

# ÜS 5 - Anorganische Chemie II

## Stickstoffgruppe (15)

Stickstoff: häufigstes Element in Atmosphäre (als Dimer  $N_2$ ), recht unreaktiv, Inertgas

Herstellung: 1.) Zersetzung von Aziden:  $2 NaN_3 \rightarrow 2 Na + 3 N_2$

2.) Linde-Verfahren (industriell): fraktionierte Dest. von Luft

R-N-Verbindungen: • Stickstoffoxide: Distickstoffmonoxid ( $N_2O$ ) (Lachgas)

Stickstoffmonoxid ( $NO$ )

Stickstoffdioxid ( $NO_2$ ) (sehr giftig)

• Oxosäure: Salpetersäure ( $HNO_3$ ) (Herstellung im Ostwald-Verfahren)

Salpetrige Säure ( $HNO_2$ )

Ammoniak: einer der wichtigsten chem. Produkte (Dünger), wasserlösliches Gas, gutes LM für Alkalimetalle, schwache Base, Autoprotolyse

Herstellung: Haber-Bosch-Verfahren:  $N_2 + 3 H_2 \xrightarrow[200 \text{ bar}]{Fe(cat.) / 400^\circ C} 2 NH_3$

Phosphor: Vorkommen als Salze ( $Ca_3(PO_4)_2$ ,  $Ca_5(PO_4)_3$ ), Einige Allotrope

↳ P<sub>Weiss</sub>  $\begin{matrix} \uparrow \\ \text{P} \\ \downarrow \\ \text{P} \end{matrix}$  (s)  $IP \equiv PI$  (g) (reaktiv, giftig, selbst entflammbar)  $P_4 + 5 O_2 \rightarrow P_4 O_{10}$

↳ P<sub>rot</sub> Polymer (weniger reaktiv, Streichhölzer)  $4 P + 5 O_2 \rightarrow P_4 O_{10}$

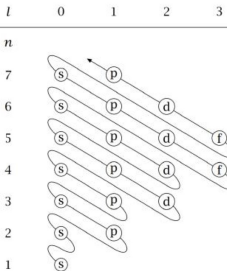
↳ P<sub>inlett</sub>, P<sub>schwarz</sub> (relativ reaktionsträge, langsames Gleichgewicht)

Phosphorsäure: mittelstarke dreiprotonige Säure (in Cola), Feststoff, gut löslich in Wasser, wichtige Puffersysteme

↳ Herstellung:  $P_4 O_{10} + 5 H_2 O \rightarrow 4 H_3 P O_4$

1. Geben Sie die vollständige Elektronenkonfiguration von Stickstoff im Grundzustand sowie des Nitridions  $N^{3-}$  an.

Wie viele Elektronen hat N bzw.  $N^{3-}$  insgesamt?  $N: 7 e^-$   
 $N^{3-}: 10 e^-$

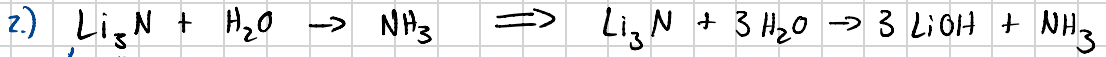


$N: 1s^2 2s^2 2p^3$

$N^{3-}: 1s^2 2s^2 2p^6$

2. Stickstoff ist sehr reaktionsträge. Er reagiert mit geschmolzenem Lithium zu Lithiumnitrid  $\text{Li}_3\text{N}$ , welches in Wasser zu Ammoniak reagiert. Formulieren Sie die entsprechenden Gleichungen für beide Prozesse.

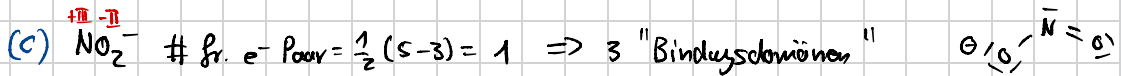
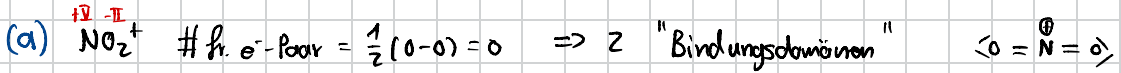
Gleichungen stöchiometrisch abgleichen:



↳ Das was stöchiometrisch übrig bleibt ist  $\text{OH}^-$

3. Ordnen Sie die folgenden Teilchen nach steigendem O-N-O-Bindungswinkel:  $\text{NO}_2^+$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_2^-$ .  
(a) (b) (c)

Für die Anzahl freier  $e^-$ -Paare am Zentralatom gilt: # fr.  $e^-$ -Paar =  $\frac{1}{2}(\text{HGTZ} - \text{OZ})$



Da ein  $e^-$ -Paar mehr Platz braucht als ein  $e^-$  gilt:



6. Vergleichen Sie die Elemente Schwefel und Phosphor hinsichtlich folgender Eigenschaften. Setzen Sie jeweils ein „<“ (kleiner als) oder „>“ (größer als) zwischen die Elemente.

- a) Atomradius S < P  
b) 1. Ionisierungsenergie S < P (Ausnahme)  
c) Elektronegativität S > P  
d) Stärke der Sauerstoffsäure S > P

15	16
N	O
P	S

(a) Atomradius  
(b) Elektronegativität  
(c) 1. Ionisierungsenergie  
(d) Säurestärke HX  
(e) Hydridcharakter HX  
(f) Säurestärke  $\text{HXO}_n$   
(g) Metallcharakter  
(h) Basizität des Oxids

b)  $\text{IE}_1(\text{P}) = 10.48669 \text{ eV}$   
 $\text{IE}_1(\text{S}) = 10.36001 \text{ eV}$  } extrem nah  
 $\Rightarrow$  einzige Ausnahme

5. Salpetersäure wird nach dem Ostwald-Verfahren in drei Schritten hergestellt:

1. Verbrennung von Ammoniak
2. Oxidation von NO zu NO<sub>2</sub>
3. Bildung von Salpetersäure nach Reaktion mit Wasser unter Mitwirkung von O<sub>2</sub>

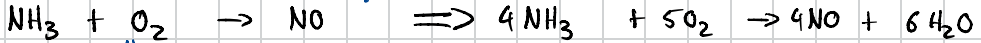
- a) Formulieren Sie die stöchiometrischen Reaktionsgleichungen für alle Reaktionen.
- b) Wie viel Ammoniak wird benötigt für die Herstellung von 100.00 kg Stickstoffdioxid?

Ostwaldverfahren ist das wichtigste industrielle Herstellungsverfahren für HNO<sub>3</sub>.

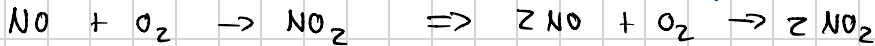
a) Stöchiometrische Gleichungen formulieren

1.) "Verbrennung"  $\Rightarrow$  Rxn. von NH<sub>3</sub> mit O<sub>2</sub>

$\hookrightarrow$  aus 2.) wissen wir, dass NO entsteht  $\Rightarrow$  nur noch mit H<sub>2</sub>O ausgl.



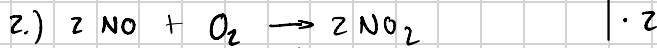
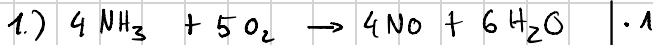
2.) "Oxidation"  $\Rightarrow$  Zumeist (weil kein Oxidationsmittel gegeben) Rxn mit O<sub>2</sub>



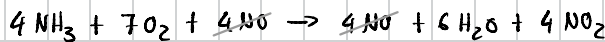
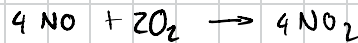
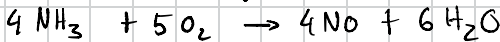
3.) Prod: HNO<sub>3</sub> Ed: NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub>



b) Für diese Berechnung kombinieren wir die Gleichungen 1 & 2, sodass sich NO wegstreichen lässt:



$\Downarrow$



Für ein Molekül NH<sub>3</sub> entsteht ein Molekül NO<sub>2</sub>  $\Rightarrow n_1(\text{NH}_3) = n_2(\text{NO}_2)$

$\hookrightarrow$  wie immer: Annahme der vollständigen Umsetzung

$$\text{allg: } M = \frac{m}{n} \Leftrightarrow n = \frac{m}{M}$$

$$\Rightarrow \frac{m(\text{NH}_3)}{M(\text{NH}_3)} = \frac{m(\text{NO}_2)}{M(\text{NO}_2)} \quad | \quad m(\text{NH}_3) \text{ ist gesucht}$$

$$\Leftrightarrow m(\text{NH}_3) = \frac{m(\text{NO}_2) \cdot M(\text{NH}_3)}{M(\text{NO}_2)} = \frac{100.00 \text{ kg} \cdot 17.04 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{46.04 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = \underline{\underline{37.04 \text{ kg}}}$$

# Kohlenstoffgruppe (14)

**Kohlenstoff:** Element auf welchem das Leben (und OC) basiert, zwei wichtige Allotrope

↳ Graphit: parallele C-Schichten, el. leitfähig, In: Bleistiftminen, Auss, Holzkohle

↳ Diamant: sehr harter Feststoff, Adamantoin-gerüst, nicht el. leitfähig

- R-C-Verbindungen:
- Oxide:
    - Kohlenstoffmonoxid (CO) toxisch, farb- & geruchslos
      - ↳ Entsteht bei unreiner Verbrennung:  $2C + O_2 \rightarrow 2CO$
    - Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) inert, farb- & geruchslos
      - ↳ Entsteht bei sauberer Verbrennung von fast allen kohlenstoffhaltigen Verbindungen
  - Kohlenensäure (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>): Wassergleichgewicht mit CO<sub>2</sub>
    - ↳  $CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$
    - ↳ schwachen zwei-protonige Säure
    - ↳ Als Carbonat basisch (NaHCO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)
    - ↳ CaCO<sub>3</sub> (Marmor): zersetzt sich in saurer Lösung

**Silicium:** Häufig in der Erdkruste, bildet keine Doppelbindungen zu Sauerstoff

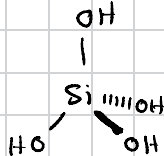
Herstellung:  $SiO_2 + 2C \rightarrow Si + 2CO_2$

- R-Si-Verbindungen:
- Silikate: Silicium-Sauerstoff-Polymere in OZ = +IV
    - ↳ Kieselsäure:  $\begin{matrix} H-O & - & Si & - & OH \\ | & & & & | \\ H-O & & & & OH \end{matrix} \xrightarrow[-H_2O]{} \left[ \begin{matrix} O & - & Si & - & O \\ | & & & & | \\ O & & & & O \end{matrix} \right]_n$
    - ↳ Bestandteil vieler Gläser

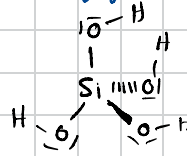
7. Orthokieselsäure H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> ist nur in verdünnter saurer Lösung stabil. Bei höheren pH-Werten und Konzentrationen kondensiert die Verbindung unter anderem zum cyclischen Trimer [H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>]<sub>3</sub>. Formulieren Sie Valenzstrichformeln beider Säuren. Warum gibt es kein monomeres H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>?

Valenzstrichformel: H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>

Wir wissen, dass Si und O keine DB ausbilden und 4 Hs und 4 Os für ein Zentralatom da sind ⇒ 4 Hydroxylgruppen

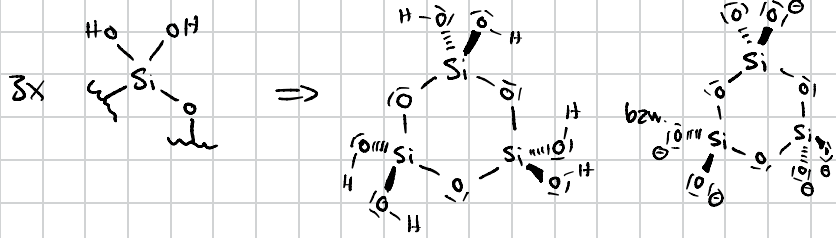


bzw.



Monomere nicht möglich, da dafür Si=O - Doppelbindungen nötig wären.

$[H_2SiO_3]_3$  (cyclisch)  $[Si_3O_9]^{6-}$  analog  
 Struktur auf den Spick schreiben  
 Pro Wiederholeinheit 2 Hydroxygruppen



## Metalle

- Hauptgruppenmetalle und Übergangsmetalle
- Metalle sind el. leitfähig und bilden Metallbindungen untereinander aus
- Sind tendenziell einfach zu ionisieren, kommen als Ionen natürlich vor

Herstellung: • Reduktion der Kationen:  $2 Fe_2O_3 + 3C \rightarrow 4Fe + 3CO_2$

↳ Reduktionsmittel: Koks (C), CO, Al, H<sub>2</sub>, S<sup>2-</sup>

• Elektrolyse: Energieintensiv aber sehr rein (Kupfer-Raffination)

## Alkalimetalle (1)

- Weiche, sehr reaktive Feststoffe, kommen natürlich nur als Salz vor

M-R-Verbindungen: • Hydride:  $2Na + 2H_2 \rightarrow 2NaH$

• Sulfide:  $16Na + S_8 \rightarrow 8Na_2S$

Reaktionen: • mit Wasser:  $2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2$  (heftige Rxn.)

## Erdalkalimetalle (2)

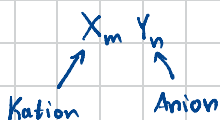
- härter und weniger reaktiv als Alkalimetalle, Vorkommen auch nur als Salz

Reaktionen: • mit Wasser:  $Ca + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + H_2$

## Salze

- Herstellung:
- aus Elementen:  $2Al + 3Cl_2 \rightarrow 2AlCl_3$
  - M + Säure:  $Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$  (Zersetzung unedler Metalle)
  - MO<sub>n</sub> + Säure:  $Na_2O + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O$
  - RO<sub>n</sub> + Base:  $CO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$
  - Salz + Säure:  $K_2CO_3 + 2HCl \rightarrow 2KCl + H_2CO_3$
  - Salz + Salz:  $AgNO_3 + NaCl \rightarrow AgCl + NaNO_3$  (Fällung)
  - Säure + Base:  $HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$  (Neutralisation)

## Nomenklatur:



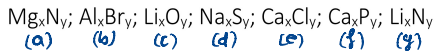
Kation → deutscher Name

Anion → lateinischer Name (Liste in Folie)

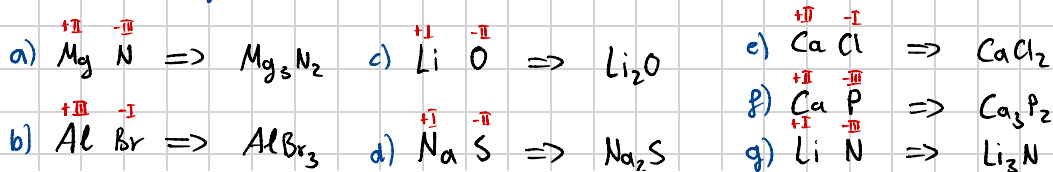
Bsp.: CaNO<sub>3</sub>  
 Li<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>

Calciumnitrat  
 Lithiumphosphat

8. Die Metalle der I.-III. Hauptgruppe bilden mit Nichtmetallen stabile binäre (nur aus zwei Elementen bestehende) Verbindungen. Welche stöchiometrische Zusammensetzung erwarten Sie für folgende Verbindungen?



Grundsätzlich kann man sich daran orientieren, dass die OZs sich zu null ausgleichen müssen. (OZs zur nächsten Edelgaskonfig. verwenden)

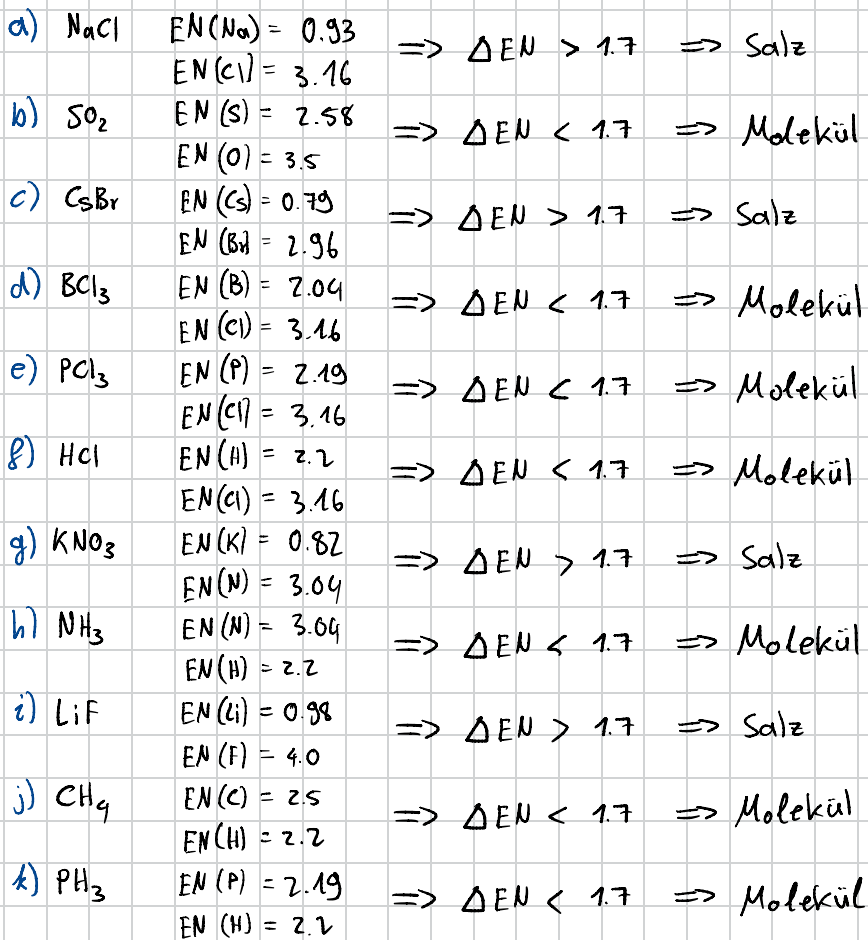


9. Welche der folgenden Verbindungen bilden Ionenkristalle, welche Moleküle?



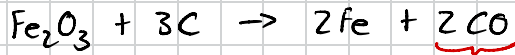
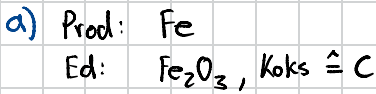
Die Differenzen der Elektronegativitäten ist zu betrachten.

Wenn  $\Delta EN > 1.7 \Rightarrow$  Salz    Wenn  $\Delta EN < 1.7 \Rightarrow$  Molekül

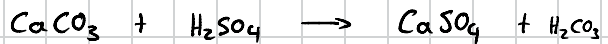
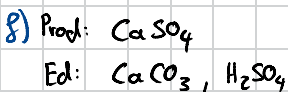
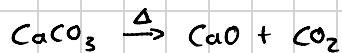
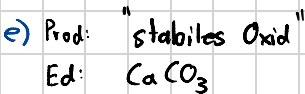
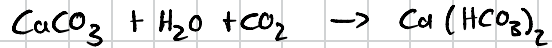
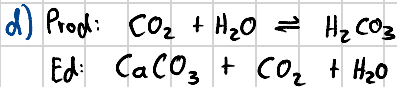
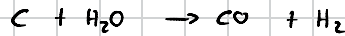
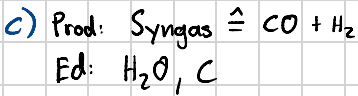
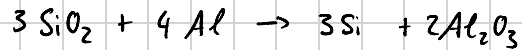
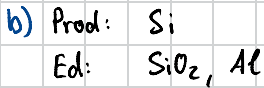


10. Formulieren Sie stöchiometrisch korrekte Reaktionsgleichungen für die Herstellung folgender Elemente:
- Eisen aus Eisenoxid  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Koks als Reduktionsmittel).
  - Silicium durch aluminothermische Reduktion von  $\text{SiO}_2$ .
  - Synthese von Syngas durch die Umsetzung von Wasser mit glühendem Koks.
  - Reaktion von Calciumcarbonat mit Kohlenstoffdioxid und Wasser.
  - Thermische Zersetzung von Calciumcarbonat.
  - Herstellung von Calciumsulfat durch eine Reaktion von Calciumcarbonat mit Schwefelsäure.

Sehr typische Klausuraufgabe  $\Rightarrow$  einfach stöchiometrisch ausgleichen



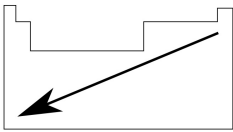
Wenn ihr hier mit  $\text{CO}_2$  ausgeleht ist das auch richtig



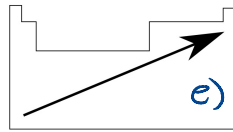
$\downarrow$   
 $\text{CO}_2$   
 $\text{H}_2\text{O}$   
beides richtig

12. Überprüfen Sie mit Hilfe des Periodensystems die folgenden Aussagen. Klassifizieren Sie diese Aussagen als richtig oder falsch (Lösungen bitte ankreuzen).

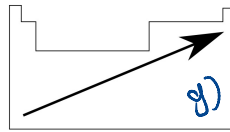
Aussage	richtig	falsch
a) Die Stärke der Säuren nimmt in folgender Reihe zu: $\text{CH}_4 < \text{NH}_3 < \text{H}_2\text{O} < \text{HF}$	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Die Stärke der Säuren nimmt in folgender Reihe ab: $\text{HNO}_3 > \text{H}_3\text{PO}_4 > \text{H}_4\text{SiO}_4$	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Schwefel kann in seinen Verbindungen das Elektronenoktett überschreiten.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Die Ionenradien nehmen in folgender Reihe ab: $\text{N}^{3-} > \text{O}^{2-} > \text{F}^-$	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Die Elektronegativität der Elemente steigt in der Reihenfolge: $\text{Te} < \text{S} < \text{Cl}$	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) Arsen besitzt im Grundzustand die Elektronenkonfiguration: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^3$	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g) Die 1. Ionisierungsenergie der Elemente sinkt in der Reihe: $\text{C} > \text{Si} > \text{Ge}$	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h) Sauerstoff ist ein stärkeres Oxidationsmittel als Fluor	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



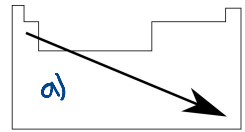
(a) Atomradius



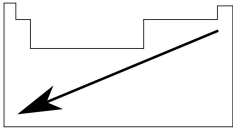
(b) Elektronegativität



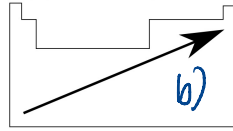
(c) 1. Ionisierungsenergie



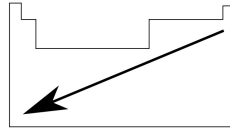
(d) Säurestärke HX



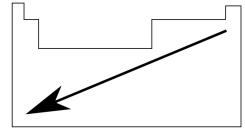
(e) Hydridcharakter HX




(f) Säurestärke  $\text{HXO}_n$



(g) Metallcharakter

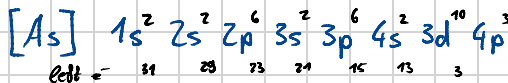


(h) Basizität des Oxids

- c) Da Schwefel nicht in den ersten zwei Perioden ist, muss die Oktettregel nicht erfüllt sein. (Bsp.:  $\text{H}_2\text{SO}_4$  )
- d) In dieser Reihe haben die Elemente eine aufsteigende Elektronegativität, weswegen  $\text{F}^-$  seine Elektronenhülle näher an sich heranzieht als  $\text{N}^{3-}$

f)

l	0	1	2	3
n				
7	s	p	d	f
6	s	p	d	f
5	s	p	d	f
4	s	p	d	f
3	s	p	d	
2	s	p		
1	s			



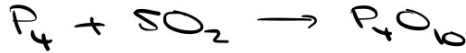
h) Fluor ist das stärkere (EN)

- v) Formulieren Sie stöchiometrische Reaktionsgleichungen für folgende Prozesse, bei welchen Sauerstoff als Edukt oder Produkt vorkommt: (6)

Reaktion von Hydrazin mit Sauerstoff, wobei Stickstoff und Wasser entstehen:



Verbrennung von weissen Phosphor (Sauerstoff im grossen Überschuss vorhanden):



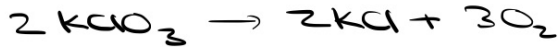
Oxidation von Schwefeldioxid zu Schwefeltrioxid:



Gewinnung von Silber durch Rösten von Silber(I)-sulfid.



Herstellung von Sauerstoff durch thermische Zersetzung von Kaliumchlorat  $\text{KClO}_3$ . Kaliumchlorid wird als Nebenprodukt gebildet.



Bildung von Natriumperoxid direkt aus den entsprechenden Elementen.

