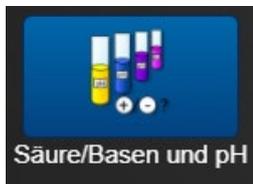


AK MiniLabor

3. Kategorie: Üben & Trainieren (quantitativ)



TitraCalc

Titrationen berechnen

Programmbeschreibung:

Mit Hilfe von TitraCalc lernt man, die Konzentrationen der jeweiligen Stoffe in einer Lösung nach einzelnen Titrierschritten zu berechnen. Während der Zugabe des Titrators zur Vorlage werden modellhaft die Vorgänge im chemischen Bereich erläutert. Die Rechnungen im Einzelnen:

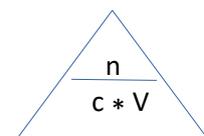
Berechnung der **elektrischen Leitfähigkeit** bei der Titration von starken Säuren mit starken Basen und - schwachen Säuren mit starken Basen. Berechnung des **pH-Wertes** bei der Titration von starken Säuren mit starken Basen und - schwachen Säuren mit starken Basen. Berechnung des **Potentials** bei der Titration von Chlorid- mit Silber- Ionen.

Man kann sich die Rechnungen auch in einem Demo-Modus Schritt für Schritt ansehen. Wenn man dann noch nicht zum Ziel kommt, wird die Lösung eingeblendet. Die Ergebnisse werden in einem Diagramm dargestellt, um so zu zeigen, wie gut die Rechnungen mit der Praxisübereinstimmen.

Dieses Programm ist besonders für den Chemieunterricht geeignet, da gemessene und berechnete Kurven“ miteinander verglichen werden können.

Die Animationen unter der Überschrift des Programms zeigt die Zusammenhänge zwischen Konzentration, Stoffmenge und Volumen. In mehreren Apps des AK wird als Merkhilfe das Rechendreieck benutzt:

Die gesuchte Größe wird abgedeckt, der Rest zeigt den erforderlichen Rechengang.



Bedienung:

Zu Beginn oder, wenn man sich für die Berechnung unsicher fühlt: Klick bei Rechenmodus auf „Automatisch“
Im manuellen Modus müssen jeweils Werte in die blau unterlegten Kästchen eingetragen werden.

1. Beispiel: Leitfähigkeit: Salzsäure mit Natronlauge - konduktometrische Titration

Leitfähigkeitstiteration

Wechselspannung

Bürette mit Natronlauge

Na⁺ OH⁻

mS oder: mA

Leitfähigkeits-Elektrode

Salzsäure

H₃O⁺ Cl⁻

In Lösungen leiten nur die Ionen den elektrischen Strom

Mehr Ionen leiten den Strom besser

"Schnellere" Ionen leiten den Strom besser

weiter

TitraCalc - Leitfähigkeit: Salzsäure mit Natronlauge

Aufgaben-Zettel

1. Klick' auf die Pipette, um 10 mL Salzsäure (c = 1 mol/L) in das Becherglas fließen zu lassen. Damit die Elektroden bedeckt werden, sind schon 90 mL dest. Wasser vorgegeben.

Aktuelle Stoffmengenbilanz	
H ₃ O ⁺	6 mmol
Cl ⁻	6 mmol
Na ⁺	0 mmol
OH ⁻	0 mmol

Aktuelle Volumenbilanz	
V ₁ (Salzsäure)	= 96 mL
V ₂ (Natronlauge)	= 0 mL
V _{gesamt}	= 96 mL

Berechnen

LF Interaktiv

Animation HCl + NaOH

Zeichnung der Versuchsanordnung und Hinweise zur elektrischen Leitfähigkeit

Einfüllen der Salzsäure (mit Klick auf das „Klick“ der Pipette)

TitraCalc - Leitfähigkeit: Salzsäure mit Natronlauge

Aufgaben-Zettel

2. Klick' auf die Bürette, um mit jedem Klick 1 mL Natronlauge (c = 1 mol/L) zutropfen zu lassen.
3. Klick danach auf [Berechnen], um die Berechnung nachzuvollziehen und den resultierenden Graphen anzuschauen.

Aktuelle Stoffmengenbilanz	
H ₃ O ⁺	9 mmol
Cl ⁻	10 mmol
Na ⁺	1 mmol
OH ⁻	0 mmol

Aktuelle Volumenbilanz	
V ₁ (Salzsäure)	= 100 mL
V ₂ (Natronlauge)	= 1 mL
V _{gesamt}	= 101 mL

Berechnen

LF Interaktiv

Animation HCl + NaOH

TitraCalc - Leitfähigkeit: Salzsäure mit Natronlauge

Graph der Leitwerte

Aktuelle Stoffmengenbilanz	
H ₃ O ⁺	9 mmol
Cl ⁻	10 mmol
Na ⁺	1 mmol
OH ⁻	0 mmol

Aktuelle Volumenbilanz	
V ₁ (Salzsäure)	= 100 mL
V ₂ (Natronlauge)	= 1 mL
V _{gesamt}	= 101 mL

Berechnen

LF Interaktiv

Animation HCl + NaOH

Zugabe von 1 mL Natronlauge (mit Klick auf das Bürettenküken). Die zugegebenen OH⁻-Ionen reagieren mit den H₃O⁺-Ionen zu Wasser.

Leitfähigkeitsberechnungen und Visualisierung. (nach Klick auf „Berechnung“ mit Klick auf „zurück“ zur Animation der Titration)

TitraCalc - Leitfähigkeit: Salzsäure mit Natronlauge

Aufgaben-Zettel

2. Klick' auf die Bürette, um mit jedem Klick 1 mL Natronlauge (c = 1 mol/L) zutropfen zu lassen.
3. Klick danach auf [Berechnen], um die Berechnung nachzuvollziehen und den resultierenden Graphen anzuschauen.

Aktuelle Stoffmengenbilanz	
H ₃ O ⁺	0 mmol
Cl ⁻	10 mmol
Na ⁺	10 mmol
OH ⁻	0 mmol

Aktuelle Volumenbilanz	
V ₁ (Salzsäure)	= 100 mL
V ₂ (Natronlauge)	= 10 mL
V _{gesamt}	= 110 mL

Berechnen

LF Interaktiv

Animation HCl + NaOH

TitraCalc - Leitfähigkeit: Salzsäure mit Natronlauge

Graph der Leitwerte

Aktuelle Stoffmengenbilanz	
H ₃ O ⁺	0 mmol
Cl ⁻	10 mmol
Na ⁺	20 mmol
OH ⁻	10 mmol

Aktuelle Volumenbilanz	
V ₁ (Salzsäure)	= 100 mL
V ₂ (Natronlauge)	= 20 mL
V _{gesamt}	= 120 mL

Berechnen

Neustart

Der Neutralpunkt ist erreicht. Es sind (fast) nur noch Cl⁻ und Na⁺-Ionen vorhanden.

Das Ende der Titration. Durch das Einzeichnen der Gesamtleitfähigkeit (schwarze, ungeladene Punkte) lässt sich schön zeigen, dass sie sich additiv aus den Einzelleitfähigkeiten zusammensetzt.

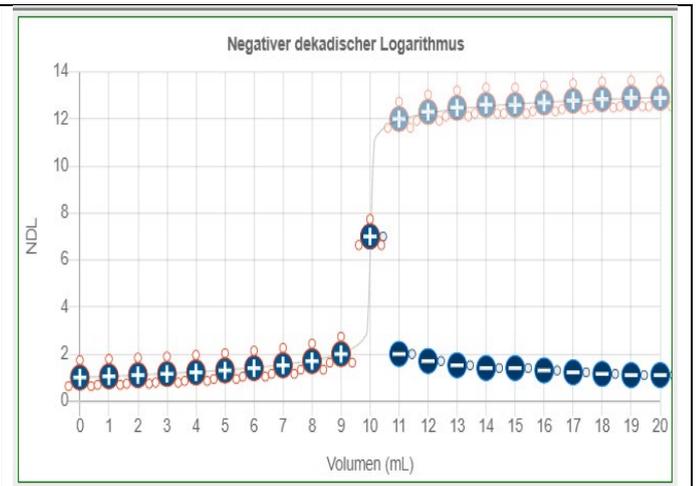
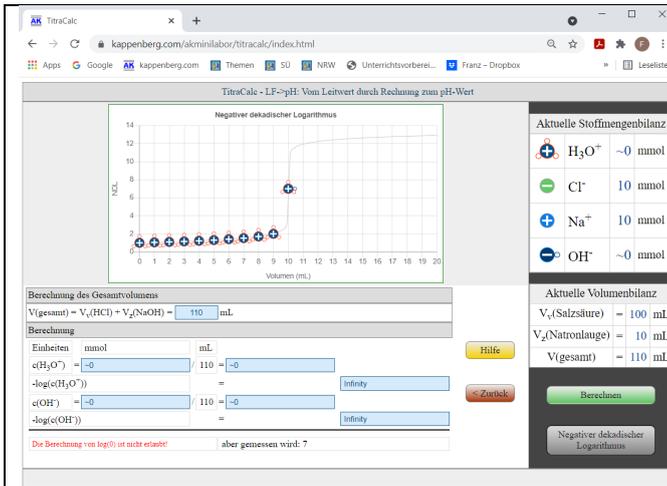
2. Leitfähigkeit: Essigsäure mit Natronlauge

Die Vorgehensweise ist die gleiche wie oben. Nur ist die H₃O⁺-Ionenkonzentration aufgrund der schwachen Säure recht klein. Daraus resultiert ein anderer Graph für die Gesamtleitfähigkeit.

3. Leitfähigkeit: Chlorid-Ionen mit Silberionen

Die Vorgehensweise ist wieder die gleiche wie oben. Hier reagieren die Cl⁻-Ionen mit den Ag⁺-Ionen zu festem Silberchlorid und die Gesamtleitfähigkeit nimmt etwas ab; steigt dann wieder ab dem Äquivalenzpunkt.

Besonders schön kann man von der Titration (Bsp. 1) ausgehend den pH- bzw. pOH-Wert einführen (konstruieren):
4. Menüpunkt: LF > pH vom Leitwert durch Rechnung zum pH-Wert

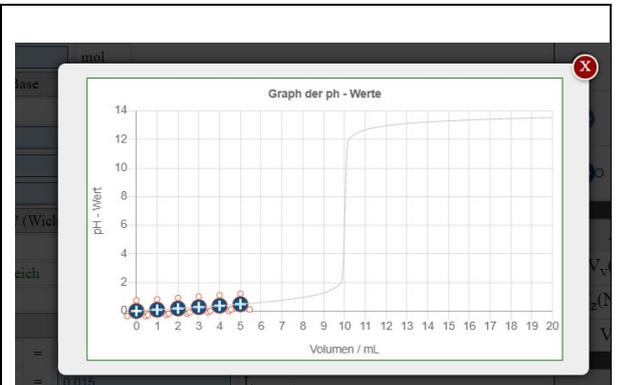
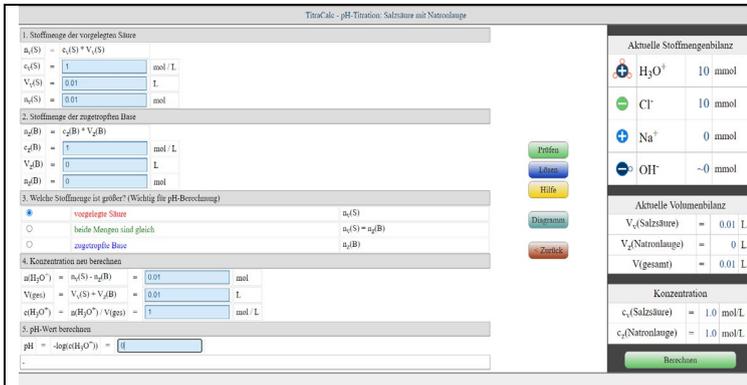


Hier sind jetzt nur noch die Konzentrationen der H_3O^+ bzw. OH^- Ionen (als negativer dekadischer Logarithmus NDL) gegen das Volumen der Natronlauge aufgetragen: $pH\text{-Wert} = -\log(c(H_3O^+))$

Analog für die Hydroxid-Ionen: $pOH\text{-Wert} = -\log(c(OH^-))$
 Blass dargestellt: die H_3O^+ Ionen
 Der pH-Wert für diesen Kurvenast berechnet sich:
 $pH\text{-Wert} = 14 - pOH\text{-Wert}$

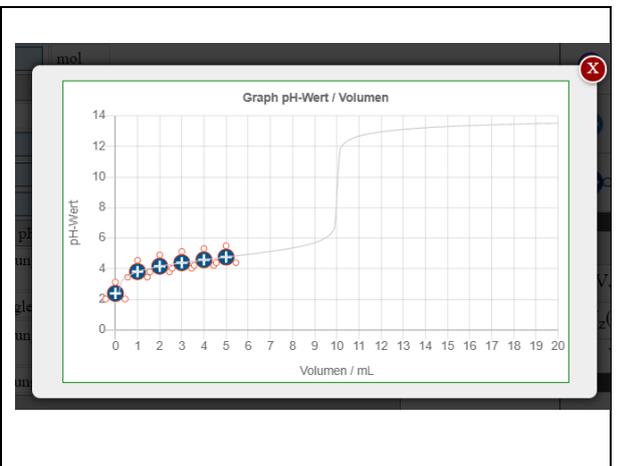
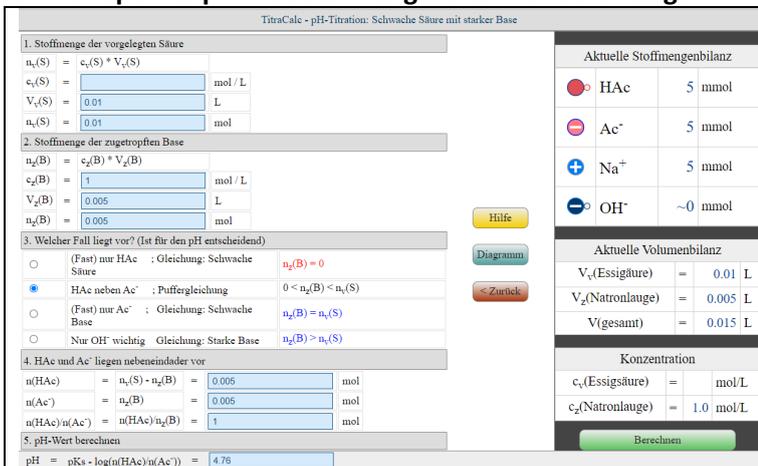
5. Menüpunkt: pH-Titration Salzsäure mit Natronlauge

Nun können wir das gerade Konstruierte am realen Beispiel mit den 3 Spezialbereichen nachvollziehen:



Hier ein Screenshot von der manuellen Berechnung mit **Prüfen** und **Lösen**

6. Menüpunkt: pH-Titration Essigsäure mit Natronlauge



Hier bestimmen 4 verschiedene Gleichungen die Kurve

7. Menüpunkt: Potential Chloridionen mit Silberionen

Hier wird nur das durch die Silberionen erzeugte Potential berücksichtigt und in die Nernst-Gleichung eingesetzt. Die Konzentration der Silberionen wird noch durch das Löslichkeitsprodukt von Silberchlorid beeinflusst.

Potenziometrische Titration

TitraCalc - U: Chlorid-Ionen mit Silber-Ionen

7-1. Stoffmenge der vorgelegten Säure

$c_1(\text{Cl}^-) =$ mol/L

$V_1(\text{Cl}^-) =$ L

$n_1(\text{Cl}^-) = c_1(\text{Cl}^-) \cdot V_1(\text{Cl}^-) =$ mol

2. Stoffmenge der zuzutropfen Base

$c_2(\text{Ag}^+) =$ mol/L

$V_2(\text{Ag}^+) =$ L

$n_2(\text{Ag}^+) = c_2(\text{Ag}^+) \cdot V_2(\text{Ag}^+) =$ mol

3. Welcher Fall liegt vor? (Wichtig für die Potenzialberechnung)

(Fast) nur Cl^- $n_2(\text{Ag}^+) = 0$

Mehr Cl^- als Ag^+ $0 < n_2(\text{Ag}^+) < n_1(\text{Cl}^-)$

Gleichviel Cl^- und Ag^+ $n_2(\text{Ag}^+) = n_1(\text{Cl}^-)$

Mehr Ag^+ als Cl^- $n_2(\text{Ag}^+) > n_1(\text{Cl}^-)$

4. Konzentration der Chlorid-Ionen neu berechnen

$n(\text{Cl}^-) = n_1(\text{Cl}^-) - n_2(\text{Ag}^+) =$ mol

$V(\text{ges}) = V_1 + V_2 =$ L

$c(\text{Cl}^-) = n(\text{Cl}^-) / V(\text{Ges}) =$ mol / L

5. Konzentration der Silber-Ionen neu berechnen ($K_L = 10^{-9.7}$ mol²/L²)

$c(\text{Ag}^+) = K_L / c(\text{Cl}^-) =$ mol/L

Potenzial berechnen

$E = 0.8\text{V} - 0.059\text{V} \cdot \log(1 / c(\text{Ag}^+)) =$ V

Aktuelle Stoffmengenbilanz

-	Cl^-	9 mmol
+	Na^+	10 mmol
-	NO_3^-	1 mmol
+	Ag^+	~0 mmol

Aktuelle Volumenbilanz

$V_1(\text{NaCl-Lösung}) =$	0.01 L
$V_2(\text{AgNO}_3\text{-Lösung}) =$	0.001 L
$V(\text{gesamt}) =$	0.011 L

Konzentration

$c_1(\text{NaCl}) =$	mol/L
$c_2(\text{AgNO}_3) =$	1.0 mol/L

Berechnen

Der experimentelle Aufbau mit Vergleichszelle

Wichtig: Punkt 3
Welcher der vier Fälle liegt jeweils vor?