

## Bestimmung des pH-Wertes von Gewässern

### Versuchsziele

- Wasserqualität anhand des pH-Wertes bestimmen.
- pH-Messung mit einer pH-Elektrode kennenlernen.
- Ergebnisse der pH-Messung einordnen.

### Grundlagen

Der pH-Wert des Wassers beeinflusst sowohl bei Pflanzen als auch bei Tieren den Stoffwechsel. Sinkt er unter pH 5,5 oder steigt über pH 9,0 ist normalerweise auf Dauer kein höheres Leben möglich. Organismen, die an diese oder ähnliche extremen Umweltbedingungen angepasst sind, werden als extremophile Organismen bezeichnet. Natürliche pH-extreme Gewässer sind z.B. die Huminsäure-reichen Schwarzwasserflüsse Südamerikas (pH 3,8 – 4,3) oder der salzreiche Rudolfsee in Ostafrika (pH 9,4 – 10).

In biologisch intakten stehenden Oberflächengewässern lassen sich tages- und jahreszeitliche Schwankungen des pH-Wertes feststellen, die mit biologischen Zyklen einhergehen. Mit zunehmendem Licht steigt die Kohlenstoffdioxid-Aufnahme von Algen in den Gewässern und erreicht ihren Höhepunkt am Nachmittag. Da der Kohlenstoffdioxidgehalt ( $\text{CO}_2$ ) häufig jedoch nicht den Pflanzenbedarf deckt, hat sich im Laufe der Evolution die sogenannte biogene Entkalkung entwickelt. In diesem Prozess decken die Pflanzen und Algen ihren Bedarf an  $\text{CO}_2$  auch aus dem im Wasser gelösten Hydrogencarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) und geben dabei Hydroxidionen ( $\text{HO}^-$ ) an das Wasser ab. Dadurch kann der pH-Wert im Laufe des Tages bis zu pH 9,0 ansteigen. Gegen Abend reduziert sich die Bioproduktion der Algen und damit der  $\text{CO}_2$ -Bedarf, wodurch der pH-Wert langsam absinkt bis zu einem Morgenwert von 7,0 – 7,5.

Ähnlich verhält es sich bei den jahreszeitlichen Schwankungen.



Abb. 1: Messung des pH-Wertes in einem stehenden Gewässer.

Neben Säuren und Laugen nehmen auch die im Wasser gelösten Salze eine wichtige Rolle ein. Sie können die Gewässer puffern. Dann ändert eine Zufuhr geringer Mengen an Säure oder Lauge den pH-Wert nicht.

Beim Grundwasser hängt der pH-Wert hauptsächlich vom Verhältnis des gelösten Kohlenstoffdioxids ( $\text{CO}_2$ ) zum Hydrogencarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) ab. Gut gepuffertes Grundwasser (mittlere Härte, siehe B4.1.2.4) weisen deshalb häufig Werte um den Neutralpunkt auf (pH 6,5 – 7,5). Weniger gut gepufferte, weiche,  $\text{CO}_2$ -haltige Gewässer können dagegen Werte von 5,0 – 6,0 erreichen.

Regenwasser entsteht durch Verdampfen und enthält daher nur die Ionen, die aus den Gasen der Luft ausgewaschen werden. Daher handelt es sich um ein nicht gepuffertes Gewässer. Im Durchschnitt weist es einen pH-Wert von 4,2 auf. Durch die in der Luft vorhandenen Gase wie Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ) und Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ), die mit dem Regen ausgewaschen werden können und teilweise zu Schwefel- und Salpetersäure oxidiert werden, kann der pH-Wert bis auf 3,4 sinken (saurer Regen).

Der pH-Wert von fließenden Oberflächengewässern wird wesentlich von der Zusammensetzung der eingeleiteten Abwässer bestimmt. Eine große Abweichung des pH-Wertes kann auf nicht hinreichend neutralisierte industrielle Abwässer hinweisen.

Trinkwasser muss nach der Trinkwasserverordnung einen pH-Wert von zwischen 6,5 – 9,5 aufweisen. Niedrige Werte ( $< \text{pH } 7,0$ ) können die Korrosion von Metallen fördern und sogar Beton ( $< \text{pH } 6,0$ ) angreifen und so das Leitungssystem schädigen.

Das Wasser in Badeseen sollte einen pH-Wert zwischen 7,2 und 7,6 aufweisen, keinesfalls über 8,2, da dann das Algen- und Bakterienwachstum gefördert wird und auch Krankheitserreger sich verstärkt verbreiten können.

Tab. 1: Übersicht über pH-Leitwerte unterschiedlicher Wasserproben.


	pH-Wert
gut gepufferte Grundwasser	6,5 - 7,5
weniger gut gepufferte Grundwasser	5,0 – 6,0
Regenwasser	4,2
Trinkwasser	6,5 – 8,5
Oberflächenwasser	7,0 - 7,5 (morgens) 9,0 (nachmittags)
Badewasser	7,2 - 7,6
Meereswasser	8,0 – 9,0

Meerwasser weist einen pH-Wert von 8,0 – 9,0 auf und ist damit leicht basisch. Eine zunehmende Abnahme des pH-Wertes ist allerdings weltweit zu beobachten und wird als Versauerung bezeichnet. Diese Versauerung ist ausschließlich auf die Aufnahme von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre zurückzuführen. Folgen der Versauerung betreffen zuerst Kalkskelett-bildende Lebewesen, da die Bildung dieser Schutzhüllen bzw. Skelette nachlässt. Als eines der untersten Glieder der Nahrungskette hat dies aber auch Konsequenzen für zahlreiche andere Meeresbewohner.

In diesem Versuch wird der pH-Wert von Leitungswasser, Regenwasser, stehendem Oberflächenwasser und Flusswasser bestimmt.

**Gefährdungsbeurteilung**

Pufferlösung pH 4 nicht in die Augen bringen. Sie verursacht Reizungen.

Pufferlösung pH 4,00	
 <b>Signalwort:</b> <b>Achtung</b>	<p><b>Gefahrenhinweise</b>                      H319 Verursacht schwere Augenreizung.</p> <p><b>Sicherheitshinweise</b>                      P305+P351+P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.</p>


**Geräte und Chemikalien**

- 1 \*Mobile CASSY 2.....524 005
- 1 \*pH-Elektrode.....667 4172
- 1 \*pH-Adapter S.....524 0672
- 1 Pufferlösung Satz, pH 4/7, mit KCl-Lösung.....667 425

Zusätzlich erforderlich:  
 zu untersuchende Gewässer  
 destilliertes Wasser zum Abspülen




\* Enthalten in Umwelt-Messrucksack (666 391) und Umwelt-Messkoffer 1 und 2 (666 3802 und 666 3812).

**Versuchsdurchführung**

- 1) Mobile CASSY 2 einschalten. Dafür 3 sek **OK** drücken.  
*Hinweis: Sollen die Messwerte direkt auf einen USB-Stick gespeichert werden, diesen im USB-Port des Mobile CASSY 2 einstecken. Sonst werden die Daten auf dem Mobile CASSY 2 gespeichert und können anschließend auf einen Computer übertragen werden.*
- 2) Die pH-Elektrode über den pH-Adapter S an Steckplatz A aufstecken. Der Sensor wird automatisch erkannt.
- 3) Mit den Cursor-Tasten -Menü auswählen. Aufnahme „manuell“ einstellen, wodurch Einzelmessungen möglich sind.
- 4) Für genaue Messungen muss vor einer Messung eine Kalibrierung des pH-Elektrode erfolgen:
- 5) Im <sup>pH<sub>A</sub></sup>-Menü unter Korrektur „2 Sollwerte“ auswählen.
  - a) pH-Elektrode mit destilliertem Wasser abspülen, in die Pufferlösung pH 7,00 eintauchen und kurz bewegen. Als ersten Sollwert 7,00 eintragen und nach Erreichen eines stabilen Messwertes mit **OK** bestätigen.
  - b) pH-Elektrode mit destilliertem Wasser abspülen, in die Pufferlösung pH 4,00 eintauchen und kurz bewegen. Als

zweiten Sollwert 4,00 eintragen und nach Erreichen eines stabilen Messwertes mit **OK** bestätigen.

*Hinweis: Die gespeicherte Kalibrierung kann bei gleichem CASSY, pH-Elektrode und pH-Adapter S wieder verwendet werden. Dafür müssen alle Teile markiert werden, so dass sie später am gleichen Eingang wieder verwendet werden können (nur dann passt die gespeicherte Kalibrierung).*

- 6) Mit dem Cursor-Tasten -Menü auswählen.
- 7) pH-Elektrode in die erste Probe halten und nach Erreichen eines stabilen Messwertes den Wert mit OK aufnehmen.
- 8) Mit weiteren Proben ebenso verfahren. Dabei die Reihenfolge der Proben notieren.
- 9) Am Ende der Messung Messwerte speichern. Dafür im -Menü „Messwerte speichern“ auswählen und mit **OK** bestätigen.
- 10) Mobile CASSY 2 über das -Menu ausschalten.

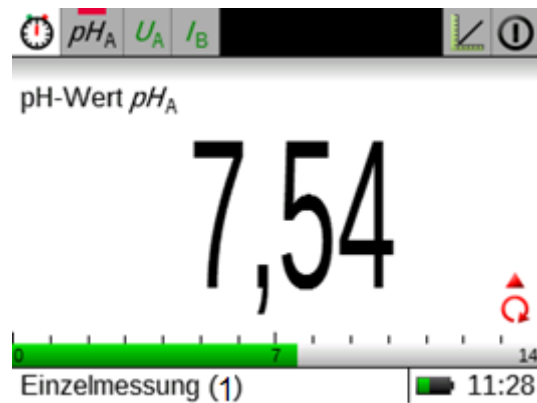


Abb. 2: Messung des pH-Wertes von Leitungswasser.

**Beobachtung**

Der pH-Wert von Leitungswasser, Regenwasser, stehendem Oberflächenwasser und Flusswasser wird bestimmt. Das Regenwasser weist den niedrigsten pH-Wert auf (siehe Tab. 2).

Das Leitungswasser liegt etwas im basischen Bereich und das Flusswasser und das stehende Oberflächenwasser liegen mit einem ähnlichen pH-Wert noch etwas weiter im Basischen.

Tab. 2: Messergebnisse der pH-Analyse.

Probe	pH-Wert
Leitungswasser	7,54
Regenwasser	5,30
Oberflächenwasser	8,17
Flusswasser	8,02

**Auswertung**

Die gemessenen Werte werden mit den Leitwerten aus Tab. 1 verglichen.

Das Leitungswasser liegt mit einem pH von 7,54 im zulässigen Bereich der Trinkwasserverordnung. Da der Wert über pH 7 liegt, ist mit wenig Korrosion der Leitungen zu rechnen.

Das Regenwasser ist mit pH 5,3 etwas basischer als der durchschnittliche Leitwert von Regenwasser. Dies kann daran liegen, dass z.B. wenig CO<sub>2</sub> in dem analysierten Regenwasser gelöst war, da es nicht frisch war.

Das stehende Oberflächenwasser besitzt einen höheren pH-Wert als das Regenwasser. Mit pH 8,17 liegt es genau zwi-

schen dem Leitwert für die morgendliche und der nachmittäglichen Messung. Dies passt sehr gut, da die Probennahme am frühen Nachmittag durchgeführt wurde.

Beim Flusswasser wurde ein pH-Wert ähnlich dem stehenden Oberflächengewässer gemessen. Der leicht basische Messwert kann auf eine leichte Belastung mit Basen hinweisen, liegt aber noch im akzeptablen Bereich. Da der pH-Wert für Flüsse sehr variieren kann, kann der erhaltene Messwert mit der Angabe der örtlichen Wassermessstation verglichen werden.

### Ergebnis

In diesem Versuch wurden Leitungswasser, Regenwasser, stehendes Oberflächenwasser und Flusswasser auf ihren pH-Wert untersucht. Bis auf das Regenwasser liegen alle erhaltenen Messergebnisse im Rahmen der erwarteten Messbereiche. Das Regenwasser liegt leicht über dem durchschnittlichen pH-Wert. Dies kann daran liegen, dass der wenig gelöste  $\text{CO}_2$  in der analysierten Probe war.

### Reinigung und Entsorgung

Die pH-Elektrode mit klarem Wasser abspülen. Zum Lagern der Elektrode die Schutzkappe mit 3 M KCl-Lösung füllen und aufstecken.

### Weiterführende Messungen

Wird der pH-Wert eines stehenden Gewässers über den Tag verteilt gemessen, kann sehr schön der tageszeitliche Verlauf (Licht, Bioproduktion) beobachtet werden.

Die Tatsache, dass die im Regenwasser enthaltenen Ionen aus den Gasen der Luft stammen, kann sehr schön gezeigt werden, indem je eine Regenwasserprobe vom Beginn und Ende eines Regenfalles genommen und verglichen werden. Die spätere Probe besitzt aufgrund des Auswaschens der Luft durch den Regen einen höheren pH-Wert.

Da der pH-Wert von Wasser direkt im Zusammenhang mit der Leitfähigkeit steht, bietet es an, die Proben auch auf ihre Leitfähigkeit zu untersuchen (B4.1.2.3).