

number of the centres of minimum and maximum activity. On the assumption of a quantum-mechanical leakage of an electron as the rate-determining step the experiments can be evaluated quantitatively in a satisfactory way.

Eine Feldmethode zur Wasseruntersuchung mit Ionenaustauschern

Bekanntlich ermöglichen es die neuartigen Kunstharz-ionenaustauscher, Kationen in relativ hohen Konzentrationen quantitativ gegen H⁺-Ionen auszutauschen.

Es schien uns naheliegend, auf dieser Grundlage eine Feldmethode zur Bestimmung des Gesamtkationengehaltes von natürlichen Wässern aufzubauen. Im folgenden sei darüber berichtet.

Das Wasser wird nach p_H -Bestimmung und Messung der Temperatur mit 0,1 n HCl auf den p_H -Wert 5,1 eingestellt. (Mischindikator Bromkresolgrün-Methylrot¹) Der hierbei gefundene Verbrauch in cm³/100 cm³ Wasser entspricht der Alkalität des Wassers in mval/l.

Die so erhaltene Lösung läßt man durch eine mit H⁺-Ionen beladene Kunstharzsäule fließen; alle Kationen werden gegen H⁺-Ionen ausgetauscht; diese werden durch Rücktitration mit 0,1 n NaOH auf p_H 5,1 erfaßt. Aus dem Verbrauch berechnet sich der Gesamtkationengehalt in mval/l.

Die drei so erhaltenen Werte p_H , Alkalität und Gesamtkationengehalt ermöglichen die Berechnung einer Anzahl weiterer Angaben.

Bei einer Feldbestimmung muß man darauf verzichten, die in der Säule verbliebene Menge H⁺-Ionen durch Auswaschen mit dest. Wasser zu gewinnen. Wir gehen so vor, daß wir die Säule mit 50 cm³ der auf p_H 5,1 eingestellten Lösung vorwaschen. Dann geben wir weitere 50 cm³ auf und fangen sie gesondert zur Bestimmung auf.

In einer Versuchsreihe stellten wir fest, daß bei Salzkonzentrationen von natürlichen Wässern und einem Harzvolumen von 18 cm³ schon nach Spülung mit 15 cm³ sich die Säurekonzentration der ausfließenden Lösung nicht mehr ändert.

Die Kationenmenge, die durch das verwendete Harz Ionac-C-200² quantitativ gegen H⁺-Ionen ausgetauscht wird, beträgt unter unseren Versuchsbedingungen 24 mval/100 cm³ Harz, das entspricht 60 Analysen von je 100 cm³ Wasser mit 20 französischen Härtegraden.

100 cm³ Harz können in vier Säulen zu 25 cm³ untergebracht werden.

Wir konnten zeigen, daß der Bestimmungsfehler 1% nicht übersteigt.

Das Gerät zur Feldbestimmung

In ein Glasrohr (20 × 120 mm), das mit einem Glas-hahn verschließbar ist, werden ca. 25 cm³ eines leistungsfähigen Kationenaustauschers eingefüllt. Das Harz wird nach bekanntem Verfahren mit H⁺-Ionen beladen und nach Gebrauch regeneriert.

Das Rohr trägt dicht eingepaßt einen Trichter von 60 cm³ Fassungsvermögen. An seinem möglichst engen Ablaufrohr ist eine Marke angebracht.

In eine tragbare Kiste werden folgende Geräte und Reagenzien untergebracht:

4 Kunstharzsäulen (siehe oben), 1 Einfülltrichter mit Marke;

1 Meßzylinder 100 cm³, 2 Erlenmeyerkolben 250 cm³;

2 Büretten 10 cm³, unterteilt in 0,1 cm³;

1 Quellthermometer, Watte, 20 cm³ Universalindikator oder Folienkolorimeter;

50 cm³ Mischindikator, je 250 cm³ 0,1 n HCl und NaOH.

Die Bestimmung

1. *Wasserstoffionenkonzentration.* Die p_H -Messung erfolgt mit einer Lösung eines Universalindikators oder mit Hilfe eines Folienkolorimeters¹.

2. *Alkalität.* In einer Mensur werden 100 cm³ des Wassers (evtl. nach Filtrieren durch Watte) abgemessen. Man gießt sie in einen der Erlenmeyerkolben, versetzt mit 2 Tropfen des Mischindikators und titriert mit 0,1 n HCl bis zum bleibenden Umschlag (Schütteln!). Die austitrierte Lösung wird zur Bestimmung des Gesamtkationengehalts aufbewahrt. – Verbrauch in cm³ = n_1 .

3. *Gesamtkationengehalt.* Mit 45–50 cm³ der austitrierten Lösung spült man Mensur und Säule. (Durchflußgeschwindigkeit 2 Tropfen/Sek.). Man stellt das Niveau der Lösung auf die Marke im Einfülltrichter ein. In der Mensur mißt man nun 50 + $n_1/2$ cm³ der austitrierten Lösung ab, gibt sie auf die Säule, läßt mit konstanter Geschwindigkeit durchfließen und fängt in einem Kolben auf. Man stellt das Niveau wieder auf die Marke ein. Die ausgetauschte Lösung wird mit 2 Tropfen Mischindikator versetzt und bis zum Umschlag titriert.

Verbrauch in cm³ = n_2 .

Die Berechnung. Aus n_1 läßt sich berechnen:

Alkalität = n_1 mval/HCO₃'/l
Bikarbonathärte } = 5 n_1 französische Härtegrade
Temporäre Härte }
Gebundenes CO₂ = 22 n_1 mg/l

Aus dem p_H und n_1 läßt sich berechnen¹:

freies CO₂ bei p_H 8,3 = 0 mg/l
7,5 = 2,2 n_1 mg/l
7,0 = 7,3 n_1 mg/l
6,5 = 22 n_1 mg/l
6,0 = 66 n_1 mg/l
5,7 = 130 n_1 mg/l

Aus n_2 läßt sich berechnen:

Gesamtkationengehalt = n_2 mval/l
Gesamthärte ca. 5 n_2 französische Härtegrade

Aus n_1 und n_2 lassen sich abschätzen:

SO₄' (+ Cl' + NO₃') ca. $n_2 - n_1$ mval/l
Permanente Härte ca. 5 ($n_2 - n_1$) französische Härtegrade
Trockensubstanz² ca. 49 n_1 + 67 ($n_2 - n_1$) mg/l

Herrn Prof. Dr. H. ERLÉNMEYER danke ich für das Interesse, das er der Arbeit entgegenbrachte.

M. BLUMER

Anstalt für anorganische Chemie, Universität Basel, den 27. Mai 1948.

Summary

A procedure for rapid investigations of water is described. After measurement of the p_H and determination of the alkalinity the cations are exchanged for H-ions in a bed of a synthetic resin exchanger. These are determined by titration with NaOH. Further data may be calculated approximately.

¹ I. M. KOLTHOFF und V. E. STENGER, Volumetric Analysis 2nd Ed. Vol. II. (New York, 1947).

² Das Kunstharz wurde uns von der Firma Zuberbühler & Co., Zürich, zur Verfügung gestellt, wofür wir auch hier bestens danken.

¹ W. KORDATZKI, Taschenbuch der praktischen p_H -Messung (München 1938).

² Berechnet für ein durchschnittliches Ca/Mg-Verhältnis natürlicher Wässer mit geringem Alkaligehalt.