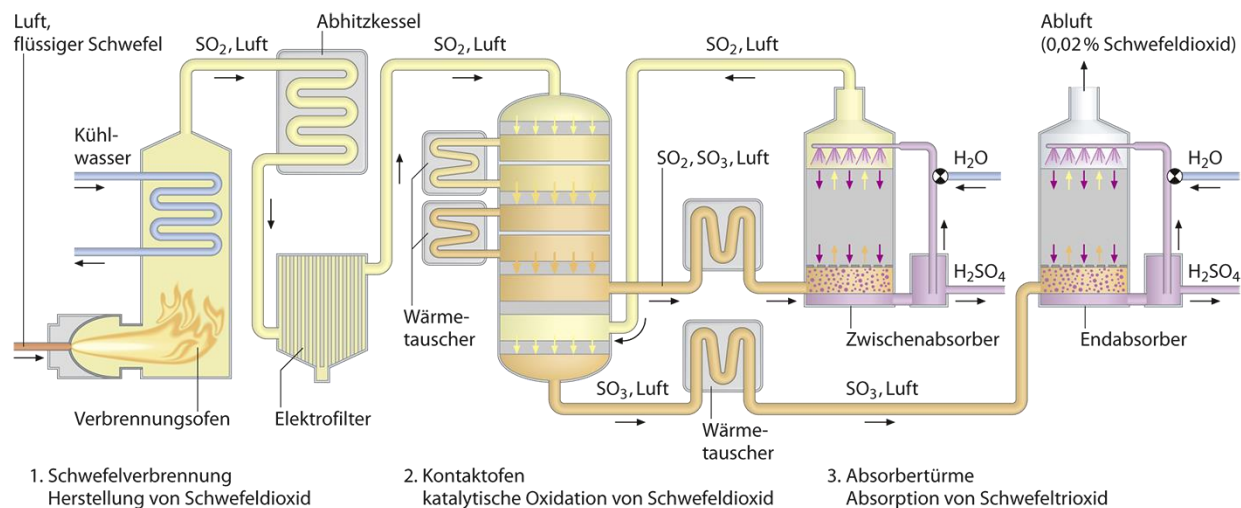


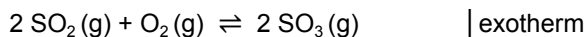
Schwefelsäure-Herstellung durch das Doppelkontakt-Verfahren

Schwefelsäure wird ausgehend von elementarem Schwefel und Luft durch das Doppelkontaktverfahren hergestellt. Im ersten Schritt wird Schwefel in einem Verbrennungsofen mit Luftsauerstoff zu Schwefeldioxid verbrannt. Dabei handelt es sich um eine stark exotherme Reaktion, die eine Kühlung erfordert [B1].

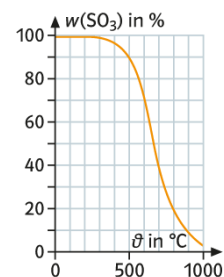


B1 Schematische Darstellung des Doppelkontakt-Verfahrens

Nachdem das Schwefeldioxid-Luft-Gemisch von Fremdstoffen gereinigt wurde, leitet man es in den Kontaktofen. Hier reagiert das Schwefeldioxid bei einer Temperatur von 450 °C an einem Katalysator zu Schwefeltrioxid.



Durch die exotherme Reaktion erhitzt sich das Gemisch weiter. Um dies zu verhindern, erfolgt die Oxidation stufenweise. Nach der ersten Reaktion wird das Gemisch durch Wärmetauscher auf 450 °C abgekühlt. Bevor dann ein zweiter Reaktionsvorgang erfolgt, wird das Schwefeltrioxid aus dem Gemisch entfernt. Durch dieses Doppelkontaktverfahren wird die Ausbeute an Schwefeltrioxid stark erhöht. Das entstandene Schwefeltrioxid wird anschließend in Absorberräumen zu Schwefelsäure umgesetzt. Dazu wird das Schwefeltrioxid in Schwefelsäure geleitet. Es entsteht Dischwefelsäure ($\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$), die unter Wasserzugabe wieder zu Schwefelsäure reagiert.



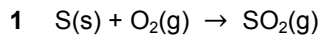
B2 Temperaturabhängigkeit des Gleichgewichts
 $2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3(\text{g})$

Aufgaben

- **1** Geben Sie die Reaktionsgleichung für die Verbrennung von Schwefel an.
- **2** Erläutern Sie auch unter Zuhilfenahme von B2, aus welchen Gründen die Synthese von Schwefeltrioxid bei etwa 450 °C durchgeführt wird, obwohl niedrigere Temperaturen eine günstigere Gleichgewichtslage bedeuten würden.
- **3**
 - a) Zur Synthese von Schwefeltrioxid setzt man Schwefeldioxid und Sauerstoff im Stoffmengenverhältnis $n(\text{SO}_2) : n(\text{O}_2) = 1 : 3$ ein, obwohl das stöchiometrische Verhältnis 2 : 1 ist. Nennen Sie den Grund dafür.
 - b) Teilweise wird die Synthese von Schwefeltrioxid bei hohem Druck (ca. 5 000 hPa) durchgeführt. Erklären Sie, dass der hohe Druck zu mehr Ausbeute führt.
- **4** Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen für die Reaktion von Schwefeltrioxid mit Schwefelsäure. Recherchieren Sie, warum man Schwefeltrioxid in Schwefelsäure leitet und nicht in Wasser.

2 Reaktionsgeschwindigkeit und chemisches Gleichgewicht – Lösungen

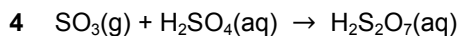
Schwefelsäure-Herstellung durch das Doppelkontakt-Verfahren



2 Die Oxidation von Schwefeldioxid ist eine exotherme Reaktion. Um eine hohe Ausbeute von Schwefeltrioxid zu erzielen, müsste man also niedrige Temperaturen einhalten. B4 im Schülerbuch zeigt, dass bei Temperaturen unter 300 °C die Ausbeute nahezu 100 % betragen müsste. Ohne Katalysator wäre aber die Reaktionsgeschwindigkeit viel zu niedrig. Mit dem in der Technik verwendeten Katalysator Vanadium(V)-oxid erreicht man bei etwa 450 °C eine ausreichende Reaktionsgeschwindigkeit, aber dafür keinen vollständigen Umsatz. Das restliche Schwefeldioxid wird abgetrennt und in den Kontaktofen zurückgeführt, sodass der Umsatz des Gesamtprozesses trotzdem fast vollständig ist.

3 a) Die Erhöhung der Stoffmenge eines Reaktionspartners verschiebt ein Gleichgewicht in die Richtung, in der ein Teil dieser Komponente verbraucht wird. Die Erhöhung der Stoffmenge des Sauerstoffs bzw. der Luft, also des preisgünstigen Ausgangsstoffes, führt zu einer Verschiebung des Gleichgewichts in Richtung des gewünschten Schwefeltrioxids.

b) Auf der rechten Seite der Gleichgewichtsreaktion ist die Anzahl der Teilchen in der Gasphase geringer als auf der linken Seite. Eine Druckerhöhung führt also zur Verschiebung des Gleichgewichts auf die Seite des gewünschten Schwefeltrioxids.



Schwefeltrioxid löst sich in Schwefelsäure besser als in Wasser. Die Reaktion mit Wasser wäre in industriellen Prozessen zu langsam. Die entstehende Dischwefelsäure reagiert mit Wasser dann zum erwünschten Endprodukt: Schwefelsäure.