

Versuch zum Verständnis des pH-Wertes

In einem Becherglas sind 10 ml Salzsäure mit der Konzentration 1 mol/l vorgelegt. Der pH-Wert wird gemessen.

Es wird soviel Wasser hinzu gegeben, bis der pH-Wert um eine Einheit steigt (z. B. von 0 auf 1). Dies wird nochmals wiederholt, bis der pH-Wert um eine weitere Einheit gestiegen ist.

Hintergrund:

Auf die Frage, mit wie viel Wasser man verdünnen muss, um den pH-Wert um eine Einheit zu erhöhen, wird von Schülerseite oft geantwortet: Die gleiche Menge Wasser noch einmal dazu geben, bei 10 ml Säure nochmals 10 ml Wasser. Der pH-Wert ist eine logarithmische Größe, die von vielen Schülern kognitiv nicht verstanden wird. Die Intention dieses Versuchs ist es, dem entgegenzuwirken.

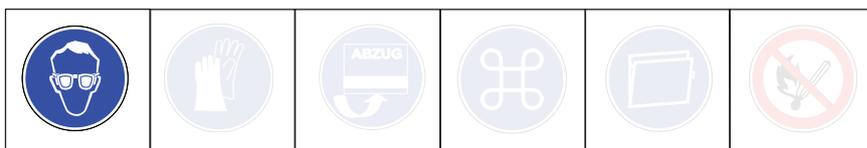
Um dieses Ziel zu erreichen, wird durch eine Formel in CASSY-Lab 2 auf die Oxoniumionenkonzentration umgerechnet.

Gefahren



Signalwort: Achtung

Salzsäure kann gegenüber Metallen korrosiv sein.



Schutzbrille tragen.

Chemikalien

Salzsäure, 1 molar H₂SO₄ 
 Puffer pH7 und pH 2
 Dest. Wasser

Materialien

Computer mit CASSY Lab 2
 CASSY-Interface mit USB-Kabel
 pH-Adapter S, 524 0672, mit pH-Elektrode (BNC-Stecker)
 Becherglas, 10 ml, 2 Stück, für die Kalibrierlösung
 Becherglas, 100 ml, hohe Form
 Becherglas, 1000 ml hohe oder niedrige Form
 Vollpipette, 10 ml, Pipettierhilfe
 Messzylinder, 100 ml

Versuch zum Verständnis des pH-Wertes

Einstellungen CASSY Lab 2

pH	Bereich:	0-14
Rechner/Formel	Neu	$c(\text{H}_3\text{O}^+) c = 10^{-\text{pH}}$
Messbedingungen	Aufnahme:	manuell
Kurve	Stil:	Werte, Balken

Vorbereitung der Messung

Messgeräte anschließen:

1. pH-Elektrode an pH-Adapter S anschließen, diesen auf den Wandler aufstecken. Wandler über USB mit dem Computer verbinden.
2. CASSY-Lab 2 aufrufen und den pH-Kanal aktivieren. Einstellungen übernehmen (zur Verwendung von Formeln siehe Lit. 2).

Für genaue Messungen muss vor einer neuen Messung eine Kalibrierung der pH-Elektrode erfolgen:

1. In Einstellungen pH **Korrigieren** wählen.
2. pH-Elektrode mit destilliertem Wasser abspülen, in die Pufferlösung pH 7,00 eintauchen und kurz bewegen.
3. Als ersten Sollwert 7,00 eintragen und nach Erreichen eines stabilen Messwertes die Schaltfläche **Offset korrigieren** betätigen.
4. pH-Elektrode mit destilliertem Wasser abspülen, in die Pufferlösung pH 2,00 eintauchen und kurz bewegen.
5. Als zweiten Sollwert 2,00 eintragen und nach Erreichen eines stabilen Messwertes die Schaltfläche **Faktor korrigieren** betätigen.

Versuchsdurchführung (nach Lit. 1)

1. Im Becherglas, 100 ml, werden mit der Vollpipette 10 ml 1 molare Salzsäure gegeben.
2. Eine pH-Messung wird manuell mit F9 aufgenommen.
3. Es wird soviel dest. Wasser dazu gegeben, wie von Schüler vorgeschlagen war, um den pH-Wert um eine Einheit zu erhöhen.
4. Jetzt wird soviel Wasser dazu gegeben, bis der pH-Wert sich vom Ausgangswert um eine Einheit erhöht hat.
5. Jetzt wird die Menge (100 ml) verdünnte Salzsäure in ein 1000 ml Becherglas umgefüllt und genauso verfahren, wie vorher.

Beobachtung

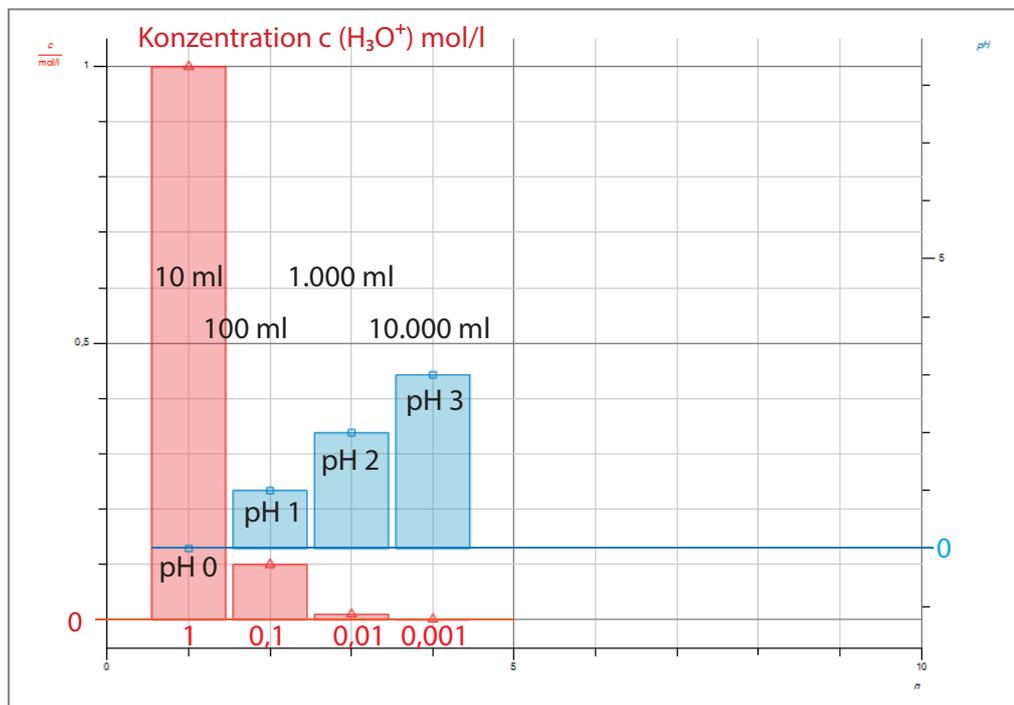
Um den pH-Wert um eine Einheit zu erhöhen, muss mit dem Faktor 10 verdünnt werden. Im ersten Verdünnungsschritt müssen 90 ml dazugegeben werden, im zweiten Verdünnungsschritt 990 ml.

Die Kontrolle erfolgt über die Skalierung des Becherglases. Alternativ kann man mit dem Messzylinder die Mengen dazu geben, um nicht auf die ungenaue Skala des Becherglases angewiesen zu sein.

Schaut man auf die Oxoniumionenkonzentration, die über die Formel berechnet wurden, sieht man den Zehnerschritt.

Versuch zum Verständnis des pH-Wertes

Diagramm



Erklärung

Der pH-Wert ist negativ dekadischer Logarithmus der Oxoniumionenkonzentration definiert:

$$\text{pH} = -\log c(\text{H}_3\text{O}^+)$$

Ein Sprung der Konzentration um den Faktor 10 bewirkt auf der logarithmischen Skala nur eine Änderung um eine Einheit.

Es ist sehr leicht zu verstehen, warum eine logarithmische Darstellung sinnvoll ist:

Beim pH-Wert 7 liegt eine Oxoniumionen - Konzentration von nur 0,0000001 vor, im oben dargestellten Diagramm lässt sich schon eine Konzentration von 0,001 nicht mehr grafisch darstellen, wie sollte man dann 10^{-7} auftragen.

Um den Versuch gedanklich fortzusetzen, soll von pH 2 auf pH 3 verdünnt werden. 10.000 ml sind noch kein Problem, ein 10 l Eimer tut gute Dienste. Um auf pH 4 zu verdünnen, ist man schon auf eine kleine Mörtelwanne mit 100 l angewiesen. Ein Müllcontainer auf Rollen mit etwa 1 Kubikmeter ist nötig, um auf pH 5 zu verdünnen, bei pH 6 hätte ein würfelförmiger Behälter eine Kantenlänge von ca. 21,5 m (etwa das geschätzte Volumen alles bisher geförderten Goldes). Für den Schritt nach pH 7 müsste ein Öltanker, der sonst über die Meere schippert, statt mit Öl mit Wasser gefüllt werden, nur um 10 ml 1 molare Salzsäure auf den pH-Wert 7 zu verdünnen.

Experimentell wird es bei zunehmender Verdünnung immer schwieriger, die theoretischen Ergebnisse zu erhalten. Bei immer stärkerer Verdünnung ist es entscheidend, mit welchem Wasser man verdünnt (leicht saures dest. Wasser aus dem Ionenaustauscher oder leicht alkalisches, kalkhaltiges Wasser).

Literatur

- (1) http://www.chemieexperimente.de/exp-08_15.html
- (2) <https://www.fachreferent-chemie.de/wp-content/uploads/Formeln-in-CASSY-Lab-2.pdf>