

SI Analytics

 **OMNILAB**



**Wissen kompakt:  
pH-Elektroden - Auswahl, Handhabung, Wartung**

**Flexibel. Verlässlich. Persönlich.**

## Inhaltsverzeichnis

Seite 2 | Wie sind pH-Einstabmessketten aufgebaut?  
 Seite 3 | Kalibrierung -  
 Basis einer zuverlässigen pH-Messung  
 Seite 4 | Temperatureinfluss -  
 Unsicherheit bei der pH-Messung

Seite 5 | Säure- und Alkalifehler  
 Seite 6 | Auswahl der geeigneten pH-Elektrode  
 Seite 7 | Wartung und Pflege der pH-Elektrode  
 Seite 8 | Literatur

## Wie sind pH-Einstabmessketten aufgebaut?

Der prinzipielle Aufbau von pH-Elektroden ist sehr einfach. Als potentiometrische Messketten bestehen sie aus einer Messelektrode und einer Bezugslektrode. Seit vielen Jahren ist es Stand der Technik, beide in einem Schaft als Einstabmesskette zu integrieren. Ferner hat ein bedeutender Anteil an pH-Elektroden bereits einen Temperaturfühler eingebaut, um die Temperaturabhängigkeit der Elektrodensteilheit im pH-Meter automatisch zu kompensieren. Der Aufbau solcher pH-Elektroden ist in der DIN 19261 sehr anschaulich beschrieben und in Abbildung 1 schematisch dargestellt [1].

Die pH-Glaselektrode ist die Messelektrode. An ihr entsteht das pH-Signal in mV, das direkt proportional zum pH-Wert der Messlösung ist. Das Messsignal kann jedoch nur gegen eine Bezugslektrode gemessen werden, da immer nur Potentialdifferenzen (d.h. Spannungen) gemessen werden können. Die Bezugslektrode hat im Idealfall ein stabiles, konstantes und ein vom pH-Wert sowie der Zusammensetzung des Mediums unabhängiges Potential bei allen Temperaturen. Das Diaphragma in der Bezugslektrode schließt den Stromkreis zwischen Elektrode und Probe. Die meisten Messprobleme bis hin zum Ausfall der Elektrode werden durch Veränderungen am Diaphragma verursacht. Daher muss der Diaphragmatyp immer entsprechend der Anwendung gewählt werden.

Die unten aufgeführte Tabelle zeigt die unterschiedlichen Typen und ihre jeweiligen Anwendungseigenschaften.

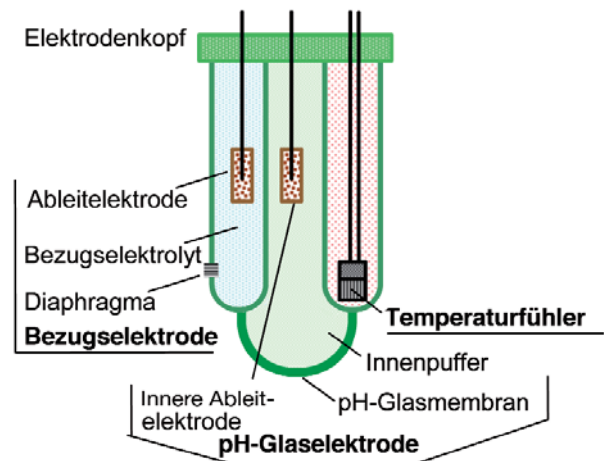


Abbildung 1: Schematischer Aufbau einer pH-Elektrode.

	Typ	Widerstand	Ausfluss*)	Anwendungseigenschaften
	Keramik	~ 1 k $\Omega$	~ 0,2 ml/d	+ <b>Allgemeine Anwendungen, robust, günstig</b> - Zerklüftete Hohlräume sind Haftstellen für Ablagerungen und chemische Reaktionen, neigen zu Verschmutzung / Verstopfung
	Platin	~ 0,5 k $\Omega$	~ 1 ml/d	+ <b>Universal, schnelle Einstellung, konstant, verschmutzungsunempfindlich, saubere definierte Ausflusskanäle, weniger Diffusionsspannungen</b> - Nur chemisch reinigen, nicht mechanisch
	Schliff	~ 0,2 k $\Omega$	~ 3 ml/d	+ <b>Emulsion, Pasten, Reinstwasser, leichtes Reinigen</b> - Ausflussabweichungen durch unterschiedliches Aufsetzen; Schlifflösen bei Innenüberdruck, filigran
	Fritte	~ 0,1 k $\Omega$	$\Omega$ ~ 5 ml/d *) 1 m Wassersäule	+ <b>Reinstwasser, konzentrierte / verschmutzte Lösungen</b> - Hoher Elektrolytverbrauch, nur für extreme Matrix
	Ringspalt	~ 0,1 k $\Omega$	~ entfällt	+ <b>Ringspalt symmetrisch, leichte Handhabung, verschmutzungsunempfindlich</b> - Probe kann in Bezugssystem gelangen, keine Reinigung des Bezugssystems möglich
	Faser	~ 1 k $\Omega$	~ entfällt	+ <b>Schnelle Einstellung, leichte Handhabung</b> - Probe kann in Bezugssystem gelangen,

Tabelle 1: Diaphragmatypen und ihre Anwendungseigenschaften.

# Kalibrierung - Basis einer zuverlässigen pH-Messung

Zur Kalibrierung von pH-Messeinrichtungen werden Lösungen mit bekanntem pH-Wert eingesetzt. Diese werden auch als Referenz oder Pufferlösung bezeichnet. Eine Pufferlösung besteht aus einer Mischung einer schwachen Säure und der konjugierten Base oder aus einer schwachen Base mit der konjugierten Säure. Sie hat die Eigenschaft, dass sich der pH-Wert der Lösung bei Zugabe einer geringen Menge Säure oder Base [1] nur wenig ändert. In Abhängigkeit der verwendeten Komponenten und deren Konzentration ändert sich der pH-Wert der Lösung zum Teil in einem weiten Bereich, wie die folgenden Beispiele zeigen:

Komponenten	pH-Bereich
HCl, Natriumcitrat	1 - 5
Zitronensäure, Natriumcitrat	2,5 - 5,6
Essigsäure, Natriumacetat	3,7 - 5,6
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> , NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	6 - 9
Borax, Natriumhydroxid	9,2 - 11

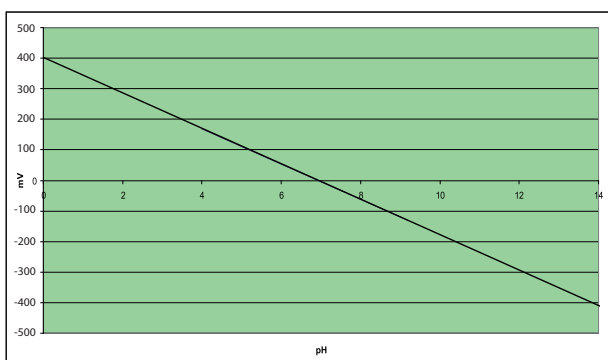
Tabelle 2: pH-Wert bei unterschiedlichen Komponenten.

Der pH-Wert einer Lösung ändert sich aber nicht nur mit deren Zusammensetzung, sondern auch bei Temperaturveränderungen. In der DIN 19266 [2] sind Referenzpufferlösungen, die auch als DIN-19266-Pufferlösungen bezeichnet werden, nach Art und Menge der Komponenten genau spezifiziert. Das Temperaturverhalten dieser Referenzpufferlösungen wurde an metrologischen Instituten, z. B. der PTB, exakt ermittelt. Es sieht wie folgt aus:

Temperatur in °C	pH-Bereich		
10	3,997	6,923	9,332
20	4,001	6,881	9,225
25	4,005	6,865	9,180
40	4,027	6,838	9,068
50	4,050	6,833	9,011

Tabelle 3: Temperaturverhalten von Referenzpuffern.

Im Unterschied zu den Referenzpufferlösungen ist die Zusammensetzung von Technischen Pufferlösungen nicht in Normen festgelegt. Es ist somit zu beachten, dass der Temperaturgang dieser Pufferlösungen zwischen den Herstellern variieren kann, selbst wenn für sie bei 25 °C derselbe nominelle pH-Wert spezifiziert ist. Gerade bei einer von 25 °C abweichenden Kalibriertemperatur können durch Nichtbeachtung dieser Unterschiede beachtliche Fehler in die Kalibrierung und somit in die nachfolgenden Messergebnisse eingebracht werden.



Neben den unterschiedlichen Arten von Pufferlösungen spielt auch das Kalibrierverfahren eine große Rolle für die Genauigkeit der Messung. Die unterschiedlichen Verfahren sind in der DIN 19268 [3] exakt beschrieben und verfügen jeweils über Vor- und Nachteile, die im Folgenden kurz dargestellt sind:

## Einpunkt-Kalibrierung

Die Kalibrierung wird mit einer Pufferlösung durchgeführt. Hierbei wird nur der Nullpunkt der pH-Elektrode überprüft und angenommen, dass die Steigung der verwendeten Elektrode in etwa der Nernst-Steigung entspricht.

Der Zeitaufwand ist für diese Form der Kalibrierung am geringsten. Da die Annahme jedoch selten exakt zutrifft, ist dieses Kalibrierverfahren nur für die Überprüfung von Pufferlösungen gleicher Zusammensetzung zu empfehlen und nicht für die Durchführung exakter pH-Messungen unbekannter Lösungen.

## Zweipunkt-Kalibrierung

Es wird mit zwei Pufferlösungen kalibriert, welche sich vorzugsweise mindestens um zwei pH-Einheiten unterscheiden. Hierbei werden Steigung und Nullpunkt durch das Legen einer Geraden durch die beiden Messpunkte ermittelt. Da pH-Elektroden in der Regel eine sehr gute Linearität besitzen, ist diese Form der Kalibrierung bereits ausreichend, um eine hohe Genauigkeit zu gewährleisten.

## Mehrpunkt-Kalibrierung

Hierzu werden mindestens drei Referenzpuffer-Lösungen eingesetzt. Der Abstand sollte möglichst  $pH > 0,5$  pH-Einheiten betragen. Die Kalibriergerade wird hierbei entweder mittels linearer Regression durch alle Messpunkte bestimmt. Oder es werden zwischen benachbarten Puffern Segmente gebildet, innerhalb derer Nullpunkt und Steilheit errechnet werden. Zur Beurteilung der Sicherheit des Verfahrens kann das Bestimmtheitsmaß  $R^2$  herangezogen werden.

Das Bestimmtheitsmaß gibt an, wie gut die Übereinstimmung der Messwerte mit der Theorie ist und sollte einen Wert nahe 1 haben. Um eine Mehrpunkt-Kalibrierung durchzuführen, kommen sehr häufig alkalische Pufferlösungen zum Einsatz. Diese sind bezüglich ihrer Frische zu prüfen (Risiko der Veränderung durch CO<sub>2</sub>-Eintrag) und die prozentuale Fehlerauswirkung ist abzuschätzen.

Für die allermeisten Anwender ist eine Zweipunkt-Kalibrierung mit den DIN-Puffern 4,01 und 6,87 ausreichend, da diese Puffer sehr stabil sind und die pH-Elektroden aufgrund ihrer hohen Linearität auch über die Kalibrierpunkte hinaus eine hohe Messsicherheit bieten.

Zur weiteren Absicherung kann die Zweipunkt-Kalibrierung durch eine anschließende pH-Messung in einer Pufferlösung im Bereich des erwarteten pH-Wertes überprüft werden. Die Frage nach der Genauigkeit der pH-Messung ist nicht einfach zu beantworten, da es viele Einflussgrößen gibt, die oft selbst dem Fachmann nicht oder nicht genau bekannt sind. Eins ist jedoch sicher: der am pH-Meter angezeigte pH-Wert sagt nichts über seine Genauigkeit aus. Die Anzahl der Nachkommastellen täuscht immer eine zu hohe Genauigkeit vor.

Abbildung 2: Beispiel für den Verlauf einer Kalibriergeraden (d.h. die Auftragung der gemessenen Spannung gegen den pH-Wert der Lösungen).

# Temperatureinfluss - Unsicherheit bei der pH-Messung

Die Spannung der pH-Messkette ändert sich mit der Temperatur. Dieses Verhalten lässt sich durch die Nernst'sche Gleichung beschreiben.

**Nernst-Gleichung:  $U = U_0 + (R \cdot T / n \cdot F) \cdot \ln a_{H^+}$**

mit $a_{H^+}$ =	Aktivität des Wasserstoffs
$U_0$ =	Standardpotential
$R$ =	Gaskonstante 8,3144 J/K* $mol$
$T$ =	Temperatur in K
$F$ =	Faradaykonstante $9,6485 \cdot 10^4$ C/mol
$n$ =	Anzahl der übertragenen Elektronen

Der Nernst-Faktor gibt die theoretische Steilheit der Messkette an. Dieser Faktor ist temperaturabhängig, er variiert zwischen 54,20 mV/pH bei 0°C und 74,04 mV/pH bei 100°C. Abbildung 3 zeigt die Temperaturabhängigkeit des Nernst-Faktors [4].

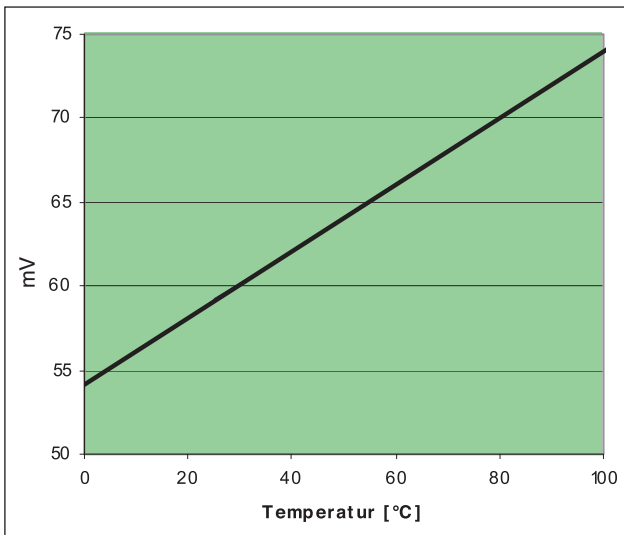


Abbildung 3: Temperaturabhängigkeit des Nernst-Faktors.

Bei realen Messketten entspricht die Steilheit nie exakt dem Nernst-Faktor. Hinzu kommt, dass auch der Nullpunkt der Messketten, besonders bei stark gealterten Messketten, temperaturabhängig ist. Erfasst man bei zwei unterschiedlichen Temperaturen die Spannung einer realen Messkette bei unterschiedlichen pH-Werten, so erhält man für jede Temperatur eine Kennlinie. Diese Kennlinien, Isothermen genannt, schneiden sich im Isothermenschnittpunkt. Dieser Schnittpunkt kann vom Nullpunkt der idealen Kennlinie merklich abweichen [5]. Führt man die Messungen bei vielen unterschiedlichen

Temperaturen durch, erhält man sogar ein Feld von Isothermenschnittpunkten.

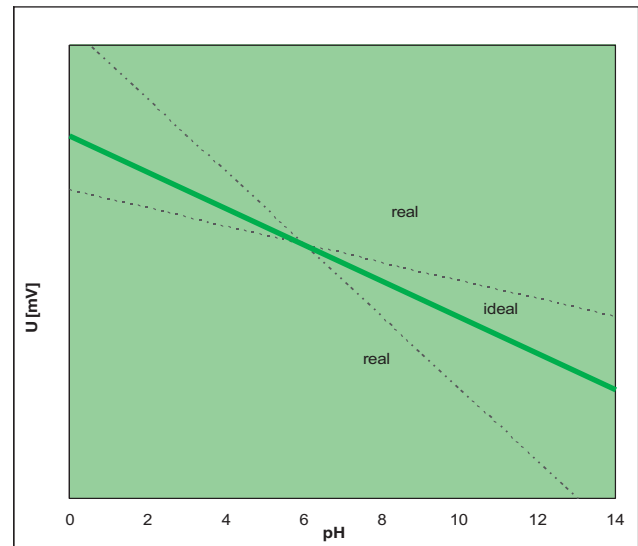


Abbildung 4: Kennlinien einer realen und einer idealen Elektrode.

Die Temperaturkompensation von pH-Metern berücksichtigt lediglich die Änderung der theoretischen Steilheit bei Temperaturänderungen [6]. Kalibriert man das Messgerät bei einer bestimmten Temperatur und misst man bei einer anderen Temperatur als der Kalibriertemperatur, so passt die Temperaturkompensation die Steilheit entsprechend der theoretischen Änderung des Nernst-Faktors an. Nicht ideales Verhalten der Steilheit und des Nullpunktes werden nicht erfasst. Bei unkritischeren Anwendungen spielt das keine große Rolle. Ist jedoch bei Messungen mit stark voneinander abweichenden Temperaturen höchste Genauigkeit gefordert, muss die Messkette für jede Messtemperatur mit Puffern gleicher Temperatur kalibriert werden.

Die Temperaturabhängigkeit der Wasserstoffionenaktivität der Probe ist in der Regel nie bekannt und kann daher nicht kompensiert werden. So ergeben sich oft große Differenzen zwischen betrieblicher pH-Messung bei erhöhter Temperatur und der Messung der Probe im Labor bei Raumtemperatur. Für eine exakte Kontrolle muss die Messung im Labor somit bei derselben Temperatur erfolgen, wie sie im Betrieb vorliegt. Je größer der Unterschied in der Temperatur zwischen Kalibrierung und Messung ist, umso größer können die Messabweichungen werden. Möglich sind Abweichungen von 0,05 - 0,25 pH je nach Unterschied zwischen Kalibriertemperatur und Messtemperatur [6].

# Säure- und Alkalifehler

Selbst Messketten, welche sich über einen weiten pH-Bereich ideal d.h. linear verhalten, können im stark sauren (< pH 2) oder basischen Bereich (> pH 12) Abweichungen zeigen [5]. Beispielhaft ist dies in der Abbildung 5 gezeigt.

Effekt dieser Abweichungen ist, dass im Sauren zu hohe und im Alkalischen zu niedrige pH-Werte angezeigt werden. Im ersten Fall wird vom Säurefehler, im zweiten Fall vom Alkalifehler gesprochen.

Der Säurefehler ist in der Regel niedriger als der Alkalifehler. Eine Ursache des Säurefehlers ist der Einbau von Säuremolekülen in die Quellschicht bzw. die Änderung der Wasseraktivität, was eine Verringerung der  $H^+$ -Ionen Aktivität bewirkt [5]. Er wird in der Praxis nur unter besonders extremen Bedingungen beobachtet. Des Weiteren entwässern hochkonzentrierte Säuren durch osmotischen Druck die Quellschicht und konzentrieren die Hydroxylgruppen auf. Beides führt zu scheinbar höheren pH-Werten [7].

Eine deutlich größere Relevanz für die Sicherheit der Messung hat der Alkalifehler. Er tritt dann auf, wenn die Messlösung Alkali-Ionen (z.B. Lithium oder Natrium) enthält und einen pH-Wert von über 12 hat. Unter diesen Bedingungen kommt es zum Austausch von Alkali-Ionen in der Quellschicht des Membranglases und in der Messlösung. Diese Querempfindlichkeit wird auch als Natriumfehler bezeichnet, da zur Einstellung von hohen pH-Werten sehr oft Natronlauge Verwendung findet [4]. Bildlich gesprochen werden die Alkali-Ionen zusätzlich zu den  $H^+$ -Ionen erfasst, wodurch ein niedrigerer pH-Wert vorgetäuscht wird. In Abhängigkeit von der Art des pH-Membranglases, dem pH-Wert der Messlösung, der Temperatur und der Alkali-Ionenkonzentration kann der Alkalifehler bis zu einer pH-Einheit betragen [5].

Bei modernen pH-Gläsern ist der Alkalifehler gering. Als praktisches Beispiel werden hierzu die Ergebnisse der Messung von pH-Elektroden mit unterschiedlichem pH-Membranglas gegenübergestellt.

	pH-Wert ohne Natrium-Ionen	pH-Wert mit Natrium-Ionen	Alkalifehler
Elektrode 1	13,72	13,15	0,57
Elektrode 2	13,77	13,45	0,32
Elektrode 3	13,98	13,63	0,35
Elektrode 4	13,78	13,21	0,57
Elektrode 5	13,80	13,25	0,55

Tabelle 4: Messungen mit unterschiedlichen Membrangläsern in einer Lösung mit pH-Wert 14 ohne und mit Zugabe von Natrium-Ionen.

Die Messungen erfolgten jeweils in Lösungen gleichen pH-Wertes. Einmal mit Natrium-Ionen und einmal ohne. Die Konzentration an Natrium-Ionen betrug 1 mol/l. Um die größtmögliche Sicherheit zu erhalten, ist bei diesem hohen pH-Wert und hoher Konzentration an Natrium-Ionen auf ein pH-Glas zu achten, welches einen möglichst geringen Alkalifehler aufweist.

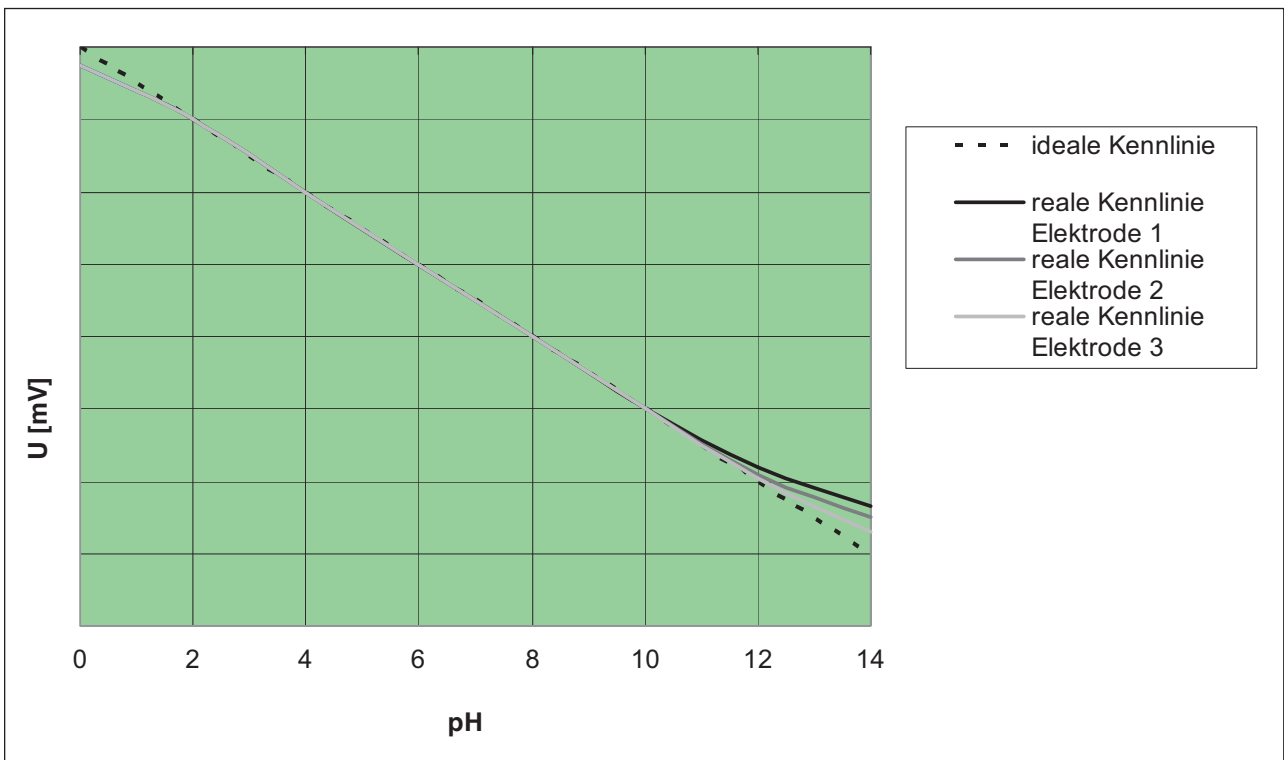


Abbildung 5: Beispielhafter mV-Verlauf unterschiedlicher Elektroden für unterschiedliche pH-Werte.



# Auswahl der geeigneten pH-Elektrode

So vielfältig wie die Anwendungen, bei denen der pH-Wert gemessen wird, ist auch die Zahl der Elektrodentypen. Diese unterscheiden sich unter anderem in der Art und Form des Membranglases, dem Referenzsystem, dem Material und der Länge des Schaftes sowie dem Anschluss zum Messgerät. Besondere Beachtung bei der Auswahl sollte dem Diaphragma zukommen, da es die Verbindung zwischen Messlösung und Bezugselektrode herstellt. Um eine geeignete Elektrode zu finden, müssen einige Informationen vorhanden sein. Es empfiehlt sich, eine Checkliste für die Elektrodenauswahl abzuarbeiten:

## Welcher Art ist die Probe und wie sind die Messbedingungen?

- Bei welcher Temperatur wird gemessen und kalibriert?  
Wie ist der pH-Einsatzbereich?  
Diese Informationen sind wichtig bei der Auswahl des Elektrolyten (z.B. flüssig oder gel) und des Bezugssystems sowie des Membranglastypes.
- Welche Leitfähigkeit der Messlösung liegt vor? Wie hoch ist der Wasseranteil? Sind noch Feststoffe bzw. ungelöste Bestandteile in der Messlösung?  
Bei Proben mit z. B. niedriger Leitfähigkeit oder einem Anteil an Feststoffen sorgt eine Elektrode mit Flüssigelektrolyt und Platin- oder Schliffdiaphragma für einen stabilen Elektrolytaustritt und damit für sichere Messungen.
- Wie ist die Konsistenz der Messlösung?  
Dies gibt einen ersten Anhaltspunkt, ob beispielsweise eine Einstichmessung oder eine Messung in Lösung erfolgen sollte.
- Sind Sulfid, Bromid, Iodid oder andere Elektrodengifte in der Messlösung vorhanden?

Durch die Wahl des Referenzsystems und des Diaphragmas kann man Reaktionen in der Elektrode umgehen.

- Wird in aggressiven Verbindungen (z. B. HF oder heiße Natronlauge) gemessen?  
Diese Angabe hilft bei der Auswahl des Schaftmaterials und des Membranglases.

## Welche konstruktiven Anforderungen werden an die Elektrode gestellt?

- Welche Einbaulänge und welcher Durchmesser werden benötigt?  
Diese Information wird benötigt, wenn z. B. in speziellen Gefäßen gemessen wird.
- Wie ist die benötigte Genauigkeit der Elektrode?  
Welche Robustheit ist gewünscht?  
Diese Angabe ist wichtig, um zu entscheiden, ob z. B. eine Gelelektrode mit Kunststoffschaft oder eine Flüssigelektrolytelektrode mit Glasschaft einsetzbar sind.
- Soll ein Temperatursensor in der Elektrode integriert sein oder nicht? Welche Anschlüsse hat das Messgerät für die Elektrode?  
Dies ist wichtig, um den passenden Anschluss der Elektrode an das Messgerät zu ermöglichen.
- Ist der Einsatzbereich die pH-Messung im Labor oder im Prozess?  
Wenn die Elektrode im Prozess eingesetzt wird, ist weiterhin wichtig, welcher Druck bei der Messung anliegt und wie die Elektrode eingebaut wird. Beim Einsatz im Prozess verfügen die Elektroden über ein Pg 13,5-Einbaugewinde, um mittels einer Armatur fest am Messplatz eingebaut zu werden. Werden unter solchen Bedingungen Flüssigelektrolytelektroden verwendet, ist auch eine Druckbeaufschlagung der Elektrolytbevorratung vorzusehen.

In der Abbildung 6 werden beispielhaft einige handelsübliche Elektroden mit ihren Haupteinsatzbereichen dargestellt.

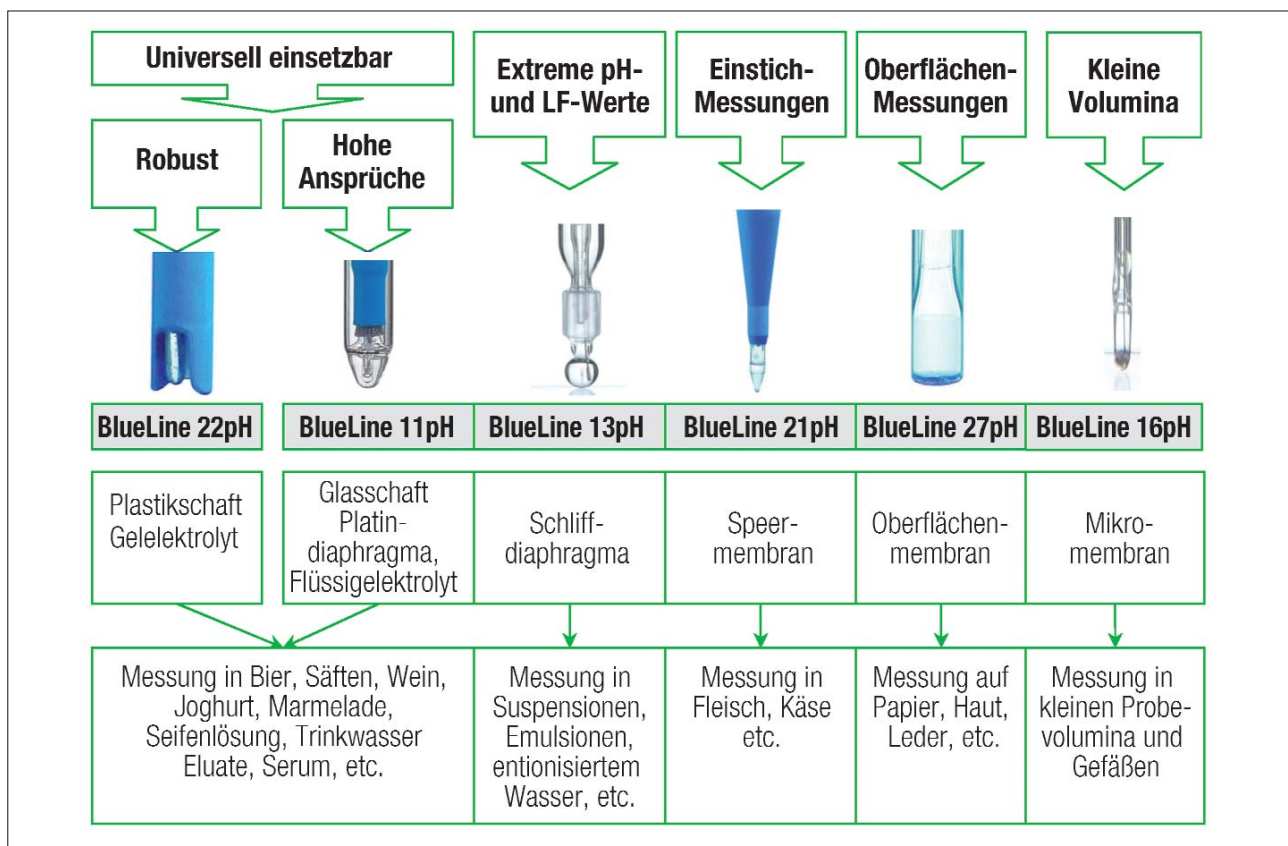


Abbildung 6: Auswahl verschiedener Elektroden und ihre Einsatzbereiche.

# Wartung und Pflege der pH-Elektrode

Nur pfleglich behandelte und aufbewahrte Elektroden liefern bei der Messung verlässliche Ergebnisse. Des Weiteren wird durch eine regelmäßige Wartung und Pflege die Lebensdauer erhöht.

## 1. Aufbewahrung

Eine Elektrode sollte niemals trocken, sondern immer in Wässerungslösung gelagert werden. Das Wässerungskäppchen sollte je nach Art der Elektrode mit folgenden Lösungen gefüllt sein:

### • Einstabmessketten und Referenzelektroden:

Im Falle von Flüssigelektrolytelektroden sollte auch die in der Bezugs elektrode verwendete Elektrolytlösung für die Wässerung eingesetzt werden. Bei Gelelektroden ist 3 mol/l KCl Lösung zu benutzen.

### • Glaselektroden:

Im Falle von reinen Messelektroden, d.h. ohne Bezugs elektrode, kann das Wässerungskäppchen mit entionisiertem Wasser gefüllt werden. Bei Einstabmessketten und Referenzelektroden führt dies zu einer Verkürzung der Lebensdauer. Sollte die Elektrode irrtümlich trocken gelagert worden sein, muss sie vor der ersten Benutzung mindestens 24 Stunden in den oben genannten Lösungen gewässert werden. Vor der Messung ist durch eine Kalibrierung die Funktionsfähigkeit zu prüfen.

## 2. Reinigung

Schmutzanhaftungen aller Art auf der Membranoberfläche oder auf dem Diaphragma können zu einer Verkürzung der Lebenszeit der Elektrode und zu unsicheren Messungen führen. Auch sind Partikel oder Schmutz innerhalb der Elektrode schnellstmöglich zu entfernen. Die Reinigung der Elektrode sollte vorzugsweise chemisch und nicht mechanisch erfolgen. Die chemische Reinigung führt oftmals zu einer kompletten Zerstörung der Elektrode. Im Falle von Schmutzanhaftungen außerhalb der Elektrode und am Diaphragma können folgende Reinigungsmaßnahmen durchgeführt werden:

### • Anorganische Anhaftungen:

Behandeln der Elektrode mit 0,1 mol/l HCl oder 0,1 mol/l NaOH für einige Minuten. Werden die Anhaftungen dadurch nicht gelöst, sollte eine vorsichtige Erwärmung der Lösung bis auf 50 °C erfolgen, bevor eine Erhöhung der Säure- oder Laugenkonzentration erfolgt.

### • Organische Anhaftungen:

Spülen Sie die Elektrode mit entsprechenden organischen Lösungsmitteln ab (z.B. Ethanol oder Aceton). Die Membran kann auch mit einem angefeuchteten, fusselreifen, weichen Tuch vorsichtig und kurz abgerieben werden. Die Widerstandsfähigkeit des Kunststoffschafes der Elektrode gegenüber organischen Lösungsmitteln sollte bei dieser Behandlung mit in Betracht gezogen werden.

### • Proteine:

Einstellen der Elektrode in Pepsin / HCl Lösung für maximal eine Stunde.

### • Sulfide am Keramikdiaphragma:

Lagern der Elektrode in Thioharnstoff/HCl Lösung (7,5% in HCl 0,1 mol/l) bis die Verfärbung am Diaphragma verschwunden ist. Nach der Reinigung ist die Elektrode mit entionisiertem Wasser abzuspülen und für mindestens eine Stunde in Elektrolytlösung zu stellen. Außerdem ist vor der Messwertaufnahme die Elektrode erneut zu kalibrieren.

### Reinigung der Referenzelektroden:

### • Schmutz / Partikel innerhalb der Referenzelektrode:

Entfernen des Elektrolyten und Auffüllen der Bezugs elektrode mit neuem Elektrolyt. Sollte sich nach dieser Behandlung noch Schmutz im Innenraum befinden, ist das Verfahren nochmals anzuwenden. Es kann auch etwas erwärmter Elektrolyt (ca. 45 °C) verwendet werden. Eine chemische Innenreinigung ist nicht anzuraten, da dabei das Referenzsystem irreversibel beschädigt werden kann.

### • KCl Kristalle im Innenraum:

Durch Erwärmen der Elektrode im Wasserbad auf ca. 45 °C können die Kristalle aufgelöst werden. Danach ist der komplette Elektrolyt gegen einen neuen auszutauschen.

## 3. Allgemeine Behandlungsempfehlungen

Die Lebenszeit einer Elektrode kann durch folgende Punkte verlängert werden:

- Nach der Messung sollte die Elektrode sofort mit entionisiertem / destilliertem Wasser abgespült und aufbewahrt werden.
- Überprüfen Sie die Elektrode regelmäßig auf Schmutzanhaftungen an der Membranoberfläche, am Diaphragma und im Innenraum. Im Falle von Schmutzanhaftungen sollten die oben genannten Reinigungen durchgeführt werden.
- Messungen in aggressiven und / oder heißen Medien führen zu einer Verkürzung der Lebenszeit. Gerade in diesem Fall ist auf eine sorgfältige Reinigung nach der Messung zu achten.
- Bei der Verwendung von Elektroden mit Flüssigelektrolyt ist bei der Messung / Kalibrierung unbedingt das Nachfüllloch zu öffnen, um durch den Elektrolytausfluss eine Rückdiffusion der Probe zu vermeiden. Während der Aufbewahrung zwischen den Messungen ist das Nachfüllloch zu schließen.
- Ausschließlich Einzel-Glaselektroden sind in destilliertem / entionisiertem Wasser aufzubewahren. Die Verwendung von entionisiertem Wasser als Aufbewahrungslösung bei Referenzelektroden oder Einstabmessketten verkürzt deren Lebenszeit.
- Niemals die Elektroden trocken aufbewahren, als Rührer einsetzen oder mechanisch reinigen.

**30989 Gehrden / Hannover**  
Elbingeröder Straße 1  
Telefon 05108 / 91 67-0

**22143 Hamburg**  
Neuer Höltigbaum 30  
Telefon 040 / 65 90 95-0

**04416 Markkleeberg**  
Hauptstraße 130  
Telefon 034299 / 7 56 91

#### VERTRIEBSBÜROS

**Berlin**  
Telefon 03322 / 20 24 69

**Braunschweig**  
Telefon 05308 / 69 38 64

**Essen**  
Telefon 0201 / 1 05 46 34

**Frankfurt**  
Telefon 0160 / 90 89 82 56

**Göttingen**  
Telefon 0551 / 6 94 02-16

**Heidelberg**  
Telefon 0151 / 18 00 02 90

**Kiel**  
Telefon 040 / 65 90 95 40

**Magdeburg**  
Telefon 039292 / 6 56 51

**Münster**  
Telefon 0421 / 17 59 93 24

**Nürnberg**  
Telefon 089 / 6 92 57 18

**Osnabrück**  
Telefon 0421 / 17 59 93 21

**Rostock**  
Telefon 038455 / 2 23 29

**Ruhrgebiet**  
Telefon 01520 / 1 66 98 00

**Ulm**  
Telefon 089 / 6 92 57 18

**Schubert & Weiss OMNILAB**  
**81547 München**  
Fromundstraße 34  
Telefon 089 / 6 92 57 18

**OMNILAB baltic**  
**1002, Riga / Lettland**  
Maza Nometnu iela 45A  
Telefon +371 67 67 05 10

**OMNILAB Laboratuvar**  
**Malzemeleri San. ve Tic. Ltd. Sti.**  
**35170 Mersinli / Izmir / Türkei**  
1201 / 1 Sk. No:2 Su Plaza  
K:5 / 502  
Telefon +90 232 4 69 42 44

## Literatur

- [1] Falbe, J.; Regitz, M. (Hrsg.): Römpp Chemie Lexikon, 9. Auflage, Thieme (1990).
- [2] Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.): DIN 19266: pH-Messung - Referenz-Pufferlösungen zur Kalibrierung von pH-Messeinrichtungen, Beuth Verlag (2000).
- [3] Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.): DIN 19268: pH-Messung - pH-Messung von wässrigen Lösungen mit pH-Messketten mit pH-Glaselektroden und Abschätzung der Messunsicherheit, Beuth Verlag (2007).
- [4] Galster, H.: pH-Messung, VCH Verlagsgesellschaft mbH (1990).
- [5] Schott Geräte GmbH (Hrsg.): Wissenswertes über die pH-Messung, Hofheim a. Ts. (1989).
- [6] Tauber, G.: Industrielle pH-Messung – Beiträge der Temperatur zur Messunsicherheit, tm - Technisches Messen, Vol. 77:3, Oldenbourg Verlag (2010).
- [7] WTW GmbH (Hrsg.): pH-Fibel, Weilheim (2000).

Ausführliche und weiterführende Informationen rund um das Thema pH-Messung und Elektroden finden Sie im Internet unter [www.omnilab.de](http://www.omnilab.de) oder [www.si-analytics.com](http://www.si-analytics.com). Gerne stehen wir oder SI Analytics Ihnen auch persönlich für eine Beratung zur Verfügung.



Robert-Hooke-Straße 8 · 28359 Bremen · Telefon 0421 / 1 75 99-0

[www.omnilab.de](http://www.omnilab.de) · [info@omnilab.de](mailto:info@omnilab.de)

**Flexibel. Verlässlich. Persönlich.**