing: 60 x 18 x 16 mm
<i>Verbinding</i>	5-pins mini jackplug

### Garantie:

De Geleidbaarheidssensor ML57m is gegarandeerd vrij van materiaal- en constructiefouten gedurende 12 maanden na datum van aankoop mits deze onder normale laboratoriumomstandigheden wordt gebruikt. Deze garantie geldt niet als de sensor in een (lab)ongeluk beschadigd raakt of foutief is gebruikt.

---

*N.b.: Dit product is alleen voor onderwijskundige doeleinden geschikt. Het is niet geschikt voor industriële, medische, of commerciële doeleinden of onderzoek op hoog niveau.*

---