



Vorbemerkung: Die in kleinerer Schriftgröße gedruckten Informationen werden bei Abschlussprüfungen nicht als bekannt vorausgesetzt.

1. Schwefelhexafluorid (siehe z.B. auch <https://youtu.be/MTuMH01fe7w?t=183>, 5 min)

1.1 Ergänzen Sie die fehlenden Reaktionsgleichungen und die Strukturformel:

Schwefelhexafluorid ist unter Normalbedingungen ein farb- und geruchloses, ungiftiges Gas, das unbrennbar ist und sich äußerst reaktionsträge, ähnlich wie Stickstoff, verhält.

Struktur von SF₆

Die Synthese erfolgt ausgehend von den Elementen (F₂ und S₈) in stark exothermer Reaktion. Neben SF₆ bildet sich bei diesem Syntheseweg auch Schwefeltetrafluorid. Durch anschließenden Waschen des Gasgemisches in Lauge wird das Schwefeltetrafluorid allerdings zerstört, während SF₆ durch die Lauge nicht angegriffen wird. Die Reaktion des Schwefeltetrafluorids kann man dabei mechanistisch als nucleophile Substitution aller Fluoratome auffassen (1), bei der dann Wasser eliminiert wird (2). Im Überschuss an Lauge löst sich das Säureanhydrid (3).

Reaktionsgleichungen (1), (2) und (3):

Als Summe ergibt sich damit:

Eigenschaften und Verwendung

Aufgrund der idealen räumlichen Abschirmung des Schwefels durch die symmetrischen Fluoridliganden ist die Verbindung chemisch inert und wasserunlöslich. SF₆ verhält sich daher ähnlich wie Stickstoff oder die Edelgase. Günstig wirkt sich zudem die hohe Dichte aus, die das Gas wie einen inerten Teppich über das Reaktionsgemisch oder die zu schützenden Objekte legt. Daraus ergeben sich zahlreiche wichtige technische Anwendungen.

- Schwefelhexafluorid wird als Isoliergas in elektrischen Hochspannungsanlagen benutzt. Beim Umlegen von Schaltern entstehen so keine Lichtbögen.
- Es dient als Schutzgas bei der Erzeugung von Metallschmelzen, z.B. von Magnesium. Durch den SF₆-Gas-teppich wird der Kontakt der heißen Metallschmelze mit der oxidieren Umgebungsluft verhindert.

1.2 Warum gibt es kein analoges Sauerstoffhexafluorid?

1.3 Geben Sie die Strukturformel und den räumlichen Bau von SF₄ an. Hinweis: Freie Elektronenpaare bevorzugen äquatoriale Positionen. [WARUM?]

Die Kehrseite: SF₆-Gas ist das stärkste bekannte Treibhausgas. 1 kg dieses Gases ist, auf einen Zeitraum von 100 Jahren betrachtet, genauso schädlich wie 22.800 kg Kohlenstoffdioxid (CO₂). Wegen der sehr geringen Konzentration von SF₆ in der Erdatmosphäre wird sein Einfluss auf die globale Erwärmung jedoch als verhältnismäßig gering betrachtet. Verzichtbare Anwendungen bei denen Alternativen gibt, sind inzwischen aus Gründen des Umweltschutzes in den meisten Ländern verboten:

- Isoliergas zwischen Glasscheiben (Doppel- und Dreifachverglasung), vor allem auch in Schallschutzglas.
- Füllgas in den Kammern von Sohlen von, auch sehr prominenten Sportschuhen (N..... a....).
- Reifengas für Autoreifen: Einmal enthalten, diffundiert es nicht so leicht durch den Pneu und man muss nur noch selten den Reifendruck prüfen.

2. Sulfurylchlorid und Thionylchlorid

2.1 Beantworten Sie die eingebetteten Fragen und ergänzen Sie fehlende Reaktionsgleichungen.

Sulfurylchlorid (SO₂Cl₂) und **Thionylchlorid (SOCl₂)** sind Beispiele für **anorganische Säurehalogenide**.

Damit werden in der Chemie funktionelle Derivate anorganischer sauerstoffhaltiger Säuren bezeichnet, die sich aus den Formeln durch Ersatz der Hydroxylgruppe(n) -OH durch ein entsprechende Anzahl an Halogenatomen ableiten lassen. *Sulfurylchlorid* leitet sich von der *Schwefelsäure* ab, *Thionylchlorid* ist ein Derivat *Schwefligen Säure*. **Merkhilfe: Sulfuric acid heißt auf Englisch Schwefelsäure.**

Absolut
sehenswertes
Video über die
Eigenschaften
beider
Verbindungen

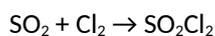


<https://youtu.be/3o3plCtWkv0>

Geben Sie die Strukturformeln der 4 angesprochenen Verbindungen an und leiten Sie, wenn möglich, den räumlichen Bau nach den Regeln des VSEPR-Modells ab.

Eigenschaften, Synthese und Verwendung von Sulfurylchlorid

Sulfurylchlorid ist eine aggressive, leicht bewegliche, an feuchter Luft rauchende Flüssigkeit, die aufgrund ihres recht niedrigen Siedepunkts von 69 °C leicht verdampft. Die Herstellung erfolgt aus Schwefeldioxid und Chlor:



Mit Wasser hydrolysiert Sulfurylchlorid unter ausgesprochen heftiger Zersetzung und Wärmeentwicklung in zwei Stufen über die Chlorsulfonsäure, hin zur Schwefelsäure und Chlorwasserstoff als Endprodukten (vgl. Video oben!). In Strukturformeln:

Stufe 1 :

Stufe 2 :

Zusammenfassung (hier jetzt in Summenformeln):

Aus Sulfurylchlorid können durch **elektrophile aromatische Substitutionen** aromatische *Sulfonsäurechloride* hergestellt werden. Beispiel: Synthese von **Tosylchlorid** (*para*-Toluolsulfonsäurechlorid), einem häufigen Reagenz in der organischen Chemie. Reaktionsgleichung (*Organika als Strukturformeln*):

Weiterhin kann es in Gegenwart eines Radikalstarters zur radikalischen Chlorierung von Alkanen und Cycloalkanen verwendet werden. Bei letzterer Reaktion entstehen als gasförmige Nebenprodukte Schwefeldioxid und Chlorwasserstoff.

Eigenschaften, Synthese und Verwendung von Thionylchlorid

Thionylchlorid ist das Dichlorid der Schwefligen Säure und eine ätzende farblose Flüssigkeit. Es reagiert heftig mit Wasser. Das Zwischenprodukt dieser Hydrolyse kann hier aber nicht isoliert werden.

Stufe 1 :

Stufe 2 :

Zusammenfassung :

Thionylchlorid wird in der organischen Chemie zur Herstellung von Carbonsäurechloriden aus Carbonsäuren genutzt, wobei es selbst zum Schwefeloxid derselben Oxidationsstufe und Chlorwasserstoff zerfällt (*verlinktes Wissen zum Unterricht für Fortgeschrittene, O.C*):

Außerdem lassen sich mit diesem Reagenz Alkohole in Chloralkane überführen. *Reaktionsgleichung:*

Allgemein lässt sich also damit die (schlechte) Abgangsgruppe -OH durch -Cl ersetzen!

2.2 Geben Sie Strukturformeln folgender Verbindungen an: Sulfonsäurechlorid (Chlorsulfonsäure = Chloroschwefelsäure) Sulfonsäureamid (Amidosulfonsäure = Amidoschwefelsäure), Methansulfonsäure, Sulfurylchlorid, Sulfurylfluorid, Sulfurylchloridfluorid.

3. Verallgemeinerung: Säurechloride anorganischer Säuren

Genauso wie es Carbonsäurechloride (...-C(O)Cl), gibt es auch von den meisten anderen wichtigen anorganischen Säuren Säurechloride. (...-X(O)Cl). Hängen am Element X mehrere OH-Gruppen, so werden in der Regel alle durch -Cl ersetzt. Alle Säurechloride hydrolysieren in Wasser unter starker Wärmeentwicklung zur Säure und Chlorwasserstoff.

3.1. Ergänzen Sie folgende Tabelle

Name der Säure	Halbstruktur- und Strukturformel der Säure	Strukturformel Säurechlorid	Name des Säurechlorids
			Nitrylchlorid
	HNO ₂		Nitrosylchlorid
			Phosphorylchlorid (Phosphoroxychlorid)
	P(OH) ₃ -Tautomer		