

Abluft- und Abgasreinigung – saubere Luft für unsere Lungen

Ein Beitrag von Günther Lohmer



© yocamon / iStock / Getty Images Plus

Das Thema Umweltschutz respektive Luftqualität ist aktuell die Schülerinnen und Schüler. Im Rahmen der Fridays-for-Future-Demonstrationen treten sie für den Schutz der Umwelt ein. Dabei thematisieren sie den Klimawandel, der durch Treibhausgase verursacht wird. Doch welche Schadstoffe sind außer den klimaschädlichen Gasen Methan und Kohlenstoffdioxid noch in der Luft? Was hat es mit dem Dieselskandal auf sich und wie sauber sind eigentlich Kraftfahrzeuge? Welche Möglichkeiten gibt es, Schadstoffe aus der Luft zu entfernen? Antworten auf diese Fragen erhalten Sie und Ihre Klasse im vorliegenden Beitrag.

Kompetenzprofil:

Niveau	Einführend, grundlegend
Fachlicher Bezug	Wirkungsweise von Katalysatoren, Redoxreaktion
Methode	Gruppenpuzzle, Testaufgaben, Klausuraufgaben
Basiskonzepte	Konzept der chemischen Reaktion, physikalische Vorgänge, Abluft- und Abgasreinigungsprozesse
Erkenntnismethoden	Exaktes Textverständnis, Chemie kommt im Alltag vor, Umweltschutz hat viel mit Chemie zu tun und geht uns alle an
Kommunikation	Mindmap erstellen, Sammeln und Präsentieren von Fakten vor der Klasse
Bewertung/Reflexion	Verständnis für das Schema Abluft- und Abgasreinigung; wodurch wird die Luft verschmutzt und welche Methoden der Reinigung gibt es?
Inhalt in Stichworten	Abgas, Abluft, Adsorption, Physisorption, Chemisorption, Aminwäsche, Rauchgasentschwefelung, Scrubber-Verfahren, Adsorption, Aktivkohle, Sturzel, Zeolithe, Ottomotor, Dieselmotor, unregelter und geregelter Katalysator, Oxidationskatalysator, Stickoxidemissionen Speicherkatalysator, SCR-Katalysator, AdBlue®.

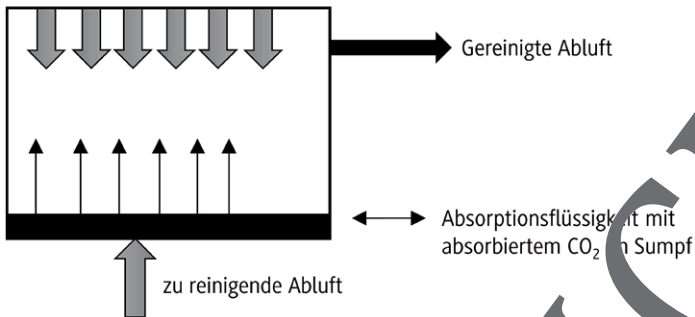
Überblick:

Legende der Abkürzungen:

AB Arbeitsblatt Ü Übungsaufgaben

Thema	Material	Methode
Verfahren der Abluft- und Abgasreinigung	M 1	AB, ÜA
Rauchgasentschwefelung	M 2	AB, ÜA
Abgas- und Abluftreinigung mittels Adsorption	M 3	AB, ÜA
Abgas bei der Nutzung von Automobilen	M 4	AB, ÜA
Katalytische Abgasreinigung: Benzinmotoren	M 5	AB, ÜA
Katalytische Abgasreinigung: Dieselmotoren	M 6	AB, ÜA

Einspeisung der Absorptionsflüssigkeit Wasser am Kopf des Reaktors



Im Alltag lassen sich diese Abhängigkeiten anhand von CO_2 -haltigen Erfrischungsgetränken in Flaschen besonders gut beobachten. Sind diese gut gekühlt und original verschlossen, enthalten sie viel absorbiertes CO_2 , welches unter Überdruck steht. Beim Öffnen der Flasche sinkt der in der Flasche befindliche Überdruck auf das Niveau des Luftdrucks und das CO_2 entweicht. Manchmal entweicht das unter Druck stehende CO_2 ruckartig. Das Knallen des Sektorkens beim Öffnen einer Sektflasche ist ein solches Beispiel.

Aufgrund der rein physikalischen Bindungskräfte ist der Vorgang der Physisorption reversibel. Der Umkehrprozess heißt Desorption. Ein typisches Alltagsbeispiel für die Desorption ist das Schalwerden von CO_2 -haltigen Getränken, wenn diese längere Zeit offenstehen. Aufgrund des fehlenden Überdrucks entweicht das in dem Getränk absorbierte CO_2 , der Effekt verstärkt sich im Sommer. Dann kann das offene Getränk aufgrund der höheren Temperatur weniger CO_2 absorbieren. Dieses entweicht und das Getränk schmeckt schal.

Chemisorption

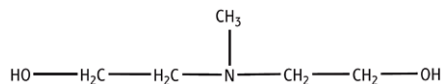
Im Vergleich zur Physisorption ermöglicht die Chemisorption, wesentlich größere Mengen an unerwünschten Gasbestandteilen aus Abgasen zu entfernen. Dies liegt daran, dass neben der physikalischen Absorption noch zusätzlich chemische Reaktionen zwischen der Absorberflüssigkeit und den zu eliminierenden Gasbestandteilen stattfinden.

Entfernung von Schwefelwasserstoff H_2S und Kohlenstoffdioxid CO_2 bei der Erdgas-aufbereitung mithilfe der Chemisorption

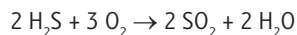
Erdgas ist ein fossiler Brennstoff, welcher unerwünschte Verunreinigungen enthält. Bevor das in Erdgasfeldern geförderte oder durch Fracking gewonnene Erdgas zur Energiegewinnung zur Verfügung steht, muss es von seinen unerwünschten Verunreinigungen befreit werden. Problematisch erweisen sich hierbei insbesondere saure Gasbestandteile in Form von Schwefelwasserstoff H_2S und Kohlenstoffdioxid CO_2 , die zu Korrosionen in den teuren Rohrleitungen führen. Außerdem ist H_2S hochgiftig und CO_2 belastet als Treibhausgas die Atmosphäre. Erdgas mit einem hohen Anteil an H_2S bezeichnen Fachleute als „Süßgas“. Ist das Erdgas frei von H_2S , sprechen sie von „Süßgas“. Ein klassisches Verfahren zur Entfernung der unerwünschten H_2S - und CO_2 -Komponenten ist die Chemisorption mithilfe einer Aminwäsche.

Aminwäsche als ein Beispiel für eine reversible Chemisorption

Hauptziel der Aminwäsche ist es, die sauren Gase H_2S und CO_2 aus dem Erdgas zu entfernen. Dabei dient klassischerweise eine Mischung aus Monoethanolamin $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ und Methyldiethanolamin in Wasser als Absorptionsflüssigkeit. Monoethanolamin kann nur CO_2 absorbieren. Methyldiethanolamin ist in der Lage, sowohl H_2S als auch CO_2 aufzunehmen. Beide Ethanolamine sind aufgrund ihrer OH-Gruppen gut wasserlöslich. Hinzu kommt, dass sie durch die vorhandene Amingruppe basisch wirken. Sowohl H_2S als auch CO_2 reagieren in einem komplexen Prozess mit der Amingruppe zu reversiblen und wasserlöslichen chemischen Verbindungen. Das gereinigte Abgas verlässt die Anlage über den Kopf. Im anschließenden Desorptionsprozess erfolgt durch die Erwärmung der Absorptionsflüssigkeit bei niedrigem Druck zunächst die Freigabe des gebundenen H_2S . Dieses nennen Verfahrenstechniker Claus-Gas. In einem anschließenden zweistufigen Prozess erfolgt die Umwandlung des Claus-Gases zu Schwefel.



Schritt 1: Oxidation von Schwefelwasserstoff zu Schwefeldioxid und Wasser



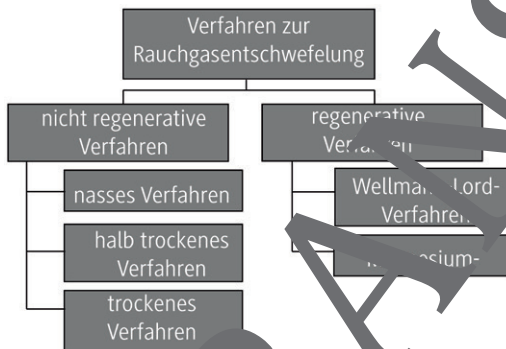
Schritt 2: Reduzierung von Schwefeldioxid mithilfe eines Katalysators zu Schwefel und Wasser:



M 2 Rauchgasentschwefelung

Rauchgasentschwefelung als Beispiel für regenerative und nicht regenerative Chemisorption

Bereits 1879 entwickelte der deutsche Industrielle Robert Hasenclever ein Verfahren zur Rauchgasentschwefelung. Die Rauchgasentschwefelung, auch als Desulfur bezeichnet, dient der Entfernung von umweltschädigenden Schwefelverbindungen aus Abgasen. Hauptsächlich entstehen die Schwefelverbindungen in Form von SO_2 und SO_3 durch die Verbrennung von fossilen Brennstoffen in Kraftwerken, Müllverbrennungsanlagen und Großmotoren, wie sie beispielsweise auf Schiffen im Einsatz sind. Grundsätzlich gibt es verschiedene Verfahren zur Eliminierung des Schwefels aus den Abgasen. Nachfolgende Übersicht zeigt die wesentlichen Verfahrensarten.



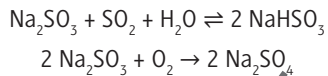
<https://raabe.click/ch-Rauch>

Heutzutage beruhen die wesentlichen Verfahren zur Eliminierung von Schwefel aus Abgasen auf regenerativen Verfahren. Ein Adsorptionsverfahren mithilfe von Aktivkohle hat sich in der Praxis durchwegs nicht bewährt. Prinzipiell besteht die Möglichkeit, als Adsorptionsmittel Wasser zu verwenden. Problematisch erweist sich in diesem Zusammenhang die geringe Löslichkeit von SO_2 in Wasser, die sich außerdem mit abnehmendem pH-Wert noch verschlechtert.

Regenerative Verfahren

Bei dem **Wellmann-Lord-Verfahren** reagiert das SO_2 in einem Absorberreaktor mit einer konzentrierten wässrigen Natriumsulfitlösung Na_2SO_3 zu Natriumhydrogensulfit NaHSO_3 . Ein Teil der Lösung oxidiert zu Natriumsulfat Na_2SO_4 , welches entsorgt werden muss. Klassisches Einsatzgebiet für das Verfahren sind Raffinerien.

Die Reaktionsgleichungen lauten:



Der Prozess ist umkehrbar. Dann verläuft die obige Reaktionsgleichung von rechts nach links. Die entstandene Natriumhydrogensulfitlösung wird zur Aufbereitung in den Regenerator gepumpt und erwärmt. Dabei tritt das gebundene SO_2 in konzentrierter Form wieder aus. Es kann nicht direkt zur Herstellung von Schwefel verwendet werden, sondern muss zunächst zu Schwefelwasserstoff H_2S umgewandelt werden. Dabei dient Methan CH_4 als Reduktionsmittel.

Die Reaktionsgleichung lautet:



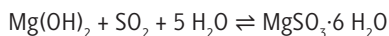
In einem weiteren Schritt erfolgt die Umsetzung von H_2S und SO_2 zu Schwefel S.

Die Reaktionsgleichung lautet:



Die SO_2 freie Absorptionsflüssigkeit wird wieder in den Absorberreaktor gepumpt und steht zur weiteren Entfernung von SO_2 aus dem Abgas zur Verfügung.

Das **Magnesium-Verfahren** kommt überwiegend in den USA und in Japan zum Einsatz. Dabei erfolgt die Umsetzung des SO_2 mit einer wässrigen Suspension aus Magnesiumhydroxid. Die Reaktionsgleichung lautet:



Der RAABE Webshop: Schnell, übersichtlich, sicher!



Wir bieten Ihnen:



Schnelle und intuitive Produktsuche



Übersichtliches Kundenkonto



Komfortable Nutzung über
Computer, Tablet und Smartphone



Höhere Sicherheit durch
SSL-Verschlüsselung

Mehr unter: www.raabe.de