



## pH-Wert

### sauer, basisch oder neutral?

Der pH-Wert (von p – *Potential* und H – *Hydrogen*, Wasserstoff) ist ein Maß für die Wasserstoffionen-Aktivität ( $H^+$ ) wässriger Lösungen. Das klingt zunächst kompliziert. Mit den beiden Beispielen Säure und Base wird es einfacher zu verstehen:

- Kommt eine Säure ins Wasser, dann kann diese  $H^+$ -Ionen an das Wasser abgeben. Der pH-Wert sinkt.
- Gibt man umgekehrt eine Base (auch Lauge genannt) ins Wasser, dann gibt diese  $OH^-$ -Ionen ab. Diese Hydroxidionen binden wiederum  $H^+$ -Ionen aus dem Wasser. Der pH-Wert steigt.

Je saurer also eine Lösung, desto niedriger der pH-Wert; je basischer, desto höher der pH-Wert. Wie sich die meisten an den Chemie-Unterricht erinnern, liegt der pH-Wert zwischen 0 und 14 (ohne Einheit). Reines Wasser ist pH-neutral mit einem pH-Wert von 7. Doch warum bedeutet pH-neutral nicht einen pH-Wert von 0? Das liegt daran, dass sich reines Wasser teilweise von selbst zersetzt (*Autoprotolyse*): in  $H_3O^+$  und  $OH^-$ . Diese Autoprotolyse »hebt« reines Wasser auf den pH-Wert 7.

Die folgende Abbildung zeigt die bekannte pH-Wert-Skala. Es wurden die für Universalindikatorstreifen typischen Farben verwendet.

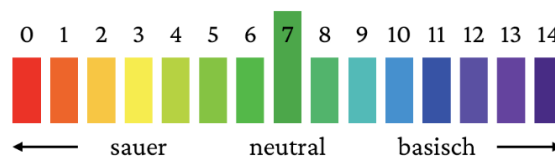


Abbildung 1 – pH-Wert-Skala.

Indikatorstreifen eignen sich gut für einfache pH-Wert-Schätzungen. In Kombination mit fotometrischen Sensoren (z. B. Bromthymolblau + spektrale Farbsensoren) ergeben sich damit auch interessante zukünftige Anwendungsgebiete der Wasseranalytik. Zur elektronischen Messung hat sich bisher jedoch die *Potentiometrie* etabliert. Das sind die bekannten pH-Elektroden bzw. -Sonden mit Glasmembran. Die pH-Sonde wird dabei in die zu messende Flüssigkeit eingetaucht. Die  $H^+$ -Ionen tendieren dazu, sich an die Silikatgruppen der Glaselektrode anzuheften. Über eine zweite (in der Sonde integrierte) Referenzelektrode entsteht eine elektrische Spannung, welche messbar ist.

Aus der gemessenen Spannung lässt sich der pH-Wert über folgenden Zusammenhang berechnen:

$$pH = pH_{\text{ref}} - \frac{U \cdot n \cdot F}{c \cdot R} / (T + 273,15 \text{ K})$$

mit  $U$  der gemessenen Spannung in V,  $T$  der Temperatur in °C und einigen Konstanten<sup>1</sup>.

Die Messung einer Spannung per Elektronik gestaltet sich in der Regel einfach. Vorsicht ist jedoch geboten: der Innenwiderstand von pH-Sonden ist extrem hochohmig; man kann von typischen Werten zwischen 10 MΩ ... 1 GΩ ausgehen! Das stellt besondere Anforderungen an die Messelektronik, siehe nächstes Bild.

<sup>1</sup>  $pH_{\text{ref}} = 7$  (pH-neutral),  $n = 1$  (Valenz),  $F = 9.648533 \cdot 10^4$  C/mol (Faradaykonstante),  $c = 2303$  mV(empirisch) und  $R = 8.314462$  C/(K · mol) (universelle Gaskonstante).



- Sind die beiden Anschlüsse der Sonde auf der Messelektronik nicht perfekt isoliert, dann wird eine zu geringe Spannung und somit ein pH-Wert gemessen, der zu sehr in Richtung 7 zeigt. Das kann durch parasitäre Widerstände ( $R_p$ ) auf der Leiterplatte entstehen. Insbesondere Flussmittelreste in Kombination mit erhöhter Luftfeuchtigkeit können zu unbrauchbaren Messsystemen führen. Ein parasitärer Widerstand von ca. 1 G $\Omega$  ruft je nach pH-Sonde bereits einen Messfehler von bis zu 50 % hervor. Als Abhilfe müssen sämtliche Layout-Tricks angewendet werden. Eine zusätzliche Beschichtung der Leiterplatte kann hilfreich sein.
- Fließt in die Messelektronik auch nur ein geringer parasitärer Strom ( $I_p$ ), so entsteht dadurch ein Spannungsabfall in der pH-Sonde. 100 pA (Pico) reichen aus, um einen Messfehler von bis zu 100 mV zu generieren. Hier sind die verwendeten Bauteile mit Bedacht zu wählen, vor allem bei höheren Umgebungstemperaturen.
- Aus besagten Gründen kann die Spannung einer pH-Sonde nicht mit einem gewöhnlichen Multimeter gemessen werden. Hier wird in der Entwicklung die Verwendung eines Elektrometers empfohlen.

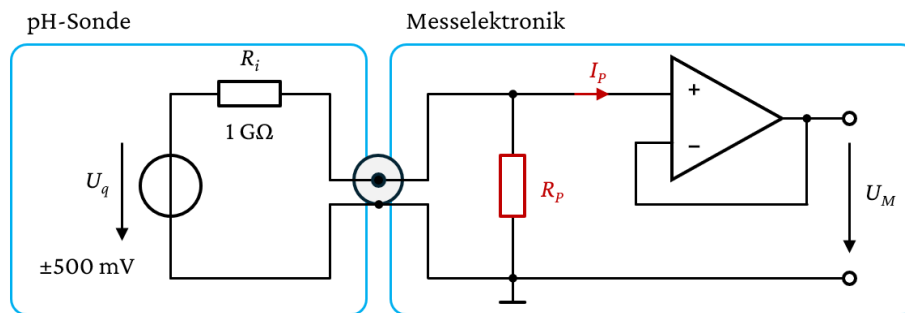


Abbildung 2 - pH-Messelektronik und mögliche Fehlerquellen.

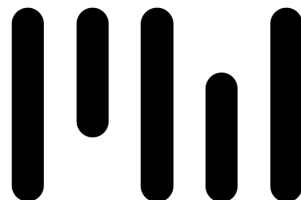
Wir als MW technologies kennen eine Unmenge dieser Gase und Umweltgrößen und unterstützen Firmen wie auch Private mit unserer Expertise in den Umweltmessgrößen und natürlich mit Messsystemen, die diese Umweltgrößen messen können.

Unsere Produkte sind im Bereich Heizung/Lüftung/Klima, im Gewerbe und auch anderen Branchen angesiedelt.

Gerne bieten wir unsere Technologie auch weiteren Firmen an, die selbst in ihren Produkten Messsysteme verbauen, um effizienter im Betrieb oder dadurch umweltfreundlicher zu werden.

Michael Weilguni

Co-Founder/CTO



**sensors. simplified.**