


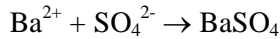
Übungen zu Reaktionsgleichungen (keine Redoxreaktionen)

- 1) (E) Bariumacetat bildet mit Kaliumsulfat Bariumsulfat und Kaliumacetat.
Acetat = CH_3COO^-
- 2) (E) Bariumacetat bildet mit Kaliumhydrogensulfat Bariumsulfat, Essigsäure und Kaliumsulfat.
Essigsäure = CH_3COOH
- 3) Titan(IV)chlorid bildet mit Silberoxalat Silberchlorid und Titan(IV)oxalat; Titan = Ti
- 4) Titan(IV)chlorid bildet mit Silberacetat Silberchlorid und Titan(IV)acetat.
- 5) Calciumchlorid und Silbersulfat bilden Calciumsulfat und Silberchlorid.
- 6) Eisen(III)chlorid und Silberacetat bilden Eisen(III)acetat und Silberchlorid.
- 7) Eisen(III)sulfat und Bariumnitrat bilden Bariumsulfat und Eisen(III)nitrat.
- 8) (E) Eisen(II)hydrogensulfat und Bariumoxalat bilden Bariumsulfat, Eisen(II)oxalat und Oxalsäure; Oxalsäure = $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$
- 9) Eisen(III)oxalat bildet mit Calciumnitrat Eisen(III)nitrat und Calciumoxalat.
- 10) Gallium(III)nitrit bildet mit Eisen(II)chlorid Gallium(III)chlorid und Eisen(II)nitrit; Gallium = Ga
- 11) Titan(III)sulfat bildet mit Bariumnitrat Titan(III)nitrat und ein weiteres Produkt.
- 12) (E) Ammoniumchlorid und Natronlauge bilden Ammoniak, Natriumchlorid und Wasser.
- 13) Ammoniumsulfat und Natronlauge bilden Ammoniak, Natriumsulfat und Wasser.
- 14) (E) Calciumcarbonat und Salpetersäure bilden Calciumnitrat, Kohlendioxid und Wasser.
- 15) Calciumhydrogencarbonat und Salpetersäure bilden Calciumnitrat, Kohlendioxid und Wasser.
- 16) Aluminiumcarbonat bildet mit Salzsäure Aluminiumchlorid, Kohlendioxid und Wasser.
- 17) Aluminiumhydrogencarbonat bildet mit Salzsäure Aluminiumchlorid, Kohlendioxid und Wasser.
- 18) Aluminiumhydrogencarbonat bildet mit Schwefelsäure Aluminiumsulfat, Kohlendioxid und Wasser.
- 19) (E) Cadmiumchlorid bildet mit Natronlauge Cadmiumhydroxid und Natriumchlorid.
Cadmium = Cd; bildet zweiwertige Kationen.
- 20) Cadmiumchlorid bildet mit Ammoniak in wässriger Lösung Cadmiumhydroxid und Ammoniumchlorid.
- 21) Scandium(III)oxalat bildet mit Ammoniak in wässriger Lösung Scandium(III)hydroxid und Ammoniumoxalat.
- 22) Ammoniumnitrat und Calciumhydroxid bilden Ammoniak, Calciumnitrat und Wasser.
- 23) Cäsiumoxid bildet mit Schwefelsäure Cäsiumsulfat und ein weiteres Produkt.
Cäsium = Cs; bildet einwertige Kationen.
- 24) (E) Eisen(II)dihydrogenphosphat bildet mit Ammoniak in wässriger Lösung Eisen(II)hydroxid und Ammoniumdihydrogenphosphat.
- 25) (E)  Eisen(II)dihydrogenphosphat bildet mit Ammoniak in wässriger Lösung Eisen(II)hydroxid und Diammoniumhydrogenphosphat.
(Hilfe: Zuerst eine Gleichung für die Reaktion von Dihydrogenphosphat zu Hydrogenphosphat aufstellen und dann dieses Ergebnis mit der vorigen Aufgabe kombinieren!)
- 26) Phosphorsäure reagiert mit Ammoniak im Überschuss.
("Überschuss von Ammoniak": Alle 3 H der Säure reagieren)
- 27) Schwefelsäure reagiert mit Ammoniak im Verhältnis 1:1.
(Nur 1 H der Säure reagiert)
- 28) Titan(III)carbonat bildet mit Salzsäure Titan(III)chlorid und ein Gas.
- 29) (E) Titan(III)hydrogencarbonat bildet mit Schwefelsäure Titan(III)sulfat und ein Gas.

(E) = Ausführlichere Erklärungen in der Lösung;

 = "Interessante" Aufgabe! (Wahrscheinlich ist es nötig, die Lösung zu studieren!)

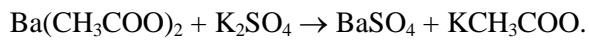
1) Man kann zuerst eine Teilgleichung für die Ionen anschreiben:



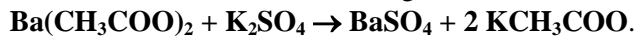
Die vorhandenen Ionen werden zu Molekülen ergänzt.

Ba^{2+} zu $\text{Ba}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ und SO_4^{2-} zu K_2SO_4 ; damit ist auch das weitere Produkt Kaliumacetat KCH_3COO bekannt; (nach "Regeln" der organischen Nomenklatur wird dafür auch oft CH_3COOK geschrieben.)

Das "Gerüst" ist damit - wie auch schon in der Aufgabenstellung genannt:



Entweder vom Acetat-Anion oder vom Kalium-Kation auf der linken Seite ausgehend, sieht man, dass rechts 2 KCH_3COO zum Abgleich der Reaktionsgleichung nötig sind.



2) Anstelle der einfachen Gleichung $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4$ haben wir den noch falschen (!) Ansatz

$\text{Ba}^{2+} + \text{HSO}_4^- \rightarrow \text{BaSO}_4$; in einer besseren Gleichung wird das H berücksichtigt:

$\text{Ba}^{2+} + \text{HSO}_4^- \rightarrow \text{BaSO}_4 + \text{H}^+$; eine zweite Teilgleichung ist $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH}$;

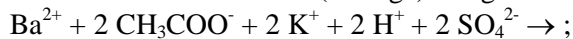
man kann auch die Teilgleichung $\text{HSO}_4^- \rightarrow \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ schreiben.

Das Bisherige kombinieren wir geeignet:



Die linke Seite in Ionenform: $\text{Ba}^{2+} + 2 \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{K}^+ + \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow$

Hier sehen wir, 1 Ba^{2+} und 1 SO_4^{2-} ist richtig, aber 2 CH_3COO^- benötigen 2 H^+ um 2 CH_3COOH zu bilden! Damit die bessere (richtige) Teilgleichung der linken Seite in der Ionenform:



die rechte Seite in der Ionenform ist genau dasselbe! (Es können ja keine Ionen verschwinden oder aus dem Nichts dazukommen)

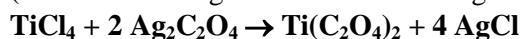
Wir kombinieren nun im letzten Schritt die Ionen auf der linken und auf der rechten Seite so, dass die in der Aufgabenstellung verlangten Substanzen entstehen:



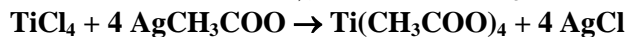
(Eine Alternative zu diesem ausführlichen Weg ist natürlich einfach solange zu probieren, bis "alles passt".)

3) Stoffe anschreiben und dann direkt, z.B. ausgehend von Cl, den Abgleich durchführen:

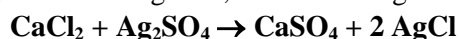
(Kleine Schwierigkeiten kann die richtige Formel für die Moleküle machen.)



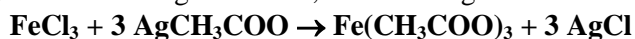
4) Noch einfacher als Nr. 3), weil Cl^- und CH_3COO^- einwertige Anionen sind:



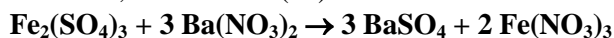
5) Direkter Abgleich; beachten 2 Ag in 1 Silbersulfat:



6) Alles einwertige Anionen; direkter Abgleich:



7) Beachten, dass 1 Eisen(III)sulfat 2 Fe enthält und damit 2 Eisen(III)nitrat bildet.:



8) Das Gerüst ist nach der Aufgabenstellung:



Die "Schwierigkeit" ist, wie bei Nr. 2), dass links Hydrogensulfat und rechts Sulfat vorkommen soll. Mit der Teilgleichung $\text{HSO}_4^- \rightarrow \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ liefert 1 Eisen(II)hydrogensulfat folgende Ionen: 1 Fe^{2+} , 2 H^+ und 2 SO_4^{2-} . Daher müssen für 2 SO_4^{2-} links auch rechts 2 BaSO_4 entstehen!

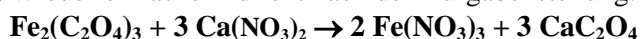
Dafür sind links 2 BaC_2O_4 nötig, damit der Abgleich für Ba stimmt!

Insgesamt - alles richtig kombiniert:



(Selbstverständlich ist anstelle der ausführlicheren Begründung auch einfaches Probieren möglich. Wir sehen auch, dass umständlichere Reaktionsgleichungen bei mehrwertigen Säuren entstehen können. Dann sind zu einer Säure mehrere verschiedene Anionen möglich.)

9) Wieder einfacher - direkt nach der Aufgabenstellung:



- 10) Moleküle laut Aufgabenstellung und direkter Abgleich:

$$2 \text{ Ga}(\text{NO}_2)_3 + 3 \text{ FeCl}_2 \rightarrow 2 \text{ GaCl}_3 + 3 \text{ Fe}(\text{NO}_2)_2$$
- 11) Als weiteres Produkt bleibt nur BaSO_4 übrig:

$$\text{Ti}_2(\text{SO}_4)_3 + 3 \text{ Ba}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow 2 \text{ Ti}(\text{NO}_3)_3 + 3 \text{ BaSO}_4$$
- 12) Direkt die Stoffe hinschreiben ... und schon fertig!

$$\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$$
 Alternative: Aus NH_4^+ Ionen entsteht als gedanklicher Zwischenschritt NH_4OH nach der Ionengleichung $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{NH}_4\text{OH}$; damit ist die Gesamtgleichung $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NH}_4\text{OH} + \text{NaCl}$; weil die Aufgabenstellung "Ammoniak" verlangt, wird als letzter Schritt das gedachte Molekül NH_4OH aufgespalten $\text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$; damit folgt die vorherige Endgleichung.
- 13) Entweder direkt oder auf dem Umweg über NH_4OH :

$$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 2 \text{ NaOH} \rightarrow 2 \text{ NH}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{ H}_2\text{O}$$
- 14) Wenn aus einem Carbonat oder Hydrogencarbonat mit Säure das Gas CO_2 entsteht, ist es am einfachsten zuerst eine Zwischengleichung mit der "Kohlensäure" H_2CO_3 zu entwickeln, $\text{CO}_3^{2-} + 2 \text{ H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$, und am Schluss H_2CO_3 aufzuspalten: $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{CaCO}_3 + 2 \text{ HNO}_3 \rightarrow \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{CO}_3$ und daraus die Endgleichung

$$\text{CaCO}_3 + 2 \text{ HNO}_3 \rightarrow \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$
- 15) Die "Zwischengleichung" ist $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$; 1 Calciumhydrogencarbonat enthält 2 Hydrogencarbonat-Anionen; dafür werden 2 H^+ benötigt:

$$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + 2 \text{ HNO}_3 \rightarrow \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{ CO}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O}$$
- 16) 3 Carbonat-Anionen benötigen 6 H^+ und liefern 3 " H_2CO_3 ":

$$\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3 + 6 \text{ HCl} \rightarrow 2 \text{ AlCl}_3 + 3 \text{ CO}_2 + 3 \text{ H}_2\text{O}$$
- 17) 1 Hydrogencarbonat-Anion benötigt 1 H^+ und liefert 1 " H_2CO_3 ":

$$\text{Al}(\text{HCO}_3)_3 + 3 \text{ HCl} \rightarrow \text{AlCl}_3 + 3 \text{ H}_2\text{O} + 3 \text{ CO}_2$$
- 18) Weil Schwefelsäure zweiwertig ist, müssen 2 Aluminiumhydrogencarbonat eingesetzt werden, damit in der Reaktionsgleichung ganze Zahlen (kleinstes gemeinsames Vielfaches von 2 und 3 ist 6) vorkommen:

$$2 \text{ Al}(\text{HCO}_3)_3 + 3 \text{ H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$$
 Als Teilgleichung gilt:
 $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$; weil 1 H_2SO_4 2 H^+ enthält also:
 $2 \text{ HCO}_3^- + 2 \text{ H}^+ \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{O} + 2 \text{ CO}_2$ für 1 H_2SO_4
- 19) Moleküle direkt einsetzen:

$$\text{CdCl}_2 + 2 \text{ NaOH} \rightarrow \text{Cd}(\text{OH})_2 + 2 \text{ NaCl}$$
- 20) Wenn mit Ammoniak in wässriger Lösung Hydroxide gebildet werden, ist es viel (!) einfacher, zuerst eine Gleichung mit NH_4OH zu entwickeln. Dann liegt direkt das für die Hydroxidbildung benötigte OH^- vor. Am Ende wird wieder aufgespalten: $\text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$
 $\text{CdCl}_2 + 2 \text{ NH}_4\text{OH} \rightarrow \text{Cd}(\text{OH})_2 + 2 \text{ NH}_4\text{Cl}$ und aufgespalten

$$\text{CdCl}_2 + 2 \text{ NH}_3 + 2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cd}(\text{OH})_2 + 2 \text{ NH}_4\text{Cl}$$
- 21) Am schnellsten wieder über NH_4OH ; dabei beachten, dass 1 Scandium(III)oxalat 2 Sc enthält, also 2 Scandiumhydroxid gebildet werden und dafür 6 OH^- benötigt werden:
 $\text{Sc}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 + 6 \text{ NH}_4\text{OH} \rightarrow 2 \text{ Sc}(\text{OH})_3 + 3 (\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ und als Endgleichung

$$\text{Sc}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 + 6 \text{ NH}_3 + 6 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ Sc}(\text{OH})_3 + 3 (\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$$
- 22) 1 Calciumhydroxid enthält 2 OH^- ; 1 OH^- reagiert mit 1 NH_4^+ zu 1 " NH_4OH ":

$$2 \text{ NH}_4\text{NO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow 2 \text{ NH}_3 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{ H}_2\text{O}$$
 Am schnellsten wieder über den Zwischenweg mit NH_4OH :
 $2 \text{ NH}_4\text{NO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow 2 \text{ NH}_4\text{OH} + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
- 23) Das weitere Produkt entsteht aus der Reaktion des Oxid-Anions mit H^+ aus der Schwefelsäure:
 $\text{O}^{2-} + 2 \text{ H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O}$; damit:

$$\text{Cs}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cs}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$$

- 24) Phosphorsäure H_3PO_4 bildet als dreiwertige Säure 3 verschiedene Anionen, H_2PO_4^- Dihydrogenphosphat; HPO_4^{2-} Hydrogenphosphat und PO_4^{3-} Phosphat. Man muss also Aufgabenstellungen genau lesen!!!
Hier haben wir auf der linken und rechten Seite der Reaktionsgleichung dasselbe Anion der Phosphorsäure, wir müssen daher nur den "NH₄OH - Trick" anwenden, um schnell die richtige Gleichung mit der Hydroxidbildung zu erhalten.
 $\text{Fe}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + 2 \text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 + 2 \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ und aufgespalten
 $\text{Fe}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + 2 \text{NH}_3 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 + 2 \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$
- 25) Diese Aufgabe ist deutlich(!) schwieriger. Es kommen zwei verschiedene Anionen der Phosphorsäure vor! (Den "NH₄OH - Trick" kennen wir inzwischen schon.)
Dihydrogenphosphat kann als Säure wirken: $\text{H}_2\text{PO}_4^- \rightarrow \text{HPO}_4^{2-} + \text{H}^+$.
Mit OH⁻ ist damit eine Neutralisation $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ möglich:
 $\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{OH}^- \rightarrow \text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O}$.
Als weiteres Produkt in diesem Zwischenschritt kommt H₂O vor.
Wieviele OH⁻ sind für die Reaktion von 1 Fe(H₂PO₄)₂ nötig?
1. Für die Bildung des Hydroxids benötigt 1 Fe(H₂PO₄)₂ 2 OH⁻; siehe Nr. 24).
2. Für die Reaktion der 2 im Molekül vorhandenen H₂PO₄⁻ zu 2 HPO₄²⁻ werden 2 OH⁻ benötigt; dies haben wir vorher hergeleitet.
Insgesamt benötigt 1 Fe(H₂PO₄)₂ damit 4 OH⁻ !
 $\text{Fe}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + 4 \text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 + 2 (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$ und als Endgleichung
 $\text{Fe}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + 4 \text{NH}_3 + 4 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 + 2 (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$
Jetzt kommt H₂O auf beiden Seiten vor und wir können 2 H₂O wegekürzen:
 $\text{Fe}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + 4 \text{NH}_3 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 + 2 (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$
... wie hieß es anfangs? ... deutlich(!) schwieriger!
- 26) Eine dreiwertige Säure liefert maximal 3 H⁺ und benötigt dann 3 OH⁻; H⁺ und OH⁻ bilden jeweils H₂O
 $\text{H}_3\text{PO}_4 + 3 \text{NH}_4\text{OH} \rightarrow (\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 + 3 \text{H}_2\text{O}$ und
 $\text{H}_3\text{PO}_4 + 3 \text{NH}_3 + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 + 3 \text{H}_2\text{O}$
3 H₂O links und rechts können wieder gekürzt werden:
 $\text{H}_3\text{PO}_4 + 3 \text{NH}_3 \rightarrow (\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$
- 27) Wenn 1 H⁺ reagiert, entsteht aus H₂SO₄ das Anion HSO₄⁻;
 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \text{NH}_4\text{HSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ und
 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4\text{HSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$;
und nach Kürzen des links und rechts vorhandenen H₂O:
 $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{HSO}_4$
- 28) Aus Carbonaten entsteht mit Säure das Gas CO₂; aus einem Carbonat entsteht mit HCl ein Chlorid.
 $\text{Ti}_2(\text{CO}_3)_3 + 6 \text{HCl} \rightarrow 2 \text{TiCl}_3 + 3 \text{H}_2\text{CO}_3$ und aufgespalten
 $\text{Ti}_2(\text{CO}_3)_3 + 6 \text{HCl} \rightarrow 2 \text{TiCl}_3 + 3 \text{H}_2\text{O} + 3 \text{CO}_2$
- 29) Wegen des dreiwertigen Titans und der zweiwertigen Schwefelsäure ist etwas Kleinarbeit nötig.
HCO₃⁻ bildet das Gas Kohlendioxid: $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
für 1 HCO₃⁻ ist damit 1/2 H₂SO₄ nötig; 1 Ti(HCO₃)₃ benötigt also 1 1/2 H₂SO₄;
es ist aber üblich, in Reaktionsgleichungen möglichst ganze Zahlen zu verwenden.
2 Ti(HCO₃)₃ enthalten 6 HCO₃⁻ benötigen also 6 H⁺ bzw. 3 H₂SO₄;
 $2 \text{Ti}(\text{HCO}_3)_3 + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Ti}_2(\text{SO}_4)_3 + 6 \text{H}_2\text{CO}_3$ und die Endgleichung
 $2 \text{Ti}(\text{HCO}_3)_3 + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Ti}_2(\text{SO}_4)_3 + 6 \text{H}_2\text{O} + 6 \text{CO}_2$