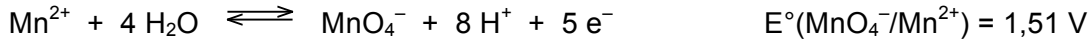


## Die pH-Wertabhängigkeit des Redoxpotenzials

Redoxreaktionen sind elektrochemische Prozesse. Einige Reaktionen sind vom pH-Wert abhängig. Ein Beispiel dafür ist nachfolgendes Redoxpaar.



- 1 Erläutern Sie die allgemeinen Bedingungen für den Ablauf einer Redoxreaktion anhand der Redoxpotenziale.
- 2 Entwickeln Sie die NERNST-Gleichung für das oben angegebene Redoxpaar und begründen Sie die starke pH-Abhängigkeit seines Redoxpotenzials.  
*Hinweis: Für die Stoffmengenkonzentration soll  $c(\text{MnO}_4^-) : c(\text{Mn}^{2+}) = 100:1$  gelten.*
- 3 Um die pH-Wertabhängigkeit des gegebenen Redoxpaares grafisch darstellen zu können, muss die NERNST-Gleichung umgeformt werden.

- 3.1 Die nebenstehende Gleichung wurde aus der in Aufgabe 2 erstellten NERNST-Gleichung hergeleitet. Erläutern Sie vorgenommenen äquivalenten Umformungen.

$$E(\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}) = 1,51 \text{ V} + \frac{0,059}{5} \text{ V} \cdot (2 - 8 \cdot \text{pH})$$

- 3.2 Geben Sie die unter 3.1 hergeleitete Gleichung in den TR ein und stellen Sie den Graphen der Funktion im Intervall von pH = 0 bis pH = 6 dar. Interpretieren Sie den Kurvenverlauf.



*Hinweis: Setzen Sie in die unter 3.1 gegebene Gleichung für den pH-Wert  $\text{pH} = x$  ein.*

- 4.1 Das vom pH-Wert unabhängige Standardredoxpotenzial des Redoxpaares Brom/Bromid-Ionen kann ebenfalls als Funktion dargestellt werden. Ergänzen Sie in der unter 3.2 erstellten Grafik den Graphen dieser Funktion. Ermitteln Sie den Schnittpunkt der beiden Graphen.



Ziehen Sie Schlussfolgerungen über die Möglichkeit der Oxidation von Bromid-Ionen zu Brom durch eine Kaliumpermanganatlösung bei verschiedenen pH-Werten.  
 $E^\circ(\text{Br}_2/2 \text{Br}^-) = 1,07 \text{ V}$

- 4.2 Überprüfen Sie, ob man mit dem oben angegebenen Redoxpaar ( $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$ ) Chlorid-Ionen bei einem pH-Wert, der kleiner als 1,84 ist, oxidieren kann.



Diskutieren Sie mit Ihrem Nachbarn unterschiedliche Lösungsstrategien und dokumentieren Sie diese.

$$E^\circ(\text{Cl}_2/2 \text{Cl}^-) = 1,36 \text{ V}$$

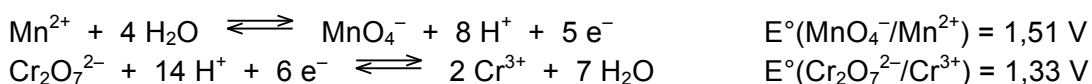
- 5\* Vergleichen Sie die pH-Wertabhängigkeit der nachfolgend angegebenen korrespondierenden Redoxpaare.



Veranschaulichen Sie Ihre Aussagen mithilfe entsprechender Graphen auf Ihrem TR.

*Hinweise: - Nutzen Sie Ihre Lösungen der Aufgaben 1 bis 3.*

*- Für die Stoffmengenkonzentrationen soll  $(\text{MnO}_4^-) : c(\text{Mn}^{2+}) = 100:1$  bzw.  $c(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) : c(\text{Cr}^{3+}) = 100:1$  gelten.*



## Die pH-Wertabhängigkeit des Redoxpotenzials

Jahrgang	Sekundarstufe II
Lernvoraussetzungen	Schülerinnen und Schüler <ul style="list-style-type: none"> <li>• beherrschen die Grundlagen der Elektrochemie.</li> <li>• kennen die NERNST-Gleichung und deren Anwendungen.</li> <li>• sind in der Lage, den freiwilligen Ablauf von Redoxreaktionen mithilfe von Redoxpotenzialen vorauszusagen.</li> <li>• können mit dem TR             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Funktionen darstellen.</li> </ul> </li> </ul>
Empfehlung zur Unterrichtsorganisation	<p>Die Aufgaben 1 bis 4.2 können in Einzel- oder in Gruppenarbeit gelöst werden.</p> <p>Die Aufgabe 4.2 dient dazu, verschiedene Lösungsvarianten für das gestellte Problem zu diskutieren und anzuwenden. Außerdem soll das Verständnis für notwendige Voraussetzungen zum Ablauf von Redoxreaktionen gefestigt werden.</p> <p>Entsprechend der Aufgabenstellung ist eine Partner- oder Gruppenarbeit zu organisieren.</p> <p>Die Aufgabe 5 ist eine Aufgabe mit erhöhtem Schwierigkeitsgrad. Sie sollte Hausaufgabe für interessierte Schüler sein oder als Zusatzangebot zur Differenzierung im Unterricht genutzt werden.</p>

### Lösungshinweise

1 z. B.  
Teilchen mit dem kleineren Potenzial müssen in reduzierter und Teilchen mit dem größeren Potenzial in oxidierter Form vorliegen.

$$2 \quad E(\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}) = 1,51 \text{ V} + \frac{0,059}{5} \text{ V} \cdot \lg \frac{c(\text{MnO}_4^-) \cdot c^8(\text{H}^+)}{c(\text{Mn}^{2+})}$$

$$E(\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}) = 1,51 \text{ V} + \frac{0,059}{5} \text{ V} \cdot \lg \frac{100 \cdot c^8(\text{H}^+)}{1}$$

Die Stoffmengenkonzentration der Wasserstoff-Ionen geht bei Berechnungen des Redoxpotenzials in der achten Potenz ein. Daraus resultiert eine starke Abhängigkeit des Potenzials vom pH-Wert der Lösung.

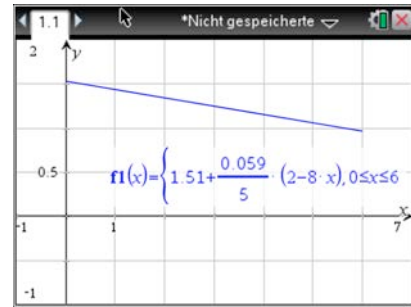
3.1 Siehe Aufgabe 2

$$E(\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}) = 1,51 \text{ V} + \frac{0,059}{5} \text{ V} \cdot (\lg 100 + \lg(c^8(\text{H}^+)))$$

$$E(\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}) = 1,51 \text{ V} + \frac{0,059}{5} \text{ V} \cdot (2 + 8 \cdot \lg(c(\text{H}^+)))$$

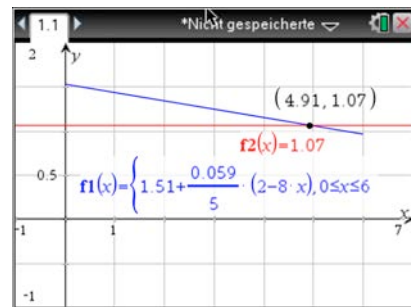
$$E(\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}) = 1,51 \text{ V} + \frac{0,059}{5} \text{ V} \cdot (2 - 8 \cdot \text{pH})$$

3.2 Mit steigendem pH-Wert sinkt das Redoxpotenzial des betrachteten korrespondierenden Redoxpaares linear.



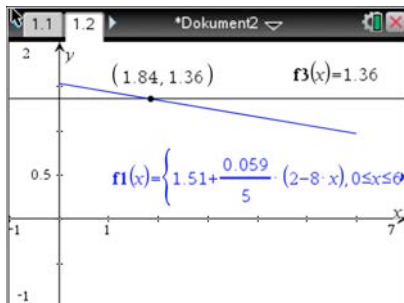
4.1 Bei einem pH-Wert von 4,91 entspricht das Redoxpotenzial von Permanganat-/Mangan(II)-Ionen dem Standardpotenzial von Brom.

Verringert sich der pH-Wert, so steigt das Redoxpotenzial über das von Brom. Da Permanganat-Ionen Oxidations- und Bromid-Ionen Reduktionsmittel sind, läuft die Oxidation von Bromid-Ionen ab. Wird der pH-Wert größer als 4,9, können keine Bromid-Ionen mehr oxidiert werden (siehe Aufgabe 1).



4.2 Lösungsvariante I

Grafisches Lösen (siehe Aufgabe 4.1)



Lösungsvariante II

Berechnung des Redoxpotenzials von Permanganat-/Mangan(II)-Ionen bei einem pH-Wert von 1,84



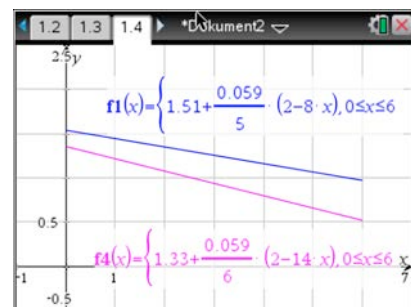
Bei einem pH-Wert von 1,84 entspricht das Redoxpotenzial von Permanganat-/Mangan(II)-Ionen dem von Chlorid-Ionen/Chlor.

Bei Verkleinerung des angegebenen pH-Wertes ist eine Oxidation von Chlorid-Ionen möglich, da das Redoxpotenzial des Oxidations- größer als das des Reduktionsmittels ist.

$$5^* \quad E(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}) = 1,33\text{V} + \frac{0,059}{6} \text{V} \cdot \lg \frac{c(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) \cdot c^{14}(\text{H}^+)}{c(\text{Cr}^{3+})}$$

$$E(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}) = 1,33 \text{ V} + \frac{0,059}{6} \text{ V} \cdot (2 - 14 \cdot \text{pH})$$

Das Redoxpotenzial Dichromat-/Chrom(III)-Ionen ist stärker vom pH-Wert abhängig. Der Betrag der Steigung des entsprechenden Graphen ist größer.



## Die pH-Wertabhängigkeit des Redoxpotenzials

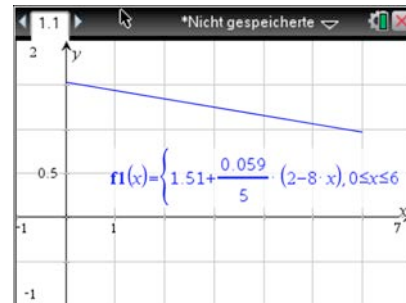


### Aufgabe 3.2

#### „Graphs“

- Eingabe der Funktionsgleichung
- Festlegung des Intervalls  
`ctrl` `=` `||` `0` `ctrl` `=` `||` `x` `ctrl` `=` `||` `6`

→ Graphs

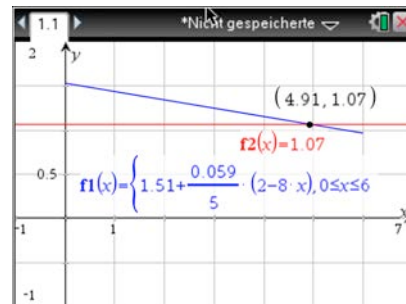


### Aufgabe 4.1

#### „Graphs“

- Eingabe der Funktionsgleichung
- Schnittpunkt der Graphen ermitteln  
`Menu` `6:Graph analysieren`  
`4:Schnittpunkt`

→ Graphs

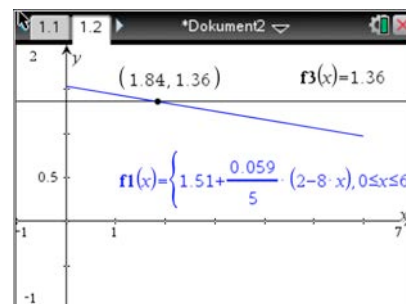


### Aufgabe 4.2

#### „Graphs“

- Eingabe der Funktionsgleichung
- Schnittpunkt der Graphen ermitteln  
`Menu` `6:Graph analysieren`  
`4:Schnittpunkt`

→ Graphs



### Aufgabe 5

#### „Graphs“

- Eingabe der Funktionsgleichung
- Festlegung des Intervalls  
`ctrl` `=` `||` `0` `ctrl` `=` `||` `x` `ctrl` `=` `||` `6`

→ Graphs

