

Metrosensor-Elektroden



Präzision ist kein Zufall!

Inhaltsverzeichnis

Welche Elektrode für welche Applikation?	6-7	Zubehör	89-96
Elektroden für die pH-Messung	6	Zubehör zu Metrosensoren	90-91
Elektroden für die Titration	7	Ionenstandards, Pufferlösungen, Elektrolyte	92-93
		Elektrische Verbindungen	94-96
Elektrodenkatalog	8-87	Wie entsteht ein Metrosensor?	97-98
dTrodes – Digitale Elektroden für die OMNIS Plattform	8-9	Theoretische Grundlagen	99-120
iTrodes – Intelligente Elektroden für die Titrando Generation	10	1. Grundlagen der Potentiometrie	99-114
Unitrode und Solvotrode <i>easyClean</i> – Einfache Diaphragmareinigung per K(n)opfdruck	11	1.1. Messkettenaufbau	99
Getrennte pH-Glaselektroden	14-15	1.2. Vom gemessenen Potential zur Ionenkonzentration	99-100
Elektroden für die pH-Messung	16-19	1.3. Messelektroden	101-109
Elektroden für die pH-Titration	20-23	1.3.1. pH-Glaselektroden	101-105
Spezialelektroden für die pH-Messung/pH-Titration	24-27	1.3.2. Metallelektroden	105-107
Elektroden für die pH-Titration in HF-haltigen Medien	28-29	1.3.3. Ionenselektive Elektroden	107-109
Getrennte Metallelektroden	32-33	1.4. Bezugslektroden	109-114
Titroden – Die wartungsfreien Metallelektroden	34-35	1.4.1. Silber/Silberchlorid-Bezugssystem	109
Kombinierte Metallelektroden	36-37	1.4.2. Metrosensor «Long Life»-Bezugssystem	110
Elektroden für die Karl-Fischer-Titration	38-39	1.4.3. Diaphragmen	110-113
Ionenselektive Elektroden und Zubehör	42-45	1.4.4. Bezugslektrolyte und Brückenelektrolyte	114
Elektroden für die Tensidtitration und Zubehör	46-49	2. Grundlagen der Konduktometrie	115-119
Bezugslektroden	52-55	2.1. Allgemeines	115-118
Elektroden für die Spurenanalytik und CVS	58-59	2.2. Leitfähigkeitsmessung nach USP und Pharm. Europe (EP)	118-119
Referenz- und Hilfelektroden für die Spurenanalytik und CVS	60-61	3. Temperaturmessung	120
Elektroden für Metrohm Autolab RDE und RRDE	62-63	Anhang	122-133
Mikroelektroden	64-65	Technische Spezifikationen	122-133
Elektroden für die elektrochemische Quarzmikrowaage (EQCM)	66-67		
Dickfilmelektroden	68-69		
«Interdigitated» Elektroden/Mikroelektroden	70		
Leitfähigkeitsmesszellen für 912/914 Meter	74-75		
Leitfähigkeitsmesszellen für 856 Conductivity Module	76-77		
Konduktometrische Messzellen	78-79		
Temperaturfühler für die Stabilitätsmessung	80-81		
Temperaturfühler	82-83		
Sensor für die thermometrische Titration	84-85		
Sensor für die Photometrie	86-87		

4

Der Name Metrohm steht für langjährige Erfahrung in der Ionenanalytik – warum sollen Sie sich den Kopf zerbrechen, wenn wir es schon für Sie getan haben?

Metrohm-Applikation-Bulletins – Vorschriften, die garantiert funktionieren.

Die Metrohm-PACs (Potentiometric Analysis Collections) – sie beinhalten fertig ausgearbeitete Methoden, sind auf dem neuesten Stand der Technik und immer konform zu den jeweiligen Normen und Bestimmungen.

- **Surf PAC** – die wichtigsten Methoden in der Tensidanalytik.
- **Oil PAC** – die wichtigsten Methoden für die Analyse von Erdölprodukten.



- **Pharm PAC** – die wichtigsten Methoden für die Bestimmung von pharmazeutischen Wirkstoffen nach europäischen und US-Pharmakopöen.
- **Wine PAC** – die wichtigsten Methoden in der Weinanalytik.
- **Plate PAC** – die wichtigsten Methoden für die Analyse von galvanischen Bädern.
- **Food PAC** – die wichtigsten Methoden in der Nahrungsmittelanalytik.

Application Finder (9 results)

Refine by:

Enter search term / keyword

Water – drinking water, tap water x pH/Conductivity measurement x Environmental x Clear filters

Analyte / parameter v Sample Matrix v Method v Norm v Industry v ?

Sort by: Article Number (Z-A)

pH value, conductivity and titration in water and soil analysis
EN 4564

The rapid growth of the Earth's population has led to massive increases in the consumption of energy and resources and in the production of consumer products and chemicals. It is estimated that 17 million chemical compounds are currently on the market, of which 100,000 are produced on a large scale.

Diese und weitere Applikationen finden Sie unter:

www.metrohm.com/Applications

Holen Sie sich Ihr Know-how vom Marktführer!
www.metrohm.com

Elektrodenkatalog

Die Abbildungen der Artikel sind, sofern nicht anders angegeben, ungefähr in Originalgrösse.

Sofern nicht anders angegeben, sind alle kombinierten pH-Elektroden mit dem Bezugs elektrolyten $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$ (Bestellnummer 6.2308.020) gefüllt.

Die Abkürzung «LL-Bezugssystem» steht für das Metro-sensor-«Long Life»-Bezugssystem. Nähere Informationen hierzu finden Sie im Theorieteil, Kapitel 1.4.2.

«DJ» steht hier für «Double Junction». Diese Elektroden sind mit einer Brückenelektrolytkammer ausgerüstet; der Brückenelektrolyt ist auswechselbar, lässt sich also ans Messgut anpassen.

Ausführliche Informationen zu den technischen Spezifikationen sind im Anhang «Technische Spezifikationen» zu finden. Die elektrochemischen Parameter beziehen sich auf $25 \text{ }^\circ\text{C}$, die Ausflussraten auf einen hydrostatischen Druck einer 10 cm hohen Wassersäule. Mit «Schaftlänge» ist die Länge von der Elektrodenspitze bis zur Unterkante des Elektrodensteckkopfes bezeichnet. Die Einbaulänge ist die Länge von der Elektrodenspitze bis zur Oberkante des Normschliffes. Dies entspricht bei flexiblen Schliffhülsen der Länge bis unter die Elektrolyt-nachfüllöffnung. Alle flexiblen Schliffhülsen besitzen die Grösse Normschliff 14/15.

Materialabkürzungen:

EP	Epoxid
EVA	Ethylvinylacetat
PBT	Polybutylenterephthalat
PCTFE	Polychlortrifluoroethylen
PE	Polyethylen
PEEK	Polyetheretherketon
PMMA	Polymethylmethacrylat
POM	Polyoxymethylen
PP	Polypropylen
PPO	Polyphenylenoxid
PTFE	Polytetrafluorethylen
PVC	Polyvinylchlorid

Elektroden für die pH-Messung

6

Applikation	Einzelheiten	Elektrode	Bestellnummer	Seite
Universell	Klare, wässrige Lösungen, pH 0...14 Universeller Einsatz im Labor, pH 0...14 Routinemessung in gleichartigen Proben pH 1...11	Primatrobe mit NTC	6.0228.010	16
		Unitrode easyClean mit Pt1000	6.0260.010	18
		Ecotrode Gel mit NTC	6.0221.600	16
Wasser	Allgemein (demineralisiertes Wasser, Trinkwasser, Prozesswasser, Meerwasser Umweltbereich)	Aquatrode Plus mit Pt1000	6.0257.600	18
Abwasser	Allgemein Sulfidhaltige Abwässer	Unitrode easyClean	6.0260.010	18
		Profitrode ^x	6.0255.100	20
Bodenproben	Allgemein (wässrige Suspensionen)	Flachmembran-Elektrode ^x	6.0256.100	24
Landwirtschaft Gartenbau Pflanzenzucht	Dünger	Unitrode mit Pt1000	6.0258.600	18
	Eiweisshaltige Lösungen	Porotrode ^x	6.0235.200	24
	Jauche	Profitrode ^x	6.0255.100	20
	Kleine Probenvolumina, Nährböden	Biotrode ^x	6.0224.100	24
	Nährlösungen	Viscotrode ^x	6.0239.100	26
Lebensmittel Genussmittel	Allgemein	Unitrode mit Pt1000	6.0258.600	18
	Eiweisshaltige Lebensmittel, Bier	Porotrode ^x	6.0235.200	24
	Brot, Fleisch, Käse, Teig (Einstichmessungen)	Einstichelektrode mit Pt1000	6.00226.600	24
	Frucht- und Gemüsesäfte, Wein, Spirituosen	Unitrode easyClean mit Pt1000	6.0260.010	18
	Trinkwasser	Aquatrode Plus mit Pt1000	6.0257.600	18
Pharmazie Biologie	Cremes, Flüssigformulierungen, Medizinisierup, Mundspüllösungen, Rohstoffkontrolle gemäss Pharmakopöen Dialyselösungen, Urin Eiweisshaltige Lösungen Infusionslösungen Kleine Probenvolumina, Magensaft, Serum Pilotanlage	Viscotrode ^x	6.0239.100	26
		Unitrode easyClean mit Pt1000	6.0260.010	18
		Porotrode ^x	6.0235.200	24
		Aquatrode Plus mit Pt1000	6.0257.600	18
		Biotrode ^x	6.0224.100	24
		Syntrode mit Pt1000	6.0248.600	26
Kosmetik	Allgemein (Emulsionen, Shampoos, Duschbäder, Flüssigseifen, Lotionen, Mundspülungen, Parfüms) Haut (Oberflächen) Make-up	Viscotrode ^x	6.0239.100	26
		Flachmembran-Elektrode ^x	6.0256.100	24
		Mikro-Elektrode	6.0234.100	26
Waschmittel Detergenzien	Allgemein (Reiniger, Spülmittel, Waschmittel, Tensidlösungen) Proben mit pH-Werten >10 Hochviskose Proben	Viscotrode ^x	6.0239.100	26
		Profitrode ^x	6.0255.100	20
		Unitrode mit Pt1000	6.0258.600	18
Leder Papier Textilien	Bleich- und Färbereibäder, Gerblaugen Feuchtwasser für Offsetdruck, Leim Leder, Papier, Textilien (Oberfläche) Waschlaugen	Profitrode ^x	6.0255.100	20
		Unitrode easyClean mit Pt1000	6.0260.010	18
		Flachmembran-Elektrode ^x	6.0256.100	24
		Viscotrode ^x	6.0239.100	26
Farben Lacke Lösungsmittel	Beizen (Holz), Farbbäder, Tinten Dispersionen, Emulsionen, Harze, Lacke, Suspensionen Farbanstriche (Oberflächen) Nichtwässrige, polare Lösungsmittel	Profitrode ^x	6.0255.100	20
		Unitrode easyClean mit Pt1000	6.0260.010	18
		Flachmembran-Elektrode ^x	6.0256.100	24
		EtOH-Trode ^x	6.0269.100	18
Galvanik Metallverar- beitung	Allgemein (Ätz-, Beiz- und Entfettungsbäder, alkalische Galvanik- und Phosphatierbäder) Saure Galvanikbäder Bohrölemulsionen	Profitrode ^x	6.0255.100	20
		Unitrode mit Pt1000	6.0258.600	18
		Viscotrode ^x	6.0239.100	26
Spezielle Anwendungen	Einstichmessungen Eiweisshaltige Lösungen Proben mit pH-Werten >12 und Temperatur 50...80 °C Temperatur 80...100 °C	Einstichelektrode mit Pt1000 ^x	6.00226.600	24
		Porotrode ^x	6.0235.200	24
		Unitrode mit Pt1000	6.0258.600	18
	Ionenarme, schlecht gepufferte Lösungen Kleine Probenvolumina	Unitrode mit Pt1000 Bezugselektrolyt: Idrolyt	6.0258.600	18
		Aquatrode Plus mit Pt1000	6.0257.600	18
		Biotrode ^x	6.0224.100	24
		Flachmembran-Elektrode ^x	6.0256.100	24
	Oberflächenmessungen Fotobäder, konzentrierte Säuren	Flachmembran-Elektrode ^x	6.0256.100	24
		Profitrode ^x	6.0255.100	20
		Unitrode easyClean mit Pt1000	6.0260.010	18
	Emulsionen/Suspensionen Ethanolhaltige Treibstoffe/E85	Unitrode easyClean mit Pt1000	6.0260.010	18
		EtOH-Trode ^x	6.0269.100	18

^x Die Verwendung eines externen Temperaturfühlers (z. B. 6.1114.010 oder 6.1110.100) wird empfohlen

Elektroden für die Titration

Applikation	Einzelheiten	Elektrode	Bestellnummer	Seite
Wässrige Säure/Base-Titrationsen	Allgemein	Ecotrode Plus	6.0262.100	20
	Routinemessung in gleichartigen Proben	Ecotrode Gel	6.0221.100	20
	Alkalische Proben, Bayerlaugen	Unitrode	6.0259.100	20
	Titrationsen bei hohen Temperaturen	Unitrode Bezugselektrolyt: Idrolyt	6.0259.100	20
	Säuregehalt alkoholischer Getränke	Unitrode easyClean mit Pt1000	6.0260.010	18
	Titrationsen mit kleinen Probenvolumina	Mikro-Elektrode	6.0234.100	26
		Flachmembran-Elektrode	6.0256.100	24
	Titrationsen in ionenarmen wässrigen Medien	Aquatrode Plus	6.0253.100	22
	Carbonathärte, Säurekapazität von Wasser, p- & m-Wert	Aquatrode Plus mit Pt1000	6.0257.600	18
	Galvanik-, Ätz- und Phosphatierbäder	Profitrode	6.0255.100	20
	Ätzbäder, fluorid- oder flusssäurehaltig	Solitrode HF	6.0223.100	28
		Kombinierte Antimon-Elektrode	6.0421.100	28
	Porotrode	6.0235.200	24	
Nichtwässrige Säure/Base-Titrationsen	Titrationsen mit Perchlorsäure, Cyclohexylamin, alkoholischer HCl, Bestimmung der Basenzahl (TBN) von Erdölprodukten	Solvotrode easyClean mit c(LiCl) = 2 mol/L in Ethanol	6.0229.010	22
	Titrationsen mit alkoholischer KOH, NaOH und TBAOH, Kalium-Methylat, Bestimmung der Säurezahl (TAN) von Erdölprodukten, freie Fettsäuren/ Hydroxylzahl in Ölen und Fetten	Solvotrode easyClean mit c(TEABr) = 0.4 mol/L in Ethylenglycol	6.0229.010	22
Redox-Titrationsen	Titrationsen ohne Veränderung des pH-Wertes	Pt-Titrode	6.0431.100	34
	Titrationsen mit Veränderung des pH-Wertes	Kombinierte Pt-Ringelektrode	6.0451.100	36
	Titriermittel: Arsenit, Cersulfat	Kombinierte Au-Ringelektrode	6.0452.100	36
	Eisen(III), Iod, Kaliumbromat	Kombinierte Au-Ringelektrode	6.0452.100	36
	Natriumnitrit	Pt-Titrode	6.0431.100	34
	Oxalsäure, Permanganat, Thiosulfat, Titan(III), Hg(NO ₃) ₂	Doppel-Pt-Blechelektrode	6.0309.100	32
	Doppel-Au-Ringelektrode	6.00353.100	32	
Karl-Fischer-Titrationsen	Wasserbestimmung nach Karl Fischer	Doppel-Pt-Drahtelektrode	6.0338.100	38
Fällungstitrationsen	Chlorid allgemein, Kochsalzgehalt in Lebensmitteln	Ag-Titrode	6.00430.100	34
	Titriermittel: Silbernitrat	Ag-Titrode mit Ag ₂ S-Überzug	6.00430.100S	34
	Titrationsen nach Pharm. Europe & USP	Ag-Titrode mit Ag ₂ S-Überzug	6.00430.100S	34
	Bestimmung von Schwefelwasserstoff, Mercaptanen, Carbonylsulfiden, Sulfiden	Ag-Titrode mit Ag ₂ S-Überzug	6.00430.100S	34
	Chlorid, Bromid, Iodid und Cyanid in Galvanikbädern	Ag-Titrode mit Ag ₂ S-Überzug	6.00430.100S	34
	Fluorid/Flusssäure in Ätzbädern	F-ISE – Kristallmembran	6.0502.150	42
Komplexometrie	Rücktitration des Ba ²⁺ -Überschusses mit EDTA	Kombinierte Ca ²⁺ -ISE-Polymermembran	6.0510.100	42
	Bestimmung von Ca ²⁺ , Mg ²⁺ in wässrigen Lösungen (nach AB 125)	Kombinierte Ca ²⁺ -ISE-Polymermembran	6.0510.100	42
	Bestimmung von Al, Ba, Bi, Ca, Cd, Co, Fe, Mg, Ni, Pb, Zn	Cu ²⁺ -ISE-Kristallmembran	6.0502.140	42
Photometrische Titrationsen	Titrationsen in wässrigen und nicht-wässrigen Lösungen	Optrode	6.1115.000	86
Tenside in nicht-wässrigen Medien	Titration von anionischen und kationischen Tensiden, Titrationsen in Chloroform, ölhaltigen Formulierungen wie Kühlschmierstoffe, Bohr- und Schneideöle, ölhaltigen Duschbäder, pH<10	Surfactrode Resistant	6.0507.130	46
	Titration von anionischen und kationischen Tensiden, Titration von Tensid-Formulierungen, Waschpulvern, Seifen, pH>10	Surfactrode Refill	6.0507.140	46
Tenside in wässrigen Medien	Titration von kationischen Tensiden	«Cationic Surfactant»-Tensidelektrode	6.0507.150	46
	Titration von anionischen Tensiden	«Ionic Surfactant»-Tensidelektrode	6.0507.120	46
	Titration von nichtionischen Tensiden Titration von pharmazeutischen Wirkstoffen mit Natriumtetraphenylborat	NIO-Elektrode	6.0507.010	46

dTodes – Digitale Elektroden für die OMNIS Plattform

8

dTodes – Einfach leichter

Die neueste Generation intelligenter, digitaler Elektroden – die dTodes – wurden spezifisch für die OMNIS Plattform entwickelt. Die dTodes kombinieren die Messelektrode und den Messverstärker in einem robusten und schlanken Sensor.

Das Messsignal wird bereits im Elektrodenkopf in ein digitales Signal umgewandelt und durch optische Datenübertragung an den Titrator übermittelt. Damit ist der Sensor elektrostatisch vom Titrator entkoppelt, wodurch Interferenzen verhindert werden und ein rauscharmes Messsignal erzielt wird.

Alle relevanten Sensordaten, wie Artikel- und Seriennummer, Kalibrierdatum, Lebensdauer und Kalibriergültigkeit, werden automatisch auf dem integrierten Datenchip abgespeichert. Dadurch kann die dTode ohne erneute Kalibrierung an verschiedenen Systemen verwendet werden und Verwechslungen sind ausgeschlossen.

LED für Sensorstatus

Beim Anschliessen einer dTode an einen OMNIS Titrator wird sie automatisch von der OMNIS Software erkannt und in deren Sensorliste gespeichert. Sofort werden alle Parameter des Sensors geladen und auf ihre Gültigkeit überprüft. Sollte ein Problem mit dem Sensor bestehen, etwa ein ungültiger Sensorparameter, erkennt der Anwender das sofort an der Farbe der integrierten LED. So kann nichts mehr schief gehen!



Bestellinformationen

dUnitrode mit Pt1000	6.00200.300
dEcotrode plus	6.00201.300
dAquatrode plus mit Pt1000	6.00202.300
dSolvotrode	6.00203.300
dProfitrode	6.00204.300
dAg-Titrode	6.00404.300
dAg Titrode mit Ag ₂ S-Überzug	6.00404.300S
dPt-Titrode	6.00401.300
dAg-Ringelektrode	6.00402.300
dPt-Ringelektrode	6.00403.300
dCalcium-ISE, kombiniert	6.00502.300
Digitales Messmodul	6.02100.010

6.00502.300

6.00402.300

6.00204.300

6.00404.300

9



6.02100.010

iTrodes – Intelligente Elektroden für die Titrandogeneration

Einfache digitale Erfassung

Die iTrodes enthalten einen Datenchip, auf welchem alle relevanten Sensordaten wie Artikel- und Seriennummer, Kalibrierdaten, Lebensdauer und Gültigkeitsdauer der Kalibrierung abgespeichert sind.

Beim Anschließen der iTrode an das Messgerät werden diese Daten eingelesen. Verwechslungen oder Eingabefehler werden dadurch ausgeschlossen und jedes Analyseergebnis lässt sich bis zur verwendeten Elektrode zurückverfolgen.

Digitale Datenübertragung

Das analoge Messsignal der iTrode wird direkt am Sensor durch den Analog/Digital-Wandler im 854 iConnect (2.854.0010) in einen digitalen Impuls umgewandelt. Dieses digitale Signal ist nicht mehr anfällig gegen elektrostatische Einflüsse und eine störungsfreie Übertragung auf das Messgerät ist garantiert.

iTrodes können mit den 913 und 914 pH Metern, dem 916 Ti-Touch oder den 888 und 90X Titrandos eingesetzt werden.



Bestellinformationen

iAquatrode Plus mit Pt1000	6.0277.300
iUnitrode mit Pt1000	6.0278.300
iSolvotrode	6.0279.300
iEcotrode Plus	6.0280.300
iAg-Titrode	6.00470.300
iAg-Titrode mit Ag ₂ S-Überzug	6.00470.300S
iPt-Titrode	6.0471.300
iAg-Ringelektrode, kombiniert	6.00450.300
iPt-Ringelektrode, kombiniert	6.0451.300
iConnect	2.854.0010

Unitrode und Solvotrode *easyClean* – Einfache Diaphragmareinigung per K(n)opfdruck

Einfache Reinigung des Diaphragmas: Einmaliges Drücken auf den Elektrodenkopf genügt und der Elektrolyt fließt aus. Das Diaphragma muss so zur Reinigung nicht mehr angefasst werden.

Highlights

- Einfache und kontaktfreie Reinigung des Diaphragmas
- Bessere Genauigkeit und Reproduzierbarkeit des Elektrolytausflusses (Glas auf Glas, die Feder im Kopf führt zur definierten Ausgangsposition zurück)
- Geringere Eintauchtiefe des Sensors durch Optimierung der Membranform erreicht



Bestellinformationen:

Unitrode <i>easyClean</i> mit Pt1000, Fixkabel, Stecker F	6.0260.010
Unitrode <i>easyClean</i> mit Pt1000, Fixkabel 2 m, Stecker F	6.0260.020
Solvotrode <i>easyClean</i> , Fixkabel, Stecker F	6.0229.010
Solvotrode <i>easyClean</i> , Fixkabel 2 m, Stecker F	6.0229.020





Geben Sie Ihrer Messung den Feinschliff!

Höchste Präzision und leichte Pflege – das sind die beiden herausragenden Eigenschaften von Unitrode und Aquatrode Plus. Der konstante Elektrolytausfluss des gegen Verschmutzung weitgehend unempfindlichen Festschliffdiaphragmas garantiert ein rauscharmes Messsignal selbst in schwierigen Proben und unabhängig von den Messbedingungen. Weitere Details finden Sie im Theorieteil auf Seite 111.

Getrennte pH-Glaselektroden

14

Getrennte pH-Glaselektrode

- Elektrisch abgeschirmt
- Blaues T-Glas für zuverlässige Ergebnisse, wie z. B. in der Differenzpotentiometrie in nichtwässrigen Medien
- Optimale Länge für Probenwechsleranwendungen

Technische Spezifikationen

pH-Bereich	0...14
Temperaturbereich	0...80 °C
Einbaulänge	142 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	15 mm
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf G

Differenzpotentiometrie

Für die Differenzpotentiometrie werden neben der Messelektrode noch eine Bezugslektrode und eine zusätzliche Hilfselektrode benötigt. Die Abschirmung der Bezugslektrode muss mit derjenigen der Messelektrode identisch sein.

Bezugslektroden für die Differenzpotentiometrie (siehe Abschnitt «Bezugslektroden»)

- Ag/AgCl-DJ-Bezugslektrode, Länge 100 mm, Metrohm-Steckkopf G
Ohne Elektrolytfüllung, ohne Kabel 6.0729.100
- Ag/AgCl-DJ-Bezugslektrode, Länge 138 mm, Metrohm-Steckkopf G
Ohne Elektrolytfüllung, ohne Kabel 6.0729.110

Hilfselektroden für die Differenzpotentiometrie, Metrohm-Steckkopf B (siehe Abschnitt «getrennte Metallelektroden»)

Getrennte Pt-Draht-Elektrode	6.0301.100
Getrennte Pt-Stift-Elektrode	6.1241.040 + 6.1248.000
Getrennte Pt-Ring-Elektrode	6.0351.100

**Bestellinformationen**

Getrennte pH-Glaselektrode, ohne Kabel

6.0150.100

Elektroden für die pH-Messung

16

Die Primatrode mit NTC – der kostengünstige Einstieg in die GLP-konforme pH-Messung

- Für niederschlags-, protein- und sulfidfreie Lösungen
- Langlebige Standardelektrode
- Bruchsicherer Kunststoffschafft
- Stossschutz für die Glasmembran
- Langzeitstabiles LL-Bezugssystem
- Variante 6.0228.020 mit wasserdichtem Stecker I für die Verwendung mit dem 913/914 pH Meter (IP67)

Technische Spezifikationen

Primatrode

Schaftmaterial	PP
pH-Bereich	0...14
Temperaturbereich	0...80 °C
Temperaturfühler	NTC
Diaphragma	Keramikstift
Einbaulänge	113 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	15 mm

Die Solitrode mit Pt1000 – robust und zuverlässig, ideal für den Routineeinsatz im Labor

- Für niederschlags-, protein- und sulfidfreie Lösungen
- Langlebige Standardelektrode
- Bruchsicherer Kunststoffschafft
- Stossschutz für die Glasmembran
- Langzeitstabiles LL-Bezugssystem

Technische Spezifikationen

Solitrode

Schaftmaterial	PP
pH-Bereich	0...14
Temperaturbereich	0...80 °C
Temperaturfühler	Pt1000
Diaphragma	Keramikstift
Einbaulänge	113 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	15 mm

Ecotrode Gel – die wartungsfreie Lösung

- Ideal für Routinemessungen in gleichartigen Proben
- Die Lösung für Polymerdispersionen (wasserbasierte Dispersionsfarbstoffe und Klebstoffe wie Acrylsäureester, Styrole; Butylacrylate)
- Wartungsfrei
- Alterungsindikator
- Langzeitstabiles LL-Bezugssystem

Technische Spezifikationen

Ecotrode Gel

Schaftmaterial	Glas
pH-Bereich	1...11
Temperaturbereich	0...60 °C
Temperaturfühler	NTC
Diaphragma	Twin pore
Einbaulänge	125 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	20 mm
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf U

So lagern Sie Ihre Elektroden richtig:

Schnelligkeit ist keine Hexerei, sondern eine Frage der Aufbewahrung! Metrohm empfiehlt für alle kombinierten pH-Glaselektroden mit $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$ als Bezugselektrolyt die patentierte Aufbewahrungslösung (6.2323.000). Diese verhindert das Altern der Glasmembran und garantiert dadurch schnelle Ansprechzeiten wie am ersten Tag. Weitere Informationen finden Sie im Theorieteil im Kapitel 1.3.1. «pH-Glaselektroden».



Primatrode
der kostengünstige
Einstieg in die GLP-
konforme pH-Messung



Solitrode
Robust und zuverlässig
beim Routineinsatz
im Labor



Ecotrode Gel
die wartungsfreie
Lösung



Bestellinformationen

Primatrode mit NTC, Fixkabel (1.2 m) mit Stecker F + 1 x B (2 mm)	6.0228.010
Primatrode mit NTC, Fixkabel (1.2 m) mit Stecker I (IP67) + 1 x B (2 mm)	6.0228.020
Solitrode mit Pt1000, ohne Kabel, Steckkopf U	6.0228.600
Solitrode ohne Temperaturfühler, ohne Kabel	6.0220.100
Ecotrode Gel mit NTC, ohne Kabel, Steckkopf U	6.0221.600
Ecotrode Gel ohne Temperaturfühler, ohne Kabel	6.0221.100

Elektroden für die pH-Messung

18

Die Unitrode mit Pt1000 – High Performance in schwierigen Proben und bei hohen pH-Werten

- Universell einsetzbar, selbst in Farbstoffen, Pigmenten, Tinten, Suspensionen, Harzen und Polymeren
- Gegen Verschmutzung unempfindliches Festschliffdiaphragma
- Hohe Temperaturbeständigkeit und sehr geringer Alkalifehler
- Kurze Einstellzeiten bei Temperaturveränderungen
- Aussenelektrolyt Idrölyt für Temperaturen von 80...100 °C
- Langzeitstabiles LL-Bezugssystem

Technische Spezifikationen

Unitrode

Schaftmaterial	Glas
pH-Bereich	0...14
Temperaturbereich	0...100 °C
Temperaturfühler	Pt1000
Diaphragma	Festschliff
Einbaulänge	125 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	25 mm

Die Aquatrode Plus mit Pt1000 – ideal für wässrige, schlecht gepufferte Lösungen

- Spezial-Elektroden Glas: präzise Messwerte und sehr kurze Ansprechzeiten, selbst in ionenarmen, schlecht gepufferten Lösungen wie Trink-, Oberflächen- und Regenwasser und anderen schlecht leitenden Lösungen
- Wartungsfreier Bezugs-elektrolyt (Gel)
- Variabler Brückenelektrolyt für Spezialanwendungen
- Gegen Verschmutzung unempfindliches Festschliffdiaphragma
- Optimierte Länge für Probenwechsleranwendungen
- Langzeitstabiles LL-Bezugssystem

Technische Spezifikationen

Aquatrode Plus

Schaftmaterial	Glas
pH-Bereich	0...13
Temperaturbereich	0...60 °C
Temperaturfühler	Pt1000
Diaphragma	Festschliff
Einbaulänge	135 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	20 mm

EtOH-Trode – die Spezialistin für Ethanol

- Zur pHe-Messung in Ethanol entwickelt
- Spezial-Membranglas
- Sehr präzises Schliffdiaphragma
- Double-Junction System zur freien Wahl des Elektrolyten (z.B. 3 M KCl in ASTM D 6423, 1 M LiCl in EN 15490).
- Langzeitstabiles LL-Bezugssystem

Technische Spezifikationen

EtOH-Trode

Schaftmaterial	Glas
pH-Bereich	0...13
Temperaturbereich	0...80 °C
Diaphragma	Festschliff
Einbaulänge	125 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	20 mm
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf G

Wellness für die Elektrode

Nur eine präventive und regelmässige Pflege der Glasmembran und des Diaphragmas garantiert auf lange Zeit zuverlässige Messergebnisse. Eine Reinigung durch Ätzung mit toxischen Chemikalien oder eine mechanische Behandlung des Diaphragmas ist nicht nur kompliziert und teuer, sondern beschleunigt zudem die Alterung der pH-Glaselektrode. Das Pflegeset (6.2325.000, S. 92) wurde für eine einfache und sanfte Reinigung von pH-Glaselektroden mit Flüssig-elektrolyt entwickelt. Durch eine regelmässige Anwendung kann deren Lebensdauer deutlich verlängert werden.



EtOH-Trode

Die Spezialistin für die pHe-Messung



Unitrode

High-Performance auch in schwierigen Proben und bei hohen Temperaturen



Aquatrode Plus

Schnelle Ansprechzeiten und höchste Präzision in schlecht gepufferten Lösungen dank Spezial- Elektrodenglas und Festschliffdiaphragma



Bestellinformationen

Unitrode easyClean mit Pt1000, Fixkabel (1.2 m) Stecker F + 1 x B (2mm)	6.0260.010
Unitrode easyClean mit Pt1000, Fixkabel (2 m) Stecker F + 1 x B (2mm)	6.0260.020
Unitrode ohne Temperaturfühler, ohne Kabel	6.0259.100
Unitrode mit Pt1000, ohne Kabel, Steckkopf U	6.0258.600
iUnitrode mit Pt1000	6.0278.300 ¹
dUnitrode mit Pt1000	6.00200.300 ²
Aquatrode Plus mit Pt1000, ohne Kabel, Steckkopf U	6.0257.600
Aquatrode Plus ohne Temperaturfühler, ohne Kabel	6.0253.100
iAquatrode Plus mit Pt1000	6.0277.300 ¹
dAquatrode Plus mit Pt1000	6.00202.300 ²
EtOH-Trode ohne Temperaturfühler, ohne Kabel	6.0269.100

¹ Weitere Informationen zum Thema iTrodes finden Sie auf S. 10.

² Weitere Informationen zum Thema dTrodes finden Sie auf S. 8.

Elektroden für die pH-Titration

20

Ecotrode Gel – die wartungsfreie Lösung

- Ideal für Routinemessungen in gleichartigen Proben
- Wartungsfrei
- Alterungsindikator
- Langzeitstabiles LL-Bezugssystem

Technische Spezifikationen

Ecotrode Gel

Schaftmaterial	Glas
pH-Bereich	1...11
Temperaturbereich	0...60 °C
Diaphragma	Twin pore
Einbaulänge	125 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	20 mm
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf G

Die Ecotrode Plus – hohe Ausdauer im Routineeinsatz zum fairen Preis

- Für Säure/Base-Titrationen in verschiedenartigen Lösungen
- Gegen Verschmutzung unempfindliches Festschliffdiaphragma
- Ideal für den routinemässigen Laborgebrauch
- Langzeitstabiles LL-Bezugssystem

Technische Spezifikationen

Ecotrode Plus

Schaftmaterial	Glas
pH-Bereich	0...13
Temperaturbereich	0...80 °C
Diaphragma	Festschliff
Einbaulänge	125 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	20 mm
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf G

Die Profitrode – professionelles Arbeiten in schwierigsten Matrices

- Für schwierige Matrices (Galvanikbäder, Niederschläge, sulfidhaltige Proben etc.)
- Flexibles Schliffdiaphragma, besonders leicht zu reinigen
- Double-Junction-Bauweise
- In verschiedenen Längen erhältlich (113/170/310 mm)
- Langzeitstabiles LL-Bezugssystem

Technische Spezifikationen

Profitrode

Schaftmaterial	Glas
pH-Bereich	0...14
Temperaturbereich	0...80 °C
Diaphragma	Flexibler Schliff
Einbaulänge	113/170/310 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	30 mm
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf G

Die Unitrode – High Performance in schwierigen Proben und bei hohen pH-Werten

- Universell einsetzbar, selbst in Farbstoffen, Pigmenten, Tinten, Suspensionen, Harzen und Polymeren
- Gegen Verschmutzung unempfindliches Festschliffdiaphragma
- Hohe Temperaturbeständigkeit und sehr geringer Alkalifehler
- Kurze Einstellzeiten bei Temperaturveränderungen
- Aussenelektrolyt Idrolyt für Temperaturen von 80...100 °C
- Langzeitstabiles LL-Bezugssystem

Technische Spezifikationen

Unitrode

Schaftmaterial	Glas
pH-Bereich	0...14
Temperaturbereich	0...100 °C
Diaphragma	Festschliff
Einbaulänge	125 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	25 mm



Ecotrode Gel
wartungsfrei
Routinemessung

Ecotrode Plus
Hohe Ausdauer im
Routineinsatz
zum fairen Preis

Profitrode
Professionelles Arbeiten in
schwierigsten Matrices

Unitrode
High Performance in schwierigen
Proben und
bei hohen pH-Werten

Bestellinformationen

Ecotrode Gel ohne Temperaturfühler, ohne Kabel	6.0221.100
Ecotrode Plus, ohne Temperaturfühler, ohne Kabel	6.0262.100
iEcotrode Plus, ohne Temperaturfühler	6.0280.300 ¹
dEcotrode Plus, ohne Temperaturfühler	6.00201.300 ²
Profitrode, Länge 113 mm, ohne Kabel	6.0255.100
Profitrode, Länge 170 mm, ohne Kabel	6.0255.110
Profitrode, Länge 310 mm, ohne Kabel	6.0255.120
dProfitrode, ohne Temperatursensor	6.00204.300 ²
Unitrode easyClean mit Pt1000, Fixkabel (1.2 m) Stecker F + 1 x B (2mm)	6.0260.010
Unitrode easyClean mit Pt1000, Fixkabel (2 m) Stecker F + 1 x B (2mm)	6.0260.020
Unitrode ohne Temperaturfühler, ohne Kabel	6.0259.100
Unitrode mit Pt1000, ohne Kabel, Steckkopf U	6.0258.600
iUnitrode mit Pt1000	6.0278.300 ¹
dUnitrode mit Pt1000	6.00200.300 ²

¹ Weitere Informationen zum Thema iTrodes finden Sie auf S. 10.

² Weitere Informationen zum Thema dTrodes finden Sie auf S. 8.

Elektroden für die pH-Titration

22

Die Aquatrode Plus – ideal für wässrige, schlecht gepufferte Lösungen

- Präzise Messwerte und sehr kurze Ansprechzeiten in ionenarmen oder schlecht gepufferte Lösungen – wie Trink-, Oberflächen- und Regenwasser – dank Spezial-Membranglas und optimiertem, gegen Verschmutzung unempfindlichem Festschliff-diaphragma
- Wartungsfreier Bezugs elektrolyt (Gel)
- Variabler Brückenelektrolyt für Spezialanwendungen
- Langzeitstabiles LL-Bezugssystem

Technische Spezifikationen

Aquatrode Plus

Schaftmaterial	Glas
pH-Bereich	0...13
Temperaturbereich	0...60 °C
Diaphragma	Festschliff
Einbaulänge	135 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	20 mm
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf G

Die Solvotrode easyClean – Platz sparende Alternative für die Titration in nichtwässrigen Medien

- Für nichtwässrige Titrations im Pharmabereich
- Für die Bestimmung von TAN/TBN nach ASTM D4739, D2896 und D664 und DIN ISO 3771 und DIN EN 12634
- Bezugs elektrolyt: LiCl(sat) in Ethanol
- Schnelles Ansprechen und stabile Messwerte in organischen Lösungsmitteln
- Abschirmung gegen elektrostatische Effekte
- easyClean-Diaphragma, besonders leicht und berührungsfrei zu reinigen
- Langzeitstabiles LL-Bezugssystem

Technische Spezifikationen

Solvotrode easyClean

Schaftmaterial	Glas
pH-Bereich	0...14
Temperaturbereich	0...70 °C
Diaphragma	Flexibler Schliff
Einbaulänge	125 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	20 mm

Trinkwasseranalytik – ist es egal, bei welcher Rührgeschwindigkeit titriert wird?

Beim Rühren in ionenarmen Lösungen treten an pH-Elektroden mit Keramiktiftdiaphragma Strömungspotentiale auf, die den Messwert verfälschen. Bei einer SET-Titration, z. B. bei einer Titration auf einen definierten pH-Wert, kann es erhebliche Auswirkungen auf die Richtigkeit des Ergebnisses haben, wenn am Ausgangs- bzw. am Endpunkt der Titration ein falscher Wert gemessen wird. Warum Sie dieses Problem mit der Aquatrode Plus getrost vergessen können, erfahren Sie auf Seite 111.



Solvotrode

Platz sparende Alternative für die Titration in nichtwässrigen Medien



Aquatrode Plus

Schnelle Ansprechzeiten und höchste Präzision in schlecht gepufferten Lösungen dank Spezial-Elektroden Glas und Festschliffdiaphragma



Bestellinformationen

Aquatrode Plus ohne Temperaturfühler, ohne Kabel	6.0253.100
Aquatrode Plus mit Pt1000, ohne Kabel, Steckkopf U	6.0257.600
iAquatrode Plus mit Pt1000	6.0277.300 ¹
dAquatrode Plus mit Pt1000	6.00202.300 ²
Solvotrode easyClean, Fixkabel (1.2 m) Stecker F	6.0229.010
Solvotrode easyClean, Fixkabel (2 m) Stecker F	6.0229.020
iSolvotrode	6.0279.300 ¹
dSolvotrode	6.00203.300 ²

¹ Weitere Informationen zum Thema iTrodes finden Sie auf S. 10.

² Weitere Informationen zum Thema dTrodes finden Sie auf S. 8.

Spezialelektroden für die pH-Messung/pH-Titration

24

Die Biotrode – pH-Messung in kleinen Volumina

- Sehr geringe Eintauchtiefe und sehr geringer Durchmesser der Elektroden spitze (3 mm), hervorragend geeignet für kleine Messgefäße
- Für eiweisshaltige Proben und Lösungen mit organischen Anteilen
- Sehr geringer Elektrolytausfluss (Idrolyt)
- Langzeitstabiles LL-Bezugssystem

Technische Spezifikationen

Biotrode

Schaftmaterial	Glas
pH-Bereich	1...11
Temperaturbereich	0...60 °C
Diaphragma	Platinzwirn
Einbaulänge	113 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Schaftdurchmesser unten	3 mm
Minimale Eintauchtiefe	7 mm
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf G

Die Einstich-Elektrode – pH-Messung in halbfesten Proben

- Robuste Elektroden spitze für Messungen in halbfesten Proben wie Käse, Fleisch, Früchten etc.
- Wartungsfreier Bezugs elektrolyt (Gel)
- Problemlos zu reinigendes Diaphragma
- Langzeitstabiles LL-Bezugssystem
- Mit oder ohne integriertem Temperaturfühler
- Mit Alterungsindikator für den rechtzeitigen Austausch

Technische Spezifikationen

Einstich-Elektrode

Schaftmaterial	Glas
pH-Bereich	1...11
Temperaturbereich	0...60 °C
Temperaturfühler	ohne / Pt1000
Diaphragma	Twin pore
Einbaulänge	98 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Schaftdurchmesser unten	6 mm
Minimale Eintauchtiefe	10 mm
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf G

Die Flachmembran-Elektrode – pH-Messung auf Oberflächen und in kleinen Probevolumina

- Für die pH-Messung auf Oberflächen wie Papier, Textilien, Leder oder Bodenproben (wässrige Suspensionen)
- Messung/Titration in kleinen Probevolumina
- Vollständig aus Glas mit feinst geschliffener Fläche
- Langzeitstabiles LL-Bezugssystem

Technische Spezifikationen

Flachmembran-Elektrode

Schaftmaterial	Glas
pH-Bereich	0...13
Temperaturbereich	0...80 °C
Diaphragma	Festschliff
Einbaulänge	125 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	1 mm
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf G

Die Porotrode – pH-Messung in eiweisshaltigen Proben

- Für die pH-Messung in stark verschmutzten, eiweisshaltigen oder viskosen Proben
- Wartungsarmes Kapillardaphragma
- Polymerelektrolyt Porolyt für gleichmässigen Elektrolytausfluss
- Langzeitstabiles LL-Bezugssystem

Technische Spezifikationen

Porotrode

Schaftmaterial	Glas
pH-Bereich	0...14
Temperaturbereich	0...80 °C
Diaphragma	Keramikkapillaren
Einbaulänge	125 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	20 mm
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf G



Bestellinformationen

Biotrode, ohne Kabel	6.0224.100
Einstich-Elektrode ohne Temperaturfühler, ohne Kabel	6.0226.100
Einstich-Elektrode mit Pt1000, ohne Kabel	6.00226.600
Flachmembran-Elektrode, ohne Kabel	6.0256.100
Porotrode, ohne Kabel	6.0235.200

Spezialelektroden für die pH-Messung/pH-Titration

26

Die Mikro-Elektrode – Routineeinsatz am Probenwechsler und in kleineren Messgefäßen

- Für einfache Säure/Base-Titrationen in wässrigen Lösungen
- In verschiedenen Längen erhältlich (113/168 mm)
- Langzeitstabiles LL-Bezugssystem

Technische Spezifikationen

Mikro-Elektrode

Schaftmaterial	Glas
pH-Bereich	0...14
Temperaturbereich	0...80 °C
Diaphragma	Keramikstift
Einbaulänge	113/168 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Schaftdurchmesser unten	6.4 mm
Minimale Eintauchtiefe	20 mm
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf G

Die Viscotrode – universelle Anwendung in viskosen Medien

- Für viskose, eiweiss- oder sulfidhaltige Medien
- Lösbares Schlifffdiaphragma, besonders leicht zu reinigen
- Langzeitstabiles LL-Bezugssystem

Technische Spezifikationen

Viscotrode

Schaftmaterial	Glas
pH-Bereich	0...14
Temperaturbereich	0...80 °C
Diaphragma	Flexibler Schliff
Einbaulänge	113 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	30 mm
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf G

Die Syntrode mit Pt1000 – Einsatz in der Synthese und in Bioreaktoren

- Wartungsarm dank Vorratsgefäß für Bezugselektrolyten
- Gegen Verschmutzung unempfindliches Festschliffdiaphragma
- Hohe Temperaturbeständigkeit
- In verschiedenen Längen erhältlich (288/438 mm)
- Langzeitstabiles LL-Bezugssystem

Technische Spezifikationen

Syntrode

Schaftmaterial	Glas
pH-Bereich	0...14
Temperaturbereich	0...100 °C
Temperaturfühler	Pt1000
Diaphragma	Festschliff
Einbaulänge	288/438 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	25 mm



Mikro-Elektrode

Routineinsatz am Probenwechsler und in kleineren Messgefäßen



Viscotrode

Universelle Anwendung in viskosen Medien



Syntrode mit Pt1000

Einsatz in der Synthese und in Bioreaktoren



Bestellinformationen

Mikro-Elektrode, Länge 113 mm, ohne Kabel	6.0234.100
Mikro-Elektrode, Länge 168 mm, ohne Kabel	6.0234.110
Viscotrode, ohne Kabel	6.0239.100
Syntrode mit Pt1000, Länge 288 mm, ohne Kabel, Steckkopf U	6.0248.600
Syntrode mit Pt1000, Länge 438 mm, ohne Kabel, Steckkopf U	6.00249.600

Elektroden für die pH-Titration in HF-haltigen Medien

28

Solitrode HF

- pH-Glassensor mit guter Beständigkeit gegen HF-haltige Lösungen
- Bruchsicherer Kunststoffschafft
- Schnelle Ansprechzeit

Technische Spezifikationen

Solitrode HF

Schaftmaterial	PP
pH-Bereich	1...12
Temperaturbereich	0...40 °C
Bezugssystem	LL-System
Bezugselektrolyt	c(KCl) = 3 mol/L
Diaphragma	Keramikstift
Einbaulänge	113 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	15 mm
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf G

Kombinierte Sb-Elektrode

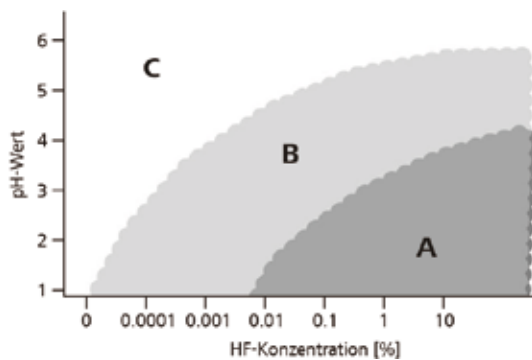
- Für die pH-Titration in flusssäurehaltigen oder stark hygroskopischen Matrices
- Bruchsicherer Kunststoffschafft

Technische Spezifikationen

Kombinierte Sb-Elektrode

Schaftmaterial	PP
pH-Bereich	2...11
Temperaturbereich	0...70 °C
Bezugssystem	LL-System
Bezugselektrolyt	c(KCl) = 3 mol/L
Diaphragma	Keramikstift
Einbaulänge	113 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	10 mm
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf G

Die empfohlenen Einsatzbereiche der Elektroden sind in folgender Grafik veranschaulicht:



- A Sb-Elektrode
- B Solitrode HF
- C pH-Glaselektrode

**Bestellinformationen**

Solitrode HF, ohne Kabel

6.0223.100

Kombinierte Sb-Elektrode, ohne Kabel

6.0421.100





High-Performance-Metallelektroden für die Redox- und Fällungstitrations- und Wasserbestimmung nach Karl Fischer.

Getrennte Metallelektroden

32

Getrennte Pt-Drahtelektrode

- Elektrodenspitze aus Pt-Draht (0.8 x 6 mm)
- Als Hilfelektrode für die Differenzpotentiometrie

Technische Spezifikationen

Getrennte Pt-Drahtelektrode

Schaftmaterial	Glas
Messbereich	-2000...2000 mV
Temperaturbereich	-20...70 °C
Einbaulänge	125 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	10 mm
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf B

Getrennte Doppel-Pt-Blechelektrode

- Für bivalentmetrische Titrationsen

Technische Spezifikationen

Getrennte Doppel-Pt-Blechelektrode

Schaftmaterial	Glas
Messbereich	-2000...2000 mV
Temperaturbereich	-20...70 °C
Einbaulänge	101 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	10 mm
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf G

Getrennte Metallringelektroden

Getrennte Ag-Ringelektrode

- Für Fällungstitrationen von Haliden, Sulfiden, Schwefelwasserstoff, Mercaptanen und Cyaniden
- Erhältlich mit oder ohne Ag₂S-Überzug (bei Bestellung angeben)

Technische Spezifikationen

Getrennte Metallringelektroden

Schaftmaterial	Glas
Messbereich	-2000...2000 mV
Temperaturbereich	-20...80 °C
Einbaulänge	125 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	7 mm
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf G

Getrennte Pt-Ringelektrode

- Für alle Standard-Redox-Titrationsen

Getrennte Doppel Au-Ringelektrode

- Für bivalentmetrische Titrationsen
- Gut geeignet für Vitamin C Bestimmung mit DPIP (2,6 - Dichlorphenolindophenol)
- Minimale Eintauchtiefe 20 mm

Getrennte Metallstifelektroden

- Bestehend aus separatem Elektrodenschaft aus PP und auswechselbaren Metallstiften (76 mm x 2 mm) aus Platin, Silber, Gold, Wolfram oder Glassy Carbon

Technische Spezifikationen

Getrennte Metallstifelektroden

Gesamtlänge	162 mm
Einbaulänge	140 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Schaftdurchmesser unten	8 mm
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf B

Reinheitsgrade

Pt	99.90 %
Ag	99.99 %
Gold	99.99 %
W	99.95 %



Bestellinformationen

Getrennte Pt-Drahtelektrode, ohne Kabel, Steckkopf B	6.0301.100
Getrennte Doppel-Pt-Blechelektrode, ohne Kabel	6.0309.100
Getrennte Ag-Ringelektrode, ohne Kabel	6.0035.100
Getrennte Pt-Ringelektrode, ohne Kabel	6.0351.100
Getrennte Doppel Au-Ringelektrode, ohne Kabel	6.00353.100
Schaft für getrennte Metallstiftelektrode, ohne Kabel, Steckkopf B	6.1241.040
Elektrodenstift Pt	6.1248.000
Elektrodenstift Ag	6.1248.010
Elektrodenstift Au	6.1248.030
Elektrodenstift Glassy Carbon	6.1248.040
Elektrodenstift W	6.1248.050

Titroden – die wartungsfreien Metallelektroden

34

Die Pt-Titrode/Pt-Mikro-Titrode

- Für Redox-Titrationen ohne Veränderung des pH-Wertes
- Für die Bromatometrie, Jodometrie und Cerimetrie nach Pharm. Europe & USP
- Wartungsfreies Bezugssystem (pH-Glasmembran)

Die Ag-Titrode/Ag-Mikro-Titrode

- Für Fällungstitrationen ohne Veränderung des pH-Wertes
- Für Fällungstitrationen von Haliden, Sulfiden, Schwefelwasserstoff, Mercaptanen und Cyaniden
- Für Titrationen nach Pharm. Europe & USP
- Erhältlich mit oder ohne Ag_2S , AgCl oder AgBr -Überzug (bei Bestellung angeben)
- Wartungsfreies Bezugssystem (pH-Glasmembran)

Die Au-Mikro-Titrode

- Für die Ferrometrie (Bestimmung des Chemischen Sauerstoffbedarfs, CSB)
- Für die Bestimmung von Penicillin und Ampicillin
- Für Titrationen mit $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$
- Für Redox-Titrationen in Gegenwart von Chrom oder Eisen
- Wartungsfreies Bezugssystem (pH-Glasmembran)
- Erhältlich in zwei Längen (178 mm / 308 mm)

Technische Spezifikationen

Titroden

Schaftmaterial	Glas
Messbereich	-2000...2000 mV
pH-Bereich	0...14
Temperaturbereich	0...80 °C
Bezugssystem	pH-Glaselektrode
Einbaulänge	125 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	20 mm
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf G

Mikro-Titroden

Schaftmaterial	Glas
Messbereich	-2000...2000 mV
pH-Bereich	0...14
Temperaturbereich	0...80 °C
Bezugssystem	pH-Glaselektrode
Einbaulänge	178 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Schaftdurchmesser unten	6.4 mm
Minimale Eintauchtiefe	20 mm
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf G

Die Ag-Titroden: mit oder ohne Überzug lieferbar

Je nach Anwendung (siehe Applikationslisten) empfiehlt sich die Verwendung einer Ag-Titrode mit oder ohne Ag_2S , AgBr , bzw. AgCl -Überzug. Wir liefern Ihnen Ihre Ag-Titrode gegen Aufpreis gerne mit dem entsprechenden Überzug, bitte bei der Bestellung angeben.



Titroden

High-Performance bei Redox- und Fällungstitrations ohne Veränderung des pH-Wertes



Mikro-Titroden

Optimierte Länge und Durchmesser des unteren Elektrodenteils für die Anwendung in früheren Metrohm-Probenwechslersystemen



Bestellinformationen

Ag-Titrode, ohne Kabel	6.00430.100
Ag-Titrode, mit Ag ₂ S-Überzug, ohne Kabel	6.00430.100S
Ag-Titrode, mit AgBr-Überzug, ohne Kabel	6.00430.100Br
iAg-Titrode	6.00470.300
iAg-Titrode mit Ag ₂ S-Überzug	6.00470.300S
dAg-Titrode	6.00404.300
dAg-Titrode mit Ag ₂ S-Überzug	6.00404.300S
Pt-Titrode, ohne Kabel	6.0431.100
iPt-Titrode	6.0471.300 ¹
dPt-Titrode	6.00401.300 ²
Mikro-Ag-Titrode, ohne Kabel	6.0433.110
Mikro-Pt-Titrode, ohne Kabel	6.0434.110
Mikro-Au-Titrode, Länge 178 mm, ohne Kabel	6.0435.110
Mikro-Au-Titrode, Länge 308 mm, ohne Kabel	6.00435.120

¹ Weitere Informationen zum Thema iTrodes finden Sie auf S. 10.

² Weitere Informationen zum Thema dTrodes finden Sie auf S. 8.

Kombinierte Metallelektroden

36

Die kombinierte Ag-Ringelektrode

- Für Fällungstitrations von Haliden, Sulfiden, Schwefelwasserstoff, Mercaptanen und Cyaniden mit Veränderung des pH-Wertes
- Erhältlich mit oder ohne Ag_2S , AgBr -Überzug (bei Bestellung angeben)

Die kombinierte Pt-Ringelektrode

- Für Redox-Titrations mit Veränderung des pH-Wertes

Die kombinierte Au-Ringelektrode

- Für die Ferrometrie (Bestimmung des Chemischen Sauerstoffbedarfs CSB)
- Für die Bestimmung von Penicillin und Ampicillin

Technische Spezifikationen

Kombinierte Ag-Ringelektrode

Schaftmaterial	Glas
Messbereich	-2000...2000 mV
Temperaturbereich	0...70°C
Bezugssystem	LL-System
Bezugselektrolyt	$c(\text{KNO}_3) = 1 \text{ mol/L}$
Diaphragma	Festschliffdiaphragma
Einbaulänge	125 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	15 mm
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf G

Kombinierte Pt-Ringelektrode/

Au-Ringelektrode

Schaftmaterial	Glas
Messbereich	-2000...2000 mV
Temperaturbereich	-5...80 °C
Bezugssystem	LL-System
Bezugselektrolyt	$c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$
Diaphragma	Keramikstift
Einbaulänge	113 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	15 mm
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf G



Kombinierte Metallringeletroden

High Performance bei Redox- und
Fällungstirationen mit
Veränderung des pH-Wertes

Bestellinformationen

Kombinierte Ag-Ringeletrode, ohne Kabel	6.00450.100
Kombinierte Ag-Ringeletrode, mit Ag ₂ S-Überzug, ohne Kabel	6.00450.100S
iAg-Ringeletrode, kombiniert	6.00450.300
dAg-Ringeletrode, kombiniert, ohne Kabel	6.00402.300 ²
Kombinierte Pt-Ringeletrode, ohne Kabel	6.0451.100
iPt-Ringeletrode, kombiniert	6.0451.300 ¹
dPt-Ringeletrode, kombiniert, ohne Kabel	6.00403.300 ²
Kombinierte Au-Ringeletrode, ohne Kabel	6.0452.100

¹ Weitere Informationen zum Thema i-Trodes finden Sie auf S. 10.

² Weitere Informationen zum Thema d-Trodes finden Sie auf S. 8.

Elektroden für die Karl-Fischer-Titration

38

Doppel-Pt-Drahtelektroden

Indikatorelektrode für die volumetrische KF-Bestimmung

- Für Titrations in den Modi «I_{pot}» und «U_{pot}»

Technische Spezifikationen

Messbereich	-2000...2000 mV
Temperaturbereich	-20...70 °C
Einbaulänge	96 mm
Schaftdurchmesser	8 mm
Minimale Eintauchtiefe	5 mm
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf G

Indikatorelektrode für die coulometrische KF-Bestimmung

- Mit Normschliff 14/15

Technische Spezifikationen

Messbereich	-2000...2000 mV
Temperaturbereich	-20...70 °C
Einbaulänge	101 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Schaftdurchmesser unten	8.75 mm
Minimale Eintauchtiefe	10 mm
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf G

Indikatorelektrode für KF-Probenwechsler

- Fixkabel (Länge 2 m mit Stecker F)

Technische Spezifikationen

Messbereich	-2000...2000 mV
Temperaturbereich	-20...70 °C
Einbaulänge	103 mm
Schaftdurchmesser	5.3 mm
Minimale Eintauchtiefe	10 mm

Generatorelektroden

Generatorelektrode mit Diaphragma

- Mit Normschliff 29/22 und Metrohm-Steckkopf G
- Benötigt Kabel 6.2104.120 für die Verbindung mit KF-Coulometern

Technische Spezifikationen

Temperaturbereich	-20...70 °C
Einbaulänge	108 mm
Schaftdurchmesser	24 mm
Minimale Eintauchtiefe	15 mm

Diaphragmalose Generatorelektrode

- Mit Normschliff 29/22 und Metrohm-Steckkopf G
- Benötigt Kabel 6.2104.120 für die Verbindung mit KF-Coulometern

Technische Spezifikationen

Temperaturbereich	-20...70 °C
Einbaulänge	108 mm
Schaftdurchmesser	24 mm
Minimale Eintauchtiefe	15 mm



Bestellinformationen

Indikatorelektrode für die KF-Volumetrie, ohne Kabel	6.0338.100
Indikatorelektrode für die KF-Coulometrie, ohne Kabel	6.0341.100
Indikatorelektrode für die KF-Probenwechsler, Fixkabel (2 m) Stecker F	6.0340.000
Generatorelektrode mit Diaphragma, ohne Kabel	6.0344.100
Generatorelektrode ohne Diaphragma ohne Kabel	6.0345.100





Elektroden für Ionen- und Tensidanalytik

Ionenselektive Elektroden

42

Kristallmembranelektroden

- Robuste Konstruktion
- Kurzfristig auch in organischen Lösungsmitteln einsetzbar
- Einfache Reinigung und Erneuerung der Elektrodenoberfläche mit Polierset

Polymermembranelektroden für K^+ , NO_3^- , Na^+ und Ca^{2+}

- Robuste Konstruktion
- Hohe Selektivität durch in der Membran immobilisierte Ionophore
- Kurze Vorbereitungszeit durch Konditionierung in einer Standardlösung
- Für wässrige Lösungen

Ammoniakselektive Gasmembranelektrode

- Robuste Konstruktion
- Kurze Vorbereitungszeit durch Konditionierung in einer Standardlösung
- Die gasdurchlässige Membran gewährt hohe Selektivität und verhindert Störeinflüsse durch die Messlösung

Je nach Applikation kann zwischen den folgenden Varianten gewählt werden:

NH_3 -ISE (low) 6.0506.100 / 6.1255.000

- Saubere Probe (z. B. Trinkwasser, Kesselspeisewasser, Mineralwasser)
- Schnellere Ansprechzeit an der Nachweisgrenze
- Niedrigere Nachweisgrenze
- Einzeln getestet und zertifiziert
- Komplette Membranmodule für den einfachen Austausch

NH_3 -ISE (high) 6.0506.150 / 6.1255.050

- Abwasserprobe
- Für Langzeitmessungen, Monitoring
- Schnellere Regenerationszeit nach Messung hoher Konzentrationen
- Bessere Signalstabilität bei hohen Konzentrationen
- Kostengünstiger Austausch verschmutzter Membranen (z. B. durch Ölrückstände)





Ion	Artikelnr.	Membranmaterial	Min. Eintauchtiefe (mm)	Einbaulänge (mm)	Schaftdurchmesser (mm)	Temperaturbereich (°C)	Messbereich (mol/L)	pH-Bereich
Ag ⁺	6.0502.180	Kristall	1	125	12	0...80	10 ⁻⁷ ...1	2...8
Br ⁻	6.0502.100	Kristall	1	125	12	0...50	10 ⁻⁶ ...1	0...14
Ca ²⁺	6.0510.100 ²	Polymer ²	10	113	12	0...40	5*10 ⁻⁷ ...1	2...12
Cl ⁻	6.0502.120	Kristall	1	125	12	0...50	10 ⁻⁵ ...1	0...14
CN ⁻	6.0502.130	Kristall	1	125	12	0...80	8*10 ⁻⁶ ...10 ⁻²	10...14
Cu ²⁺	6.0502.140	Kristall	1	125	12	0...80	10 ⁻⁸ ...10 ⁻¹	2...12
F ⁻	6.0502.150	Kristall	1	125	12	0...80	10 ⁻⁶ ...sat.	5...7
I ⁻	6.0502.160	Kristall	1	125	12	0...50	5*10 ⁻⁸ ...1	0...14
K ⁺	6.0510.110	Polymer ³	10	113	12	0...40	10 ⁻⁷ ...1	2.5...11
Na ⁺	6.0508.100	Polymer	1	125	12	0...40	5*10 ⁻⁶ ...1	2...12
NH ₄ ⁺	6.0506.100	Gasmembran	5	125	12	0...50	5*10 ⁻⁶ ...10 ⁻²	11
NH ₄ ⁺	6.0506.150	Gasmembran	5	125	12	0...50	10 ⁻⁴ ...1	11
NO ₃ ⁻	6.00510.120	Polymer ¹	10	113	12	0...40	10 ⁻⁶ ...1	2.5...11
Pb ²⁺	6.0502.170	Kristall	1	125	12	0...80	10 ⁻⁶ ...10 ⁻¹	4...7
S ²⁻	6.0502.180	Kristall	1	125	12	0...80	10 ⁻⁷ ...1	2...12

¹ Kombiniertes Sensor. Diaphragma Keramikstift, Elektrolyt c(KCl) = 3 mol/L

² Kombiniertes Sensor. Diaphragma Keramikstift; Elektrolyt c(NH₄NO₃) = 1 mol/L

³ Kombiniertes Sensor. Diaphragma Keramikstift, Elektrolyt c(CH₃COOLi) = 1 mol/L

Zubehör zu ionenselektiven Elektroden

44

LL ISE Reference, 6.0750.100

Double-Junction-Ag/AgCl-Bezugselektrode mit Festschliffdiaphragma und optimierter Länge für Probenwechsleranwendungen. Standardmässiger Brückenelektrolyt: $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$.

LL ISE Reference

Bei sehr tiefen Ionenkonzentrationen, geringen Ionenstärken und vor allem bei wiederholten Bestimmungen mit Probenwechslersystemen ist ein stabiles, reproduzierbares Bezugspotential von entscheidender Bedeutung. Aus diesem Grund empfiehlt Metrohm zum Arbeiten mit ionenselektiven Elektroden Bezugselektroden mit Festschliffdiaphragma. Neben einem konstanten Elektrolyt-ausfluss von ca. 5...30 $\mu\text{L/h}$ zeigen diese Elektroden eine wesentlich geringere Beeinflussung durch die Ionenstärke der Probenlösung oder der Rührgeschwindigkeit als andere Typen von Bezugselektroden.

Zubehör für ionenselektive Elektroden

- 6.1255.000 Membranmodul-Kit «Low» für 6.0506.1X0, bestehend aus 3 zertifizierten, kompletten Membranmodulen + 50 mL Innenelektrolyt
- 6.1255.050 Membranmodul-Kit «High» für 6.0506.1X0 bestehend aus 1 Modul und 20 Membranen
- 6.2316.030 Innenlösung für NH_3 -Sensoren
- 6.2328.000 Elektrolyt $c(\text{CH}_3\text{COOLi}) = 1 \text{ mol/L}$ für kombinierte K^+ -ISE
- 6.2327.000 Elektrolytlösung $c(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 1 \text{ mol/L}$ für kombinierte Ca^{2+}
- 6.2308.020 Elektrolytlösung $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$ für kombinierte NO_3^- -ISE
- 6.2802.000 Polierset für Kristallmembranelektroden 6.0502.1X0 (ca. 2 g Al_2O_3 und Poliertuch)



Ionenstandards

- 6.2301.060 Kaliumchlorid-Standard, $c(\text{KCl}) = 0.1 \text{ mol/L}$, 250 mL



Die Qual der Wahl!

Worauf muss ich bei einer Ionenbestimmung besonders achten? Präzision? Zeitaufwand? Kosten?

Welche Methode ist für meine Zwecke am besten geeignet? Titration? Direktmessung? Standardaddition?

ISA? TISAB? Wann ist eine Verwendung ratsam? Welche Lösung brauche ich für meine Anwendung? Im Theorieteil in Kapitel 1.3.3. «Ionenselektive Elektroden» finden Sie Antworten auf diese Fragen und viele weitere nützliche Tipps zur Ionenbestimmung mit ionenselektiven Elektroden von Metrohm.

Elektroden für die Tensidtitration

46

Tensidelektroden für die Zweiphasentitration

Surfactrode Refill

- Nachfüllbare Tensidelektrode für die Titration von ionischen Tensiden in nichtwässrigen Lösungsmitteln
- Erneuerbare Elektrodenoberfläche, daher praktisch unbeschränkte Lebensdauer
- Beständig gegen nahezu alle in der Tensidanalytik gebräuchlichen Lösungsmittel (nicht gegen Chloroform)
- Besonders geeignet für die Titration von Waschmitteln und Seife

Surfactrode Resistant

- Langlebige Tensidelektrode für die Zweiphasentitration von anionischen und kationischen Tensiden in nichtwässrigen Lösungsmitteln
- Einfach zu reinigen und wartungsarm, daher besonders für den Einsatz in Probenwechslersystemen geeignet
- Beständig gegen Chloroform und alle in der Tensidanalytik üblichen Lösungsmittel
- Besonders geeignet für ölhaltige Proben, wie Bohr- und Schneideöle oder Kühlschmierstoffe

Polymermembran-Tensidelektroden für die umweltfreundliche Tensidtitration

«Cationic Surfactant»-Tensidelektrode

- Für die Titration von kationischen und anionischen Tensiden in wässrigen Matrices
- Optimierte für kationische Tenside
- Exzellentes Ansprechverhalten durch in der Membran immobilisierte Ionophore
- Bei Normalgebrauch hohe Lebensdauer

«Ionic Surfactant»-Tensidelektrode

- Für die Titration von anionischen und kationischen Tensiden in wässrigen Matrices
- Exzellentes Ansprechverhalten durch in der Membran immobilisierte Ionophore
- Bei Normalgebrauch hohe Lebensdauer

NIO-Tensidelektrode

- Für die Titration von nichtionischen Tensiden in wässrigen Matrices
- Für die Titration von Tensiden auf Basis von Polyoxyethylen-Addukten
- Für die Titration von pharmazeutischen Wirkstoffen
- Bei Normalgebrauch hohe Lebensdauer

Technische Spezifikationen

Schaftmaterial	PEEK
pH-Bereich	0...13
Temperaturbereich	0...40 °C
Einbaulänge	125 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	1 mm
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf G

Technische Spezifikationen

Schaftmaterial	POM
pH-Bereich	0...10
Temperaturbereich	10...50 °C
Einbaulänge	108 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	5 mm
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf G

Technische Spezifikationen

«Cationic Surfactant»-Tensidelektrode «Ionic Surfactant»-Tensidelektrode NIO-Tensidelektrode

Schaftmaterial	PVC
pH-Bereich	0...12
Temperaturbereich	0...40 °C
Einbaulänge	125 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Schaftdurchmesser unten	2.5 mm
Minimale Eintauchtiefe	20 mm
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf G



Bestellinformationen

Surfactode Refill, ohne Kabel	6.0507.140
Surfactode Resistant, ohne Kabel	6.0507.130
«Cationic Surfactant»-Tensidelektrode, ohne Kabel	6.0507.150
«Ionic Surfactant»-Tensidelektrode, ohne Kabel	6.0507.120
NIO-Tensidelektrode, ohne Kabel	6.0507.010

Zubehör für Tensidelektroden

48

Nachfüllset für Surfactrode Refill

Paste für Surfactrode Refill, 3.5 g 6.2319.000

Stopfwerkzeug 6.2826.010

Reagenzien für die Tensidtitration

TEGO trant A100, Titriermittel für anionische Tenside

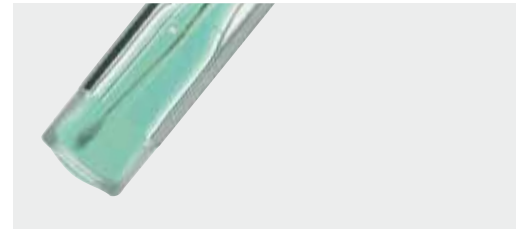
18 g 6.2317.030

TEGO add, Additiv für die Zweiphasentitration

250 mL 6.2317.120







Bezugselektroden – unsere besten Referenzen

Bezugselektroden

52

Double-Junction-Bezugselektroden

Ag/AgCl-Bezugselektrode mit Metrohm

Steckkopf B

- Leicht zu wechselnder Bezugs- und Brückenelektrolyt
- Variabler Elektrolytausfluss am lösbaaren Schliffdiaphragma
- Erhältlich mit 125 bzw. 162 mm Schaftlänge
- Mit Normschliff 14/15

Technische Spezifikationen

Schaftmaterial	Glas
Temperaturbereich	0...80 °C
Diaphragma	Lösbares Schliffdiaphragma
Einbaulänge	100/138 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Schaftdurchmesser unten	12/8 mm
Minimale Eintauchtiefe	10 mm
Bezugssystem	Ag-Draht + AgCl
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf B

Ag/AgCl-Bezugselektrode mit Metrohm

Steckkopf G

- Für die Differenzpotentiometrie mit Metrohm-Titratoren
- Leicht zu wechselnder Bezugs- und Brückenelektrolyt
- Variabler Elektrolytausfluss am lösbaaren Schliffdiaphragma
- Erhältlich mit 125 bzw. 162 mm Schaftlänge
- Mit Normschliff 14/15

Technische Spezifikationen

Schaftmaterial	Glas
Temperaturbereich	0...80 °C
Diaphragma	Lösbares Schliffdiaphragma
Einbaulänge	100/138 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	10 mm
Bezugssystem	Ag-Draht + AgCl
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf G

LL ISE Reference

- Double-Junction-Ag/AgCl-Bezugselektrode
- Hohe Signalstabilität dank konstantem, reproduzierbarem Elektrolytausfluss, daher besonders für Probenwechsleranwendungen geeignet
- Gegen Verschmutzung unempfindliches Festschliffdiaphragma
- Minimale Eintauchtiefe von 1 mm

Technische Spezifikationen

Schaftmaterial	Glas
Temperaturbereich	0...80 °C
Diaphragma	Festschliff
Einbaulänge	125 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	1 mm
Bezugssystem	LL System
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf B



Bestellinformationen

Ag/AgCl-DJ-Bezugselektrode, ohne Kabel, Steckkopf B

Länge 100 mm, ohne Elektrolytfüllung

Länge 100 mm, gefüllt mit $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$

Länge 138 mm, ohne Elektrolytfüllung

Ag/AgCl-DJ-Bezugselektrode, ohne Kabel, Steckkopf G

Länge 100 mm, ohne Elektrolytfüllung, ohne Kabel

Länge 138 mm, ohne Elektrolytfüllung, ohne Kabel

LL ISE Reference, ohne Kabel, Steckkopf G

6.0726.100

6.0726.107

6.0726.110

6.0729.100

6.0729.110

6.0750.100

Bezugselektroden

54

Modulares Bezugssystem

- Bestehend aus Ag/AgCl-Bezugssystem mit Normschliff 14/15 und austauschbarem Elektrolytgefäß
- Elektrolytgefäße ohne Vorratsbehälter, mit Keramikdiaphragma, verschiedene Diaphragmadurchmesser

Technische Spezifikationen

Ag/AgCl-Innensystem

Schaftmaterial	Glas
Temperaturbereich	0...80 °C
Schaftlänge	50 mm
Länge bis Oberkante	
Normschliff	43 mm
Schaftdurchmesser oben	12 mm
Schaftdurchmesser unten	8 mm
Minimale Eintauchtiefe	20 mm
Bezugssystem	Ag-Draht + AgCl
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf B

Elektrolytgefäße ohne Vorratsbehälter

Länge bis Oberkante	
Normschliff	101 mm
Schaftmaterial	PTFE/Glas
Diaphragma	Keramikstift
Schaftdurchmesser	3/5.5 mm
Diaphragmadurchmesser	3 mm (PTFE)/1 mm (Glas)

**Bestellinformationen**

Ag/AgCl-Innensystem, ohne Kabel, Steckkopf B

6.0724.140

Elektrolytgefäß aus PTFE ohne Vorratsbehälter, Diaphragmadurchmesser 3 mm

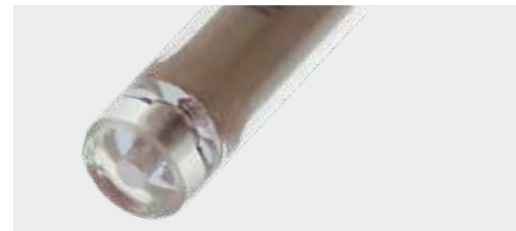
6.1240.000

Elektrolytgefäß aus Glas ohne Vorratsbehälter, Diaphragmadurchmesser 1 mm

6.1240.020



Elektroden für die Elektrochemie



Elektroden für voltammetrische Spurenanalytik, Cyclic Voltammetric Stripping (CVS), Cyclovoltammetrie und sonstige elektrochemische Methoden bei VA-Geräten von Metrohm oder in Verbindung mit Potentiostaten von Metrohm Autolab oder Metrohm DropSens.

Arbeitselektroden für die Spurenanalytik und CVS

58

Die nachfolgend beschriebenen Elektroden können in verschiedenen Metrohm-Voltammetrie-Geräten eingesetzt werden: 663 VA Stand, 747 VA Stand, 757 VA Computrace, 797 VA Computrace, 884 Professional VA, und 894 Professional CVS.

Multi-Mode-Elektrode pro

- Universell einsetzbare Arbeitselektrode für die Polarographie und Voltammetrie
- Bestimmung von Schwermetallionen, organischen Substanzen, Anionen
- Wird ohne Glaskapillare geliefert

Glaskapillaren für Multi-Mode-Elektrode pro unsilanisierte Glaskapillaren

- Standardkapillare für die Polarographie und die Stripping-Voltammetrie in alkalischen Lösungen
- Universell einsetzbar bei allen pH-Werten in wässrigen und nichtwässrigen Lösungen

silanisierte Glaskapillaren

- Silanisierte Kapillare für die Stripping-Voltammetrie in sauren bis schwach alkalischen Lösungen
- Lange Lebensdauer

Elektroden für quecksilberfreie Spurenanalytik scTRACE Gold

- Kombinierte Gold-Mikrodraht-Elektrode
- Bestimmung von Arsen, Quecksilber, Kupfer, Blei und weiteren Schwermetallen
- Zur Verwendung in Laborgeräten und im 946 Portable VA Analyzer mit scTRACE-Gold-Messkopf

Dickfilmelektroden («screen-printed electrodes», SPE)

- Kostengünstige Dickfilmelektroden
- Bestimmung von verschiedenen Schwermetallen
- Einsetzbar: Elektrodentyp Standard und «In-Lösung-eintauchend»
- Zur Verwendung in Laborgeräten mit SPE-Elektrodenhalter und im 946 Portable VA Analyzer mit SPE-Messkopf

Bestellinformationen

Multi-Mode-Elektrode pro	6.1246.120
Glaskapillaren unsilanisiert, 10 Stück	6.1226.030
Glaskapillaren silanisiert, 10 Stück	6.1226.050



6.1246.120

Bestellinformationen

scTRACE Gold (Satz à 4 Stück)	6.1258.000
Halter für scTRACE Gold	6.1241.080
Kohlenstoff-Dickfilmelektrode DRP-C11L	
SPE-Elektrodenhalter	6.1241.090

6.1241.080 +
6.1258.000



6.1241.090
+ DRP-C11L

RDE – Rotierende Scheibenelektroden

Eine RDE besteht jeweils aus Antriebsachse und austauschbarem Elektrodentip.

Bestellinformationen

Antrieb zu rotierender Scheibenelektrode (RDE):

für VA-Messstände	6.1204.210
mit Quecksilberkontakt für VA-Messstände	6.1204.220
für Professional-VA/CVS-Systeme	6.1204.510
mit Quecksilberkontakt für Professional-VA/CVS-Systeme	6.1204.520



Elektrodentips für die RDE

Bestellnummer	Elektrodentip	Anwendungen	Bestimmungsbereich
6.1204.600	Glassy Carbon Ø 2 mm Schaft aus Glas	Bestimmung von Schwermetallen mit anodischer Stripping-Voltammetrie (Quecksilberfilmtechnik), kinetische und thermodynamische Untersuchungen in der Elektrochemie	ppb bis ppt
6.1204.130	Silber	Bestimmung von Halogeniden und Pseudohalogeniden	ppb bis ppt
6.1204.140	Gold	Bestimmung von Quecksilber und anderen Metallionen mit anodischer Stripping-Voltammetrie	ppb bis ppt
6.1204.170	Platin Ø 3 mm poliert	Bestimmung von organischen Additiven in galvanischen Bädern mit der «Cyclic Voltammetric Stripping»-Technik (CVS), kinetische und thermodynamische Untersuchungen in der Elektrochemie	ppm bis ppt
6.1204.190	Platin Ø 1 mm poliert, Schaft aus Glas	Bestimmung von organischen Additiven in galvanischen Bädern mit der «Cyclic Voltammetric Stripping»-Technik (CVS), kinetische und thermodynamische Untersuchungen in der Elektrochemie	ppm bis ppt
6.1204.610	Platin Ø 2 mm poliert, Schaft aus Glas	Bestimmung von organischen Additiven in galvanischen Bädern mit der «Cyclic Voltammetric Stripping»-Technik (CVS), kinetische und thermodynamische Untersuchungen in der Elektrochemie	ppm bis ppt

Referenz- und Hilfselektroden für die Spurenanalytik und CVS

60

Bezugselektroden

Bezugselektrode aus Kunststoff mit

Keramikdiaphragma, gefüllt

- Universelle Double-Junction-Bezugselektrode für die Voltammetrie
- Innensystem gefüllt mit $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$
- Wässrige Lösungen, Spuren- und Ultraspurenbereich
- Geringe Verschleppungseffekte, tiefe Blindwerte

Bezugselektrode aus Kunststoff mit

Keramikdiaphragma, trocken

- Double-Junction-Bezugselektrode. Innensystem trocken
- Untersuchungen in organischen Lösungsmitteln mit beliebigen Elektrolytlösungen
- Geringe Verschleppungseffekte, tiefe Blindwerte

LL-Bezugselektrode aus Kunststoff mit

Keramikdiaphragma, gefüllt

- Double-Junction-Bezugselektrode für die Untersuchung von Galvanikbädern mit «Cyclic Voltammetric Stripping» (CVS)
- Innensystem gefüllt mit $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$
- Sehr stabiles Bezugspotential

LL-Bezugselektrode aus Glas, gefüllt

- Double-Junction-Bezugselektrode für die Untersuchung von Galvanikbädern mit «Cyclic Voltammetric Stripping» (CVS)
- Sehr stabiles Bezugspotential
- Wartungsfrei

Bezugselektrode aus Glas mit Schliffdiaphragma

- Double-Junction-Bezugselektrode mit trockenem Innensystem
- Für wässrige sowie nichtwässrige Lösungen
- Einfacher Elektrolytwechsel, geringe Ausflussrate

Hilfselektroden

Platin-Hilfselektrode

- Universelle Hilfselektrode für die Voltammetrie
- Für alle Applikationen mit der MME sowie mit der rotierenden Platin-Scheibenelektrode
- Robust, einfache Wartung

Glassy-Carbon-Hilfselektrode

- Für alle Applikationen mit rotierenden Scheibenelektroden sowie mit der MME
- Inerte Oberfläche, keine Kontamination der Messzelle mit Platin

Bestellinformationen

Ag/AgCl-Bezugselektrode	6.0728.120
Elektrolytgefäß für Bezugselektrode	6.1245.010

Ag/AgCl-Bezugselektrode (trocken)	6.0728.110
Elektrolytgefäß für Bezugselektrode	6.1245.010

LL-Ag/AgCl-Bezugselektrode	6.0728.130
Elektrolytgefäß für Bezugselektrode	6.1245.010

LL-Ag/AgCl(Gel)-Bezugselektrode	6.0730.100
---------------------------------	------------

Ag/AgCl(Gel)-Bezugselektrode Glas	6.0728.100
Elektrolytgefäß für Bezugselektrode	6.1245.000

Platin-Hilfselektrode	6.0343.100
-----------------------	------------

Hilfselektrodenhalter	6.1241.120
Glassy-Carbon-Stift	6.1247.000



Elektroden für Metrohm Autolab RDE und RRDE

Bei Messungen mit rotierenden Scheibenelektroden und rotierenden Ringscheibenelektroden handelt es sich um leistungsfähige experimentelle Methoden, bei denen die Elektrode rotiert, während sie in eine Lösung eingetaucht wird. Dadurch entsteht eine eindeutig definierte konvektive Zugkraft in Richtung der Elektrodenoberfläche, solange eine laminare Strömung besteht. Unter diesen Bedingungen erfolgt der Stofftransport durch Konvektion und Diffusion, wobei beide Komponenten direkt durch die Kreisfrequenz der Elektrode beeinflusst werden.

Im Vergleich zu statischen Messungen bieten Messungen unter hydrodynamischen Bedingungen grosse Vorteile. Aufgrund des erhöhten Stofftransports steigt der relative Beitrag der Elektronentransferkinetik. Durch elektrochemische Experimente lassen sich daher kinetische oder mechanistische Erkenntnisse gewinnen.

Elektroden tips für RDE/RRDE

Die rotierende Scheibenelektrode (RDE) besteht aus einer Elektrodenscheibe, die in einen Elektrodenschaft eingefügt ist. Der rotierenden Ringscheibenelektrode (RRDE) liegt ein ähnlicher Aufbau zugrunde, mit einer um die Scheibe angebrachten zusätzlichen Ringelektrode. Die Lücke zwischen dem Ring und der Scheibe ist normalerweise sehr klein.

Metrohm Autolab bietet eine Reihe von Elektroden mit einer breiten Auswahl an Materialien für RDE-Messungen an. Ein für RDE-Messungen geeigneter leerer Elektrodenschaft ist ebenfalls verfügbar. RRDE-Elektroden mit einem Pt-Ring sind mit einer Auswahl an verschiedenen Scheibenmaterialien verfügbar.

Gegenelektrode

- Pt-Blech-Gegenelektrode (8 x 7 mm)



Technische Spezifikationen

RDE-Tips

Schaftmaterial	PEEK
Länge	52.5 mm
Schaftdurchmesser	10 mm
Scheibendurchmesser	3 oder 5 mm
Scheibenmaterial	Pt, Ag, Au, GC, Cu, Zn, Edelstahl, leer
Anschluss	Gewinde M4

RRDE-Tips

Schaftmaterial	PEEK
Länge	52.5 mm
Schaftdurchmesser	10 mm
Scheibendurchmesser	5 mm
Scheibenmaterial	Pt, Au, GC
Ringmaterial	Pt
Anschluss	Gewinde M4

Technische Spezifikationen

Pt-Blech-Elektrode

Schaftmaterial	Glas
Temperaturbereich	-20...70 °C
Einbaulänge	101 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	10 mm
Elektrodensteckkopf	B (4 mm)



Bestellnummer	Elektrodentyp	Anwendungen
6.1204.300	Glassy-Carbon-Scheibe (3 mm)	Grenzflächenelektrochemie
6.1204.310	Platin-Scheibe (3 mm)	Grenzflächenelektrochemie
6.1204.320	Gold-Scheibe (3 mm)	Grenzflächenelektrochemie
6.1204.330	Silber-Scheibe (3 mm)	Grenzflächenelektrochemie
RRDE.PTPT	Platin-Scheibe (5 mm) und Platin-Ring	Elektrokatalyse
RRDE.AUPT	Gold-Scheibe (5 mm) und Platin-Ring	Elektrokatalyse
RRDE.GCPT	Glassy-Carbon-Scheibe (5 mm) und Platin-Ring	Elektrokatalyse
RDE.AU50	Gold-Scheibe (5 mm)	Grenzflächenelektrochemie
RDE.AG50	Silber-Scheibe (5 mm)	Grenzflächenelektrochemie
RDE.GC50	Glassy-Carbon-Scheibe (5 mm)	Grenzflächenelektrochemie
RDE.CU50	Kupfer-Scheibe (5 mm)	Grenzflächenelektrochemie
RDE.ZN50	Zink-Scheibe (5 mm)	Grenzflächenelektrochemie
RDE.STEEL	Edelstahl-Scheibe (5 mm)	Grenzflächenelektrochemie
RDE.BLANK	Leere Scheibe (5 mm)	–
RDE.PT50	Platin-Scheibe (5 mm)	Grenzflächenelektrochemie

Mikroelektroden

64

Mikroelektroden oder Ultramikroelektroden sind Elektroden, deren Abmessungen klein genug sind, damit ihre Eigenschaften zu einer Funktion ihrer Grösse werden. Diese Arbeitselektroden sind viel kleiner als typische Metallelektroden. Wenn die Abmessungen im Bereich von 25 μm oder weniger liegen, wird vorzugsweise der Begriff Ultramikroelektrode verwendet. Die geläufigste Form dieser Elektroden ist eine Scheibe.

Aufgrund ihrer sehr geringen Grösse zeigen diese Elektroden im Vergleich zu ihren makroskopischen Gegenstücken besondere Eigenschaften:

- Der Stofftransport der elektroaktiven Verbindungen erfolgt im Fall von Scheibenelektroden durch sphärische anstatt durch lineare Diffusion. Dies führt zu einem erhöhten Stofftransport zu und von der Elektrodenoberfläche.
- Die an solchen Elektroden gemessene Stromstärke wird geringer, aber nicht proportional zur Elektrodenoberfläche.
- Die Stromdichte steigt.

Zudem werden diese Elektroden weniger durch Ladestrom oder kapazitiven Strom beeinflusst, wobei sich die RC-Konstante mit dem Radius der Scheibe verringert. Dadurch sind sie besonders gut für die Untersuchung elektrochemischer Reaktionen mit schneller Kinetik geeignet. Diese Elektroden werden auch weniger durch ohmschen Spannungsabfall beeinflusst, was wiederum die Messung in Medien mit geringer Leitfähigkeit erleichtert.

Metrohm Autolab bietet eine grosse Auswahl von in Glas eingeschmolzenen Mikro- und Ultramikro-scheibenelektroden in verschiedenen Grössen und Materialien an. Auf Anfrage können spezielle Elektroden hergestellt werden.

Technische Spezifikationen

Mikroelektroden

Schaftmaterial	Glas
Temperaturbereich	0...40 °C
Länge	51.5 mm
Schaftdurchmesser	5 mm
Scheibendurchmesser	8...1000 μm
Scheibenmaterial	Pt, Ag, Au, GC, Ir, Pd
Anschluss	B (2 mm)





Bestellnummer	Elektrodentip	Anwendungen
PT.10	Platin-Scheibe (10 µm)	Grenzflächenelektrochemie
PT.20	Platin-Scheibe (20 µm)	Grenzflächenelektrochemie
PT.25	Platin-Scheibe (25 µm)	Grenzflächenelektrochemie
PT.50	Platin-Scheibe (50 µm)	Grenzflächenelektrochemie
PT.100	Platin-Scheibe (100 µm)	Grenzflächenelektrochemie
PT.200	Platin-Scheibe (200 µm)	Grenzflächenelektrochemie
PT.300	Platin-Scheibe (300 µm)	Grenzflächenelektrochemie
PT.500	Platin-Scheibe (500 µm)	Grenzflächenelektrochemie
PT.1000	Platin-Scheibe (1000 µm)	Grenzflächenelektrochemie
AU.10	Gold-Scheibe (10 µm)	Grenzflächenelektrochemie
AU.25	Gold-Scheibe (25 µm)	Grenzflächenelektrochemie
AU.40	Gold-Scheibe (40 µm)	Grenzflächenelektrochemie
AU.50	Gold-Scheibe (50 µm)	Grenzflächenelektrochemie
AU.100	Gold-Scheibe (100 µm)	Grenzflächenelektrochemie
AU.200	Gold-Scheibe (200 µm)	Grenzflächenelektrochemie
AU.300	Gold-Scheibe (300 µm)	Grenzflächenelektrochemie
AU.500	Gold-Scheibe (500 µm)	Grenzflächenelektrochemie
AG.25	Silber-Scheibe (25 µm)	Grenzflächenelektrochemie
AG.30	Silber-Scheibe (30 µm)	Grenzflächenelektrochemie
AG.100	Silber-Scheibe (100 µm)	Grenzflächenelektrochemie
AG.300	Silber-Scheibe (300 µm)	Grenzflächenelektrochemie
IR.75	Iridium-Scheibe (75 µm)	Grenzflächenelektrochemie
PD.25	Palladium-Scheibe (25 µm)	Grenzflächenelektrochemie
PD.100	Palladium-Scheibe (100 µm)	Grenzflächenelektrochemie
PD.300	Palladium-Scheibe (300 µm)	Grenzflächenelektrochemie
PD.500	Palladium-Scheibe (500 µm)	Grenzflächenelektrochemie
GC.08	Glassy Carbon (8 µm)	Grenzflächenelektrochemie

Elektroden für die elektrochemische Quarzmikrowaage (EQCM)

Die elektrochemische Quarzmikrowaage (EQCM) wird verbreitet dazu verwendet, gleichzeitig mit dem elektrochemischen Signal die Frequenzänderungen zu messen, die direkt mit Masseänderungen zusammen hängen, die durch Anreicherung oder Adsorption einer Spezies an der Arbeitselektrode oder der Ablösung einer Spezies von der Arbeitselektrode verursacht werden.

Das Funktionsprinzip der EQCM beruht auf den piezoelektrischen Eigenschaften des Quarzes, das einer bestimmten Frequenz oszilliert, wenn ein sinusförmiges externes elektrisches Feld angelegt wird. Die Oszillationsfrequenz des Kristalls hängt von einigen Parametern wie der Grösse, der Dicke des Kristalls, der Temperatur und dem Oszillationsmedium ab.

Quarzkristalle

Bei den für die Autolab EQCM verwendeten Kristallen handelt es sich um Kristalle mit AT-Schnitt (mit niedrigem Temperaturkoeffizienten). Über einer darunterliegenden Haftschrift (z. B. Ti- oder Cr-Oxid) sind sie mit verschiedenen Metallen beschichtet. Die Kristalle fungieren auch als Arbeitselektroden (WE), da sie mit der Elektrolytlösung in Kontakt stehen, wodurch sich der Anwendungsbereich dieser Methode erweitert.

Referenzelektrode

- Single-Junction-Referenzelektrode für EQCM

Gegenelektrode

- Goldspiralengegenelektrode für EQCM



Technische Spezifikationen

Quarzkristalle

Material	Quarz
Quarzdurchmesser	13.66 mm
Quarzdicke	250 µm
Elektrodendurchmesser	6.80 mm
Elektrodenmaterial	Gold, Platin, Kohlenstoff
Nennfrequenz	6 MHz

Technische Spezifikationen

Referenzelektrode

Referenzsystem	LL Ag/AgCl
Schaftmaterial	Glas
Schaftlänge	55 mm
Schaftdurchmesser	4 mm
Diaphragma	Keramik
Temperaturbereich	0...40 °C
Anschluss	B (4 mm)

Technische Spezifikationen

Gegenelektrode

Material	Golddraht
Durchmesser Draht	1 mm
Länge	37.5 mm
Durchmesser Spirale	8 mm



EQCM.Au



EQCM.Pt



Bestellnummer	Elektrodentip	Anwendungen
EQCM.Au	EQCM 6 MHz Au/TiO ₂ Quarz, poliert	Grenzflächenelektrochemie, elektrolytische Abscheidung
EQCM.Pt	EQCM 6 MHz Pt/TiO ₂ Quarz, poliert	Grenzflächenelektrochemie, elektrolytische Abscheidung
EQCM.CE	EQCM Gold-Gegenelektrode	Grenzflächenelektrochemie, elektrolytische Abscheidung
EQCM.REF.EL	EQCM Ag/AgCl 3 M KCl Referenz- elektrode	Grenzflächenelektrochemie, elektrolytische Abscheidung

Dickfilmelektroden

68

Dickfilmelektroden («screen-printed electrodes», SPE) sind kostengünstige Einweg-Elektroden speziell für die Arbeit mit Proben im Mikroliterbereich – ideal für die Forschung und auch für die Ausbildung in der Elektrochemie.

Unten finden Sie eine Reihe von SPEs, eingeteilt nach dem Material der Arbeitselektrode (WE) und der Konfiguration der elektrochemischen Zelle. Die Referenzelektrode (RE) besteht bei allen Typen aus Silber (ausser Elektrode C11L, wessen Referenz Silber/Silberchlorid ist). Das Material der Hilfselektrode (AUX) ist je nach Modell Kohlenstoff, Gold oder Platin. Das Trägermaterial ist ebenfalls modellabhängig Keramik, Glas, transparenter oder weisser Kunststoff. Auf Kundenwunsch angepasste Ausführungen sind auf Anfrage verfügbar.

Arbeitselektrode aus Kohlenstoff

- Elektrodentyp Standard
- Elektrodentyp «In-Lösung-eintauchend»
- MultiAnalysis-Konfiguration - zweifach
- MultiAnalysis-Konfiguration - 8 elektrochemische Zellen
- MultiAnalysis-Konfiguration - 96 elektrochemische Zellen
- MultiAnalysis-Konfiguration - 4WE mit gemeinsamer AUX und REF
- MultiAnalysis-Konfiguration - 8WE mit gemeinsamer AUX und REF
- Integrierte Durchflusszelle

Arbeitselektrode aus Gold

- Elektrodentyp Standard
- Elektrodentyp «In-Lösung-eintauchend»
- WE von 1.6 mm
- MultiAnalysis-Konfiguration - 8 elektrochemische Zellen
- MultiAnalysis-Konfiguration - 96 elektrochemische Zellen
- Integrierte Durchflusszelle

Arbeitselektrode aus Platin

- Elektrodentyp Standard
- Elektrodentyp «in Lösung-eintauchend»
- MultiAnalysis-Konfiguration - 8 elektrochemische Zellen
- MultiAnalysis-Konfiguration - 96 elektrochemische Zellen
- Integrierte Durchflusszelle

Arbeitselektrode aus Silber

- WE von 1.6 mm
- Elektrodentyp Standard

Transparente Arbeitselektrode

Material: ITO, PEDOT, Gold, Carbon

- Elektrodentyp Standard

Arbeitselektrode, Mediator-modifiziert

Material: Co-Phthalocyanin, Meldolas Blau, Preussisch Blau, Hexacyanoferrat

- Elektrodentyp Standard
- MultiAnalysis-Konfiguration - zweifach

Arbeitselektrode, biomodifiziert

Streptavidin, Extravidin, Glukosesensor, Lactatsensor, Harnsäuresensor

- Elektrodentyp Standard
- MultiAnalysis-Konfiguration - zweifach

Arbeitselektrode, nanomodifiziert

Material: Graphen, Graphenoxid, reduziertes Graphenoxid, mehrwandige Kohlenstoff-Nanoröhren, einwandige Kohlenstoff-Nanoröhren, Kohlenstoff-Nanofasern, mesoporöser Kohlenstoff, geordneter mesoporöser Kohlenstoff, Gold-Nanopartikel, Silber-Nanopartikel, Quantenpunkte, Kern-Schale-Quantenpunkte, Graphen-Gold-Nanopartikel, Kohlenstoff-Nanoröhren/Gold-Nanopartikel, Kohlenstoff-Nanofasern/Gold-Nanopartikel, Gold-Nanopartikel/Streptavidin

- Elektrodentyp Standard
- MultiAnalysis-Konfiguration - zweifach

Weitere Arbeitselektroden

Material: Bismutoxid, Nickeloxid, Polyanilin, Polypyrrol

- Elektrodentyp Standard
- MultiAnalysis-Konfiguration - zweifach

DRP-110
Elektrotyp
Standard

DRP-C220AT
Elektrotyp
«In-Lösung-eintauchend»

DRP-C013
WE von 1.6 mm

DRP-C1110
MultiAnalysis-
Konfiguration -
zweifach

DRP-8X550
MultiAnalysis-
Konfiguration - 8
elektrochemische
Zellen

DRP-TLFCL110
Integrierte Durchflusszelle

8W110
MultiAnalysis-Konfiguration
- 8WE mit gemeinsamer
AUX und REF

4W110
MultiAnalysis-Konfiguration
- 4WE mit gemeinsamer
AUX und REF

96X110
MultiAnalysis-
Konfiguration - 96
elektrochemische
Zellen

Bestellinformationen

Dickfilm-Kohlenstoffelektrode

Dickfilm-Goldelektrode / Tinte AT / «In-Lösung-eintauchend»

Dickfilm-Silberelektrode / Durchmesser 1.6 mm

Zweifache Dickfilm-Kohlenstoffelektrode

8 Dickfilm-Platinelektrode

Dünnschicht-Durchflusszelle integrierte Dickfilm-Kohlenstoffelektrode (Aux.: C ; Ref.: Ag)

8 WE Dickfilm-Kohlenstoffelektrode (1 AUX.:C; 1 REF.:Ag)

4 WE Dickfilm-Kohlenstoffelektrode (1 AUX.:C; 1 REF.:Ag)

96 Dickfilm-Kohlenstoffelektrode

DRP-110

DRP-C220AT

DRP-C013

DRP-C1110

DRP-8X550

DRP-TLFCL110

DRP-8W110

DRP-4W110

DRP-96X110

«Interdigitated» Elektroden/Mikroelektroden

«Interdigitated» Elektroden/Mikroelektroden bieten mehrere Vorteile wie beispielsweise das Arbeiten mit geringen Probenvolumina und das Vermeiden mühsamen Polierens von Festkörperelektroden. Ausserdem verbessert der ineinandergreifende Aufbau normalerweise die Empfindlichkeit und die Nachweisgrenzen.

Je nach Modell kann das Trägermaterial Keramik, transparenter Kunststoff, weisser Kunststoff oder Glas sein. Hilfs- und Referenzelektroden, falls vorhanden, sind aus Gold oder Platin.

«Interdigitated» Elektroden: Gold, Platin

- Rechteckige Ausführung
- Konzentrische Ausführung
- Mit Hilfs- und Referenzelektrode

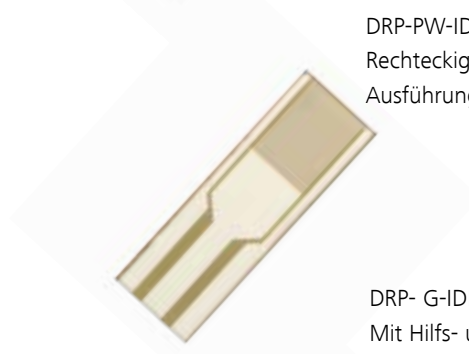
«Interdigitated» Elektroden: Silber, Kupfer

- Rechteckige Ausführung

Mikroelektroden: Gold, Platin



DRP-G-IDECONPT10
Konzentrische
Ausführung



DRP-PW-IDEAU100
Rechteckige
Ausführung



DRP- G-IDE222
Mit Hilfs- und
Referenzelektrode



DRP-G-MEA555
Mikroelektroden

Bestellinformationen

«Interdigitated» Platin-Elektrode, konzentrisch / 10 Mikrometer Striche und Lücken / Glasträger

DRP-G-IDECONPT10

«Interdigitated» Gold-Elektrode / 100 Mikrometer Linien und Abstände / Kunststoffträger

DRP-PW-IDEAU100

«Interdigitated» Gold-Elektrode (Aux.:Au; Ref.:Au) / 10 Mikrometer Linien und Abstände / Glasträger

DRP- G-IDE222

Platin-Mikroelektrodenarray, Durchmesser 3 mm / Mikrolöcher 10 Mikrometer / Glasträger

DRP-G-MEA555





Konduktometrische Messzellen und Temperaturfühler

Leitfähigkeitsmesszellen für 912/914 Meter

74

Vier-Elektroden-Messtechnik

Traditionell bestehen Leitfähigkeitsmesszellen aus zwei platinieren Platinelektroden (Kohlrausch-Zelle). Werden andere Elektrodenwerkstoffe als platinierter Platin verwendet, sind Messfehler aufgrund von Polarisation sehr wahrscheinlich.

Allerdings hat die Platinierung auch Nachteile: Platinierte Elektroden sind nicht nur anfällig für Verkrustungen und Einlagerungen, sondern auch für Algen-, Bakterien- oder Schimmelbildung, was zu Änderungen in der Zellkonstante führen kann. Darüber hinaus wird die Zwei-Elektroden-Messtechnik durch Feldeffekte beeinflusst, die nah an einer Wand gemessene Leitfähigkeitswerte verfälschen können.

Aus diesem Grund hat Metrohm für ihre Geräte die Mehrelektroden Messtechnik eingeführt. Für die Meter 912/914 wurde eine Elektrode auf Basis der Vierelektroden-Messung entwickelt (6.0917.080). Diese Zelle besteht aus zwei Elektrodenpaaren, wovon eines für die Einführung des Generatorstroms, das andere für die Aufzeichnung der Messspannung zuständig ist.

Der in der Lösung fließende Strom verursacht einen Spannungsabfall. Sind Spannung sowie Generatorstrom bekannt, kann aus ihnen der Leitwert und weiter die Leitfähigkeit berechnet werden.

Zusammenfassend ermöglicht die Vierelektroden-Messtechnik nicht nur eine fast polarisierungsfreie Aufzeichnung des Leitwerts, sondern auch eine erhöhte Reproduzierbarkeit der durchgeführten Bestimmungen. Hinzu kommt ein überaus grosser Messbereich. Von Vorteil ist auch der PEEK-Schaft, welcher die Robustheit des Sensors stark erhöht.

Technische Spezifikationen

6.0918.040

Schaftmaterial	Edelstahl
Idealer Messbereich	0...300 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Temperaturbereich	0...70 °C
Temperaturfühler	Pt1000
Einbaulänge	125 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	35 mm
Zellkonstante	0.1 cm^{-1}

Technische Spezifikationen

6.0917.080

Schaftmaterial	PEEK
Idealer Messbereich	15...2.5*10 ⁵ $\mu\text{S}/\text{cm}$
Temperaturbereich	0...70 °C
Temperaturfühler	Pt1000
Einbaulänge	125 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	30 mm
Zellkonstante	0.5 cm^{-1}

Technische Spezifikationen

6.0919.140

Schaftmaterial	Glas
Idealer Messbereich	10 ² ...10 ⁶ $\mu\text{S}/\text{cm}$
Temperaturbereich	0...70 °C
Temperaturfühler	Pt1000
Einbaulänge	125 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	40 mm
Zellkonstante	1.6 cm^{-1}



75

Bestellinformationen

Leitfähigkeitsmesszelle (Edelstahl) mit Pt1000, $c = 0.1 \text{ cm}^{-1}$, Fixkabel (1.2 m) Stecker K
4-Leiter Leitfähigkeitsmesszelle mit Pt1000, $c = 0.5 \text{ cm}^{-1}$, Fixkabel (1.2 m) Stecker K
3-Leiter Leitfähigkeitsmesszelle mit Pt1000, $c = 1.6 \text{ cm}^{-1}$, Fixkabel (1.2 m) Stecker K

6.0918.040
6.0917.080
6.0919.140

Leitfähigkeitsmesszellen für 856 Conductivity Module

76

Fünf-Ring-Leitfähigkeitsmesszellen

Die modernen Fünf-Ring-Leitfähigkeitsmesszellen haben einen höheren Linearitätsbereich als die klassischen Leitfähigkeitsmesszellen und benötigen keine zusätzliche Platinierung. Der an die innere Elektrode angelegte Strom erzeugt einen Stromfluss zu den äusseren, geerdeten Elektroden, womit Einflüsse von aussen und Messfehler minimiert werden.

Sie liefern genaue Messwerte unabhängig von der Positionierung im Messgefäss («wall effect»). Störungen der potentiometrischen Messungen gehören der Vergangenheit an; Leitfähigkeit und pH-Wert können jetzt gleichzeitig im gleichen Becher gemessen werden.

Die Messzellen sind mit einem Fixkabel mit Stecker N zum direkten Anschluss an das 856 Conductivity Module ausgestattet.

Technische Spezifikationen

6.0915.100 / 6.0920.100

Schaftmaterial	PEEK
<i>Idealer</i> Messbereich	5...2 x 10 ⁴ µS/cm
Temperaturbereich	0...70 °C
Temperaturfühler	Pt1000
Einbaulänge	125 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	34 mm
Zellkonstante	0.7 cm ⁻¹

Technische Spezifikationen

6.0915.130 / 6.0920.130

Schaftmaterial	PEEK
<i>Idealer</i> Messbereich	5...10 ⁵ µS/cm
Temperaturbereich	0...70 °C
Temperaturfühler	Pt1000
Einbaulänge	142 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	50 mm
Zellkonstante	1 cm ⁻¹





Bestellinformationen

Fünf-Ring-Leitfähigkeitsmesszelle $c = 0.7 \text{ cm}^{-1}$ mit Pt1000, Fixkabel (1.2 m) Stecker N	6.0915.100
Fünf-Ring-Leitfähigkeitsmesszelle $c = 1.0 \text{ cm}^{-1}$ mit Pt1000, Fixkabel (1.2 m) Stecker N	6.0915.130
Fünf-Ring-Leitfähigkeitsmesszelle $c = 0.7 \text{ cm}^{-1}$ mit Pt1000, Fixkabel (2 m) Stecker N	6.0920.100
Fünf-Ring-Leitfähigkeitsmesszelle $c = 1.0 \text{ cm}^{-1}$ mit Pt1000, Fixkabel (2 m) Stecker N	6.0920.130
Konduktometrische Messzelle (Edelstahl) mit Pt1000, $c = 0.1 \text{ cm}^{-1}$, Fixkabel (1.2 m) Stecker N	6.0916.040

Konduktometrische Messzellen

78

Konduktometrische Messzellen mit Temperaturfühler

Konduktometrische Messzelle mit Pt1000, $c = 0.8 \text{ cm}^{-1}$

- Platiniert

Technische Spezifikationen

Schaftmaterial	PP
Messbereich	1...10 ⁵ $\mu\text{S}/\text{cm}$
Temperaturbereich	5...70 °C
Einbaulänge	125 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	35 mm

Konduktometrische Messzellen ohne Temperaturfühler

Konduktometrische Messzelle, $c = 10 \text{ cm}^{-1}$

- Platiniert

Technische Spezifikationen

Schaftmaterial	Glas
Messbereich	10...10 ⁶ $\mu\text{S}/\text{cm}$
Temperaturbereich	5...70 °C
Einbaulänge	125 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Schaftdurchmesser unten	20 mm
Minimale Eintauchtiefe	80 mm

Konduktometrische Messzelle, $c = 0.9 \text{ cm}^{-1}$

- Platiniert
- Mit Normschliff 14/15
- Metrohm Steckkopf G
- Optimale Länge für Probenwechsler

Technische Spezifikationen

Schaftmaterial	Glas
Messbereich	1...10 ⁵ $\mu\text{S}/\text{cm}$
Temperaturbereich	5...70 °C
Einbaulänge	120 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	16 mm

Zubehör zu Konduktometrischen Messzellen

Leitfähigkeitsstandard $\kappa = 12.87 \text{ mS}/\text{cm}$ (25 °C), 250 mL	6.2301.060
Leitfähigkeitsstandard $\kappa = 100 \text{ }\mu\text{S}/\text{cm}$ (25 °C), 250 mL mit DKD-Zertifikat	6.2324.010
Leitfähigkeitsstandard $\kappa = 100 \text{ }\mu\text{S}/\text{cm}$ (25 °C), 5 x 30 mL mit DKD-Zertifikat	6.2324.110



Bestellinformationen

Konduktometrische Messzelle mit Pt100, $c = 0.8 \text{ cm}^{-1}$, Fixkabel (1.2 m) Stecker 4 x B (4 mm)	6.0908.110
Konduktometrische Messzelle mit Pt1000, $c = 0.8 \text{ cm}^{-1}$, Fixkabel (1.2 m) Stecker 4 x B (4 mm)	6.0912.110
Konduktometrische Messzelle (Edelstahl) mit Pt1000, $c = 0.1 \text{ cm}^{-1}$, Fixkabel (1.2 m) Stecker 4 x B (4 mm)	6.0914.040
Konduktometrische Messzelle, $c = 0.1 \text{ cm}^{-1}$, Fixkabel (1 m), Stecker 2 x B (4 mm)	6.0901.040
Konduktometrische Messzelle, $c = 10 \text{ cm}^{-1}$, Fixkabel (1 m), Stecker 2 x B (4 mm)	6.0901.260
Konduktometrische Messzelle für Probenwechsler, $c = 0.9 \text{ cm}^{-1}$, ohne Kabel	6.0901.040
Adapterbox 4 x Buchse B – Stecker N (856 Conductivity Module)	6.2103.160

Leitfähigkeitsmessgefäßdeckel und Temperaturfühler für die Stabilitätsmessung

80

Die Oxidationsstabilität charakterisiert die Widerstandsfähigkeit von Ölen und Fetten und von fetthaltigen Nahrungsmitteln gegen Oxidation. Sie ist ein Standardparameter der Qualitätskontrolle bei der Herstellung von Ölen oder Fetten in der Lebensmittelindustrie oder bei der Wareneingangskontrolle in weiterverarbeitenden Betrieben. Auch Biodiesel und PVC unterliegt einer Oxidation die mittels Stabilitätsmessung mit dem Biodiesel Rancimat oder PCV Thermomat bestimmt werden kann.

Die Bestimmung der Oxidationsstabilität läuft automatisch ab und wird mittels Leitfähigkeitssensor gemessen. Für die Messung ist die genaue Temperatur von zentraler Bedeutung. Für die Bestimmung der Temperaturkompensation im Reaktionsgefäß bieten wir zwei Temperaturfühler an. Eine kurze Version um die Messung in den kurzen Reagenzgläsern durchzuführen, sowie einen längeren für die Bestimmung der Temperaturkompensation in längeren Biodiesel Reagenzgläsern.

Konduktometrische Messzelle für 743 Rancimat, 873 Biodiesel Rancimat, 892 Professional Rancimat, 893 Professional Biodiesel Rancimat, 763 PVC Thermomat und 895 Professional PVC Thermomat

Technische Spezifikationen

Schaftmaterial	PP
Messbereich	0...400 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Zellkonstante	1.1 cm^{-1}

Temperaturfühler Pt100 für 743 Rancimat, 763 PVC Thermomat, 892 Professional Rancimat oder 895 Professional PVC Thermomat

- Sensor Klasse B nach EN 60751 (ITS 90), zertifiziert
- Fixkabel mit Mini-DIN-Stecker

Technische Spezifikationen

Schaftmaterial	Edelstahl (AISI 304)
Messbereich	-200...300 °C
Einbaulänge	175 mm
Minimale Eintauchtiefe	20 mm
Schaftdurchmesser	2 mm

Temperaturfühler Pt100 für 873 Biodiesel Rancimat oder 893 Professional Biodiesel Rancimat

- Sensor Klasse B nach EN 60751 (ITS 90), zertifiziert
- Fixkabel mit Mini-DIN-Stecker

Technische Spezifikationen

Schaftmaterial	Edelstahl (AISI 304)
Messbereich	-200...300 °C
Einbaulänge	300 mm
Minimale Eintauchtiefe	20 mm
Schaftdurchmesser	2 mm



Bestellinformationen

Konduktometrische Messzelle für 743, 763, 873, 892, 893 und 895	6.0913.130
Pt100-Temperaturfühler kurz für 743, 763, 892, 895	6.1111.010
Pt100-Temperaturfühler lang für Biodiesel Rancimaten 873, 893	6.1111.020
Zubehör	
SET zur Bestimmung der Temperaturkorrektur bei für 743, 763, 892, 895	6.5616.100
SET zur Bestimmung der Temperaturkorrektur bei 873, 893	6.5616.110
Silikonöl für Stabilitätsmessgeräte (50 mL)	6.2326.000

Temperaturfühler

82

Temperaturfühler Pt1000

- Präzise und schnelle Temperatureinstellung
- In verschiedenen Längen erhältlich (90/125/178 mm)

Technische Spezifikationen

Schaftmaterial	Glas
Temperaturbereich	-50...180 °C
Einbaulänge	90/125/178 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Schaftdurchmesser unten	5/6.4 mm
Minimale Eintauchtiefe	20 mm
Elektrodensteckkopf	Metrohm-Steckkopf G

Temperaturfühler Pt1000 Stahl

- Die glasfreie Alternative
- Schaft aus PEEK
- Zum Einsatz in nichtoxidierenden Medien pH 1-13
- Zur Temperaturmessung in halbfesten Materialien wie Käse, nicht in gefrorenem Fleisch u. ä.

Technische Spezifikationen

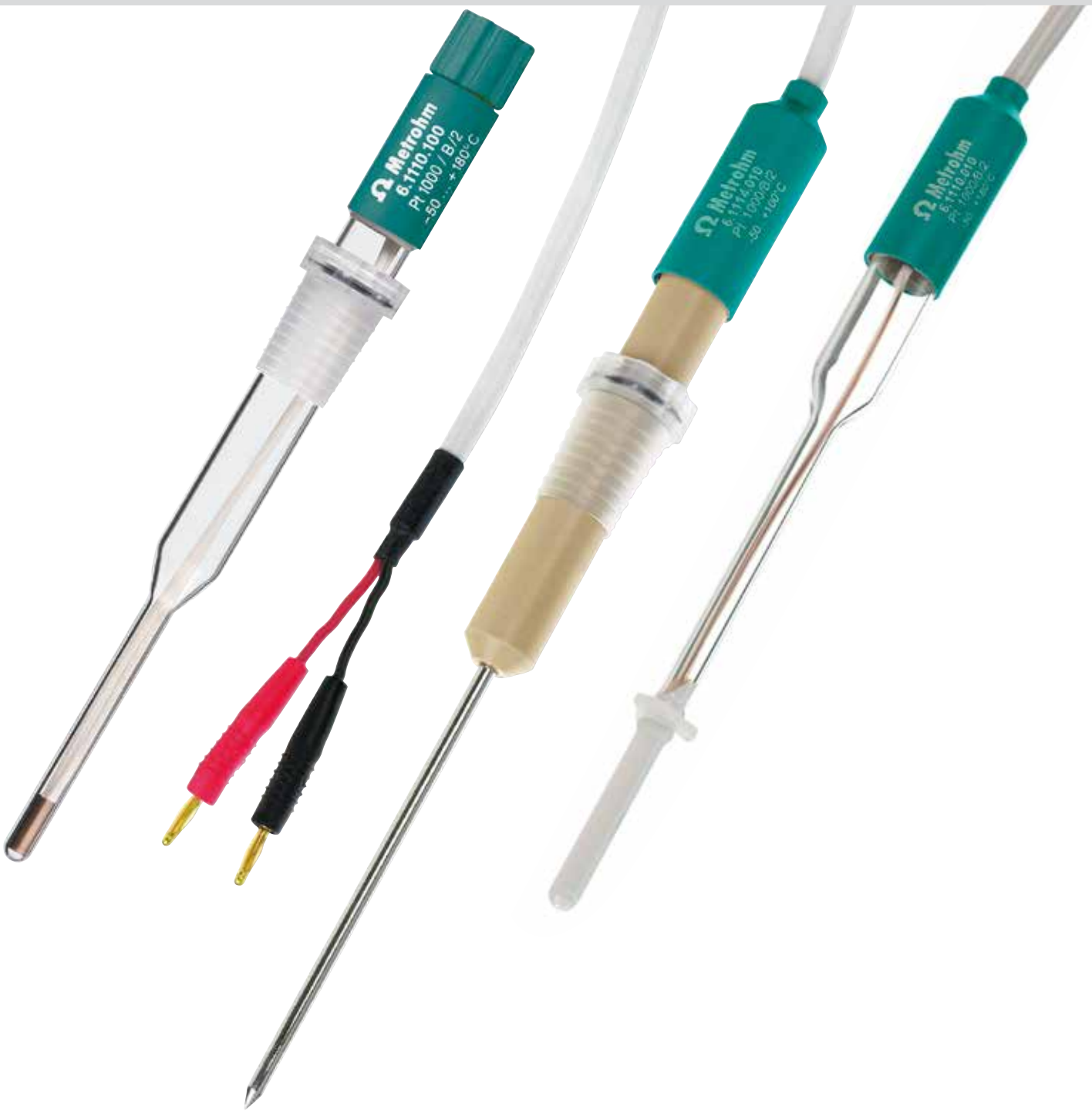
Schaftmaterial	PEEK
Temperaturbereich	-50...100 °C
Einbaulänge	140 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Schaftdurchmesser unten	(75 mm) 3 mm
Minimale Eintauchtiefe	10 mm

Temperaturfühler Pt1000 für 909 UV Digester

- Schaft aus Glas
- Fixkabel mit 2 x B (2 mm) Stecker

Technische Spezifikationen

Schaftmaterial	Glas
Temperaturbereich	-50...80 °C
Einbaulänge	120 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Schaftdurchmesser unten	5 mm
Minimale Eintauchtiefe	20 mm



Bestellinformationen

Temperaturfühler Pt1000, Länge 125 mm, ohne Kabel	6.1110.100
Temperaturfühler Pt1000, Länge 178 mm, ohne Kabel	6.1110.110
Temperaturfühler Pt1000, Länge 90 mm, ohne Kabel	6.1110.120
Temperaturfühler Pt1000, Stahl, Länge 140 mm, Fixkabel (1.2 m) Stecker 2 x B (2 mm)	6.1114.010
Temperaturfühler Pt1000 für 909, Länge 120 mm, Fixkabel (0.5 m) Stecker 2 x B (2 mm)	6.1110.010

Sensor für die thermometrische Titration

84

Neben der potentiometrischen Titration, bei welcher mit einer geeigneten Elektrode eine Potentialdifferenz gemessen wird, gibt es die thermometrische Titration. Bei der thermometrischen Titration wird die Temperaturänderung in der Lösung durch die Reaktion des Titranten mit dem Analyten erfasst (exotherme oder endotherme Reaktion). Dafür wird ein sehr empfindlicher Temperaturfühler gebraucht, ein Thermistor.

Dieser Thermistor besteht normalerweise aus einem gesinterten Gemischt-Metalloxid, welches eine relativ hohe Änderung der elektrischen Leitfähigkeit bei kleiner Temperaturveränderung erfährt. Der Thermistor ist dann in ein geeignetes elektrisch isolierendes Material mit guter Wärmeleitfähigkeit und chemischer Beständigkeit eingeschlossen. Meist wird der Thermistor in Glas verschmolzen, es gibt aber auch die Möglichkeit, den Thermistor in ein Epoxyharz einzuschliessen, falls eine sehr hohe chemische Beständigkeit oder mechanische Belastbarkeit nötig ist.

Des Weiteren wird eine schnelle elektronische Schaltung verwendet, um die Empfindlichkeit bei kleinsten Temperaturänderungen der Lösung zu erhöhen. Dadurch wird eine Auflösung von bis zu 10^{-5} K erreicht.

Thermometrische Titration wird dann empfohlen wenn übliche Titrationsensoren für die Titrationsumgebung nicht geeignet sind oder diese nicht zufriedenstellende Resultate liefern.

Technische Spezifikation

6.9011.020

Schaftmaterial	Glas
Messbereich	0...60 °C
Einbaulänge	125 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	15 mm

6.9011.040

Schaftmaterial	PEEK und PVDF beschichtetes Glas
Messbereich	0...60 °C
Einbaulänge	125 mm
Schaftdurchmesser	12 mm
Minimale Eintauchtiefe	15 mm

Beispiele für die thermometrische Titration:

- Säurezahl (TAN) nach ASTM D8045
- Basenzahl (TBN)
- Phosphatbestimmung
- Natriumbestimmung
- Titration von Ätzbädern



Bestellinformation

Thermoprobe	6.9011.020
Thermoprobe HF	6.9011.040

Sensor für die Photometrie

86

Die Titration mit photometrischer Endpunktserkennung ist ein integraler Bestandteil vieler Titrationsmethoden.

Die «Optrode» ist ein handlicher Sensor, der wie jeder normaler Metrosensor benutzt werden kann.

Sowohl neue als auch bestehende Titrationssysteme lassen sich mit der Optrode ausstatten. Die Stromversorgung erfolgt direkt über die USB-Schnittstelle eines Metrohm-Gerätes (Titrino plus, Ti-Touch, Titrande, USB-Probenwechsler). Bei Modellen ohne USB-Schnittstelle kann die Stromversorgung auch über ein optionales USB-Netzteil erfolgen.

Optrode

- Acht Wellenlängen: 470, 502, 520, 574, 590, 610, 640 und 660 nm
- 100 % lösungsmittelresistent durch Glasschaft
- Kompakt und platzsparend
- Sehr einfache Reinigung
- Einfacher Wechsel der Wellenlänge mit einem Magnet oder Software kontrolliert (tiamo 2.5 oder höher)

Technische Daten

Optrode

Schaftdurchmesser	12 mm
Einbaulänge	135 mm
Schaftmaterial	Glas
Messbereich	
Dunkelspannung:	min. 0 mV
Hellspannung:	max. 800 mV
Temperaturbereich	0...40 °C
pH-Bereich	0...14
Minimale Eintauchtiefe	30 mm

Photometrische Titrationsen mit der Optrode, Beispiele:

- Nicht wässrige Titrationsen nach USP und EP
- Bestimmung der Carboxylendgruppen (nicht wässrig)
- TAN/TBN nach ASTM D974 (nicht wässrig)
- Chlorid in Silikonprodukten (nicht wässrig)
- Sulfatbestimmung
- Fe, Al, Ca in Zement
- Wasserhärte (Gesamthärte und Ca/Mg)
- Chondroitinsulfat nach USP



Bestellinformationen

Optrode, Fixkabel Stecker F, USB

6.1115.000

Zubehör (Optional)

USB-Netzgerät (für Titratoren ohne USB-Anschluss)

6.2166.000





Zubehör zu Metrosensoren

Zubehör zu Metrosensoren

90

Schliffhülsen für Metrohm-Elektroden

- 6.1236.020 Schliffhülse aus PP, Normschliff 14/15 mit O-Ring
- 6.1236.030 Schliffhülse aus PP, Normschliff 14/15 mit O-Ring, für Probenwechsler
- 6.1236.040 Schliffhülse aus Silikonkautschuk, Normschliff 14/15
- 6.1236.050 Schliffhülse aus EVA, Normschliff 14/15

Sonstiges Zubehör

- 6.2008.040 Aufbewahrungsgefäß aus PP
Länge 105 mm
Durchmesser 13 mm
Schliff Konus oder Normschliff 14/15



- 6.1243.020 Ersatz-Schliffdiaphragma für Profitrode 6.0255.1XX (Glashülse und Kunststoffring)



- 6.1243.030 Ersatz-Schliff für Bezugs Elektroden 6.0726.1XX und 6.0729.1XX



- 6.2615.050 Elektrodenständer für 11 Elektroden und 3 Pufferflaschen 50 mL



6.1236.020



6.1236.030



6.1236.040



6.1236.050



Ionenstandards, Pufferlösungen, Elektrolyte

92

Ionenstandards (auf NIST rückführbar)

Ion	Konzentration	Menge	Bestellnummer
KCl	0.1000 ± 0.0005 mol/L	250 mL	6.2301.060
Leitfähigkeitsstandard	$\kappa = 12.87 \text{ mS/cm (25 °C)}$	250 mL	6.2301.060
Leitfähigkeitsstandard mit DKD-Zertifikat	für USP <645> und EP 2.2.38 $\kappa = 100 \text{ }\mu\text{S/cm (25 °C)}$	250 mL 5 x 30 mL (Sachets)	6.2324.010 6.2324.110

Puffer- und Kalibrierlösungen (auf NIST rückführbar)

Artikel		Menge	Bestellnummer
Gebrauchsfertige Pufferlösung in Flaschen, gefärbt, mit Papierversiegelung	pH 4.00	500 mL	6.2307.100
	pH 7.00	500 mL	6.2307.110
	pH 9.00	500 mL	6.2307.120
Gebrauchsfertige Pufferlösung in Sachets mit DKD-Zertifikat	pH 4.00	30 x 30 mL	6.2307.200
	pH 7.00	30 x 30 mL	6.2307.210
	pH 9.00	30 x 30 mL	6.2307.220
	pH 4.00, 7.00, 9.00	je 10 x 30 mL	6.2307.230
Redoxstandard ergibt mit Bezugs elektrode Ag/AgCl/c(KCl) = 3 mol/L U = +250 ± 5 mV (20 °C); auch als Puffer pH 7 verwendbar		250 mL	6.2306.020

Aufbewahrungslösung, Reinigungslösung und pHit Kit

Elektrolyt		Menge	Bestellnummer
Aufbewahrungslösung	für kombinierte pH-Glaselektroden mit Bezugs elektrolyt c(KCl) = 3 mol/L	250 mL	6.2323.000
pHit Kit	Pflegekit für Elektroden, enthält je 50 mL Reinigungslösung, Bezugs elektrolyt c(KCl) = 3 mol/L, Aufbewahrungslösung und 2 Aufbewahrungsgefäße	je 50 mL	6.2325.000
Reinigungslösung	Ergänzend zum pHit Kit, zur Reinigung von pH Elektroden	3 x 50 mL	6.2325.100





Elektrolyte

Elektrolyt		Menge	Bestellnummer
KCl 3 mol/L	für Ag/AgCl-Bezugssysteme	250 mL	6.2308.020
		1000 mL	6.2313.000
KCl-Gel sat.	geliert	250 mL	6.2308.030
Idrolyt	für 6.0224.100 Biotrode bzw. für pH-Messung > 80 °C mit Unitrode/Syntrode	250 mL	6.2308.040
Porolyt	für 6.0235.200 Porotrode	50 mL	6.2318.000
KNO ₃ 1 mol/L	Bezugselektrolyt für kombinierte Ag-Elektrode und Zwischenelektrolyt für Ag/AgCl-Bezugssysteme	250 mL	6.2310.010
LiCl _{sat} in Ethanol	Zwischenelektrolyt für Titrations in nichtwässrigen Lösungen und Bezugselektrolyt für Solvotroden	250 mL	Kontaktieren Sie Ihre Metrohm-Vertretung
LiCl 2 mol/L in Ethanol	Zwischenelektrolyt für Titrations in nichtwässrigen Lösungen und Bezugselektrolyt für Solvotroden	250 mL	Kontaktieren Sie Ihre Metrohm-Vertretung
Tetraethylammoniumbromid 0.4 mol/L in Ethylenglykol	Zwischenelektrolyt für Titrations in nichtwässrigen Lösungen und Bezugselektrolyt für Solvotroden	250 mL	6.2320.000
KCl-Gel 3 mol/L	nur als Aussenelektrolyt VA-Referenzelektroden	50 mL	6.2308.060
NH ₄ NO ₃ 1 mol/L	Bezugselektrolyt für 6.0510.100 kombinierte Ca-ISE	50 mL	6.2327.000
CH ₃ COOLi 1 mol/L	Bezugselektrolyt für 6.0510.110 kombinierte K-ISE	50 mL	6.2328.000
Elektrolyt für NH ₃ -Elektroden	Innenelektrolyt für NH ₃ -Elektroden	50 mL	6.2316.030
KCl sat.	zur Aufbewahrung von Gelelektroden	250 mL	6.2308.000




Elektrische Verbindungen

Anschluss von pH-Elektroden, ionenselektiven Elektroden (ISE) und Metallelektroden an Metrohm-Geräte

Elektrodensteckkopf	Kabel	Bestellnummer	Messgerät
 Steckkopf G	Steckkopf G – Stecker F, 1 m	6.2104.020	Für Messeingänge «pH/ISE» und «Ind», Titritos und Titrandos, pH-/Ionenmeter ab 691
	Steckkopf G – Stecker F, 2 m	6.2104.030	
	Steckkopf G – Stecker F, 3 m	6.2104.040	
	Steckkopf G – Stecker E (DIN 19262), 1 m	6.2104.050	Für Metrohm-pH-Meter <691
	Steckkopf G – Stecker E (DIN 19262), 2 m	6.2104.060	
	Steckkopf G – Stecker E (DIN 19262), 3 m	6.2104.070	
		Elektrodenkabel für Generatorelektroden 6.0342.110, 6.0344.100 und 6.0345.100	6.2104.120
pH-Elektroden mit Fixkabel, Stecker B (2 mm)	Adapter Stecker B (2 mm)/4 mm	6.2103.150	Titritos (nur Pt 1000) pH-Meter ≤744 (nur Pt 1000)
pH-Elektroden mit Fixkabel Stecker B (4 mm)	Adapter Stecker B (4 mm)/2 mm (rot) Adapter Stecker B (4 mm)/2 mm (schwarz)	6.2103.130 6.2103.140	780/781/Titrandos/Ti-Touch/91X Meter Pt 1000 (2 mm)
 Steckkopf U	Steckkopf U – Stecker F + 2 x B (2 mm), 1 m	6.2104.600	
	Steckkopf U – Stecker F + 2 x B (2 mm), 2 m	6.2104.610	

Anschluss von konduktometrischen Messzellen und Temperaturfühlern an Metrohm-Geräte

Elektrodensteckkopf	Kabel	Bestellnummer	Messgerät
 Steckkopf G	Steckkopf G – Stecker 2 x B (4 mm), 1 m	6.2104.080	712 Konduktometer, Messeingänge Pt 100/Pt 1000 (4 mm)
	Steckkopf G – Stecker 2 x B (4 mm), 2 m	6.2104.110	
	Steckkopf G – Stecker 2 x B (2 mm), 1 m	6.2104.140	780/781/Titrandos/Ti-Touch/91X Meter Pt 1000 (2 mm)
	Steckkopf G – Stecker 2 x B (2 mm), 2 m	6.2104.150	







Anschluss von Bezugselektroden und getrennten Metallelektroden an Metrohm-Geräte

Elektrodensteckkopf	Kabel	Bestellnummer	Messgerät
Steckkopf G (6.0729.XXX) 	Steckkopf G – Stecker F, 1 m	6.2104.020	Für Messeingänge «Ind II» der Titrinos und zum Anschluss an einen Metrohm-Differenzverstärker 
	Steckkopf G – Stecker F, 2 m	6.2104.030	
	Steckkopf G – Stecker F, 3 m	6.2104.040	
Steckkopf B 	Steckkopf B (4 mm) – Stecker B (4 mm), 1 m	6.2106.020	Für Messeingang «Ref.» 
	Steckkopf B (4 mm) – Stecker B (4 mm), 2 m	6.2106.060	
	Steckkopf B (4 mm) – Stecker B (4 mm), 3 m	6.2106.050	

Anschluss von Metrohm-Elektroden mit Steckkopf G an Geräte anderer Hersteller

Elektrodensteckkopf	Kabel	Bestellnummer	Messgerät
Steckkopf G 	Steckkopf G – BNC-Stecker, 1 m 	6.2104.090	Orion, Beckman, Corning, EDT, Fisher, Hanna, Mettler-Toledo, Jenway, Philips, Radiometer, Mitsubishi, SI Analytics, Crison, Kyoto/KEM
	Steckkopf G – LEMO – Stecker 	6.2104.160	Mettler
	Steckkopf G – Stecker E (DIN 19262), 1 m 	6.2104.050	Ältere Metrohm-Geräte, WTW, Knick, SI Analytics
	Steckkopf G – Radiometer-Stecker, 1 m 	6.2104.130	Radiometer, Crison
	Steckkopf G – US-Stecker, 1 m 	6.2104.010	Ältere Orion-, Beckman- und Fisher-Geräte

Anschluss von Metrohm-Elektroden an OMNIS Messmodule

Elektrodensteckkopf	Kabel	Bestellnummer	Messgerät
Steckkopf Q 	Steckkopf Q - Stecker P; 0.55 m	6.02104.300	Für ein digitales Messmodul für OMNIS
	Steckkopf Q - Stecker P; 1.5 m	6.02104.310	
Steckkopf G für pH-Elektrode, ISE, Metallelektroden 	Steckkopf G - Stecker P; 0.55 m (grün)	6.02104.000	Für Messeingang «INPUT 1» und «INPUT 2» eines analogen Messmoduls für OMNIS
	Steckkopf G - Stecker P; 1.5 m	6.02104.010	
	Adapterkabel für Elektrode mit Fixkabel	6.02109.000	
Steckkopf G für Temperaturfühler 	Steckkopf G - Stecker P; 0.55 m (rot)	6.02104.020	Für Messeingang «INPUT 1» und «INPUT 2» eines analogen Messmoduls für OMNIS
	Steckkopf G - Stecker P; 1.5 m	6.02104.030	
Steckkopf G für Elektrode zur polarisierten Messung 	Steckkopf G – Stecker P; 0,55 m (blau)	6.02104.040	Für Messeingang „INPUT 1“ eines analogen Messmoduls für OMNIS
	Steckkopf G – Stecker P; 1,5 m (blau)	6.02104.050	
	Adapterkabel für Elektrode mit Fixkabel	6.02109.010	
Steckkopf U 	Steckkopf U – Stecker P; 0,55 m (grün/rot)	6.02104.600	Für Messeingang „INPUT 1“ und „INPUT 2“ eines analogen Messmoduls für OMNIS
	Steckkopf U – Stecker P; 1,5 m (grün/rot)	6.02104.610	
Steckkopf B 	Stecker B (4 mm) – Stecker B (2 mm), 0.55 m	6.02105.000	Für Messeingang „REF“ eines analogen Messmoduls für OMNIS
	Stecker B (4 mm) – Stecker B (2 mm), 1.5 m	6.02105.010	

Wie entsteht ein Metrosensor?

Unsere Präzision ist kein Zufall ...

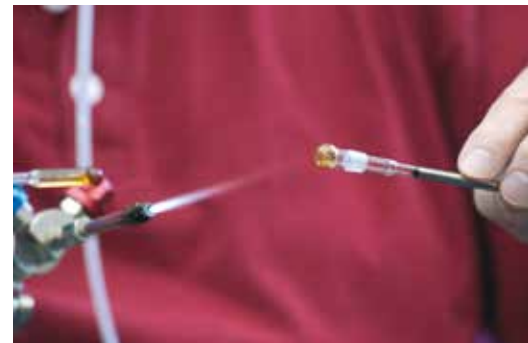
Immer schön cool bleiben!

Jahrzehntelange Erfahrung und eine ruhige Hand im Umgang mit den Rohstoffen sorgen dafür, dass bei uns die Chemie immer stimmt. Die richtige Zusammensetzung der Glasmischung und grösstmögliche Sorgfalt beim Schmelzen garantieren die einwandfreie Qualität des Membranglases.



Wir haben den Dreh raus!

Viel Fingerspitzengefühl benötigen unsere Mitarbeiter beim Verschmelzen des Membranglases mit dem Elektrodenkörper. Dass dies alles andere als eine Zitterpartie ist, sieht man unseren Elektroden auf den ersten Blick an.





Unsere Mitarbeiter sind auch nur Menschen!

Bei manchen Fertigungsprozessen, wie z. B. dem Schleifen unserer Festschliffdiaphragmen, hat selbst ein geübtes Auge keine Chance mehr. Solche Aufgaben werden von modernsten Maschinen ausgeführt, mit einer Präzision, die ihresgleichen sucht.



Elektroden mit Brief und Siegel!

Bevor wir unsere Elektroden auf die Reise schicken, werden sie noch einmal einer nasschemischen, rechnergestützten Prüfung unterzogen. Am Ende geben wir es Ihnen sogar schriftlich, dass Sie unseren Elektroden voll vertrauen können: Jede Elektrode erhält ihr individuelles Prüfzertifikat.



Die Herkunftsgarantie:

Präzision und garantierte Zuverlässigkeit – der Name Metrohm steht für höchste Qualität in der Ionenanalytik. Überzeugen Sie sich selbst!

1. Grundlagen der Potentiometrie

1.1. Messkettenaufbau

Die Messanordnung in der Potentiometrie besteht immer aus zwei Elektroden, der Messelektrode, auch Indikator-elektrode genannt, und der Bezugs-elektrode, auch Referenzelektrode genannt. Beide Elektroden werden als Halbzellen bezeichnet. Zusammen liefern diese in Lösung ein bestimmtes Potential. Das Potential ergibt sich je nach Aufbau der Halbzellen aus der Summe mehrerer Einzelpotentiale. Potentialbestimmende Übergänge ergeben sich immer an den Phasengrenzen, z. B. von der Messlösung zur Elektrodenoberfläche.

pH-Messkette

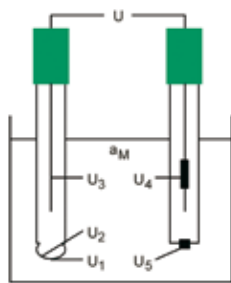


Abbildung 1: Schematische Darstellung einer pH-Messkette

Messelektrode – Glaselektrode (links)

- U_1 = Galvanipotential der Messlösung gegen die Glasmembran
- U_2 = Galvanipotential der Glasmembran gegen den Innenelektrolyten
- U_3 = Galvanipotential des Innenelektrolyten gegen die innere Ableitelektrode

Bezugs-elektrode – Silber/Silberchlorid (rechts)

- U_4 = Galvanipotential der Bezugs-elektrode
- U_5 = Diaphragmapotential (Diffusionspotential)
- a_M = Aktivität des Messions in der Probenlösung

Durch einen geeigneten Aufbau der Elektroden werden die Potentiale U_2 , U_3 und U_4 konstant gehalten. Konstruktive Massnahmen und die Wahl eines geeigneten Bezugs-elektrolyten tragen dazu bei, dass auch U_5 möglichst konstant bleibt. Im Idealfall ist das gemessene Potential ausschliesslich von dem Potential abhängig, das sich zwischen Glasmembran und Lösung einstellt. Aus praktischen Gründen werden die Halbzellen der Messelektrode und der Bezugs-elektrode in der Regel in einer Messkette zusammengefasst, man spricht dann von einer kombinierten pH-Elektrode.

Redox-Messkette

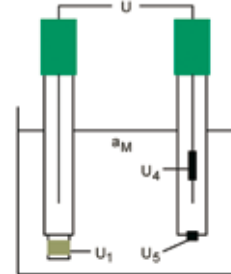


Abbildung 2: Schematische Darstellung einer Redox-Messkette

Messelektrode – Metallelektrode (links)

- U_1 = Redoxpotential der Messlösung gegen die Metalloberfläche

Bezugs-elektrode – Silber/Silberchlorid (rechts)

- U_4 = Galvanipotential der Bezugs-elektrode
- U_5 = Diaphragmapotential (Diffusionspotential)
- a_M = Aktivität des Messions in der Probenlösung

Für Metallelektroden entfallen die potentialbildenden Übergänge U_2 und U_3 der pH-Elektroden. In Abhängigkeit von der jeweiligen Applikation kann an Stelle einer Silber/Silberchlorid-Bezugs-elektrode auch eine pH-Glaselektrode als Bezugs-elektrode verwendet werden. Bei den kombinierten Redox-Elektroden bzw. Titroden von Metrohm sind die Halbzellen ebenfalls zu einer Messkette zusammengefasst.

1.2. Vom gemessenen Potential zur Ionenkonzentration

Da jedes Ion von Ionen entgegengesetzter Ladung abgeschirmt wird, ist es – vereinfacht gesprochen – nicht mehr so wirksam wie ein freies Ion (vgl. Debye-Hückel-Gesetze). Dies betrifft sowohl die Reaktionsfähigkeit als auch die Grösse der Potentiale an der Messelektrode. Der unter anderem in der Nernst-Gleichung verwendete Begriff der Aktivität des Messions a_M ist mit der meist analytisch interessierenden Konzentration c_M über den Aktivitätskoeffizienten γ verknüpft:

$$a_M = \gamma \cdot c_M$$

(1)

Für verdünnte Lösungen mit Konzentrationen $c_M \leq 0.001$ mol/L geht der Aktivitätskoeffizient γ gegen 1 und die Aktivität des Ions entspricht in erster Näherung seiner Konzentration. γ ist eine Funktion der Ionenstärke der Messlösung.

Der mathematische Zusammenhang zwischen der Aktivität a_M eines Messions in Lösung und dem zwischen Bezugs- und Messelektrode gemessenen Potential ist in der Nernst-Gleichung beschrieben. Diese gilt nur für den (idealen) Fall, dass eine Elektrode ausschliesslich auf eine einzige Ionensorte anspricht. Die in der Regel konstanten Potentiale U_2 bis U_5 bei pH-Elektroden bzw. U_4 und U_5 bei Redox-Elektroden gehen als Potential U_0 in die Nernst-Gleichung ein.

$$U = U_0 + \frac{2.303 * R * T}{z * F} * \log a_M$$

(Nernst-Gleichung) (2)

- U = gemessenes Potential
- U_0 = temperaturabhängige Standardspannung der Messkette
- R = allgemeine Gaskonstante $8.315 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- T = Temperatur in Kelvin
- z = Ionenwertigkeit einschliesslich Vorzeichen
- F = Faradaykonstante $96485.3 \text{ C mol}^{-1}$

Der in der Nernst-Gleichung vor dem Logarithmus stehende Ausdruck wird als Nernst-Spannung U_N (auch Nernst-Steilheit) bezeichnet.

$$U_N = \frac{2.303 * R * T}{z * F}$$

(Nernst-Spannung) (3)

Ihr Wert beträgt 0.059 V bei $T = 298.15 \text{ K}$ und $z = +1$. Sie gibt als Faktor in der Nernst-Gleichung die theoretische Elektrodensteilheit an. U_N entspricht genau der Potentialänderung, die durch eine Änderung der Aktivität a_M um eine Zehnerpotenz bewirkt wird. Aus der Formel lässt sich erkennen, dass die Elektrodensteilheit für Elektroden, die auf zweiwertige Ionen ($z = 2$) ansprechen, nur halb so gross ist wie die von Elektroden für einwertige Ionen ($z = 1$). Ausserdem ist das Vorzeichen für kationen- und anionensensitive Messelektroden unterschiedlich, da z auch die Ladung des Ions berücksichtigt. Die Nernst-Spannung ist direkt temperaturabhängig (vgl. Gleichung 3). Die

Temperatur ist deshalb bei allen direktpotentiometrischen Messungen unbedingt zu berücksichtigen, da sonst keine korrekten Ergebnisse erhalten werden.

pH-Wert

In der Praxis – insbesondere bei der Messung des Säure-Base-Gleichgewichtes – wird häufig statt der Aktivität des Messions a_M der von Sørensen bereits 1909 eingeführte Begriff des pH-Wertes verwendet:

$$\text{pH} = -\log a_{\text{H}^+}$$

(Definition des pH-Wertes) (4)

Der pH-Wert ist der negative dekadische Logarithmus der Wasserstoffionenaktivität einer Lösung. Der Begriff p wird häufig zur vereinfachten Darstellung sehr grosser oder kleiner Werte verwendet. So kann analog für die Aktivität eines Natriumions ein pNa^+ oder für Reaktionskonstanten pK_S als Säurekonstante oder pK_B als Basenkonstante verwendet werden. Gemeint ist damit immer der negative dekadische Logarithmus des jeweiligen Wertes. Setzt man diese Definition in die Nernst-Gleichung ein, so ergibt sich für das gemessene Potential U

$$U = U_0 - \frac{2.303 * R * T}{z * F} * \text{pH}$$

(pH-Wert und Potential) (5)

Redoxpotentiale (Metallelektroden)

Analog zur Nernst-Gleichung (Gleichung 2) ergibt sich die Formel für das aktivitätsabhängige Potential wie folgt

$$U = U_0 + \frac{2.303 * R * T}{z * F} * \log \frac{a_{\text{ox}} * a_{\text{H}^+}}{a_{\text{red}}}$$

(6)

Gleichung 6 erlaubt es meist, das Potential zu berechnen, das von einem Redoxpaar an der Messelektrode erzeugt wird. Da bei den meisten Redoxreaktionen Protonen involviert sind, ist das gemessene Potential pH-abhängig. Falls Protonenreaktionen nicht ausgeschlossen werden können, ist der pH-Wert generell mitzubestimmen oder definiert einzustellen.

1.3. Messelektroden

1.3.1. pH-Glaselektroden

Wie funktioniert eine pH-Glaselektrode?

Die Glasmembran einer pH-Glaselektrode besteht aus einem Silikat-Grundgerüst, das Lithiumionen enthält. Wird eine Glasoberfläche in eine wässrige Lösung eingetaucht, bildet sich auf der Glasoberfläche eine dünne Quellschicht (Gelschicht), in der die Glasstruktur aufgeweicht ist. Dies gilt sowohl für die Aussen- wie auch die Innenseite der Glasmembran. Da die Protonenkonzentration im Innenpuffer der Elektrode konstant ist (pH 7), stellt sich auf der Innenseite der Glasmembran ein stationärer Zustand ein. Ändert sich dagegen die Protonenkonzentration in der Messlösung, kommt es in der äusseren Quellschicht zu einem Ionenaustausch und damit zu einer Veränderung des Potentials an der Glasmembran. Erst wenn dieser Ionenaustausch einen stationären Zustand erreicht hat, ist auch das Potential der Glaselektrode konstant. Die Einstellzeit einer Glaselektrode ist daher immer auch von der Dicke der Quellschicht abhängig. Durch den ständigen Kontakt mit wässrigen Lösungen wächst die Quellschicht – wenn auch sehr langsam – immer weiter an, was längere Einstellzeiten

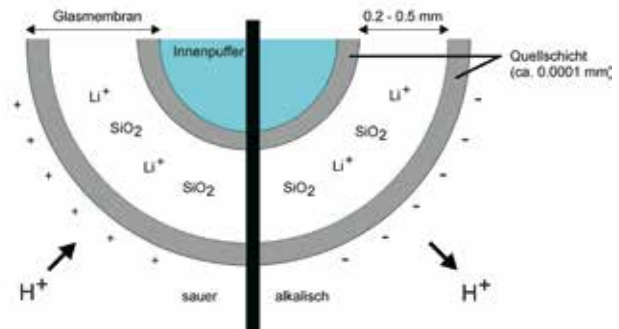


Abbildung 3: Das Silikatgrundgerüst der Glasmembran enthält unter anderem auch Lithiumionen. Bei der Ausbildung der Quellschicht an der Glasoberfläche werden diese zum Teil durch Protonen ersetzt. Verändert sich die Konzentration der Protonen in der Messlösung, muss sich in der Quellschicht erst wieder ein neuer stationärer Zustand einstellen, was eine Veränderung des Potentials an der Glasmembran zur Folge hat

zur Folge hat. Um möglichst reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten, ist deshalb eine Konditionierung der Elektrode in einem geeigneten Elektrolyten unbedingt erforderlich, um einen möglichst stationären Ausgangszustand der Quellschicht zu garantieren.

Tabelle 1: Die verschiedenen Elektrodengläser der Metrohm AG im Überblick

Anwendung	U-Glas (grün)	T-Glas (blau)	M-Glas (farblos)	Aquatroden-Glas (gelblich)	E-Glas (gelblich)
pH-Bereich	0...14	0...14	0...14	0...13	0...13
Temperaturbereich	0...80 °C	0...80 °C	0...60 °C	0...80 °C	0...80 °C
Dauereinsatz kurzzeitig	0...100 °C				
Membranoberfläche	Elektroden mit grosser Membranoberfläche	Elektroden mit mittlerer bis grosser Membranoberfläche (Minielektroden)	mit kleiner Membranoberfläche (Mikroelektroden)	Grosse Oberflächen	Elektroden mit mittlerer bis grosser Membranoberfläche
Besonderheiten	Für stark alkalische Lösungen, Langzeitmessungen und Messungen bei hohen Temperaturen	Messungen in nichtwässrigen Probenlösungen	Messungen in kleinen Proben volumina	Spricht sehr schnell an, daher besonders geeignet für Messungen in ionenarmen oder schlecht gepufferten Lösungen	Spricht sehr schnell an, hohe Beständigkeit im Dauereinsatz
Membranwiderstand (MΩ) Bezogen auf Kugelmembran 10.5 mm Durchmesser	<500	<150	<120	<250	<250

Warum gibt es unterschiedliche Glassorten für pH-Elektroden?

Je nach Anwendung werden an eine pH-Glaselektrode unterschiedliche Anforderungen gestellt. Es müssen verschiedene Eigenschaften wie Ansprechzeit, Temperaturbeständigkeit, chemische Stabilität, Form, Grösse und elektrische Eigenschaften berücksichtigt werden, um für jede Probenlösung eine möglichst optimale Elektrode bereitzustellen. Um der Vielfalt an Applikationen gerecht zu werden, stehen unterschiedliche Gläser mit unterschiedlichen Eigenschaften zur Verfügung (Tabelle 1).

Warum muss man eine pH-Glaselektrode kalibrieren?

Das Potential einer Messelektrode kann immer nur relativ zu einer Bezugslektrode angegeben werden. Um die Systeme vergleichbar zu machen, definiert man den Elektrodennullpunkt bei 0 mV für pH 7 und 298.15 K bzw. 25 °C. Die Elektrodensteilheit, das heisst die Veränderung des Messwertes mit dem pH, ist durch die Nernst-Gleichung gegeben und beträgt bei 25 °C 0.059 V pro $\Delta\text{pH} = 1$. Dies sind die idealen Werte, von denen die Metrosensor-Elektroden nur geringfügig abweichen. Der Elektrodennullpunkt liegt bei ± 0.015 V. Unter anderem bedingt durch die Alterung der Glasmembran oder die Veränderung (z.B. Verschmutzung) am Diaphragma können sich der Elektrodennullpunkt und die Elektrodensteilheit verändern. Deshalb muss das pH-Meter unter Verwendung von Pufferlösungen in regelmässigen Abständen an die Charakteristik der Elektrode angepasst, d.h. kalibriert werden.

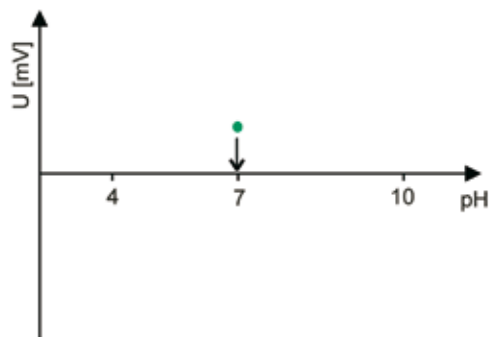


Abbildung 4: Im ersten Kalibrierschritt mit Puffer pH 7 wird die Abweichung vom Elektrodennullpunkt bestimmt und korrigiert.

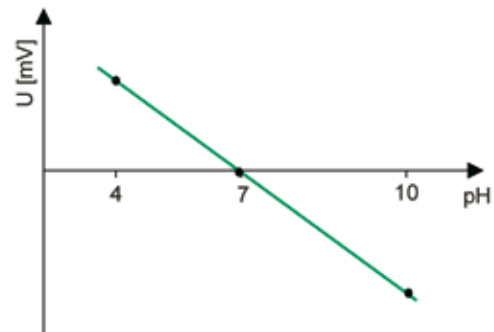


Abbildung 5: Im zweiten Kalibrierschritt wird mit einer anderen Pufferlösung die Elektrodensteilheit bestimmt und in Prozent des theoretischen Werts von 0.059 V (bei 25 °C) ausgedrückt.

Zunächst wird der Elektrodennullpunkt eingestellt (pH 7 entsprechend 0 mV für Metrosensor-pH-Elektroden). Mit der zweiten bzw. weiteren Pufferlösungen wird die Steilheit der pH-Elektrode ermittelt. Diese Steilheit wird in Prozent des theoretischen Wertes ausgedrückt (100 % = 0.059 V pro $\Delta\text{pH} = 1$ bei 25 °C). Um spätere Messfehler zu minimieren, sollte stets darauf geachtet werden, dass der erwartete Messwert der Probenlösung immer innerhalb des durch die Pufferlösungen abgedeckten pH-Bereiches liegt. Moderne pH- und Ionenmeter wie z. B. das 780 pH-Meter und die 781 pH-Ionenmeter und 913 pH Meter und 914 pH/Leitfähigkeitsmeter erfordern keine manuelle Einstellung. Die Pufferlösungen werden automatisch erkannt und können in beliebiger Reihenfolge vorgelegt werden.

Die Kalibrierung ist stets auch eine Überprüfung der Messelektrode. Die Kalibrierpuffer weisen eine mittlere Säure-Base-Konzentration auf, und die Ionenstärke liegt im Bereich der gängigsten Messlösungen. Die Temperaturabhängigkeit der Elektrodensteilheit erfordert im Voraus die Kenntnis der Kalibrier- und Messtemperatur. Hinweise über den Elektrodenzustand geben die Elektrodensteilheit, der Elektrodennullpunkt, die Einstellzeit des Signals und dessen Strömungsabhängigkeit. Mit dem Metrohm 781 pH-Ionenmeter, dem 780 pH-Meter und den Titrandos (in Verbindung mit PC Control oder Touch Control) kann ein automatischer Elektrodentest durchgeführt werden, der eine genaue Aussage über den Elektrodenzustand liefert und mit dem sich oft die Fehlerquelle lokalisieren lässt.

pH-Wert und Temperatur – ein unzertrennliches Paar!

Die Temperatur hat wesentlichen Einfluss auf den pH-Wert und die pH-Messung. Ist eine Elektrode bei 25 °C kalibriert, so sollte sie über den gesamten pH-Bereich linear messen und korrekte Ergebnisse liefern. Wird die Elektrode nun aber auf eine andere Temperatur gebracht, so ändert sich die Elektrodensteilheit – gemäss der Nernst-Gleichung – und eventuell auch der Elektrodennullpunkt. Der Punkt, an dem sich die beiden Kalibriergeraden (ohne Korrektur) für unterschiedliche Temperaturen schneiden, wird als Isothermenschnittpunkt bezeichnet. Dank optimiertem Innenpuffer und «Long Life»-Ableitsystem kann mit den Metrosensor-pH-Elektroden bei unterschiedlichen Temperaturen präzise gemessen werden. Das bedeutet, dass, obwohl nur bei einer Temperatur kalibriert wird, anschliessend über den gesamten Temperaturbereich gemessen werden kann. Metrosensor-pH-Elektroden weichen in ihrem realen Verhalten um maximal ± 15 mV vom idealen Verhalten ab. Trotzdem gilt, dass die Genauigkeit der Messung erhöht wird, wenn die Elektrode bei der Temperatur kalibriert wird, bei der später auch gemessen werden soll. Die Nernst-Spannung beträgt 59.16 mV bei 298.16 K und $z = 1$. Für abweichende Temperaturen kann sie anhand von Tabelle 2 in der Nernst-Gleichung korrigiert werden. Moderne pH-Meter führen die Korrektur der Temperaturabhängigkeit der Nernst-Spannung automatisch durch, wenn ein Temperaturfühler angeschlossen ist. Im Rahmen von GLP/ISO ist die Erfassung und Dokumentation der Temperatur bei allen Messungen generell erforderlich.

Es ist aber zu beachten, dass ein pH-Meter nur das Temperaturverhalten der Messkette korrigieren kann, niemals aber das Temperaturverhalten der Messlösung. Für korrekte pH-Messungen ist es unabdingbar, den pH-Wert bei der Temperatur zu vermessen, bei der die Probe entnommen wurde. So hat eine Natronlauge mit $c(\text{NaOH}) = 0.001$ mol/L bei 0 °C einen pH-Wert von 11.94, bei 50 °C gilt $\text{pH} = 10.26$ und nur bei 25 °C $\text{pH} = 11.00$. Diese pH-Veränderung ist durch die Temperaturabhängigkeit des Ionenproduktes von Wasser bedingt.

Bei manchen herkömmlichen Elektroden ist der Temperaturfühler nicht in unmittelbarer Nähe der Membran, d.h. im Fuss der Elektrode, angebracht. Dies bedeutet, dass er

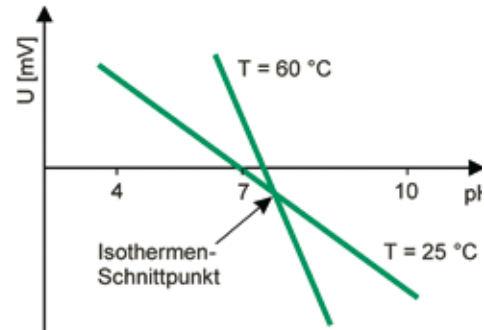


Abbildung 6: Isothermenschnittpunkt

die Temperatur der Lösung nicht korrekt misst und die pH-Wert-Kompensation fehlerhaft ist, da Temperatur- und pH-Messung nicht am selben Ort erfolgen. Bei modernen pH-Elektroden sollte sich der Temperaturfühler innerhalb der Elektrode in unmittelbarer Nähe der Glasmembran befinden. Nur so ist eine präzise pH-Messung möglich. Wird der Messfühler ausserhalb der Membran angebracht, so können leicht Probleme mit der Reinigung der Elektrode entstehen.

Tabelle 2: Temperaturabhängigkeit der Nernst-Spannung U_N

Temperatur T (°C)	Steilheit U_N (mV)	Temperatur T (°C)	Steilheit U_N (mV)
0	54.20	50	64.12
5	55.19	55	65.11
10	56.18	60	66.10
15	57.17	65	67.09
20	58.16	70	68.08
25	59.16	75	69.07
30	60.15	80	70.07
35	61.14	85	71.06
37	61.54	90	72.05
40	62.13	95	73.04
45	63.12	100	74.03

Wie lagert man eine pH-Glaselektrode?

Das Quellen der Glasoberfläche ist für die Verwendung von Glas als Membran für pH-Glaselektroden unverzichtbar; ohne diese Quellschicht wäre keine pH-Messung möglich. Gläser für pH-Glaselektroden sind in ihrer Beschaffenheit dahingehend optimiert, dass möglichst nur Protonen in die Glasmembran eindringen können. Wegen des sehr langsamen, aber stetig fortschreitenden Quellvorganges des Glases ist es aber nicht zu vermeiden, dass auch andere Ionen, wie z. B. Natrium und Kalium, in das Glas eindringen. Bei höheren Konzentra-

tionen führen diese zum sogenannten Alkalifehler von Glaselektroden, d. h. der Messwert wird bei vergleichsweise niedrigen Protonenkonzentrationen verfälscht. Wird eine Glaselektrode sehr lange in einer stark kalium- oder natriumhaltigen Lösung gelagert, führt dies zu verlängerten Ansprechzeiten der Glasmembran, da die Protonen die «Fremdionen» erst wieder aus der Quellschicht verdrängen müssen.

Einer der gängigsten Elektrolyte für die pH-Messung ist $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$, da das äquitransferente KCl am Diaphragma lediglich ein sehr kleines Diffusionspotential hervorruft und zudem kostengünstig ist. Normalerweise wird eine kombinierte pH-Glaselektrode nur deshalb in $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$ gelagert, weil man sie ohne Konditionieren des Diaphragmas zum sofortigen Einsatz bereit haben will. Die Lagerung in KCl schadet allerdings langfristig dem Glas, da sie zu immer längeren Ansprechzeiten führt. Für das Glas wäre eine Aufbewahrung in destilliertem Wasser optimal, allerdings muss danach das Diaphragma erst wieder mehrere Stunden konditioniert werden. Die patentierte Aufbewahrungslösung für kombinierte pH-Glaselektroden (6.2323.000) löst genau

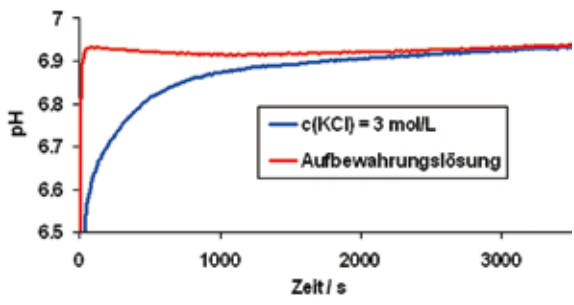


Abbildung 8: pH-Messung in $c(\text{NaHCO}_3) = 0.05 \text{ mmol/L}$. Ein in der Aufbewahrungslösung gelagertes Aquatroden-Glas zeigt eine wesentlich kürzere Ansprechzeit als ein über den gleichen Zeitraum in KCl gelagertes Elektrodenglas des gleichen Typs.

dieses Problem. Wird eine kombinierte pH-Glaselektrode in dieser Lösung aufbewahrt, bleibt die Glasmembran in Bezug auf Ansprechzeit und Alkalifehler unverändert. Wird zusätzlich noch $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$ als Bezugs elektrolyt verwendet, garantiert die optimierte Zusammensetzung der Aufbewahrungslösung die ständige Betriebsbereitschaft der pH-Glaselektrode. Eine Konditionierung vor der Messung ist nicht notwendig, egal wie lange die Elektrode gelagert wurde.

Tabelle 3: Die richtige Aufbewahrung von pH-Glaselektroden:

Elektrode bzw. Bezugs elektrolyt	Aufbewahrung
Getrennte pH-Glaselektrode	Dest. Wasser
Komb. pH-Glaselektrode mit $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$, Porolyt	Aufbewahrungslösung 6.2323.000
Komb. pH-Glaselektrode mit anderem Bezugs elektrolyt (Idrolyt, nichtwässrig)	Bezugs elektrolyt
Gel (Einstich-Elektrode, Ecotrode Gel)	$c(\text{KCl}) = \text{sat.}$ 6.2308.000

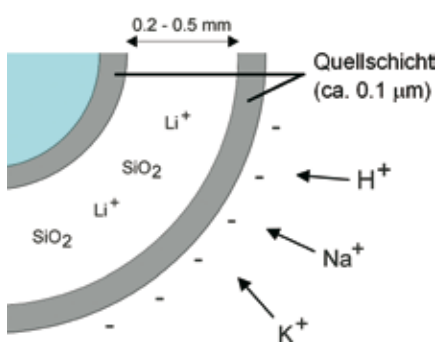


Abbildung 7: Querschnitt durch eine pH-Glasmembran. Sind mehrere Kationenarten in der Messlösung enthalten, konkurrieren diese um die freien Plätze in der aufgeweichten Quellschicht. Vor allem Kalium und Natrium können sich dabei in die Glasmembran einlagern und zu längeren Ansprechzeiten führen.

Troubleshooting

Die Ursache der meisten Störungen liegt nicht in der Messelektrode und der dort verwendeten Glasmembran begründet, sondern in der Bezugs elektrode, da dort die wesentlich kritischeren Diaphragmaprobleme auftreten können. Zur Vermeidung von Fehlmessungen und zur Erhöhung der Lebensdauer muss trotzdem auf die folgenden möglichen Störquellen geachtet werden:

Tabelle 4: Mögliche Störquellen und Hilfsmassnahmen für pH-Glaselektroden

Störquelle	Auswirkungen	Massnahme	Alternativen
HF-haltige Lösungen	Ätzung und Auflösung der Glasmembran → Korrosionspotential während der Messung/ kurze Standzeit		Verwendung der Sb-Elektrode
Hoher pH-Wert und hoher Alkaligehalt	Erhöhter Alkalifehler → zu tiefer pH-Wert		Verwendung von Elektroden mit U-Glas
Hohe Temperaturen	Rascher Anstieg des Membranwiderstandes durch Alterung → erhöhte Polarisierbarkeit und Drift		Verwendung von Elektroden mit U-Glas
Messung bei tiefen Temperaturen	Hoher Membranwiderstand → Polarisierungseffekte		Verwendung von Elektroden mit T-Glas und Idrolyt als Bezugsselektrolyt
Trockenlagerung	Nullpunktsdrift	Wässern über Nacht	Aufbewahrung in Aufbewahrungslösung 6.2323.000 oder Bezugsselektrolyt
Reaktion einer Lösungskomponente mit dem Glas	Träges Einstellverhalten, Nullpunktsverschiebung, Steilheitsverlust		Andere Glassorten ausprobieren
Nichtwässrige Medien	Verminderte Empfindlichkeit	Wässern	T-Glas/nichtwässrige Elektrolytlösung
Ablagerung von Festkörpern auf Membranoberfläche	Träges Einstellverhalten, Nullpunktsverschiebung, Steilheitsverlust	Reinigung mit Lösungsmitteln oder starken Säuren	
Elektrostatische Aufladung	Träges Einstellverhalten	Elektrode nicht trocken-tupfen/-wischen	Messgerät erden
Ablagerung von Proteinen auf Membranoberfläche	Träges Einstellverhalten, Nullpunktsverschiebung, Steilheitsverlust	Reinigung mit 5 % Pepsin in 0.1 mol/L HCl	

Mögliche Störquellen und Pflegehinweise bei Diaphragmaproblemen finden Sie im Kapitel 1.4. über Bezugsselektroden.

1.3.2. Metallelektroden

Wie funktioniert eine Metallelektrode?

Metallelektroden besitzen eine blanke Metalloberfläche. Sind in der Probenlösung Ionen dieses Metalls enthalten, stellt sich in Abhängigkeit von der Konzentration der Metallionen ein Gleichgewicht an der Metalloberfläche ein (siehe «Theorie der elektrischen Doppelschicht» in Lehrbüchern der Elektrochemie). Es werden gleichzeitig Metallionen von der Metalloberfläche aufgenommen und von der Metalloberfläche in die Lösung abgegeben.

Dieses konzentrationsabhängige Gleichgewicht ist durch ein entsprechendes Potential E^0 (Galvanipotential) charakterisiert, z. B. besitzt das Gleichgewicht Ag/Ag^+ an einer Silberoberfläche einen Wert von $E^0 = 0.7999 \text{ V}$ (25 °C). Sind in der Probenlösung keine Ionen des entsprechenden Metalls enthalten, können Metallelektroden dennoch ein Galvanipotential ausbilden, wenn in der Probenlösung eine Redox-Reaktion abläuft.



(7)



(8)

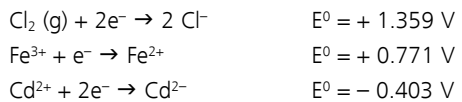
Die Elektrodenoberfläche ist dabei inert gegenüber der Redox-Reaktion. Es werden keine Metallionen aus dem Metall herausgelöst, die Metalloberfläche dient in diesem Fall lediglich als Katalysator für die Elektronen. Da Gold- und Platinelektroden chemisch weitgehend inert sind, werden sie für die Messung von Redoxpotentialen eingesetzt. Silberelektroden werden ausschliesslich als Indikatorelektroden für Titrationsen verwendet.

Kalibrierung einer Metallelektrode

Zur raschen Überprüfung einer Metall- bzw. Redox-elektrode werden Redoxpufferlösungen (6.2306.020) verwendet. Da die Potentialprägung durch die Redoxpufferlösungen sehr hoch ist, werden Verschmutzungen an der Metallelektrode oft nicht erkannt. Redoxpufferlösungen eignen sich deshalb eher zur Überprüfung der Bezugs-elektrode. Ist das Potential verschoben, so ist die Metallelektrode verschmutzt, der Redoxpuffer teiloxidiert oder die Bezugs-elektrode in ihrer Funktion beeinträchtigt. Keinesfalls sollte die angezeigte Spannung auf den Sollwert nachgestellt werden.

Wird in schwach redoxgepufferten Lösungen gemessen, so empfiehlt sich eine geeignete Vorbehandlung der Metallelektrode, um die Oberflächenbeschaffenheit möglichst den Messbedingungen anzupassen (abrasive Vorbehandlung: Elektrode vorsichtig mit Schmirgelpaste reinigen). Die Bezugs-elektrode kann entweder gegen eine zweite geprüfte Bezugs-elektrode in Pufferlösung 4 und 7 (Einstellverhalten und Bezugspotential) oder aber mit Hilfe des Redoxpuffers geprüft werden.

In der Literatur finden sich gewöhnlich die so genannten Standardredoxpotentiale E⁰



Der Nullpunkt dieser Systeme ist (willkürlich) mit der Normalwasserstoffelektrode (NWE) definiert, der ein Standardpotential von 0 mV zugewiesen wird. Werden Elektronen von einem Redoxsystem an die NWE abgegeben, wird diese also reduziert, bekommt das Redoxpaar ein negatives Vorzeichen, werden Elektronen aufgenommen, wird die NWE also oxidiert, resultiert eine Redoxspannung mit positivem Vorzeichen. Die Normalwasserstoffbezugselektrode ist nur schwer zu handhaben. Die Spezifikationen der NWE schreiben vor, dass ein platinierter Platindraht verwendet wird, der von Wasserstoffgas mit einem Wasserstoffpartialdruck von 1.0 bar umspült ist, und dass die Aktivität der Wasserstoffionen in der Lösung, in die der umspülte Platindraht eintaucht, genau 1.00 mol/L ist. Übliche Alternative ist die Ag/AgCl/KCl-Bezugselektrode. Diese zeigt eine E⁰ = + 207.6 mV bei c(KCl) = 3 mol/L und T = 25 °C. Zur Kontrolle der getrennten und kombinierten Metallelektroden kann der Metrohm-Redoxstandard (6.2306.020) eingesetzt werden. Platin und Goldelektroden liefern gegen die Ag/AgCl/KCl-Bezugselektrode (c(KCl) = 3 mol/L und T = 20 °C) eine Spannung von + 250 ± 5 mV.

Tabelle 5: Messdaten für den Redoxstandard 6.2306.020 in Abhängigkeit von der Temperatur

Temp. (°C)	10	20	25	30	40	50	60	70
mV ± 5	+ 265	+ 250	+ 243	+ 236	+ 221	+ 207	+ 183	+ 178
pH ± 0.05	7.06	7.02	7.00	6.99	6.98	6.97	6.97	6.98

Wird nicht mit einer Ag/AgCl/KCl-Bezugselektrode c(KCl) = 3 mol/L sondern mit einer Ag/AgCl/KCl-Bezugselektrode c(KCl) = sat. gemessen, so ist bei 25 °C um + 10 mV und der bei der Messung mit einer Hg/Hg₂Cl₂/KCl-Kalomelbezugselektrode, die sich aus toxikologischen Gründen nicht mehr im Metrohm-Programm befindet, um -37 mV zu korrigieren.

Die Überprüfung der Titroden erfolgt mit einer Standardtitration, da keine geeigneten Kalibrier- bzw. Pufferlösungen zur Verfügung stehen. Z. B. kann der zertifizierte Ionenstandard c(NaCl) = 0.1 mol/L (6.2301.010) mit einer Silbernitrat-Masslösung titriert werden. Tests zur Überprüfung von Metallelektroden können Metrohm Applikation-Bulletin (AB) 48 entnommen werden.

Troubleshooting

Tabelle 6: Störungen bei Messungen mit Metallelektroden

Elektrode	Störquelle	Auswirkungen	Reinigung	Alternativen
Ag	Elektrodingifte wie S^{2-} , I^- , Br^-	Passivierung der Ag-Schicht → träges Einstellverhalten	Reinigung mit Abrasionsmittel	
Pt/Au	Fette oder Öle	Isolierende Schicht → träges Einstellverhalten, Fehlpotential	Reinigung mit Lösungsmittel	
	Schwach redoxgepufferte Lösung	Adsorbierte Ionen an Oberfläche (z.B. Oxide) → träges Einstellverhalten	Abrasiv, oxidativ (bei oxidierenden Lösungen) oder reduzierend (bei reduzierenden Lösungen) Vorbehandlung	Verwendung von Au oder Pt
	CSB-Bestimmung	Deaktivierung von Pt		Verwendung von Au

1.3.3. Ionenselektive Elektroden

Wie funktioniert eine ionenselektive Elektrode?

Eine ionenselektive Elektrode (ISE) kann ein Ion gezielt aus einer Mischung von Ionen in einer Lösung erkennen. Es gibt verschiedene Arten von ionenselektiven Elektroden, die am weitesten verbreiteten Typen sind:

Glasmembran:	Grundgerüst aus Silikatglas mit Hohlräumen für H^+ und Na^+
Kristallmembran:	Kristallgitter, das definierte Lücken für das Mession enthält
Polymermembran:	Polymermembran, die ein Molekül (= Ionophor) enthält, das speziell nur das Mession bindet

Im Gegensatz zu Metallelektroden misst eine ISE kein Redox-Potential. Ist in der Probenlösung das Mession enthalten, kann dieses in die Membran eindringen. Dabei werden die elektrochemischen Eigenschaften der Membran verändert, was eine Potentialänderung bewirkt. Eine einhundertprozentige Selektivität für genau eine Ionensorte ist allerdings nur selten möglich. Die meisten ionenselektiven Elektroden weisen «nur» eine besondere Empfindlichkeit für eine spezielle Ionensorte auf, reagieren aber auch auf Ionen mit ähnlichen chemischen Eigenschaften oder ähnlicher Struktur (siehe Tabelle 7). Aus diesem Grund muss bei der Wahl der ISE immer die Querempfindlichkeit zu anderen Ionen, die in der Probenlösung enthalten sein können, berücksichtigt werden.

Eines der bekanntesten Beispiele für eine Querempfindlichkeit ist der so genannte Alkalifehler von pH-Glaselektroden. Bei manchen Glassorten erstreckt sich der lineare Bereich nicht über den ganzen pH-Bereich von 0 bis 14, sondern es ist zu beobachten, dass es bei hohen pH-Werten zu einer Abweichung von der Linearität kommt. Ursache hierfür ist, dass bei sehr geringen H^+ -Konzentrationen in der Lösung vorhandene Alkaliionen (evtl. durch Abscheidung aus der Gefäßwand) den Messwert verfälschen. Leider zeigen nur die wenigsten ionenselektiven Elektroden einen ähnlich grossen Linearitätsbereich wie pH-Glaselektroden. In der Regel ist der Gebrauch einer ISE auf 6-8 Konzentrationsdekaden beschränkt. Wird am Rande des Linearitätsbereiches einer ISE gemessen, muss die Nernst-Gleichung (Gl. (5), Abschnitt 1.2.) für die Auswertung des gemessenen Potentials um den Beitrag des jeweiligen Störions erweitert werden:

$$U = U_0 + \frac{2.303 * R * T}{z * F} * \log (a_M + K_S * a_S)$$

(Nikolski-Gleichung) (9)

K_S ist der so genannte Selektivitätskoeffizient der ionenselektiven Elektrode für das Störion S. Er ist ein Faktor, der den Einfluss des Störions im Verhältnis zum Mession beschreibt. Diese Selektivitätskoeffizienten sind für die jeweils wichtigsten Störionen einer ISE bekannt und somit kann einfach abgeschätzt werden, ob ein in der Probenlösung enthaltenes Störion den Messwert beeinflusst oder nicht.

Direktmessung oder Standardaddition?

Oft stellt sich die Frage, welches Bestimmungsverfahren für welche Probe am geeignetsten ist. Prinzipiell kann eine Ionenmessung mit ionenselektiven Elektroden mittels drei verschiedener Verfahren durchgeführt werden:

Direktmessung

Die Direktmessung ist vor allem bei hohem Probandurchsatz oder bei bekannter, einfacher Zusammensetzung der Probenlösung von Vorteil. Die ionenselektive Elektrode wird vor der eigentlichen Messung mit speziellen Standardlösungen des Messions dem Verfahren nach analog den pH-Glaselektroden kalibriert und kann anschliessend für mehrere Bestimmungen in Serie verwendet werden.

Standardaddition

Die Standardaddition empfiehlt sich, wenn nur gelegentlich eine Bestimmung durchgeführt wird oder wenn die Zusammensetzung der Probe unbekannt ist. Zu der Probenlösung werden in mehreren Schritten definierte Volumina einer Standardlösung des Messions zugesetzt. Aus dem Anfangspotential und den einzelnen Potentialschritten der Standardzugabe wird dann die Konzentration in der Ausgangslösung berechnet. Der Vorteil der Standardaddition ist, dass die ISE direkt in der Probenlösung kalibriert wird und damit alle Matrixeffekte eliminiert werden.

Probenaddition

Analog zur Standardaddition, allerdings werden hier zu einer definierten Menge eines Ionenstandards definierte Volumina der Probenlösung zugesetzt.

Moderne Ionenmeter wie der 781 Ionenmeter von Metrohm können diese Additionsverfahren automatisch durchführen. Die Zugabe der Proben- bzw. Standardlösung wird dabei vom Ionenmeter – mit nur einem Tastendruck – automatisch gesteuert und anhand der Nikolskii-Gleichung ausgewertet.

ISA und TISAB – wann und warum?

Der Aktivitätskoeffizient eines Ions (Abschnitt 1.2.) ist eine Funktion der Ionenstärke. Aus diesem Grund muss darauf geachtet werden, dass ionenselektive Messungen in Lösungen mit annähernd gleicher Ionenstärke durchgeführt werden. Um dies zu erreichen, sollten der Probenlösung so genannte ISA-Lösungen (Ionic Strength Adjustment) oder TISAB-Lösungen (Total Ionic Strength Adjustment Buffer) zugesetzt werden (siehe Tabelle 7). Diese sind chemisch inert und besitzen eine so grosse Ionenstärke, dass die Ionenstärke der Probenlösung nach deren Zugabe vernachlässigt werden kann.

Tabelle 7: Störionen und empfohlene ISA- bzw. TISAB-Lösungen zu ionenselektiven Elektroden

Ion	Membranmaterial	pH-Bereich ¹	ISA bzw. TISAB ²	wichtigste Störionen ³	Anmerkungen
Ag ⁺	Kristall	2...8	c(KNO ₃) = 1 mol/L	Hg ²⁺ , Proteine	1) Der angegebene pH-Bereich gilt nur für ionenselektive Elektroden der Metrohm AG 2) Alternativen bzw. genaue Zusammensetzungen sind der Gebrauchsanweisung «Ion Selective Electrodes (ISE)», Bestellnummer 8.109.8042 zu entnehmen 3) Genauere Angaben zu den Störionen sowie weitere Störeinflüsse sind der Gebrauchsanweisung «Ion Selective Electrodes (ISE)», Bestellnummer 8.109.8042 zu entnehmen
Br ⁻	Kristall	0...14	c(KNO ₃) = 1 mol/L	Hg ²⁺ , Cl ⁻ , I ⁻ , S ²⁻ , CN ⁻	
Ca ²⁺	Polymer	2...12	c(KCl) = 1 mol/L	Pb ²⁺ , Fe ²⁺ , Zn ²⁺ , Cu ²⁺ , Mg ²⁺	
Cl ⁻	Kristall	0...14	c(KNO ₃) = 1 mol/L	Hg ²⁺ , Br ⁻ , I ⁻ , S ²⁻ , S ₂ O ₃ ²⁻ , CN ⁻	
CN ⁻	Kristall	10...14	c(NaOH) = 0.1 mol/L	Cl ⁻ , Br ⁻ , I ⁻ ,	
Cu ²⁺	Kristall	2...12	c(KNO ₃) = 1 mol/L	Ag ⁺ , Hg ²⁺ , S ²⁻	
F ⁻	Kristall	5...7	NaCl/Eisessig/CDTA	OH ⁻	
I ⁻	Kristall	0...14	c(KNO ₃) = 1 mol/L	Hg ²⁺ , S ²⁻ , S ₂ O ₃ ²⁻ ,	
K ⁺	Polymer	2.5...11	c(NaCl) = 0.1...1 mol/L	TRIS ⁺ , NH ₄ ⁺ , Cs ⁺ , H ⁺	
Na ⁺	Polymer	3...12	c(CaCl ₂) = 1 mol/L	SCN ⁻ , K ⁺ , lipophile Ionen	
NH ₄ ⁺	Gasmembran	11	–	–	
NO ₃ ⁻	Polymer	2.5...11	c((NH ₄) ₂ SO ₄) = 1 mol/L	Cl ⁻ , Br ⁻ , NO ₂ ⁻ , OAc ⁻	
Pb ²⁺	Kristall	4...7	c(NaClO ₄ ·H ₂ O) = 1 mol/L	Ag ⁺ , Hg ²⁺ , Cu ²⁺	
S ²⁻	Kristall	2...12	c(NaOH) = 2 mol/L	Hg ²⁺ , Proteine	

Troubleshooting

Tabelle 8: Mögliche Störquellen und Hilfsmassnahmen für ionenselektive Elektroden

Elektrode	Störquelle	Auswirkungen	Massnahme
Ionenselektive Kristallmembran	Löseprozesse, Oxidationsprozesse	Rauhe Oberfläche → träges Einstellverhalten, geringere Nachweisgrenze	Polieren mit Poliertuch
	Elektrodingifte	Bildung schwerer löslicher Salze auf der Elektrodenoberfläche als mit Mession → Nullpunktverschiebung, reduzierter Linearitätsbereich	Polieren mit Poliertuch, störendes Ion maskieren
Ionenselektive Polymermembran	Löseprozesse	Diffusion in die Membran oder Herauslösen von Membrankomponenten	Eliminierung der störenden Komponenten
NH ₃ -Sensor	Flüchtige Basen (Amine)	Der Elektrolyt wird kontaminiert → Verschiebung der Kalibriergerade, beschränkte Linearität	Elektrolyt wechseln
	Tenside	Membran wird benetzt → träges Einstellverhalten	Membran auswechseln

1.4. Bezugs Elektroden

Bezugs Elektroden sind meist Elektroden 2. Art. Bei diesem Elektrodentypus befindet sich eine Metallelektrode in Kontakt mit einem schwerlöslichen Salz dieses Metalls. Das Potential ist nur von der Löslichkeit des Salzes abhängig. Elektroden 2. Art reagieren in erster Näherung nicht selbst mit der Lösung und liefern deshalb ein konstantes Potential.

Die gebräuchlichste Bezugs Elektrode ist die Silber/Silberchloridelektrode (Ag/AgCl/KCl). Auf den Einsatz der früher häufig verwendeten Kalomelektrode (Hg/Hg₂Cl₂/KCl) wird heute weitestgehend verzichtet, da Quecksilber und seine Salze hochgiftig sind und alle Applikationen auch mit der Silber/Silberchlorid-Bezugs Elektrode ausgeführt werden können. Die Normalwasserstoffelektrode NWE zählt ebenfalls zu den Elektroden 2. Art. Sie wird

allerdings nur zu Kalibrierzwecken eingesetzt. Einige Titrations bieten die Möglichkeit, pH-Glaselektroden als Bezugs Elektroden einzusetzen. Auch wenn im Verlauf der Titrations Protonen umgesetzt werden, kann in der Regel eine präzise Endpunktsbestimmung erfolgen.

1.4.1. Silber/Silberchlorid-Bezugssystem

Die Silber/Silberchlorid-Bezugs Elektrode enthält als Ablelement das System Silber/Silberchlorid/Kaliumchlorid-Lösung: Ag/AgCl/KCl. Die Bezugs Elektrode ist meist mit $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$ oder mit gesättigter KCl-Lösung gefüllt. In den Tabellen 9 und 10 sind die Potentiale der Bezugs Elektrode in Abhängigkeit vom Bezugselektrolyten und der Temperatur angegeben. Diese Werte wurden jeweils unter isothermen Bedingungen gegen die Normalwasserstoffelektrode gemessen.

Tabelle 9: Temperatur- und Konzentrationsabhängigkeit der Standardredoxpotentiale der Silber/Silberchlorid-Bezugs Elektrode

Temp. (°C)	0	+10	+20	+25	+30	+40	+50	+60	+70	+80	+90	+95
E ⁰ (mV) mit c(KCl) = 3 mol/L	+224.2	+217.4	+210.5	+207.0	+203.4	+196.1	+188.4	+180.3	+172.1	+163.1	+153.3	+148.1
E ⁰ (mV) mit c(KCl) = sat.	+220.5	+211.5	+201.9	+197.0	+191.9	+181.4	+170.7	+159.8	+148.8	+137.8	+126.9	+121.5

Tabelle 10: Konzentrationsabhängigkeit der Standardredoxpotentiale der Silber/Silberchlorid-Bezugs Elektrode

c(KCl) / mol/L (25 °C)	0.1	1.0	3.0	3.5	sat.
E ⁰ (mV)	+291.6	+236.3	+207.0	+203.7	+197.0

1.4.2. Das MetroSensor-«Long Life»-Bezugssystem

Die meisten Elektroden sind mit dem Silber/Silberchlorid-Bezugssystem ausgestattet. Das Löslichkeitsprodukt von Silberchlorid in Wasser ist sehr klein ($10^{-10} \text{ mol}^2/\text{L}^2$). In der konzentrierten, chloridhaltigen Lösung des Bezugs-elektrolyten bilden sich aber lösliche Komplexe der Reihe $(\text{AgCl}_2)^-$, $(\text{AgCl}_3)^{2-}$, $(\text{AgCl}_4)^{3-}$ aus. Das Bezugssystem birgt daher einige Probleme in sich. Ausserhalb der Elektrode ist die Chloridkonzentration häufig niedriger und das komplex gebundene Silberchlorid fällt im Bereich des Diaphragmas («liquid junction») aus. Die Folge: Ausgefällenes Silberchlorid blockiert das Diaphragma und die Einstellzeiten der pH-Elektrode verlängern sich nach einiger Zeit. Ein weiteres Problem stellt die Temperaturabhängigkeit des Löslichkeitsproduktes von AgCl dar. Wird die Elektrode auf eine andere Temperatur gebracht, muss sich das für die Bezugs-elektrode potentialbestimmende Gleichgewicht neu einstellen. Je grösser die Oberfläche mit festem AgCl im Verhältnis zum Elektrolytvolumen ist, desto kürzer ist dieser Zeitraum. Das «Long Life»-Bezugssystem verhindert hohe Konzentrationen von komplexem AgCl im Aussenelektrolyten, da das Silberchloridreservoir durch eine hochwirksame Diffusionssperre mit dem Aussenelektrolyten verbunden ist. Die Konzentration der Silberkomplexe im Bezugs-elektrolyten bleibt gering. Selbst nach einem Jahr erreicht die Konzentration von komplexierten Silberionen im Aussenelektrolyten erst 5 % des Sättigungswertes.

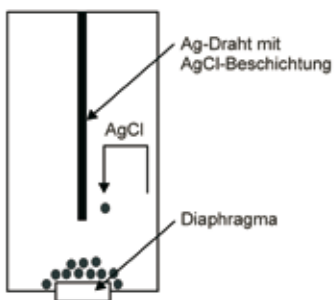


Abbildung 9: Konventionelles Ag/AgCl/KCl-System. Ausserhalb der Elektrode ist die Chloridkonzentration meistens geringer als im Elektrolytraum. Die löslichen Silberchlorid-Komplexe fallen in der Nähe des Diaphragmas aus und können es dadurch blockieren.

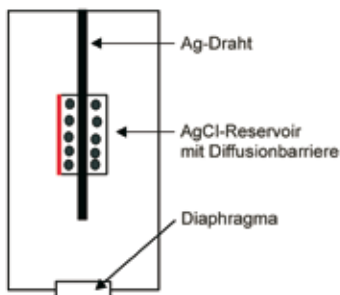


Abbildung 10: Das Metrohm «Long Life»-Bezugssystem. Das gelöste AgCl wird in der AgCl-Kartusche zurückgehalten und kann das Diaphragma nicht mehr blockieren.

Die Vorteile des «Long Life»-Bezugssystems auf einen Blick:

- lange Lebensdauer der Elektrode
- kurze Einstellzeiten bei pH-Änderung
- schnelle Reaktion auf Temperaturwechsel
- weniger empfindlich gegen Elektrodenriffe, z.B. S^{2-}

Die Blockierung des Diaphragmas durch auskristallisiertes AgCl hat Auswirkungen auf den Elektrolytausfluss. Beim Einsatz des «Long Life»-Bezugssystems nimmt der Fluss der KCl-Lösung durch das Diaphragma in deionisiertem Wasser nur geringfügig ab.

Da im «Long Life»-Bezugssystem das Silberchlorid in einem geringen Volumen Kaliumchloridlösung vorhanden ist, stellt sich das thermodynamische Gleichgewicht zwischen Silber, Silberchlorid (fest) und Silberchlorid (gelöst) sehr schnell ein und das Potential der Bezugs-elektrode stabilisiert sich nach sehr kurzer Zeit.

1.4.3. Diaphragmen

Fehlmessungen, instabile Messwerte und sehr lange Einstellzeiten haben ihre Ursache meist in der «liquid junction» zwischen Messlösung und Bezugs-elektrode. Die dort entstehenden Diffusions-, Strömungs- und Donnanpotentiale – die zusammengefasst meist als Diaphragmapotential bezeichnet werden – haben verschiedene Ursachen und können die Messwerte erheblich verfälschen. Der Messfehler kann grosse Ausmasse annehmen, wenn unter den folgenden Bedingungen gemessen wird:

- mit verstopften, kaum noch durchlässigen Diaphragmen,
- in ionenarmen Lösungen mit ungeeigneten Diaphragmen,
- in starken Säuren und Laugen mit ungeeigneten Diaphragmen,
- in kolloidalen Lösungen.

In all diesen Fällen können nicht tolerierbare Fehler auftreten. Bei der Wahl der Elektrode und damit des optimalen Diaphragmatyps stehen deshalb folgende Fragen im Vordergrund:

- Reagiert der Bezugs elektrolyt mit der Messlösung unter Bildung eines Niederschlages im Diaphragma?
- Verändert der ausfliessende Elektrolyt die Zusammensetzung der Messlösung in nicht akzeptabler Weise?
- Besteht die Gefahr der Ablagerung von Komponenten der Messlösung auf dem Diaphragma?
- Ist die chemische Beständigkeit gegeben?
- Können physikalische Parameter wie Strömung, Druck oder Temperatur zu Messfehlern führen?
- Lässt der Prozess eine Wartung/Reinigung der Elektrode in bestimmten Intervallen zu?
- Ist eine kurze Einstellzeit und/oder hohe Reproduzierbarkeit gefordert?

Mit der richtigen Wahl der Elektrode kann der Reinigungs- und Wartungsaufwand meist erheblich verringert werden. Ursache der häufigsten Messprobleme ist die Kontamination des Diaphragmas. Bei pH-Elektroden liegt das Augenmerk der Wartungsmassnahmen deshalb beim Diaphragma und erst in zweiter Linie bei der pH-Membran. Falls mit den vorhandenen Mitteln nicht eruiert werden kann, ob die Indikatorelektrode oder die Bezugselektrode einer Reinigung/Regenerierung bedarf, wird vorteilhaft zuerst die Bezugselektrode behandelt. Um den mannigfaltigen Anforderungen gerecht zu werden, stehen verschiedene Diaphragmatypen zur Verfügung. Für die Elektrodenempfehlungen in den Applikationslisten auf den Seiten 6 und 7 sind diese Anforderungen bereits berücksichtigt.

Keramikstiftdiaphragmen

Keramikstiftdiaphragmen sind häufig verwendete Diaphragmen. Sie eignen sich vor allem für klare, wässrige Probenlösungen. Sie haben in der Regel Porendurchmesser bis 1 μm bei einer Länge und einem Durchmesser von jeweils rund 1 mm. Hieraus ergibt sich eine Ausflussgeschwindigkeit des Elektrolyten von bis zu 25 $\mu\text{L/h}$, je nach Zustand des Diaphragmas. Folglich muss der Bezugselektrolyt nur selten nachgefüllt werden; mit einem Keramikstiftdiaphragma versehene Elektroden sind deshalb besonders gut für Langzeitmessungen geeignet.

Andererseits neigen Keramikdiaphragmen aufgrund ihrer kleinen Poren und der grossen polaren Oberfläche ($>>500 \text{ mm}^2$) zu Blockierungen und sollten daher nicht in niederschlaghaltigen Lösungen verwendet werden. Ein wichtiger Fortschritt in Bezug auf die Verhinderung der Blockierung des Diaphragmas durch Silberchlorid und Silbersulfid konnte durch die Einführung des «Long Life»-Bezugssystem erzielt werden (vgl. Kapitel «Das Metrosensor-«Long Life»-Bezugssystem»).

Schliffdiaphragmen mit festem oder lösbarem Schliff

Schliffdiaphragmen mit festem oder lösbarem Schliff werden u. a. in ionenarmen Medien eingesetzt, da sie ein ruhiges Signal bei nur geringer Strömungsabhängigkeit liefern. Die Gefahr der Blockierung durch Silberchlorid oder Niederschläge in der Probenlösung ist aufgrund der grossen Fläche verhältnismässig gering. Strömungspotentiale, die bei Messungen in bewegten bzw. gerührten Lösungen auftreten können, bleiben vernachlässigbar klein. Diese Eigenschaften sind bei einer SET-Titration auf einen definierten pH- oder Potentialwert besonders wichtig. Ein Beispiel: Die Bestimmung der Carbonatalkalität mittels SET-Titration auf pH 5.4 nach ISO 9963-2 ist in der Routineanalytik von Trinkwasser eine weit verbreitete Methode. Bei einer Titration kann nicht auf das Rühren verzichtet werden, d. h. aus einem falsch gemessenen pH-Wert oder Potential zu Beginn der Titration resultiert zwangsläufig ein falscher Endpunkt. Die Abbildungen 11 und 12 zeigen klar den Unterschied zwischen der speziell für diese Anwendung entwickelten Aquatrode Plus (6.0253.100) und einer herkömmlichen pH-Glaselektrode mit Keramikstiftdiaphragma.

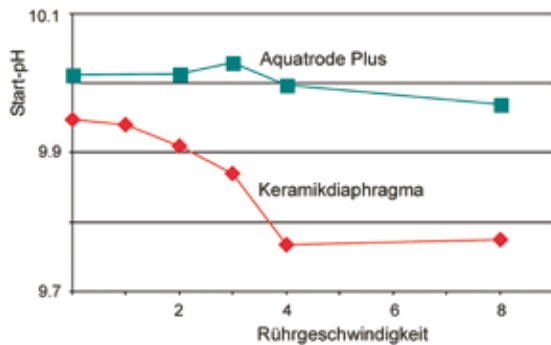


Abbildung 11: Gemessener pH-Wert einer Lösung mit $c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0.14 \text{ mmol/L}$. Die Aquatrode Plus weicht selbst unter starkem Rühren nur um ca. 0.05 pH-Einheiten (das entspricht ca. 3 mV) vom ungerührten Wert ab, die pH-Glaselektrode mit Keramikstiftdiaphragma dagegen um ca. 0.2 pH-Einheiten.

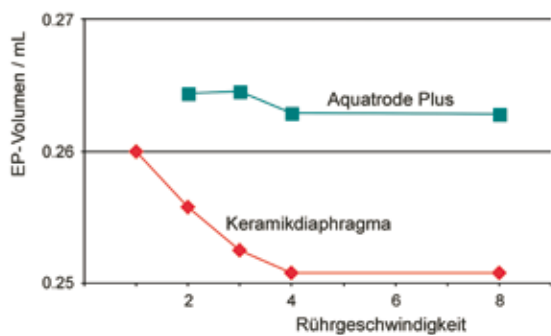


Abbildung 12: Endpunkt-Volumina der SET-Titration einer Lösung mit $c(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0.14 \text{ mmol/L}$ mit dem Titranten $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.035 \text{ mol/L}$ auf pH 5.4. Die Endpunkte der Aquatrode Plus sind von der Rührgeschwindigkeit nahezu unabhängig. Bei höheren Rührgeschwindigkeiten beträgt die Abweichung der pH-Elektrode mit Keramikdiaphragma vom theoretischen Sollwert ca. 5 %.

Festschliffdiaphragmen besitzen einen gleichmässigen reproduzierbaren Elektrolytausfluss und sind daher besonders für den Einsatz mit Probenwechslern geeignet.

Lösbare Schliffdiaphragmen lassen sich einfach reinigen und sind daher besonders für Anwendungen geeignet, bei denen eine Verschmutzung des Diaphragmas nicht verhindert werden kann. Der Ausfluss des Elektrolyten kann bis 100 $\mu\text{L/h}$ betragen und liegt in der Regel deutlich über der Menge Elektrolyt, die durch ein Keramik- oder Festschliffdiaphragma austritt. Die ringförmige

Geometrie und die kleine polare Oberfläche des Schliffdiaphragmas wirken sich günstig auf die Messung aus. Durch den höheren Elektrolytfluss wird die Messlösung stärker beeinflusst als beim Einsatz eines Keramikstiftdiaphragmas, ausserdem muss der Bezugselektrolyt bei Dauermessungen in der Regel einmal täglich nachgefüllt werden.

Eine alternative ist das easyClean-Diaphragma. Es lässt sich einfach kontaktfrei reinigen per Druck auf den Elektrodenkopf. Durch die Feder im Kopf, die zur definierten Ausgangsposition zurückführt, wird zudem eine hohe Genauigkeit und Reproduzierbarkeit des Elektrolytausflusses gewährleistet.

Kapillardiaphragma

Bei pH-Messungen in kritischen Proben kommt es mit herkömmlichen Keramikdiaphragmen leicht dazu, dass die sehr kleinen Poren verstopfen. Das in der Porotrode (6.0235.200) verwirklichte Konzept mit zwei Keramikkapillaren und einer Flussrate von 15...25 $\mu\text{L/h}$ sorgt zum einen für ungehinderten Kontakt zwischen Bezugselektrolyt und Messlösung (Phasengrenze flüssig/flüssig); zum anderen sind die beiden Kapillaren der Porotrode praktisch unempfindlich gegenüber Verschmutzungen. Die Bezugselektrode ist mit dem speziell für diese Elektrode entwickelten Porolyten gefüllt. Der konstante Ausfluss des Porolyten sorgt für eine rasche und reproduzierbare Potentialeinstellung. Die Ausflussrate und damit die Nachfüllintervalle sind mit denen herkömmlicher Elektroden vergleichbar. Weitergehende Wartungsarbeiten sind nicht erforderlich. Messungen in problematischen Proben können mit dem in der Porotrode verwirklichten Konzept einfach und reproduzierbar ausgeführt werden. Der pH-Wert von proteinhaltigen Proben, zum Beispiel Milch und Bier, lässt sich jetzt ohne Diaphragmaprobleme bestimmen. Im Gegensatz zu traditionellen pH-Elektroden misst die Porotrode selbst bei hohen Tensidkonzentrationen korrekt.

Twin pore-Diaphragma

Die pH-Messung in halbfesten Medien wie Käse, Fleisch und Früchten stellt besondere Anforderungen an eine Elektrode. Proteine, Fette, Kohlenhydrate und andere halbfeste Stoffe aus Nahrungsmitteln neigen dazu, das in den meisten pH-Elektroden eingesetzte feinporige Keramikdiaphragma zu blockieren, denn diese Substanzen haften ausserordentlich gut an der feinporigen Keramikoberfläche. Mit der Entwicklung der Einstich-Elektrode (6.0226.100) und des Polymerelektrolyten konnten diese Probleme elegant beseitigt werden: Zwei Lochdiaphragmen übernehmen die Funktion der «liquid junction» zwischen Messgut und Bezugselektrode. Der an die Öffnungen angrenzende, mit Kaliumchlorid dotierte und verfestigte Polymerelektrolyt ist weitgehend inert gegenüber Verschmutzungen durch protein- und fetthaltige Medien. Die Unempfindlichkeit gegenüber Verschmutzungen, die gegen eindringende Elektrodengifte wirksam geschützte Bezugselektrode und der optimierte Innenpuffer der Messelektrode verleihen der Einstich-Elektrode eine hervorragende Langzeitstabilität: Der Elektroden-

nullpunkt bleibt auch bei Einsatz in schwierigen Medien langfristig stabil. Die Verwendung des Polymerelektrolyten macht das Nachfüllen eines flüssigen Bezugselektrolyten überflüssig.

Auch die neuen Ecotrode Gel-Elektroden (6.0221.X00) sind mit diesem Diaphragma, das einen geringen Wartungsaufwand ermöglicht, ausgestattet.

Platinzwirn

In Kombination mit dem glycerinhaltigen Bezugselektrolyten Idrolyt eignet sich das Platinzwirn-Diaphragma hervorragend für Anwendungen in biologischen Medien. Durch Verwendung eines Elektrolyten mit niedrigem KCl-Gehalt wird die Ausfällung von Proteinen unterdrückt. Das Multikapillarsystem (Kanäle zwischen den Platindrähten) vermindert Verschmutzungseffekte, und das elektrisch leitende Platin setzt die Einstellzeit und den Diaphragmawiderstand herab. In stark redoxgepufferten Lösungen können allerdings Querempfindlichkeiten auftreten.

Reinigung und Pflege von Diaphragmen

Tabelle 11: Reinigungsempfehlungen für Diaphragmen

Art des Diaphragmas	Art der Verschmutzung	Reinigung
Allgemein	Präventive und regelmässige Pflege	pHit kit (6.2325.000) gemäss Anleitung
	Niederschläge von Silberhalogeniden und Silbersulfiden	Diaphragma mehrere Stunden in eine Lösung von Thioharnstoff 7 % in HCl 0.1 mol/L eintauchen.
	Proteine, Polypeptide	Diaphragma mehrere Stunden in eine Lösung von Pepsin 5 % in HCl 0.1 mol/L eintauchen.
	Suspensionen, Feststoffe, Harze, Leim, Öle, Fette	Elektrode mit geeignetem Lösungsmittel reinigen
Festschliff	Alle Arten von Verschmutzung	Bezugselektrolyten absaugen und Elektrode in die entsprechende Reinigungslösung eintauchen.
Lösbarer Schliff	Alle Arten von Verschmutzung	Die Schliffhülse lockern (gegebenenfalls unter Verwendung von heissem Wasser) und entsprechend der Art der Verschmutzung reinigen.
Kapillare	Elektrolytausfluss unterbrochen	Leichten Gegendruck an Elektrolyteinfüllöffnung anlegen

1.4.4. Bezugs- und Brückenelektrolyte

Der Bezugs- oder Brückenelektrolyt steht über das Diaphragma in elektrischem Kontakt mit der Messlösung. Messlösung und Elektrolyt bilden eine Phasengrenze mit unterschiedlichen Ionenkonzentrationen auf beiden Seiten. Dieser Konzentrationsunterschied bewirkt die Diffusion der Ionen zur jeweils anderen Seite und aufgrund der unterschiedlichen Ionenbeweglichkeiten bildet sich ein so genanntes Diffusionspotential aus. Um eine hohe Messgenauigkeit zu erzielen, muss die Elektrolytzusammensetzung so gewählt werden, dass möglichst vernach-

lässigbare Diffusionspotentiale entstehen, was mit $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$ weitgehend erreicht wird. Zum einen sind die Ionenbeweglichkeiten von K^+ und Cl^- praktisch gleich, zum anderen ist die Ionenkonzentration in der Probenlösung im Vergleich zu $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$ normalerweise vernachlässigbar gering. Deshalb wird standardmässig in den kombinierten Metrohm-Elektroden und Bezugs- und Brückenelektroden der äquitransferente KCl-Elektrolyt verwendet. Gewisse Medien erfordern jedoch andere Elektrolytzusammensetzungen, um Effekte, die zusätzlich zum Diffusionspotential auftreten, zu unterdrücken.

Tabelle 12: Alternativen zum Standardbezugselektrolyten $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$

Medium	Probleme mit dem Standardelektrolyten $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$	Alternativer Elektrolyt
Silberionen	Reaktion mit Cl^- unter Ausfällung von AgCl → Träges Einstellverhalten	$c(\text{KNO}_3) = 1 \text{ mol/L}$ (oder Titrode bei mehr oder weniger konstantem pH-Wert)
Nichtwässrig	Ausfällung von KCl, Lösungen und Elektrolyt nicht mischbar → Unruhiges Signal	$c(\text{LiCl}) = 2 \text{ mol/L}$ in Ethanol oder LiCl gesättigt in Ethanol
Ionenarmes Wasser	Kontamination des Mediums mit Salz → Drift	KCl-Lösung geringerer Konzentration
Proteine/Polypeptide	Ausfällung der Proteine mit KCl und AgCl → Nullpunktverschiebung/verminderte Steilheit	Idrolyt ¹
Halbfeste Substanzen	Verschmutzung des Diaphragmas → Nullpunktverschiebung/träges Einstellverhalten	Festelektrolyt in Kombination mit Twin pore-Diaphragma
Tenside (Proteine)	Adsorption auf Diaphragma → Nullpunktverschiebung/verminderte Steilheit	Porolyt ²

¹ Idrolyt ist ein Elektrolyt auf Glycerinbasis, dessen Chloridionenaktivität derjenigen einer KCl-Lösung mit $c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$ entspricht. Diese letztere kann also ohne weiteres durch Idrolyt ersetzt werden. Idrolyt eignet sich ausgezeichnet für eiweisshaltige Lösungen und wässrige Lösungen mit organischem Anteil.

² Porolyt ist eine durch Polymerisation gelierte KCl-Lösung und findet in Elektroden mit Kapillardaphragma (Porotrode) Verwendung.

Tabelle 13: Elektrolytausflussraten und Viskositäten

Elektrolyt	Viskosität (25 °C) (mPas)	Ausflussrate $\mu\text{L/h}$ (10 cm Wassersäule)				
		Keramikstift	Flexibler Schliff	Festschliff	Keramikkapillare	Pt-Zwirn
$c(\text{KCl}) = 3 \text{ mol/L}$	~1	Standardelektrode 5...25 Mikroelektrode 5...15	$\varnothing 10 \text{ mm}$: 20...100 $\varnothing 5 \text{ mm}$: 5...30	5...30	–	–
$c(\text{KNO}_3) = 1 \text{ mol/L}$	~1	10...25	$\varnothing 10 \text{ mm}$: 20...100 $\varnothing 5 \text{ mm}$: 5...30	–	–	–
Idrolyt	8...10	–	–	–	–	3...25
Porolyt	1200...1500	–	–	–	5...30	–

2. Grundlagen der Konduktometrie

2.1. Allgemeines

Konduktometrie bedeutet Leitfähigkeitsmessung – ein Konduktometer misst die elektrische Leitfähigkeit von Ionen in Lösung. Hierzu wird zwischen zwei Elektroden ein elektrisches Feld angelegt. Die Ionen wandern in diesem Feld. Die Anionen wandern zur Anode und die Kationen zur Kathode. Um Stoffumsetzungen und die Ausbildung von Diffusionsgrenzschichten (Polarisation) an den Elektroden zu vermeiden, wird mit Wechselspannung gearbeitet. Es gilt dabei die Faustregel, dass mit zunehmender Ionenkonzentration die Frequenz der Wechselspannung erhöht werden muss.

Die Ionenwanderung im elektrischen Feld hängt von vielen Faktoren ab. Die Temperatur hat entscheidenden Einfluss auf die Viskosität der Lösung und damit auf die Beweglichkeit der Ionen. Mit steigender Temperatur nimmt die Viskosität ab und die Leitfähigkeit zu. Dissoziationskonstanten sind ebenfalls temperaturabhängige Größen. Deshalb ist es wichtig, bei konstanter Temperatur zu messen oder Temperaturänderungen mit Hilfe des so genannten Temperaturkoeffizienten zu kompensieren. Der Temperaturkoeffizient der meisten Salzlösungen liegt bei ca. 2 %/°C, ist jedoch in stark verdünnten Lösungen von der Temperatur abhängig.

Die eigentliche Messgröße der Leitfähigkeitsmessung ist der elektrische Widerstand der Lösung. Die Leitfähigkeit ist also ein Summenparameter, der alle gelösten Ionen umfasst. Die Leitfähigkeit kann nicht für die Bestimmung einer einzelnen Ionensorte verwendet werden, es sei denn, die Probe ist eine Lösung eines einzigen Salzes oder die Konzentrationen anderer Ionen sind bekannt. Der reziproke Wert des gemessenen Widerstandes der Lösung, der so genannte Leitwert L mit der Einheit Siemens ($S = \Omega^{-1}$) ist für sich alleine nur wenig aussagekräftig, da die Geometrie der Messzelle berücksichtigt werden muss. Die Zellkonstante c einer konduktometrischen Messzelle

$$c = \frac{\text{Abstand der Platinbleche}}{\text{Elektrodenoberfläche}} [\text{cm}^{-1}]$$

Zellkonstante (10)

muss bekannt sein. Das Messergebnis wird als spezifische Leitfähigkeit κ , z. B. mit der Einheit Siemens pro cm ($S \cdot \text{cm}^{-1}$) angegeben.

$$\kappa = L * c \quad [S \text{ cm}^{-1}]$$

Spezifische Leitfähigkeit (11)

Die Konduktometer müssen daher vor jeder Messung durch Ermittlung der Zellkonstante in einer Lösung bekannter spezifischer Leitfähigkeit kalibriert werden. Die spezifische Leitfähigkeit ist für viele Salze in unterschiedlichen Konzentrationen tabelliert. Die spezifische Leitfähigkeit κ ist über die konzentrationsabhängige Äquivalenzleitfähigkeit Λ_i mit der Konzentration c_i der Einzelionen i verknüpft. Die Äquivalenzleitfähigkeit Λ_i steht in Analogie zum Aktivitätskoeffizienten γ (vgl. Kapitel 1.2.) und ist ebenfalls eine konzentrationsabhängige Größe.

$$\kappa = \sum (\Lambda_i * z_i * c_i)$$

Spezifische Leitfähigkeit und Konzentration (12)

Bei grosser Verdünnung, d.h. $c_i \leq 0.001 \text{ mol/L}$ kann die Äquivalenzleitfähigkeit Λ_i der tabellierten Äquivalenzleitfähigkeit bei unendlicher Verdünnung gleichgesetzt werden.

Tabelle 14: Leitfähigkeit κ verschiedener Materialien und Lösungen

Leiter	T (K)	Leitfähigkeit aufgrund von	Leitfähigkeit κ ($\mu\text{S cm}^{-1}$)
Metallisches Kupfer	273	Elektronenleitung	645'000'000'000
Kaliumhydroxidlösung (c = 1 mol/L)	291	Ionenleitung infolge vollständiger Dissoziation von KOH	184'000
KCl-Lösung (c = 0.1 mol/L)	293	Ionenleitung infolge vollständiger Dissoziation von KCl	11'660
Brackwasser	273	Ionenleitung infolge von Dissoziation von Salzen und Kohlensäure	20'000 bis 1'000'000
Essigsäure (c = 1 mol/L)	291	Ionenleitung infolge teilweiser Dissoziation der CH_3COOH	1'300
Trinkwasser	298	Ionenleitung infolge von Dissoziation von Salzen und Kohlensäure	10 bis 2'000
Graphit	273	Elektronenleitung	1'200
Destilliertes H_2O	273	Ionenleitung infolge von Salzverunreinigungen, Dissoziation von Wasser und Kohlensäure	0.06...10
Reinstwasser	273	Ionenleitung infolge von geringer Eigendissoziation	0.056
Reines Benzol	273	Ionenleitung infolge von Dissoziation von Wasserspuren	0.0000005

Die Konduktometrie wird für Direktmessungen und in der Titration eingesetzt. Die Grundlagen sind für beide Verfahren identisch. Während in der Direktmessung der absolute Wert interessiert, betrachtet man in der Titration die Veränderung der Messwerte. Die Direktmessung wird häufig für die Überwachung von Oberflächenwässern, Wasserwerken, Wasserentsalzungsanlagen und in der Reinstwasserherstellung eingesetzt, wo bestimmte Grenzwerte nicht überschritten werden dürfen. Die Leitfähigkeitsdetektion wird meist bei Fällungstitrationen eingesetzt. Der Äquivalenzpunkt wird dort an einem Minimum der Leitfähigkeit erkannt. Der absolute Wert ist nur von untergeordneter Bedeutung.

Leitfähigkeitsmessung

Während die Messgeräte in der Potentiometrie standardisiert sind (Eingangsimpedanz $>10^{12} \Omega$, Nullpunkt bei pH 7), trifft dies bei Konduktometern nicht zu. Der Einfluss der Kabelkapazität, die Höhe der Messfrequenz, der Bereich der Leitfähigkeit und der einstellbaren Zellkonstante, die Methode der Leitfähigkeitsmessung (phasenempfindlich, frequenzabhängig, bipolarer Puls etc.) ist unterschiedlich und vom Gerätetyp abhängig. Bei der Lösung von Applikationsproblemen muss somit das Gerät in die Betrachtungen mit einbezogen werden.

Wichtige Parameter sind:

- Qualität der Platinierung (Platinschwarz) \rightarrow hohe Seriekapazität C_s
- Grösse der Elektrodenfläche $A \rightarrow$ hohe Seriekapazität C_s
- Zellkonstante c
- Messfrequenz f
- Kabelkapazität C_P
- Kabelwiderstand R_K
- Messbereich des Gerätes (Widerstandsbereich)

Die Wahl der richtigen Zellkonstante

Für konduktometrische Messzellen ist die Zellkonstante c definiert. Eine Messzelle mit zwei parallelen Elektroden im Abstand von 1 cm und einer Fläche von je 1 cm² hat theoretisch die Zellkonstante $c = l \cdot A^{-1} = 1 \text{ cm}^{-1}$. Die Zellkonstante ist nie genau gleich $l \cdot A^{-1}$, da das elektrische Feld nicht streng homogen verläuft. Für die Auswahl der richtigen Messzelle gelten die in Tabelle 15 aufgeführten Faustregeln:

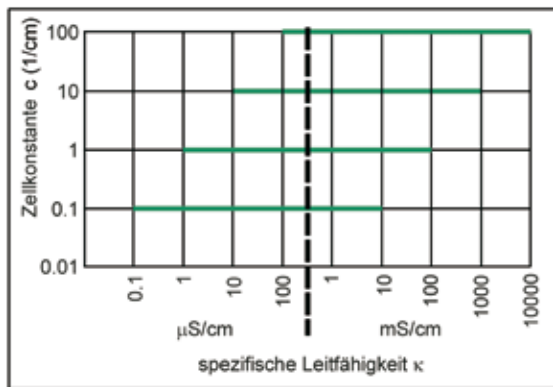


Abbildung 13: Zellkonstanten und empfohlene Leitfähigkeitsintervalle

Störungen, Pflege

Leitfähigkeitsmesszellen mit Pt-Blechen

Die Leitfähigkeitszellen weisen einen hochporösen schwarzen Platinüberzug auf, um Polarisierungseffekte in höher leitenden Medien zu vermeiden. Die Eigenschaften dieses Überzuges können sich aber mit der Zeit verändern (Verschmutzung, Abtragung des Platinüberzuges etc.), wodurch die Zellkonstante verändert werden kann. Daher ist die Kalibrierung der konduktometrischen Messzelle vor einer Messung unbedingt notwendig, um Messfehler zu vermeiden. Bei Zellen mit einer Zellkonstante $<1 \text{ cm}^{-1}$ wird zu deren exakten Bestimmung ein Leitfähigkeitsstandard mit ca. $100 \mu\text{S/cm}$ empfohlen. Wird in gut leitenden Medien gemessen, so empfiehlt sich zusätzlich eine Überprüfung der Aktivität der Platinschicht, z.B. in einer $0,1 \text{ mol/L KCl}$ -Lösung. Wird eine tiefere spezifische Leitfähigkeit angezeigt, ist eine Reinigung mit geeigneten Oxidations- oder Lösungsmitteln erforderlich.

Bei Messungen in ionenarmem Wasser kann auf häufiges Kalibrieren verzichtet werden, da hier die Aktivität (Seriekapazität) der Platinschicht von geringer Bedeutung ist und nicht mit Ablagerungen von hochisolierenden Stoffen zu rechnen ist. Nach der Kalibrierung muss die Messzelle gründlich gespült werden, um Verfälschungen der Messergebnisse durch anhaftende KCl-Lösung zu vermeiden.

Tabelle 15: Empfohlene Zellkonstanten

Zellkonstante	Probe
$c = 0,1 \text{ cm}^{-1}$	Für sehr schlecht leitende Lösungen wie destilliertes Wasser, vollentsalztes oder teilentsalztes Wasser etc. Für Anwendungen nach USP <645> und EP 2.2.38
$c = 1 \text{ cm}^{-1}$	Für mässig leitende Lösungen wie Trinkwasser, Oberflächenwasser, Abwasser etc.
$c = 10 \text{ cm}^{-1}$	Für gut leitende Lösungen wie Meerwasser, Spülwasser, physiologische Lösungen etc.
$c = 100 \text{ cm}^{-1}$	Für sehr gut leitende Lösungen wie Galvanikbäder, Sole etc.

Leitfähigkeitsmesszellen aus Edelstahl

Diese sind in der Regel wesentlich unempfindlicher gegenüber Verschmutzung oder Korrosion. Nichtsdestotrotz sollten diese Messzellen ebenfalls vor den Messungen

kalibriert werden, um eine grösstmögliche Messgenauigkeit zu erreichen. Zur Reinigung sollten nur Wasser bzw. Ethanol verwendet werden.

Tabelle 16: Leitfähigkeitsmessung – Störungen

Störquelle	Auswirkungen	Massnahmen
Tiefe Leitfähigkeit mit offenem Gefäss	Zu hohe Werte, Drift	Atmosphärisches CO ₂ mittels Inertgas (Ar, N ₂) austreiben oder Durchflusszelle verwenden, Einschleppen von Salzlösungen (z.B. zu häufiges Kalibrieren, ungenügendes Spülen) vermeiden
Öle, Fällungsprodukte	Isolierende Schicht auf Elektroden → Zellkonstante nimmt zu, Messbereich nach höheren Werten limitiert	Reinigung mit Lösungs- oder Oxidationsmitteln
Temperatur instabil	Instabile Werte	Temperaturkompensation, wenn der Temperaturkoeffizient bekannt ist, oder thermostatisieren (Temperaturkoeffizient i. A. ca. 2 %/°C)
Leitwert abhängig von der Lage der Elektrode	Streifelder ausserhalb des Elektroden-schaftes (insbesondere bei Zellen mit Konstante >1 cm ⁻¹ kritisch) → Messwert verschoben	Gefässabstand bei Kalibrierung und Messung beachten oder Zellkonstante 1 cm ⁻¹ wählen 5-Ring-Leitfähigkeitsmesszellen verwenden
Fremdsalze	Verschleppung von Restsalzen beim Wechsel in Lösungen geringerer Leitfähigkeit → Drift nach höheren Werten	Gute vorgängige Spülung der Elektrode
Luftblasen	Luftblase sitzt zwischen Elektrodenplatten → unruhiges Signal	Durch Klopfen Luftblase entfernen

2.2. Leitfähigkeitsmessung in Wasser für den pharmazeutischen Gebrauch nach USP und Pharm. Europe (EP)

Für die Leitfähigkeitsmessung in Wasser für den pharmazeutischen Gebrauch («water for injections») nach USP <645>, EP 2.2.38 bzw. der EP 4.8-07/2004:0169 werden besondere Anforderungen gestellt. Neben einem Präzisionskonduktometer mit abschaltbarer Temperaturkompensation sind eine konduktometrische Messzelle

und ein Leitfähigkeitsstandard zu verwenden, die eine Bestimmung der Zellkonstante mit einer Messunsicherheit von maximal 2 % ermöglichen. Die Messung der Probe sollte dann unter Luftausschluss bzw. in einer Durchflusszelle durchgeführt werden, um die Aufnahme von Kohlendioxid zu verhindern. Die Probe erfüllt die Spezifikation, wenn eine der folgenden drei Bedingungen erfüllt ist.

Stufe 1:

Die Probe wird ohne weitere Vorbehandlung und ohne Temperaturkompensation direkt gemessen. Erfüllt das Wasser die in Tabelle 17 angegebene Spezifikation, gilt der Test als bestanden.

Stufe 2:

Werden die Bedingungen von Stufe 1 nicht erfüllt, muss wie folgt fortgefahren werden: Die Leitfähigkeit von mindestens 100 mL der Probe wird unter starkem Rühren bei $25\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ gemessen, sobald die durch die Aufnahme von Kohlendioxid verursachte Drift kleiner als $0.1\text{ }\mu\text{S/cm}$ pro fünf Minuten ist. Ist der gemessene Wert kleiner als $2.1\text{ }\mu\text{S/cm}$, gilt der Test als bestanden.

Stufe 3:

Erfüllt die Probe auch die Spezifikation aus Stufe 2 nicht, versetzt man exakt 100 mL Probe mit 0.3 mL einer gesättigten KCl-Lösung und misst den pH-Wert dieser Lösung auf 0.1 pH-Einheiten genau. Nur wenn die Leitfähigkeit die in Tabelle 18 aufgeführte Bedingung erfüllt, gilt der Test als bestanden; anderenfalls kann das Wasser nicht für pharmazeutische Zwecke benutzt werden.

Tabelle 17: Erste Stufe der Leitfähigkeitsmessung nach USP <645> und EP 4.8-07/2004:0169.

Temperatur	Leitfähigkeit nicht grösser als ($\mu\text{S/cm}$)	Temperatur	Leitfähigkeit nicht grösser als ($\mu\text{S/cm}$)
0	0.6	55	2.1
5	0.8	60	2.2
10	0.9	65	2.4
15	1.0	70	2.5
20	1.1	75	2.7
25	1.3	80	2.7
30	1.4	85	2.7
35	1.5	90	2.7
40	1.7	95	2.9
45	1.8	100	3.1
50	1.9		

Tabelle 18: pH- und Leitfähigkeitskriterien für Stufe 3:

pH	Leitfähigkeit nicht grösser als ($\mu\text{S/cm}$)	pH	Leitfähigkeit nicht grösser als ($\mu\text{S/cm}$)
5.0	4.7	6.1	2.4
5.1	4.1	6.2	2.5
5.2	3.6	6.3	2.4
5.3	3.3	6.4	2.3
5.4	3.0	6.5	2.2
5.5	2.8	6.6	2.1
5.6	2.6	6.7	2.6
5.7	2.5	6.8	3.1
5.8	2.4	6.9	3.8
5.9	2.4	7.0	4.6
6.0	2.4		

3. Temperaturmessung

Von der Vielfalt der angebotenen Elektroden sind nur wenige mit einem integrierten Temperaturfühler ausgerüstet. Der Entscheid, ob eine Temperaturmessung/-kompensation erforderlich ist, hängt von den Genauigkeitsanforderungen ab. Unterschiedliche Diffusionspotentiale, z.B. in hochkonzentrierten oder stark verdünnten Lösungen, Veränderung des Diaphragmas oder des Membranglases, können Messfehler zur Folge haben, die den Fehler weit übersteigen, der durch den Verzicht auf

eine Temperaturkompensation entsteht. Unter diesen Umständen kann auf die Verwendung eines Temperaturfühlers verzichtet werden.

Wird jedoch eine hohe Reproduzierbarkeit der Messwerte verlangt oder müssen GLP-Auflagen erfüllt werden, so ist eine Temperaturmessung/-kompensation unabdingbar.

Tabelle 19: Temperaturmessung respektive Temperaturkompensation ja oder nein?

Messanforderungen	Temperaturkompensation oder -messung
Sind GLP-Anforderungen zu erfüllen?	Ja: Temperaturmessung
Ist hohe Messgenauigkeit gefordert?	Ja: Temperaturkompensation (vgl. Nernst-Spannung)
Direktmessung?	Ja: Temperaturkompensation (vgl. Nernst-Spannung)
Titration?	Nein: Relativmessung
Weisen die Proben einen pH-Wert um 7 auf?	Ja: Temperaturkompensation nicht zwingend (geringer Einfluss, da sich der Elektrodennullpunkt bei pH = 7 befindet), evtl. Temperaturmessung
Liegen die pH-Werte deutlich ausserhalb pH 7?	Ja: Temperaturkompensation (vgl. Nernst-Spannung)
Wird bei verschiedenen Temperaturen gemessen?	Ja: Temperaturkompensation/-messung (vgl. Nernst-Spannung)
Ist der pH-Wert der Messlösung stark temperaturabhängig?	Ja: Temperaturmessung (Angabe der Messtemperatur)
Verlangt die Anwendung andere Diaphragmentypen als Keramikstifte, Festschliffdiaphragma oder Twin pore-Diaphragma?	Ja: Separater Temperaturfühler (Elektroden mit integriertem Temperaturfühler sind nur mit Keramikstift und Festschliff erhältlich)
Ist die Standzeit der Elektrode zu kurz?	Ja: Zur Kostenreduktion separater Temperaturfühler

Technische Spezifikationen

122

6.01-6.02 pH-Glas-Elektroden	Max. Einbaulänge (mm)	Schaftdurchmesser (mm)	Schaftdurchmesser unten (mm)	Min. Eintauchtiefe (mm)	Schaftmaterial	Steckkopf	Temperaturfühler	Temperaturbereich kurzfristig (°C)	Temperaturbereich langfristig (°C)	Form	pH-Bereich
6.0150.100	142	12	12	15	Glas	G		0...80	0...80	Kugel	0...14
6.0220.100	113	12	12	15	PP	G		0...80	0...80	Halbkugel	0...14
6.0221.100	125	12	12	20	Glas	G		0...60	0...40	Halbkugel	1...11
6.0221.600	125	12	12	20	Glas	U	NTC	0...60	0...40	Halbkugel	1...11
6.0223.100	113	12	12	15	PP	G		0...40	0...40	Halbkugel	1...12
6.0224.100	113	12	3	7	Glas	G		0...60	0...60	Halbkugel	1...11
6.0226.100	98	12	6	10	Glas	G		0...60	0...40	Nadel	1...11
6.0228.010	113	12	12	15	PP	Fixkabel mit Stecker F	NTC (2 mm)	0...80	0...80	Halbkugel	0...14
6.0228.020	113	12	12	15	PP	Fixkabel mit Stecker I (IP67)	NTC (2 mm)	0...80	0...80	Halbkugel	0...14
6.0228.600	113	12	12	15	PP	U	Pt1000	0...80	0...80	Halbkugel	0...14
6.0229.010	125	12	12	20	Glas	Fixkabel mit Stecker F		0...70	0...70	Kugel	0...14
6.0229.020	125	12	12	20	Glas	Fixkabel mit Stecker F		0...70	0...70	Kugel	0...14
6.0229.100	113	12	12	30	Glas	G		0...70	0...70	Kugel	0...14
6.0233.100	113	12	12	20	Glas	G		0...80	0...80	Halbkugel	0...14
6.0234.100	113	12	6.4	20	Glas	G		0...80	0...80	Halbkugel	0...14
6.0234.110	168	12	6.4	20	Glas	G		0...80	0...80	Halbkugel	0...14
6.0235.200	125	12	12	20	Glas	G		0...80	0...80	Halbkugel	0...14
6.0239.100	113	12	12	30	Glas	G		0...80	0...80	Halbkugel	0...14
6.00249.600	438	12	12	25	Glas	U	Pt1000	0...100	0...80	Zylinder	0...14
6.0248.600	288	12	12	25	Glas	U	Pt1000	0...100	0...80	Zylinder	0...14
6.0253.100	135	12	12	20	Glas	G		0...60	0...60	Kugel	0...13
6.0255.100	113	12	12	30	Glas	G		0...100	0...80	Zylinder	0...14
6.0255.110	170	12	12	30	Glas	G		0...100	0...80	Zylinder	0...14
6.0255.120	310	12	12	30	Glas	G		0...100	0...80	Zylinder	0...14
6.0256.100	125	12	12	1	Glas	G		0...60	0...60	Flachmembran	0...13
6.00257.000	135	12	12	20	Glas	Fixkabel mit Stecker F	Pt1000 (2 mm)	0...60	0...60	Kugel	0...13
6.0257.020	260	12	12	20	Glas	Fixkabel mit Stecker F	Pt1000 (4 mm)	0...60	0...60	Kugel	0...13
6.0257.600	135	12	12	20	Glas	U	Pt 1000	0...60	0...60	Kugel	0...13
6.0258.010	125	12	12	25	Glas	Fixkabel mit Stecker F	Pt1000 (2 mm)	0...100	0...80	Zylinder	0...14
6.0258.600	125	12	12	25	Glas	U	Pt1000	0...100	0...80	Zylinder	0...14
6.0259.100	113	12	12	25	Glas	G		0...100	0...80	Zylinder	0...14
6.0260.010	125	12	12	20	Glas	Fixkabel mit Stecker F	Pt1000	0...100	0...100	Halbkugel	0...14
6.0260.020	125	12	12	20	Glas	Fixkabel mit Stecker F	Pt1000	0...100	0...100	Halbkugel	0...14
6.0262.100	125	12	12	20	Glas	G		0...80	0...80	Halbkugel	0...13
6.0269.100	125	12	12	20	Glas	G		0...80	0...80	Kugel	0...13
6.0277.300	135	12	12	20	Glas	K	Pt1000	0...60	0...60	Kugel	0...13
6.0278.300	125	12	12	25	Glas	K	Pt1000	0...100	0...80	Zylinder	0...14
6.0279.300	113	12	12	30	Glas	K		0...70	0...70	Kugel	0...14
6.0280.300	125	12	12	20	Glas	K		0...80	0...80	Halbkugel	0...13
6.00200.300	125	12	12	20	Glas	Q	Pt1000	0...100	0...80	Halbkugel	0...14
6.00201.300	125	12	12	20	Glas	Q		0...80	0...80	Halbkugel	0...13
6.00202.300	125	12	12	20	Glas	Q	Pt1000	0...60	0...60	Kugel	0...13
6.00203.300	125	12	12	30	Glas	Q		0...70	0...70	Kugel	0...14
6.00204.300	125	12	12	30	Glas	Q		0...100	0...70	Zylinder	0...14
6.00226.600	98	12	6.4	10	Glas	U	Pt1000	0...60	0...40	Nadel	1...11

Membranglas	Membranwiderstand (MΩ)	Elektrodennullpunkt (mV)	Elektrodensteilheit	Asymmetriepotential (mV)	Diaphragma	Referenzelektrolyt	Elektrolytaustritt (μL/h)	Referenzsystem	Referenzwiderstand (kΩ)
T	40...150	±15	>0.97	±15	-	-	-	-	-
T	200...500	±15	>0.97	±15	Keramik	c(KCl)=3 mol/L	3...10	LL-System	5
E	<400	±15	>0.97	±15	Twin pore	Gel	0	LL-System	<20
E	<400	±15	>0.97	±15	Twin pore	Gel	0	LL-System	<20
Spez.	100...650	±15	>0.97	±15	Keramik	c(KCl)=3 mol/L	3...10	LL-System	5
Spez.	300...600	±15	>0.97	±15	Platinzwirn	Idrolyt	3...30	LL-System	30
Spez.	200...500	±15	>0.97	±15	Twin pore	Gel	0	LL-System	20
T	200...400	±15	>0.97	±15	Keramik	c(KCl)=3 mol/L	3...10	LL-System	5
T	200...400	±15	>0.97	±15	Keramik	c(KCl)=3 mol/L	3...10	LL-System	5
T	200...400	±15	>0.97	±15	Keramik	c(KCl)=3 mol/L	3...10	LL-System	< 5
T	50...150	0...100	>0.90	±15	easyClean	LiCl/EtOH	3...50	LL-System	<250
T	50...150	0...100	>0.90	±15	easyClean	LiCl/EtOH	3...50	LL-System	<250
T	50...150	0...100	>0.90	±15	Schliff	LiCl/EtOH	3...50	LL-System	<250
T	150...400	±15	>0.97	±15	Keramik	c(KCl)=3 mol/L	10...25	LL-System	5
T	200...500	±15	>0.97	±15	Keramik	c(KCl)=3 mol/L	5...15	LL-System	5
T	200...500	±15	>0.97	±15	Keramik	c(KCl)=3 mol/L	5...15	LL-System	5
T	200...400	±15	>0.97	±15	Doppelkapillare (Keramik)	Porolyt	5...30	LL-System	<15
T	150...400	±15	>0.97	±15	Schliff	c(KCl)=3 mol/L	20...100	LL-System	5
U	150...500	±15	>0.97	±15	Festschliff	c(KCl)=3 mol/L	3...30	LL-System	5
U	150...500	±15	>0.97	±15	Festschliff	c(KCl)=3 mol/L	3...30	LL-System	< 5
A	80...200	±15	>0.97	±15	Festschliff	c(KCl)=3 mol/L (gel)	5...20	LL-System	50
U	150...500	±15	>0.97	±15	Schliff	c(KCl)=3 mol/L	20...100	LL-System	5
U	150...500	±15	>0.97	±15	Schliff	c(KCl)=3 mol/L	20...100	LL-System	5
U	150...500	±15	>0.97	±15	Schliff	c(KCl)=3 mol/L	20...100	LL-System	5
Spez.	<2000	±15	>0.97	±15	Festschliff	c(KCl)=3 mol/L	<2	LL-System	5
A	80...200	±15	>0.97	±15	Festschliff	c(KCl)=3 mol/L (gel)	5...20	LL-System	50
A	80...200	±15	>0.97	±15	Festschliff	c(KCl)=3 mol/L (gel)	5...20	LL-System	50
A	80...200	±15	>0.97	±15	Festschliff	c(KCl)=3 mol/L (gel)	5...20	LL-System	50
U	150...500	±15	>0.97	±15	Festschliff	c(KCl)=3 mol/L	3...30	LL-System	5
U	150...500	±15	>0.97	±15	Festschliff	c(KCl)=3 mol/L	3...30	LL-System	5
U	150...500	±15	>0.97	±15	Festschliff	c(KCl)=3 mol/L	3...30	LL-System	5
U	150...500	±15	>0.97	±15	easyClean	c(KCl)=3 mol/L	5 ... 50	LL-System	< 5
U	150...500	±15	>0.97	±15	easyClean	c(KCl)=3 mol/L	5 ... 50	LL-System	< 5
E	150...400	±15	>0.97	±15	Festschliff	c(KCl)=3 mol/L	5...30	LL-System	5
A	80...200	±15	>0.97	±15	Festschliff	c(KCl)=3 mol/L	5...30	LL-System	10
A	80...200	±15	>0.97	±15	Festschliff	c(KCl)=3 mol/L	5...20	LL-System	50
U	150...500	±15	>0.97	±15	Festschliff	c(KCl)=3 mol/L	3...30	LL-System	5
T	50...150	0...100	>0.90	±15	Schliff	LiCl/EtOH	3...50	LL-System	<250
E	<400	±15	>0.97	±15	Festschliff	c(KCl)=3 mol/L	5...30	LL-System	<5
U	<600	±15	>0.97	±15	Festschliff	c(KCl)=3 mol/L	3...30	LL-System	< 5
E	150...400	±15	>0.97	±15	Festschliff	c(KCl)=3 mol/L	3...30	LL-System	< 5
A	80...200	±15	>0.97	±15	Festschliff	c(KCl)=3 mol/L (gel)	3...30	LL-System	< 5
T	40...150	10...60	>0.90	±15	Schliff	LiCl/EtOH	0.4...1.2	LL-System	<100
U	150...500	±15	>0.97	±15	Schliff	c(KCl)=3 mol/L	20...100	LL-System	< 5
Spez.	200...500	±15	>0.97	±15	Twin pore	Gel	0	LL-System	20

Technische Spezifikationen

124

6.03 Getrennte Metallelektroden	Maße				Schafmaterial	Steckkopf	Art	Temperaturbereich kurzfristig (°C)	Temperaturbereich langfristig (°C)	Form	Messbereich	pH-Bereich
	Max. Einbaulänge (mm)	Schaftdurchmesser (mm)	Schaftdurchmesser unten (mm)	Min. Eintauchtiefe (mm)								
6.0301.100	125	12	12	10	Glas	B	Pt	-20...70	-20...70	Draht	-2000...2000 mV	0...14
6.0309.100	101	12	12	10	Glas	G	Pt	-20...70	-20...70	Blech	-2000...2000 mV	0...14
6.0338.100	96	8	8	5	Glas	G	Pt	-20...70	-20...70	Draht	-2000...2000 mV	0...14
6.0340.000	103	5.3	5.3	10	Glas	Fixkabel/ Stecker F	Pt	-20...70	-20...70	Draht	-2000...2000 mV	0...14
6.0341.100	101	12	8.75	10	Glas	G	Pt	-20...70	-20...70	Draht	-2000...2000 mV	0...14
6.0343.100	86	8	8	10	Kunststoff	Steckkontakt 5.5 mm	Pt	0...80	0...80	Stift	-2000...2000 mV	0...14
6.0344.100	108	24	24	15	Glas	G	Pt	-20...70	-20...70	Netz/Blech		0...14
6.0345.100	108	24	24	15	Glas	G	Pt	-20...70	-20...70	Netz/Blech		0...14
6.00350.100	125	12	6	7	Glas	G	Ag	-20...80	-20...80	Ring	-2000...2000 mV	0...14
6.0351.100	125	12	12	7	Glas	G	Pt	-20...80	-20...80	Ring	-2000...2000 mV	0...14
6.00353.100	125	12	6	20	Glas	G	Au	-20...80	-20...80	Ring	-2000...2000 mV	0...14

6.04 Kombinierte Metallelektroden	Max. Einbaulänge (mm)	Schaftdurchmesser (mm)	Schaftdurchmesser unten (mm)	Min. Eintauchtiefe (mm)	Schaftmaterial	Steckkopf	Art	Temperaturbereich kurzfristig (°C)	Temperaturbereich langfristig (°C)	Form	Messbereich	pH-Bereich	Diaphragma	Referenzelektrolyt	Elektrolytausfluss (µL/h)	Diaphragmawiderstand (kΩ)	Referenzsystem	Referenzwiderstand (kΩ)
6.0421.100	113	12	12	10	Noryl/PP	G	Sb-Stift	0...70	0...70			2...11	Keramik	c(KCl)= 3 mol/L	3...10	1.2...1.8	LL-System	5
6.00430.100	125	12	6	20	Glas	G	Ag/pH	0...80	0...80	Ring/ Halbkugel	-2000...2000 mV	0...14					pH	150...400
6.0431.100	125	12	12	20	Glas	G	Pt/pH	0...80	0...80	Ring/ Halbkugel	-2000...2000 mV	0...14					pH	150...400
6.0433.110	178	12	6.4	20	Glas	G	Ag/pH	0...80	0...80	Ring/ Halbkugel	-2000...2000 mV	0...14					pH	200...500
6.0434.110	178	12	6.4	20	Glas	G	Pt/pH	0...80	0...80	Ring/ Halbkugel	-2000...2000 mV	0...14					pH	200...500
6.0435.110	178	12	6.4	20	Glas	G	Au/pH	0...80	0...80	Ring/ Halbkugel	-2000...2000 mV	0...14					pH	200...500
6.00450.100	125	12	6	15	Glas	G	Ag	0...80	0...80	Ring	-2000...2000 mV	0...14	Festschliff	c(KNO ₃)= 1 mol/L	10...25	0.4...0.9	LL-System	5
6.00450.300	125	12	6	15	Glas	K	Ag	0...80	0...80	Ring	-2000...2000 mV	0...14	Festschliff	c(KNO ₃)= 1 mol/L	10...25	0.4...0.9	LL-System	5
6.0451.100	113	12	12	15	Glas	G	Pt	-5...80	-5...80	Ring	-2000...2000 mV	0...14	Keramik	c(KCl)= 3 mol/L	10...25	0.4...0.9	LL-System	5
6.0451.300	113	12	12	15	Glas	K	Pt	-5...80	-5...80	Ring	-2000...2000 mV	0...14	Keramik	c(KCl)= 3 mol/L	10...25	0.4...0.9	LL-System	5
6.0452.100	113	12	12	15	Glas	G	Au	-5...80	-5...80	Ring	-2000...2000 mV	0...14	Keramik	c(KCl)= 3 mol/L	10...25	0.4...0.9	LL-System	5
6.00470.300	125	12	6	20	Glas	K	Ag/pH	0...80	0...80	Ring/ Halbkugel	-2000...2000 mV	0...14					pH	150...400
6.0471.300	125	12	12	20	Glas	K	Pt/pH	0...80	0...80	Ring/ Halbkugel	-2000...2000 mV	0...14					pH	200...500
6.00404.300	125	12	6	20	Glas	Q	Ag/pH	0...80	0...80	Ring/ Halbkugel	-2000...2000 mV	0...14	-	-	-	-	pH	150...400
6.00401.300	125	12	12	20	Glas	Q	Pt/pH	0...80	0...80	Ring/ Halbkugel	-2000...2000 mV	0...14	-	-	-	-	pH	150...400
6.00402.300	125	12	12	20	Glas	Q	Ag	0...80	0...80	Ring	-2000...2000 mV	0...14	Festschliff	c(KNO ₃)= 1 mol/L	3...30	< 2	LL-System	< 5
6.00403.300	125	12	12	20	Glas	Q	Pt	-5...80	-5...80	Ring	-2000...2000 mV	0...14	Festschliff	c(KCl)= 3 mol/L	3...30	< 2	LL-System	< 5
6.00435.120	308	12	6.4	20	Glas	G	Au/pH	0...80	0...80	Ring/ Halbkugel	-2000...2000 mV	0...14					pH	200...500

Technische Spezifikationen

126

6.05 Ionenselektive Elektroden	Max. Einbaulänge (mm)	Schaftdurchmesser (mm)	Schaftdurchmesser unten (mm)	Min. Eintauchtiefe (mm)	Schaftmaterial	Steckkopf	Art	Temperaturbereich kurzfristig (°C)	Temperaturbereich langfristig (°C)	Form	Messbereich	pH-Bereich
6.0502.100	125	12	12	1	EP	G	Kristall (Br)	0...50	0...50	plan	1x10 ⁻⁶ ...1 mol/L	0...14
6.0502.120	125	12	12	1	EP	G	Kristall (Cl)	0...50	0...50	plan	1x10 ⁻⁵ ...1 mol/L	0...14
6.0502.130	125	12	12	1	EP	G	Kristall (CN)	0...80	0...80	plan	1x10 ⁻⁶ ...10 ⁻² mol/L	10...14
6.0502.140	125	12	12	1	EP	G	Kristall (Cu)	0...80	0...80	plan	1x10 ⁻⁸ ...0.1 mol/L	2...12
6.0502.150	125	12	12	1	EP	G	Kristall (F)	0...80	0...80	plan	1x10 ⁻⁶ ...sat. mol/L	5...7
6.0502.160	125	12	12	1	EP	G	Kristall (I)	0...50	0...50	plan	5x10 ⁻⁸ ...1 mol/L	0...14
6.0502.170	125	12	12	1	EP	G	Kristall (Pb)	0...80	0...80	plan	1x10 ⁻⁶ ...0.1 mol/L	4...7
6.0502.180	125	12	12	1	EP	G	Kristall (Ag/S)	0...80	0...80	plan	1x10 ⁻⁷ ...1 mol/L	2...12
6.0506.100	125	12	12	5	PEEK/POM	G	NH ₃ -permeable Folie	0...50	0...50	plan	5x10 ⁻⁶ ...10 ⁻² mol/L	11
6.0506.150	125	12	12	5	PEEK/POM	G	NH ₃ -permeable Folie	0...50	0...50	plan	10 ⁻⁴ ...1 mol/L	11
6.0507.010	125	12	2.5	20	PVC	G	nichtionische Tenside	0...40	0...40	Stift	tensidabhängig	0...12
6.0507.120	125	12	2.5	20	PVC	G	nichtionische Tenside	0...40	0...40	Stift	tensidabhängig	0...12
6.0507.130	125	12	12	5	POM	G	ionische Tenside	10...50	10...50	plan	tensidabhängig	0...10
6.0507.140	125	12	12	1	PEEK	G	ionische Tenside	0...40	0...40	plan	tensidabhängig	0...13
6.0507.150	125	12	2.5	20	PVC	G	ionische Tenside	0...40	0...40	Stift	tensidabhängig	0...12
6.0508.100	125	12	12	1	PVC	G	Polymer (Na)	0...40	0...40	plan	5x10 ⁻⁷ ...1 mol/L	3...12
6.0508.110	125	12	12	1	PVC	G	Polymer (Ca)	0...40	0...40	plan	5x10 ⁻⁶ ...1 mol/L	2...12
6.0510.100	113	12	12	10	PMMA/PP	G	Polymer (Ca)	0...40	0...40	plan	5x10 ⁻⁷ ...1 mol/L	2...12
6.0510.110	113	12	12	10	PMMA/PP	G	Polymer (K)	0...40	0...40	plan	1x10 ⁻⁷ ...1 mol/L	2.5 ... 11
6.00502.300	113	12	12	10	PMMA/PP	Q	Polymer (Ca)	0...40	0...40	plan	5x10 ⁻⁷ ...1 mol/L	2...12
6.00510.120	113	12	12	10	PMMA/PP	G	Polymer (NO ₃)	0...40	0...40	plan	1x10 ⁻⁶ ...1 mol/L	2.5 ... 11

6.07 Bezugsselektroden	Max. Einbaulänge (mm)	Schaftdurchmesser (mm)			Schaftmaterial	Steckkopf	Temperaturbereich kurzfristig (°C)	Temperaturbereich langfristig (°C)	Diaphragma	Referenzelektrolyt	Zwischenelektrolyt	Ausfluss (µL/h) bezogen auf 3 mol/L KCl	Referenzsystem	Referenzwiderstand (kΩ) bezogen auf 3 mol/L KCl
6.0724.140	43	12	8	20	Glas	B	0...80	0...80		variabel		0		<1
6.0726.100	100	12	12	10	Glas	B	0...80	0...80	Schliff	variabel	variabel	5...50	Ag-Draht/AgCl	<3
6.0726.107	100	12	12	10	Glas	B	0...80	0...80	Schliff	c(KCl)=3 mol/L	c(KCl)=3 mol/L	5...50	Ag-Draht/AgCl	<3
6.0726.110	138	12	8	10	Glas	B	0...80	0...80	Schliff	variabel	variabel	5...50	Ag-Draht/AgCl	variabel
6.0727.000	83	18	18		PTCFE	Steckerstift 2 mm			Keramik	c(KCl)=3 mol/L		0		<3
6.0728.100	28	15	7	3	PTCFE	Steckkontakt 5.5 mm	0...60	0...60	Keramik	variabel		1...2,5	Ag-Draht/AgCl	<3
6.0728.100 +6.1245.000	58	18	9	3		Steckkontakt 5.5 mm				variabel				
6.0728.110	53	15	7	3	PTCFE	Steckkontakt 5.5 mm	0...60	0...60	Keramik	variabel		1...2,5	Ag-Draht/AgCl	<3
6.0728.120	53	15	7	3	PTCFE	Steckkontakt 5.5 mm	0...60	0...60	Keramik	c(KCl)=3 mol/L		1...2,5	Ag-Draht/AgCl	<3
6.0728.130	53	15	7	3	PTCFE	Steckkontakt 5.5 mm	0...60	0...60	Keramik	c(KCl)=3 mol/L		1...2,5	LL-System	<5
6.0728.110 -6.0728.130 +6.1245.010	65	15	5	3		Steckkontakt 5.5 mm				variabel				
6.0729.100	100	12	12	10	Glas	G	0...80	0...80	Schliff	variabel	variabel	5...50	Ag-Draht/AgCl	<3
6.0729.110	138	12	12	10	Glas	G	0...80	0...80	Schliff	variabel	variabel	5...50	Ag-Draht/AgCl	<3
6.0730.100	65	12	6	3	Glas	Steckkontakt 5.5 mm	0...40	0...40	Keramik	c(KCl)=3 mol/L (Gel)	c(KCl)=3 mol/L (Gel)		LL-System	<20
6.0733.100	125	12	5	10	Glas	B	0...80	0...80	Keramik	c(KCl)=3 mol/L		5...15	LL-System	<3
6.0736.110	178	12	6.4	10	Glas	B	0...80	0...80	Schliff	variabel	variabel	5...50	Ag-Draht/AgCl	<3
6.0750.100	125	12	12	1	Glas	B	0...80	0...80	Festschliff	c(KCl)=3 mol/L (Gel)	c(KCl)=3 mol/L	3...30	Ag-Draht/AgCl	<40

Technische Spezifikationen

6.08-6.11 Kohlelektroden, Leitfähigkeitszellen, Temperatursensoren	Einbaulänge (mm)	Schaftdurchmesser (mm)	Schaftdurchmesser unten (mm)	Min. Eintauchtiefe (mm)	Schaftmaterial	Steckkopf	Art	Temperaturbereich kurzfristig (°C)	Temperaturbereich langfristig (°C)	Messbereich	Temperaturfühler
6.0901.040	108	12	20	50	Glas	Fixkabel 2xB (4 mm)	Pt platinert	5...70	5...70	0.1...10000 µS/cm	
6.0901.260	125	12	20	80	Glas	Fixkabel 2xB (4 mm)	Pt platinert	5...70	5...70	10...1000000 µS/cm	
6.0908.110	123	12	12	40	Glas	Fixkabel 4xB (4 mm)	Pt platinert	5...70	5...70	1...100000 µS/cm	Pt100
6.0910.120	120	12	12	16	Glas	G	Pt platinert	5...70	5...70	1...100000 µS/cm	
6.0912.110	125	12	12	35	PP	Fixkabel 4xB (4 mm)	Pt platinert	5...70	5...70	1...100000 µS/cm	Pt1000
6.0914.040	125	12	12	35	Stahl, rostfrei	Fixkabel 4xB (4 mm)	Stahl, rostfrei	0...70	0...70	0...300 µS/cm	Pt1000
6.0915.100	125	12	12	34	PEEK	Fixkabel, Stecker N	5-Ring, Pt	0...70	0...70	5...20000 µS/cm (ideal)	Pt1000
6.0915.130	142	12	12	50	PEEK	Fixkabel, Stecker N	5-Ring, Pt	0...70	0...70	5...100000 µS/cm (ideal)	Pt1000
6.0916.040	125	12	12	35	Stahl, rostfrei	Fixkabel, Stecker N	Stahl, rostfrei	0...70	0...70	0...300 µS/cm	Pt1000
6.0917.080	125	12	12	30	PEEK	Fixkabel, Stecker O	4-Leiter, Pt	0...70	0...70	0.015...250 mS/cm	Pt1000
6.0918.040	125	12	12	35	Stahl, rostfrei	Fixkabel, Stecker O	Stahl, rostfrei	0...70	0...70	0...300 uS/cm	Pt1000
6.0919.140	125	12	12	40	Glas	Fixkabel, Stecker O	3-Ring, Pt	0...70	0...70	0.1...1000 mS/cm	Pt1000
6.0920.100	125	12	12	34	PEEK	Fixkabel, Stecker N	5-Ring, Pt	0...70	0...70	5...20000 uS/cm	Pt1000
6.0920.130	142	12	12	50	PEEK	Fixkabel, Stecker N	5-Ring, Pt	0...70	0...70	5...100000 uS/cm	Pt1000
6.1103.000	121	12	5	20	Glas	Fixkabel 2xB (4 mm)		-50...100	-50...100	-50...100 °C	Pt100
6.1110.010	120	12	5	20	Glas	Fixkabel 2xB (2 mm)		-50...180	-50...180	-50...180 °C	Pt1000
6.1110.100	125	12	5	20	Glas	G		-50...180	-50...180	-50...180 °C	Pt1000
6.1110.110	178	12	6.4	20	Glas	G		-50...180	-50...180	-50...180 °C	Pt1000
6.1111.120	90	12	5	20	Glas	G		-50...180	-50...180	-50...180 °C	Pt1000
6.1114.010	140	12	3	10	PEEK	Fixkabel, Stecker 2x2 B	Stahl, rostfrei	-50...100	-50...100	-50...100 °C	Pt1000
6.1115.000	135	12	12	30	Glas	Fixkabel		0...40	0...40		

RDE-/RRDE-Tips/- Mikroelektroden (6.12, PT, RDE, RRDE)	Länge (mm)	Schaftdurchmesser (mm)	Schaftmaterial	Scheibendurchmesser (mm)	Scheibenmaterial	Breite Ring (mm)	Ringmaterial	Abstand zwischen Ring und Scheibe (mm)	Anschluss	Temperaturbereich kurzfristig (°C)	Temperaturbereich langfristig (°C)
6.1204.130	52.5	7	PEEK	2	Ag				M3	0...40	0...40
6.1204.140	52.5	7	PEEK	2	Au				M3	0...40	0...40
6.1204.170	52.5	7	PEEK	3	Pt				M3	0...40	0...40
6.1204.190	52.5	7	PEEK	2	Pt				M3	0...40	0...40
6.1204.300	52.5	10	PEEK	3	GC				M4	0...40	0...40
6.1204.310	52.5	10	PEEK	3	Pt				M4	0...40	0...40
6.1204.320	52.5	10	PEEK	3	Au				M4	0...40	0...40
6.1204.330	52.5	10	PEEK	3	Ag				M4	0...40	0...40
6.1204.600	52.5	8	Glas	2	GC				M3	0...50	0...50
6.1204.610	52.5	8	Glas	1	Pt				M3	0...50	0...50
AG.100	52	2	Glas	0.1	Ag				B (2 mm, Stecker)	0...40	0...40
AG.25	52	2	Glas	0.025	Au				B (2 mm, Stecker)	0...40	0...40
AG.30	52	2	Glas	0.03	Ag				B (2 mm, Stecker)	0...40	0...40
AG.300	52	2	Glas	0.3	Ag				B (2 mm, Stecker)	0...40	0...40
AU.10	52	2	Glas	0.01	Au				B (2 mm, Stecker)	0...40	0...40
AU.100	52	2	Glas	0.1	Au				B (2 mm, Stecker)	0...40	0...40
AU.200	52	2	Glas	0.2	Au				B (2 mm, Stecker)	0...40	0...40
AU.25	52	2	Glas	0.025	Au				B (2 mm, Stecker)	0...40	0...40
AU.300	52	2	Glas	0.3	Au				B (2 mm, Stecker)	0...40	0...40
AU.40	52	2	Glas	0.04	Au				B (2 mm, Stecker)	0...40	0...40
AU.50	52	2	Glas	0.05	Au				B (2 mm, Stecker)	0...40	0...40
AU.500	52	2	Glas	0.5	Au				B (2 mm, Stecker)	0...40	0...40
IR.75	52	2	Glas	0.075	Ir				B (2 mm, Stecker)	0...40	0...40
PD.100	52	2	Glas	0.1	Pd				B (2 mm, Stecker)	0...40	0...40
PD.25	52	2	Glas	0.025	Pd				B (2 mm, Stecker)	0...40	0...40
PD.300	52	2	Glas	0.3	Pd				B (2 mm, Stecker)	0...40	0...40
PD.500	52	2	Glas	0.5	Pd				B (2 mm, Stecker)	0...40	0...40
PT.10	52	2	Glas	0.01	Pt				B (2 mm, Stecker)	0...40	0...40
PT.100	52	2	Glas	0.1	Pt				B (2 mm, Stecker)	0...40	0...40
PT.1000	52	2	Glas	1	Pt				B (2 mm, Stecker)	0...40	0...40
PT.20	52	2	Glas	0.02	Pt				B (2 mm, Stecker)	0...40	0...40
PT.200	52	2	Glas	0.2	Pt				B (2 mm, Stecker)	0...40	0...40
PT.25	52	2	Glas	0.025	Pt				B (2 mm, Stecker)	0...40	0...40
PT.300	52	2	Glas	0.3	Pt				B (2 mm, Stecker)	0...40	0...40
PT.50	52	2	Glas	0.05	Pt				B (2 mm, Stecker)	0...40	0...40
PT.500	52	2	Glas	0.5	Pt				B (2 mm, Stecker)	0...40	0...40
RDE.AG50	52.5	10	PEEK	5	Ag				M4	0...40	0...40
RDE.AU50	52.5	10	PEEK	5	Au				M4	0...40	0...40
RDE.BLANK	52.5	10	PEEK	5	leer				M4	0...40	0...40
RDE.CU50	52.5	10	PEEK	5	Cu				M4	0...40	0...40
RDE.GC50	52.5	10	PEEK	5	GC				M4	0...40	0...40
RDE.PT50	52.5	10	PEEK	5	Pt				M4	0...40	0...40
RDE.STEEL	52.5	10	PEEK	5	Edelstahl				M4	0...40	0...40
RDE.ZN50	52.5	10	PEEK	5	Zn				M4	0...40	0...40
RRDE.AUPT	51.5	11.5	PEEK	5	Au	0.375	Pt	0.375	M4	0...40	0...40
RRDE.GCPT	51.5	11.5	PEEK	5	GC	0.375	Pt	0.375	M4	0...40	0...40
RRDE.PTPT	51.5	11.5	PEEK	5	Pt	0.375	Pt	0.375	M4	0...40	0...40

Technische Spezifikationen

130

Dickfilm- elektroden und «Interdigitated» Elektroden/ Mikroelektroden	Arbeitselektroden- material	Arbeitselektroden- abmessung (mm)	Hilfselektroden- material	Zell- konfiguration	Trägergrösse (mm)	Trägermaterial	Stück/Box
110	Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	75 Stück
C110	Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	«In-Lösung-eintauchend»	34 x 10 x 0.5	Keramik	75 Stück
C11L	Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	«In-Lösung-eintauchend»	34 x 10 x 0.5	Keramik	75 Stück
150	Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	75 Stück
220AT	Gold AT	Durchmesser 4	Platin	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	75 Stück
220BT	Gold BT	Durchmesser 4	Gold BT	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	75 Stück
C220AT	Gold AT	Durchmesser 4	Gold AT	«In-Lösung-eintauchend»	34 x 10 x 0.5	Keramik	75 Stück
C220BT	Gold BT	Durchmesser 1.6	Gold BT	«In-Lösung-eintauchend»	34 x 10 x 0.5	Keramik	75 Stück
C223AT	Gold AT	Durchmesser 1.6	Gold AT	1.6 d	34 x 10 x 0.5	Keramik	75 Stück
C223BT	Gold BT	Durchmesser 4	Gold BT	1.6 d	34 x 10 x 0.5	Keramik	75 Stück
250AT	Gold AT	Durchmesser 4	Platin	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	75 Stück
250BT	Gold BT	Durchmesser 4	Platin	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	75 Stück
410	Co-Phthalocyanin/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	75 Stück
550	Platin	Durchmesser 4	Platin	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	75 Stück
550BT	Platin BT	Durchmesser 4	Platin BT	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	75 Stück
C550	Platin	Durchmesser 4	Kohlenstoff	«In-Lösung-eintauchend»	34 x 10 x 0.5	Keramik	75 Stück
610	Meldolas Blau/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	75 Stück
710	Preussisch Blau/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	75 Stück
F10	Hexacyanoferrat/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	75 Stück
810	Rutheniumoxid	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
910	Palladium	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
010	Silber	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	75 Stück
C013	Silber	Durchmesser 1.6	Kohlenstoff	1.6 d	34 x 10 x 0.5	Keramik	75 Stück
110AGNP	Silber-Nanopartikel/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
110BI	Bismutoxid/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
110CNF	Kohlenstoff-Nanofasern/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
110CNF-GNP	Kohlenstoff-Nanofasern/Gold-Nanopartikel/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
110CNT	Mehrwandige Kohlenstoff-Nanoröhrchen/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
110CNT-GNP	Mehrwandige Kohlenstoff-Nanoröhrchen/Gold-Nanopartikel/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
110CSQD	Kern-Schale-Quantenpunkte ZnS/CdSe/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
110GNP	Gold-Nanopartikel/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
110GNP-STR	Streptavidin-modifiziertes nanostrukturiertes Gold-/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
110GPH	Graphen/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
110GPH-GNP	Graphen/Gold-Nanopartikel/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
110GPHOX	Graphenoxid/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
110MC	Mesoporöser Kohlenstoff/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
110NI	Nickeloxid/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
110OMC	Geordneter mesoporöser Kohlenstoff/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
110PANI	Polyanilin/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
110QD	Kern-Quantenpunkte CdSe/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
110RGPHOX	Reduziertes Graphenoxid/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
110STR	Streptavidin/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
110SWCNT	Einwandige Kohlenstoff-Nanoröhrchen/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
110XTR	Extravidin/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
4W110	Kohlenstoff	Durchmesser 2.95	Kohlenstoff	4WE mit gemeinsamer AUX und REF	38 x 20 x 1.0	Keramik	20 Stück
8W110	Kohlenstoff	Durchmesser 2.95	Kohlenstoff	8WE mit gemeinsamer AUX und REF	38 x 20 x 1.0	Keramik	20 Stück
8X110	Kohlenstoff	Durchmesser 2.56	Kohlenstoff	Anordnung von 8 elektrochemischen Zellen	34 x 79 x 1.0	Keramik	20 Stück
8X110STR	Streptavidin/Kohlenstoff	Durchmesser 2.95	Kohlenstoff	Anordnung von 8 elektrochemischen Zellen	34 x 79 x 1.0	Keramik	10 Stück
8X220AT	Gold AT	Durchmesser 2.56	Gold	Anordnung von 8 elektrochemischen Zellen	34 x 79 x 1.0	Keramik	20 Stück
8X550	Platin	Durchmesser 2.56	Gold AT	Anordnung von 8 elektrochemischen Zellen	34 x 79 x 1.0	Keramik	20 Stück
96X110	Kohlenstoff	Durchmesser 3	Kohlenstoff	ELISA 96 elektrochemische Zellen	74 x 110 x 5.0	Leiterplatte	4 Platten

Dickfilm- elektroden und «Interdigitated» Elektroden/ Mikroelektroden	Arbeitselektroden- material	Arbeitselektroden- abmessung (mm)	Hilfselektroden- material	Zell- konfiguration	Trägergröße (mm)	Trägermaterial	Stück/Box
96X110CNT	Mehrwandige Kohlenstoff-Nanoröhrchen/Kohlenstoff	Durchmesser 3	Kohlenstoff	ELISA 96 elektrochemische Zellen	74 x 110 x 5.0	Leiterplatte	2 Platten
96X110CNT-GNP	Mehrwandige Kohlenstoff-Nanoröhrchen/Gold-Nanopartikel/Kohlenstoff	Durchmesser 3	Kohlenstoff	ELISA 96 elektrochemische Zellen	74 x 110 x 5.0	Leiterplatte	2 Platten
96X110GNP	Gold-Nanopartikel/Kohlenstoff	Durchmesser 3	Kohlenstoff	ELISA 96 elektrochemische Zellen	74 x 110 x 5.0	Leiterplatte	2 Platten
96X110GNP-STR	Streptavidin-modifiziertes, nanostrukturiertes Gold-/Kohlenstoff	Durchmesser 3	Kohlenstoff	ELISA 96 elektrochemische Zellen	74 x 110 x 5.0	Leiterplatte	2 Platten
96X110STR	Streptavidin/Kohlenstoff	Durchmesser 3	Kohlenstoff	ELISA 96 elektrochemische Zellen	74 x 110 x 5.0	Leiterplatte	2 Platten
96X110SWCNT	Einwandige Kohlenstoff-Nanoröhrchen/Kohlenstoff	Durchmesser 3	Kohlenstoff	ELISA 96 elektrochemische Zellen	74 x 110 x 5.0	Leiterplatte	2 Platten
96X110XTR	Extravidin/Kohlenstoff	Durchmesser 3	Kohlenstoff	ELISA 96 elektrochemische Zellen	74 x 110 x 5.0	Leiterplatte	2 Platten
96X220	Gold	Durchmesser 3	Gold	ELISA 96 elektrochemische Zellen	74 x 110 x 5.0	Leiterplatte	4 Platten
96X550	Platin	Durchmesser 3	Platin	ELISA 96 elektrochemische Zellen	74 x 110 x 5.0	Leiterplatte	4 Platten
C1110	Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	2WE mit gemeinsamer AUX und REF	34 x 10 x 0.5	Keramik	75 Stück
C1110AGNP	Silber-Nanopartikel/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	2WE mit gemeinsamer AUX und REF	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
C1110BI	Bismutoxid/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	2WE mit gemeinsamer AUX und REF	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
C1110CNF	Kohlenstoff-Nanofasern/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	2WE mit gemeinsamer AUX und REF	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
C1110CNF-GNP	Kohlenstoff-Nanofasern/Gold-Nanopartikel/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	2WE mit gemeinsamer AUX und REF	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
C1110CNT	Mehrwandige Kohlenstoff-Nanoröhrchen/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	2WE mit gemeinsamer AUX und REF	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
C1110CNT-GNP	Mehrwandige Kohlenstoff-Nanoröhrchen/Gold-Nanopartikel/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	2WE mit gemeinsamer AUX und REF	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
C1110CSQD	Kern-Schale-Quantenpunkte ZnS/CdSe/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	2WE mit gemeinsamer AUX und REF	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
C1110GNP	Gold-Nanopartikel/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	2WE mit gemeinsamer AUX und REF	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
C1110GNP-STR	Streptavidin-modifiziertes, nanostrukturiertes Gold-/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	2WE mit gemeinsamer AUX und REF	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
C1110GPH	Graphen/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	2WE mit gemeinsamer AUX und REF	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
C1110GPH-GNP	Graphen-Gold-Nanopartikel/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	2WE mit gemeinsamer AUX und REF	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
C1110GPHOX	Graphenoxid/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	2WE mit gemeinsamer AUX und REF	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
C1110MC	Mesoporöser Kohlenstoff/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	2WE mit gemeinsamer AUX und REF	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
C1110NI	Nickeloxid/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	2WE mit gemeinsamer AUX und REF	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
C1110OMC	Geordneter mesoporöser Kohlenstoff/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	2WE mit gemeinsamer AUX und REF	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
C1110PANI	Polyanilin/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	2WE mit gemeinsamer AUX und REF	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
C1110QD	Kern-Quantenpunkte CdSe/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	2WE mit gemeinsamer AUX und REF	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
C1110RGPHOX	Reduziertes Graphenoxid/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	2WE mit gemeinsamer AUX und REF	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
C1110STR	Streptavidin/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	2WE mit gemeinsamer AUX und REF	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
C1110SWCNT	Einwandige Kohlenstoff-Nanoröhrchen/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	2WE mit gemeinsamer AUX und REF	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
C1110XTR	Extravidin/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	2WE mit gemeinsamer AUX und REF	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
GLU10	Glucose	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	50 Stück
ITO10	ITO	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Transparenter Kunststoff	20 Stück
P10	PEDOT	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Transparenter Kunststoff	75 Stück
AUTR10	Gold	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Transparenter Kunststoff	20 Stück
AL10	Aluminium	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	20 Stück
BI10	Bismut	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	20 Stück
CR10	Chrom	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	20 Stück
CST10	C-Stahl	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	20 Stück
CU10	Kupfer	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	20 Stück
MO10	Molybdän	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	20 Stück
NI10	Nickel	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	20 Stück
PB10	Blei	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	20 Stück

Technische Spezifikationen

132

Dickfilm- elektroden und «Interdigitated» Elektroden/ Mikroelektroden	Arbeitselektroden- material	Arbeitselektroden- abmessung (mm)	Hilfselektroden- material	Zell- konfiguration	Trägergröße (mm)	Trägermaterial	Stück/Box
SB10	Antimon	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	20 Stück
SN10	Zinn	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	20 Stück
ST10	Stahl	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	20 Stück
TA10	Tantal	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	20 Stück
TI10	Titan	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	20 Stück
W10	Wolfram	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	20 Stück
PW-AU10	Gold	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Weisser Kunststoff	20 Stück
TLFCL010-CIR	Silber	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Dünnschicht-Durchfluss- zelle integriert	80 x 25 x 0.1	Keramik	10 Stück
TLFCL110	Kohlenstoff	12.6 mm ²	Kohlenstoff	Dünnschicht-Durchfluss- zelle integriert	80 x 25 x 0.1	Keramik	10 Stück
TLFCL110-CIR	Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Dünnschicht-Durchfluss- zelle integriert	80 x 25 x 0.1	Keramik	10 Stück
TLFCL110S	Kohlenstoff	2 mm ²	Kohlenstoff	Dünnschicht-Durchfluss- zelle integriert	80 x 25 x 0.1	Keramik	10 Stück
TLFCL1110	Kohlenstoff	2 mm ² x 2	Kohlenstoff	Dünnschicht-Durchfluss- zelle integriert	80 x 25 x 0.1	Keramik	10 Stück
TLFCL210AT-CIR	Gold AT	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Dünnschicht-Durchfluss- zelle integriert	80 x 25 x 0.1	Keramik	10 Stück
TLFCL210BT-CIR	Gold BT	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Dünnschicht-Durchfluss- zelle integriert	80 x 25 x 0.1	Keramik	10 Stück
TLFCL2222AT	Gold AT	0.8 x 5 (extern) 0.4 x 5 (intern)	Gold AT	Dünnschicht-Durchfluss- zelle integriert	80 x 25 x 0.1	Keramik	10 Stück
TLFCL510-CIR	Platin	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Dünnschicht-Durchfluss- zelle integriert	80 x 25 x 0.1	Keramik	10 Stück
SPESMIX	Mischung: Kohlenstoff, Gold, Platin	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	100 Stück
AUMIX	Mischung: Gold	Durchmesser 4 und 1.6	Gold	Standard, 1.6 d und «in- Lösung-eintauchend»	34 x 10 x 0.5	Keramik	100 Stück
SERSMIX	Mischung: Silber, Gold BT, Kupfer und Silberbeschichteter Kupfer	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	85 Stück
MEDIATORSPES	Mischung: Co-Phthalocyanin, Meldolas Blau, Preussisch Blau, Hexacyanoferrat/Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Keramik	100 Stück
OTEMIX	Mischung: ITO, PEDOT, Gold, Kohlenstoff	Durchmesser 4	Kohlenstoff	Standard	34 x 10 x 0.5	Plastik transparent	40 Stück
G-IDE222	Gold	10 Mikrometer Linien und Abstände	Gold	«Interdigitated» mit AUX und REF	22 x 7.0 x 0.7	Glas	20 Stück
G-IDE555	Platin	10 Mikrometer Linien und Abstände	Platin	«Interdigitated» mit AUX und REF	22 x 7.0 x 0.7	Glas	20 Stück
G-IDEAG5	Silber	5 Mikrometer Linien und Abstände	Silber	«Interdigitated», recht- eckige Ausführung	22 x 7.0 x 0.7	Glas	20 Stück
G-IDEAU10	Gold	10 Mikrometer Linien und Abstände	Gold	«Interdigitated», recht- eckige Ausführung	22 x 7.0 x 0.7	Glas	20 Stück
G-IDEAU5	Gold	5 Mikrometer Linien und Abstände	Gold	«Interdigitated», recht- eckige Ausführung	22 x 7.0 x 0.7	Glas	20 Stück
G-IDECU5	Kupfer	5 Mikrometer Linien und Abstände	Kupfer	«Interdigitated», recht- eckige Ausführung	22 x 7.0 x 0.7	Glas	20 Stück
G-IDEPT10	Platin	10 Mikrometer Linien und Abstände	Platin	«Interdigitated», recht- eckige Ausführung	22 x 7.0 x 0.7	Glas	20 Stück
G-IDEPT5	Platin	5 Mikrometer Linien und Abstände	Platin	«Interdigitated», recht- eckige Ausführung	22 x 7.0 x 0.7	Glas	20 Stück
G-IDEMIX	Mischung: Gold, Platin	5 und 10 Mikrometer Linien und Abstände	Mischung: Gold, Platin	«Interdigitated»; konzentrisch; rechteckig	22 x 7.0 x 0.7	Glas	20 Stück
G-IDECONAU10	Gold	10 Mikrometer Linien und Abstände	Gold	«Interdigitated», konzentrische Ausführung	22 x 7.0 x 0.7	Glas	20 Stück

Dickfilm- elektroden und «Interdigitated» Elektroden/ Mikroelektroden	Arbeitselektroden- material	Arbeitselektroden- abmessung (mm)	Hilfselektroden- material	Zell- konfiguration	Trägergrösse (mm)	Trägermaterial	Stück/Box
G-IDECONPT10	Platin	10 Mikrometer Linien und Abstände	Platin	«Interdigitated», konzentrische Ausführung	22 x 7.0 x 0.7	Glas	20 Stück
G-MEA222	Gold	Durchmesser 3 mm / Mikrolöcher 10 Mikrometer	Gold	«Interdigitated» Mikroelektrodenarray, Durchmesser 3 mm	22 x 7.0 x 0.7	Glas	20 Stück
G-MEA555	Platin	Durchmesser 3 mm / Mikrolöcher 10 Mikrometer	Platin	«Interdigitated» Mikroelektrodenarray, Durchmesser 3 mm	22 x 7.0 x 0.7	Glas	20 Stück
G-MEAB222	Gold	Mikrobänder 10 Mikrometer	Gold	«Interdigitated» Mikroelektrodenarray	22 x 7.0 x 0.7	Glas	20 Stück
G-MEAB555	Platin	Mikrobänder 10 Mikrometer	Platin	«Interdigitated» Mikroelektrodenarray	22 x 7.0 x 0.7	Glas	20 Stück
IDEAU200	Gold	200 Mikrometer Linien und Abstände	Gold	«Interdigitated», recht- eckige Ausführung	22 x 7.0 x 0.7	Keramik	20 Stück
IDEAU200-HPT-WB	Gold	200 Mikrometer Linien und Abstände	Gold	rechteckige Ausführung	22 x 7.0 x 0.7	Keramik	50 Stück
P-IDEAU100	Gold	100 Mikrometer Linien und Abstände	Gold	«Interdigitated», recht- eckige Ausführung	22 x 7.0 x 0.7	Transparenter Kunststoff	50 Stück
PW-IDEPD100	Palladium	100 Mikrometer Linien und Abstände	Palladium	«Interdigitated», recht- eckige Ausführung	22 x 7.0 x 0.7	Weisser Kunststoff	50 Stück
PW-IDEAU100	Gold	100 Mikrometer Linien und Abstände	Gold	«Interdigitated», recht- eckige Ausführung	22 x 7.0 x 0.7	Weisser Kunststoff	50 Stück

www.metrohm.com

