

## Zusammenfassung

Im folgenden Versuch soll zuerst mit einem elektrischen pH-Meter der pH-Wert zweier Lösungen bestimmt werden. Im Anschluss wird aus verschiedenen Indikatorlösungen ein Universalindikator hergestellt und der pH-Wert der beiden Lösungen verifiziert.



Abbildung 1: Die Farbskala des erstellten Indikators

## 1 Chemische Grundlagen

Der  $pH$ -Wert einer wässrigen Lösung ist definiert als der negative dekadische Logarithmus der Oxoniumionenkonzentration, also

$$pH := -\lg c_{H_3O^+} \quad (1)$$

Mit dem Ionenprodukt des Wassers  $c_{H_3O^+} \cdot c_{OH^-} = K_w$  (bei  $25^\circ C$ ) folgt nach Logarithmieren der bekannte Zusammenhang mit dem zum  $pH$ -Wert analog definierten  $pOH$ -Wert

$$pH + pOH = pK_w = 14 \quad (2)$$

Die Messung des  $pH$ -Wertes kann auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen:

Für präzise Messungen finden heute die sog. Einstabmessketten oder Glaselektroden Verwendung (siehe Abb. 2). Diese beruhen auf der Fähigkeit der verwendeten quellfähigen Glasmembran Potentialsprünge an den Phasengrenzen in Abhängigkeit vom herrschenden  $pH$ -Wert zu induzieren. Da im Inneren dank Pufferlösung ein konstanter  $pH$ -Wert vorliegt, hängt die an den Ableitelektroden gemessene Spannung (nach Kalibrierung) nur noch vom  $pH$ -Wert des Analyten ab.

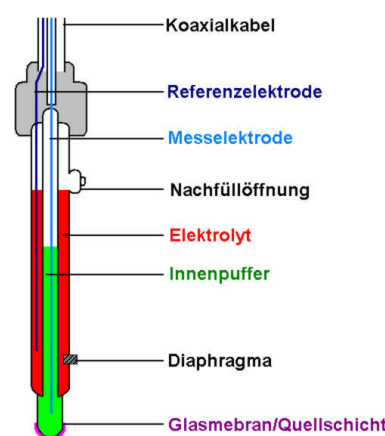


Abbildung 2: Glaselektrode

Eine andere, weitaus ungenauere aber technisch einfachere Methode der  $pH$ -Wert-Bestimmung besteht in der Ausnutzung farblicher Unterschiede schwacher Säuren und deren korrespondierenden schwachen Basen. Allgemein gilt für schwache Säuren



Nach der HENDERSON-HASSELBALCH-Gleichung gilt

$$pH = pK_s + \lg \frac{c(In^-)}{c(InH)} \quad (4)$$

Besitzen  $In^-$  und  $InH$  unterschiedliche Farben, so schlägt der Indikator im Pufferbereich bei  $c(In^-) = c(InH)$  und folglich  $pH = pK_s$  um. Da das menschliche Auge erst bei zehnfachem Überschuss eines der beiden Stoffe einen Farbumschlag wahrnimmt, wird der Umschlagsbereich i.d.R. mit  $pH = pK_s \pm 1$  angegeben. Durch die geschickte Kombination mehrerer Indikatoren kann ein Universalindikator erzeugt werden, welcher fast auf dem gesamten  $pH$ -Spektrum brauchbare Ergebnisse liefert.

## 2 Versuch

### 2.1 Versuchsaufbau

Alle Versuche konnten ohne komplizierten Versuchsaufbau in Reagenzgläsern durchgeführt werden.

## 2.2 Versuchsdurchführung

Im ersten Schritt wurde das *pH*-Meter mit demin. Wasser gespült und einige Minuten in die beiden Probelösungen gehalten. Der ermittelte *pH*-Wert wurde notiert. Im zweiten Schritt wurden verschiedene Indikatorlösungen zu einem Universalindikator gemischt. Dabei wurde auf eine möglichst gleichmäßige Verteilung und Korrespondenz der verschiedenen Umschlagsbereiche geachtet. Im Anschluss wurden jeweils 2 cm hoch Pufferlösungen mit *pH*-Werten von *pH* 2 bis *pH* 12 in Reagenzgläser gegeben und mit jeweils 4 Tropfen des Indikator-Gemisches versetzt. Die resultierenden Farbtöne sind Abb. 1 zu entnehmen (Foto). Schließlich werden auch die beiden Proben mit dem Indikator behandelt und durch visuellen Vergleich der Farbtöne der *pH*-Wert bestimmt.

## 3 Auswertung

### 3.1 Daten

Mit der Glaselektrode wurden folgende Werte gemessen:

Probe	pH-Wert (Messung)	pH-Wert (Soll)	relativer Fehler $\delta$
Probe 6	8,01	7,5	6,8%
Probe 8	7,94	7,7	3,1%

Die Farbtöne der beiden Probelösungen waren kaum zu unterscheiden, was eine Einordnung in richtiger Reihenfolge praktisch unmöglich macht. Allerdings ließen sich beide Lösungen anhand ihres *gelblichen* Farbtones mit leichtem *Grünstich* zwischen *pH* 7 und *pH* 8 verorten. Dies entspricht in etwa der Messung mit dem *pH*-Meter.

Der Universalindikator wurde aus folgenden elementaren Indikatoren hergestellt:

Indikator	Menge (Tropfen)
Titangelb	5
Alizaringelb GG	5
Thymolphthalein	40
Neutralrot	5
Bromthymolblau	10
Methylorange	10
Bromphenolblau	10
Thymolblau	15

*Hinweis zum Farbton bei pH 3:* Die mit *pH* 3 bezeichnete Pufferlösung war anscheinend verunreinigt und wohl mehr im alkalischen als im sauren Bereich anzusiedeln. Dies ist der Grund für den scheinbaren Bruch im Farbspektrum des Universalindikators.

### 3.2 Fehlerdiskussion

Folgende Effekte können das Ergebnis verfälscht haben:

- Die elektrischen *pH*-Meter wurden weder kalibriert noch wurde die Glaselektrode in einer Pufferlösung aufbewahrt. Daher können die Messwerte dieser Geräte a priori als nicht besonders genau angesehen werden.
- Bei der Erstellung der Referenzproben des Universalindikators kann bei unterschiedlichen Füllständen auf Grund von Konzentrationsunterschieden eine Verzerrung der Farbskala auftreten (Aufhellen bzw. Abdunkeln).
- Falsche Konzentrationsverhältnisse der Indikatoren können zu verwaschenen Farbübergängen führen (in unserem Fall waren z.B. die *pH*-Werte 5 und 6 nur schwer zu unterscheiden.)
- Verunreinigte Geräte und speziell verunreinigte Lösungen (i.e. Pufferlösungen) können zu signifikanten Fehlern führen (wie der erwähnte Farbsprung bei *ph* 3).
- Der *pH*-Wert ist temperaturabhängig. Erwärmen der Lösung (z.B. durch intensives Rühren) führt zu einer erhöhten Dissoziation von Säuren (Gleichgewichtsverschiebung) und daher zu niedrigeren *pH*-Werten.