



Silica  
Verfahrenstechnik  
GmbH

**Gasreinigung  
durch  
katalytische  
Oxidation,  
Chemisorption  
Adsorption**

**Gas Purification  
by  
Catalytic Oxidation,  
Chemisorption  
Adsorption**



## Reinigung von Gasen unter Einsatz von Edelmetallkatalysatoren und durch Chemisorption

Mit diesen Reinigungsanlagen können aus den verschiedensten Gasen folgende Komponenten entfernt werden:

Sauerstoff, Kohlenmonoxid, Wasserstoff, Kohlenwasserstoffverbindungen

Der Anteil der Verunreinigungen liegt normalerweise unter 2 bis 3 Vol. %, wobei höhere Konzentrationen durch besondere Maßnahmen zugelassen werden können. Der erreichbare Restgehalt liegt unter 1 ppmv.

Es stehen zwei bewährte Gasreinigungsverfahren zur Verfügung:

**Katalytische Verbrennung an Palladium- oder Platinkatalysatoren:**

Bei diesem Verfahren werden Wasserstoff mit Sauerstoff zu Wasser, Kohlenmonoxid zu Kohlendioxid und Kohlenwasserstoff-Verbindungen zu Kohlendioxid und Wasser oxidiert.

**Chemisorption am Kupferkontakt:**  
Grundlage dieses Verfahrens ist die Oxidation von Kupfer zu Kupferoxid. Der oxidierte Kontakt wird durch Reduktion mit Wasserstoff oder Kohlenmonoxid regeneriert. Bei bestimmten Anforderungen kann auch eine Kombination aus beiden Verfahren die günstigste Lösung des Problems sein.

Vor- und Nachteile der beiden Verfahren am Beispiel der Sauerstoffentfernung aus Stickstoff:

| Katalytische Verbrennung  | Chemisorption   |
|---|---|
| <p><b>Vorteil:</b><br/>einfacher Anlagen-aufbau, geringe Investitionskosten, kontinuierlicher Betrieb mit einem Reaktor</p>                     | <p><b>Vorteil:</b><br/>es entsteht keine zusätzliche Feuchtigkeit, Wasserstoffgehalt unter 1 ppmv möglich</p>   |
| <p><b>Nachteil:</b><br/>ca. 0,1% Wasserstoff im gereinigten Stickstoff, Anstieg der Feuchtigkeit entsprechend der doppelten Sauerstoffmenge</p> | <p><b>Nachteil:</b><br/>Anlage erheblich aufwendiger, für einen kontinuierlichen Betrieb werden 2 Reaktoren benötigt, somit hohe Investitionskosten und höhere Betriebskosten</p> |

## Purification of gases by use of Noble Metal Catalysts and by Chemisorption

These purification units can be used for removal of following components from various gases:

Oxygen, Carbon monoxide, Hydrogen, Hydrocarbons.

Normally the rate of contaminations is less than 2 to 3 Vol. %, but also higher concentrations are allowable but request special measures. The reachable residual content is less than 1 ppmv

**Catalytic combustion by noble metal catalyst (palladium and platinum):**

At this process hydrogen is oxygenated to water, carbon monoxide to carbon dioxide, and hydrocarbons to carbondioxide and water.

**Chemisorption by copper contact:**  
Basis of this process is the oxidation of copper to copper oxide. The oxidized contact is regenerated by reduction with hydrogen or carbon monoxide

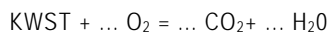
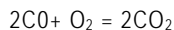
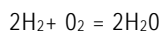
For special requirements also a combination of the processes both can be the most favourable solution of your problem.

Advantages and disadvantages of the processes both, determined by the deoxidation of nitrogen:

| Catalytic combustion  | Chemisorption  |
|---|--|
| <p><b>Advantages:</b><br/>Simple construction of unit, low investment cost, continuous operation with one reactor</p>                                 | <p><b>Advantages:</b><br/>No additional humidity is obtained, hydrogen content of less than 1 ppmv reachable</p>   |
| <p><b>Disadvantages:</b><br/>approx. 0.1 % hydrogen in the purified nitrogen, increase of humidity corresponding to the double quantity of oxygen</p> | <p><b>Disadvantage:</b><br/>Unit essentially more expensive - for a continuous operation 2 reactors are necessary- by this high Investment cost, higher operation cost</p> |

## Katalytische Gasreinigung

Grundlage dieses Verfahrens sind folgende Reaktionen:



Dem zu reinigenden Gas wird vor dem Reaktor Sauerstoff bzw. Wasserstoff, in Sonderfällen auch Kohlenmonoxid, in ausreichender Menge zugemischt. In dem mit einem Palladium- oder Platinkatalysator gefüllten Reaktor wird Sauerstoff und Wasserstoff zu Wasser bzw. Kohlenmonoxid zu Kohlendioxid umgesetzt. Diese Reaktionen sind sehr stark exotherm, so daß sich die Temperatur des Gases je nach Gehalt der Verunreinigungen z.T. erheblich erhöht.

Im nachgeschalteten Kühler wird das gereinigte Gas abgekühlt und evtl. auskondensierendes Wasser abgeschieden. Durch Nachschaltung einer Adsorptions-Trocknungsanlage, die auch zu unserem Lieferprogramm gehört, kann der Wassergehalt auf einen Wert von unter 1 ppmv reduziert werden.

Kenndaten des Verfahrens:

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| Katalysator:                         | Palladium oder Platin   |
| Anwendung:                           | Entfernung von O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , CO und KWST aus Gasen                    |
| Eintrittskonzentration:              | O <sub>2</sub> bis 3 %, H <sub>2</sub> bis 6 %, höhere Konzentration, CO und KWST möglich |
| Restgehalt:                          | unter 1 ppmv der zu entfernenden Komponente   |
| Reaktionstemperatur für Wasserstoff: | über 10 °C  |
| Sauerstoff:                          | über 10 °C  |
| Kohlenmonoxid:                       | über 120 °C   |
| KWST:                                | 250 - 500 °C  |
| Reaktionsgas:                        | Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlenmonoxid  |
| Reaktionsgasverbrauch:               | im stöchiometrischen Verhältnis<br>0,1 % Überschuß  |
| Reaktionsprodukte:                   | Wasser, Kohlendioxid  |
| Katalysatorgifte:                    | Schwefel-, Chlor-, Arsen-, Phosphorverbindungen, Öl, Alkali- und Säurenebel u.a.          |

## Catalytic Gas Purification

This process is based on the following reactions:

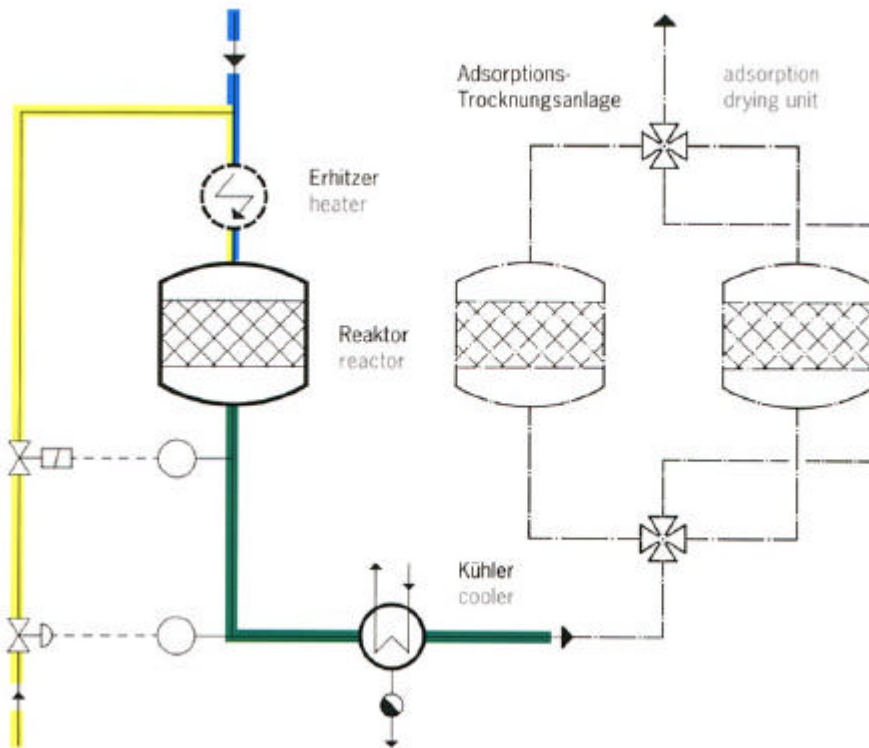


Upstream the reactor sufficient oxygen resp. hydrogen, in special cases also carbon monoxide, is supplied to the gas to be purified. In the reactor filled with a palladium or platinum catalyst hydrogen is oxygenated to water resp. carbon monoxide to carbon dioxide. As these reactions are highly exotherm the gas temperature dependent on the content of contaminations partly increases markedly.

In the cooler downstream of the reactor the purified gas is recooled and eventually obtained condensation water drained off. By a following adsorption drying unit which also is included in our delivery program the moisture contents can be reduced to less than 1 ppmv.

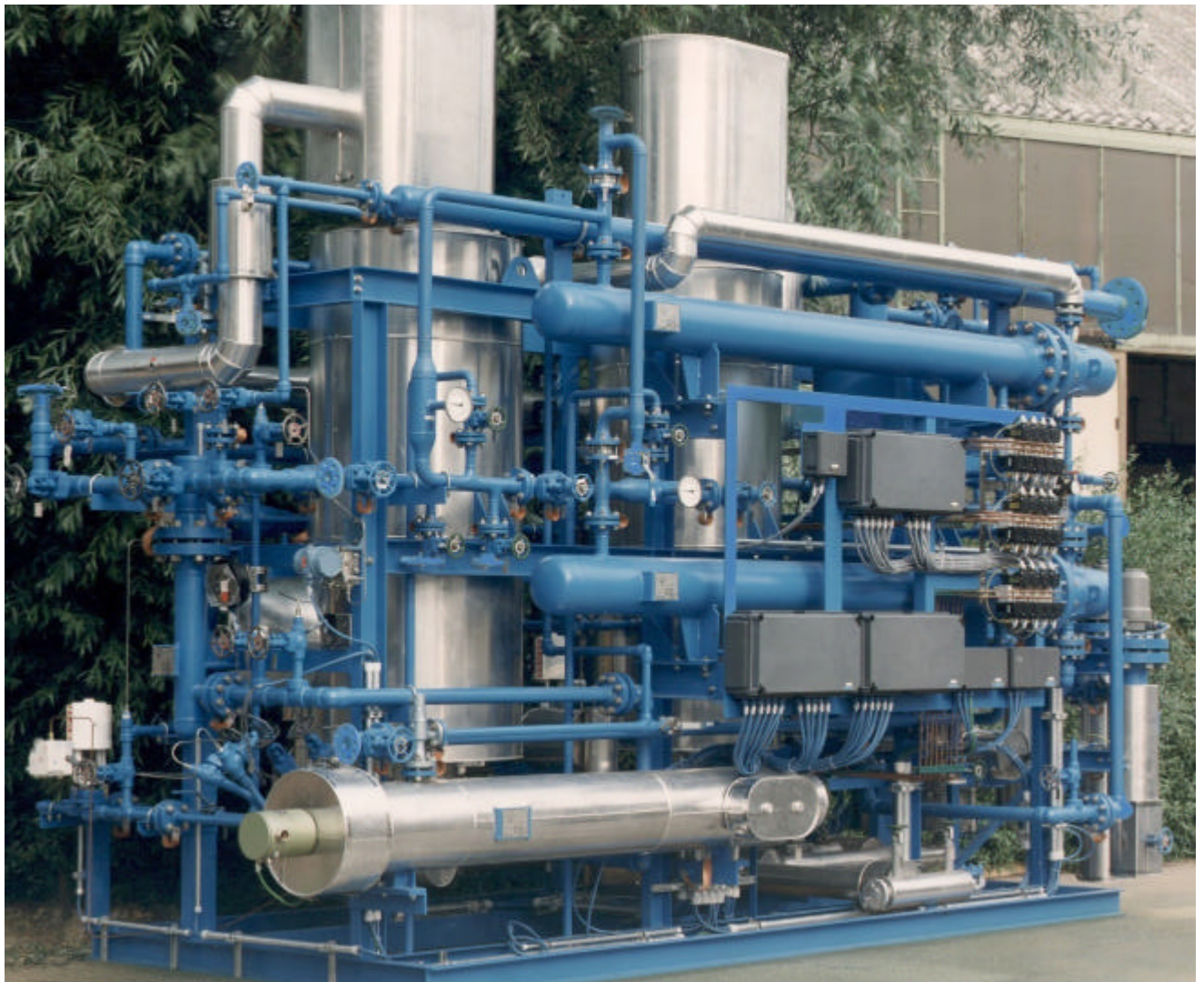
Characteristic data of this process:

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| Catalyst:                          | palladium or platinum   |
| Application:                       | removal of O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , CO and hydrocarbons from gases                             |
| Concentration on inlet:            | O <sub>2</sub> up to 3 %, H <sub>2</sub> up to 6 %, higher hydrocarbons, CO and hydrocarbon, on request |
| Residual contents:                 | less than 1 ppmv of the component to be removed   |
| Reaction temperature for hydrogen: | more than 10 °C   |
| oxygen:                            | more than 10 °C   |
| carbon monoxide:                   | more than 120 °C  |
| hydrocarbons:                      | 250 - 500 °C  |
| Reaction gas:                      | hydrogen, oxygen, carbon monoxide   |
| Consumption of reaction gas:       | stoichiometric ratio<br>0.1 % surplus   |
| Reaction products:                 | water, carbon monoxide  |
| Catalyst poisons:                  | compounds of sulphur, chlorine, arsenicates, phosphorates, oil, mist of alkali and acid, a.o.           |



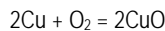
Wasserstoff- Reinigungs- und Trocknungsanlage  
Regeneration mit Teilstrom

Hydrogen purification and drying unit  
regeneration with a partial stream

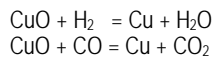


## Gasreinigung durch Chemisorption

Das Chemisorptionsverfahren wird zur Entfernung von Sauerstoff aus Gasen eingesetzt. Der im Prozeßgas enthaltene Sauerstoff wird dabei an einem Kupferkontakt nach folgender Formel gebunden:



Wenn der Kontakt beladen ist, wird er durch Zugabe von Wasserstoff, sehr selten durch Kohlenmonoxid, regeneriert:



Um eine möglichst hohe Aufnahmekapazität des Kupferkontakts zu erreichen, wird der Prozeß bei einer Temperatur von etwa 200°C durchgeführt. Ein kontinuierlicher Betrieb ist nur bei Einsatz von zwei Reaktoren gewährleistet. Ein Reaktor reinigt das Gas, während gleichzeitig der andere regeneriert wird.

Das Gas wird zunächst auf die erforderliche Betriebstemperatur erwärmt, wobei meist die im gereinigten Gas enthaltene Wärme genutzt wird. Bei Durchströmen des Kupferkontaktes wird der im Gas enthaltene Sauerstoff am Kupfer gebunden; das Gas verläßt sauerstofffrei die Anlage.

Die Regeneration des beladenen Reaktors wird überwiegend im geschlossenen Kreislauf mit Prozeßgas durchgeführt, dem eine definierte Menge Wasserstoff zugesetzt wird. Bei Durchströmen des Kupferkontaktes wird dieser durch Wasserstoff reduziert. Das sich bildende Wasser wird bei Abkühlung im Kreislaufkühler kondensiert und über einen Abscheider aus der Anlage entfernt. Um den Energieverbrauch für die Regeneration möglichst gering zu halten, sollte in den Regenerierkreislauf eine Wärmerückgewinnung integriert werden. Bei dieser Verfahrensführung wird als Regeneriergas nur Wasserstoff verbraucht, und zwar doppelt so viel wie Sauerstoff im Prozeßgas enthalten ist.

Kenndaten des Verfahrens:

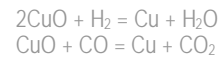
|                         |  |
|-------------------------|--|
| Katalysator:            | Kupfer   |
| Anwendung:              | Entfernung von O <sub>2</sub> aus Gasen                                  |
| Eintrittskonzentration: | bis ca. 1 Vol.%, höhere Gehalte möglich                                  |
| Restgehalt:             | O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> unter 1ppmv                              |
| Betriebstemperatur:     | 150 – 250 °C   |
| Regeneriergas:          | Wasserstoff oder Kohlenmonoxid   |
| Reaktionsprodukt:       | Kupferoxid, somit keine Verunreinigung des Prozeßgases mit anderen Gasen |
| Kontaktgifte:           | Schwefelverbindungen<br>Salze, Öl  |

## Gas Purification by Chemisorption

The chemisorption process is used for removal of oxygen from gases. The oxygen contained in the process gas is absorbed by the copper contact according to following formula:



Is the contact saturated, it is regenerated by supply of hydrogen, rarely by carbon monoxide:



To attain a possibly high capacity of the copper contact this process takes place at a temperature of approx. 200 °C. A continuous operation is only guaranteed when two reactors are installed. One reactor purifies the gas while the other one is being regenerated.

First the gas is heated up to the necessary operating temperature, at which usually advantage is taken of the heat stored in the purified gas. When passing through the copper contact the oxygen contained in the gas is absorbed by the copper; the oxygen-free gas exits the unit.

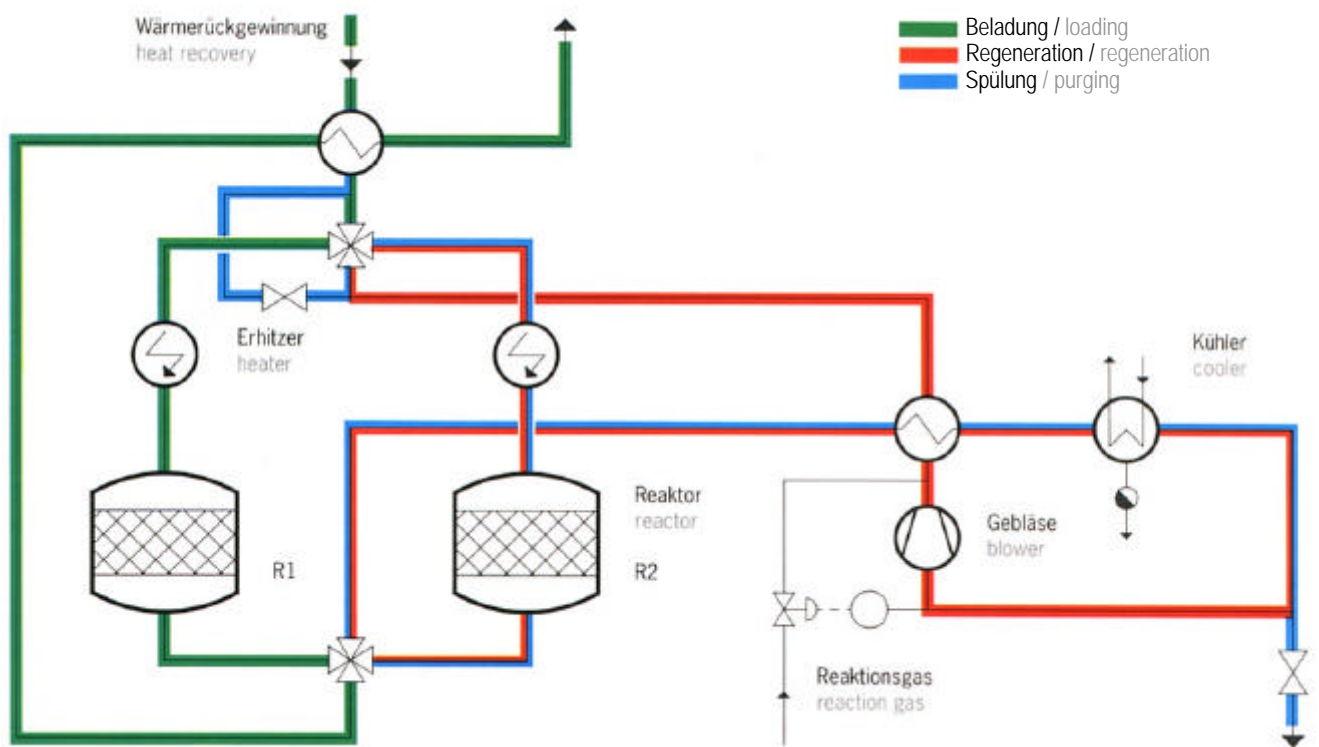
The regeneration of the charged reactors mostly takes place in a closed cycle with process gas to which a defined quantity of hydrogen is added. When passing through the copper contact same is reduced by hydrogen. The water originating in this is condensed at the cooling in the cycle cooler and drained off via a separator. To keep the energy consumption for regeneration as low as possible, a heat recovery should be integrated in the regeneration cycle. At this mode of process only hydrogen is used as regeneration gas, namely the twice of oxygen contained in the process gas.

Characteristic data of the process:

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Catalyst :              | copper   |
| Application:            | removal of O <sub>2</sub> from gases                             |
| Concentration on inlet: | up to approx. 1 Vol.%, higher contents are possible              |
| Residual content:       | O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> less than 1ppmv                  |
| Operating temperature:  | 150 – 250 °C   |
| Regeneration gas:       | hydrogen or carbon monoxide                                      |
| Reaction product:       | copper oxide, thus process gas not contaminated with other gases |
| Contact poisons:        | sulphur hydrides, salts, oil                                     |

Bild rechte Seite:  
Argon-Reinigungs- und Trocknungsanlage,  
mehrstufiges Verfahren,  
Regeneration im Kreislauf

Photo on right hand page:  
Argon purification and drying unit,  
multistage process,  
regeneration in a closed cycle



## Gasreinigung durch Adsorption und durch imprägnierte Aktivkohlen

Wärmeregenerierte Anlagen mit Molekularsieben:

Molekularsiebe eignen sich aufgrund ihrer definierten gleichmäßigen Porenstruktur besonders für die selektive Trennung von Gasgemischen. Zum Einsatz kommen Molekularsiebe mit Porenweiten von 0,3 nm (3 Å), 0,4 nm (4 Å), 0,5 nm (5 Å) und 1 nm (10 Å). Es können z.B. Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Kohlendioxid, Kohlenwasserstoffverbindungen u. a. m. von einer Eintrittskonzentration unter 2 Vol. % auf Restgehalte unter 1 ppmv reduziert werden.

Die Regeneration der beladenen Molekularsiebe kann entweder mit Fremdgas, z. B. Stickstoff, im offenen System oder im Kreislauf mit Fremdgasspülung erfolgen. Letzteres Verfahren hat den Vorteil, daß der Regenerationsgasverbrauch minimiert wird, allerdings liegen die Anlagenkosten höher.

Filter mit imprägnierten Aktivkohlen:

Unter Einsatz von imprägnierten Aktivkohlen können z.B. Schwefelwasserstoff, Quecksilber und andere Verunreinigungen aus Gasen entfernt werden. Dabei wird aus wirtschaftlichen Gründen meist von einer Konzentration bis zu ca. 0,1 % ausgegangen. Der erreichbare Restgehalt liegt unter 0,1 ppmv.

Die Standzeit der Filter wird je nach Eintrittskonzentration zwischen einem Monat und mehreren Jahren gewählt. In vielen Fällen wäre eine Regeneration der Aktivkohle möglich, jedoch wird aus wirtschaftlichen Gründen meist darauf verzichtet.

## Gas Purification by Adsorption and by Impregnated Activated Carbons

Heat regenerated units with molecular sieves:

Due to their defined equal pore structure molecular sieves are especially suited for the selective separation of gas compounds. The molecular sieves used are those with pores of 0.3 nm (3 Å), 0.4 nm (4 Å), 0.5 nm (5 Å) and 1 nm (10 Å). For instance hydrogen sulphide, ammonia, carbon dioxide hydrocarbons etc. with an inlet concentration of less than 2 Vol. % can be reduced to residual contents of less than 1 ppmv.

The charged molecular sieves either can be regenerated with the aid of foreign gas, for instance nitrogen, in an open system or with gas in a closed cycle, purging with foreign gas. The advantage of the latter process is that the consumption of regeneration gas is minimized, however the prime cost for the unit are higher.

Filters with impregnated activated carbons

By use of impregnated activated carbons, for instance hydrogen sulphide, mercury and other contaminations can be removed from gases. For economical reasons it is mostly started from a concentration up to approx. 0.1 %. The reachable residual content is less than 0.1 ppmv.

Dependent on the concentration on inlet the life time of the carbon is between one month and several years. In many cases a regeneration of the activated carbon would be possible, but for economical reasons same will not be done.

Prozeßgas-Reinigungsanlage zur adsorptiven Entfernung von Methanol, Kohlendioxid und Wasser Restgehalte < 0,1 ppmv

Process gas purification unit for the adsorptive removal of methanol, carbon dioxide, and water residual contents < 0.1 ppmv



## Anlagenausführung

Bei der Auslegung und dem Bau von Reinigungsanlagen können wir auf eine jahrzehntelange Erfahrung zurückgreifen. Dadurch sind wir in der Lage, auch für Ihre Problemstellung eine optimale Lösung hinsichtlich Verfahrens- und Werkstoffauswahl anzubieten.

Unsere Konstruktion und Fertigung erfolgen nach den deutschen Standards und Vorschriften. Es können aber auch Kundennorm und die verschiedensten nationalen Normen wie ASME, BS, CODAP, ISPESEL u.a.m. berücksichtigt werden.

Bei katalytischen Reinigungsanlagen wird häufig die erforderliche Reaktionsgasmenge - meist Wasserstoff - geregelt eingespeist, d.h. die Konzentration des Reaktionsgases wird am Austritt der Reinigungsanlage gemessen und über eine automatische Regelstrecke bei einem Minimalwert konstant gehalten. Dadurch ist sichergestellt, daß auch bei stark schwankenden Betriebsverhältnissen nur die unbedingt erforderliche Reaktionsgasmenge verbraucht wird. Für die Konzentrationsmessung, auch im ppm-Bereich, werden nur langjährig erprobte Geräte namhafter Hersteller eingesetzt. Dabei legen wir auf einfache Bedienung und Wartung größten Wert.

Zur Anlagensteuerung werden insbesondere in Verbindung mit einer Trocknungsanlage bevorzugt frei programmierbare elektronische Steuerungen eingesetzt. Diese werden im eigenen Haus projektiert und programmiert.

Außer der Reinigung beinhaltet unser Angebot auch evtl. erforderliche Vorfilter, Tropfenabscheider, Vorwärmer, Nachkühler usw. Somit sind wir in der Lage, eine komplette Anlage anzubieten, für die wir auch später die Wartung übernehmen können.

Stickstoff-Reinigungsanlage  
Chemisorptionsverfahren  
Restgehalte: O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> < 1ppmv

Nitrogen purification unit  
chemisorptions method  
residual contents: O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> < 1ppmv

## Type of Plant

For the design and manufacture of purification units we can draw on decades of experience so that we are in a position to solve your problems most favourable in respect to process and choice of materials.

Our methods of construction and production conform to the German standards and regulations. However, customer standards and the various national standards such as ASME, BS, CODAP, ISPESEL and others can be followed.

Catalytic purification units often are provided with a controlled feeding of the necessary reaction gas flow - in most cases hydrogen, i.e. the concentration of the reaction gas is measured on the purification unit outlet and via closed loop control system constantly kept to a minimum. By this it is ensured that if the operating conditions fluctuate markedly only the absolutely necessary quantity of reaction gas is consumed. For the concentration measurement - also in the ppm-range - only long years proved instruments of well-known manufacturers are used. At this we set greatest value on simple handling and maintenance.

For control of the unit - especially in combination with a drying unit - preferably free programmable electronic sequence controllers are used, the projecting and programming of which is made by us.

In addition to the purification our scope of delivery also comprises any necessary pre-filters, separators for droplets, preheaters, after coolers etc. Thus we are in a position to quote for a complete unit for which we also can undertake the maintenance later on.







**Planung**  
**Konstruktion**  
**Fertigung**  
**Montage**  
**Inbetriebnahme**

**Design**  
**Engineering**  
**Production**  
**Mounting**  
**Commissioning**

**Silica**  
**Verfahrenstechnik**  
**GmbH**

Wittestraße 24  
D-13509 Berlin  
Telefon 030/435 73-5  
Telefax 030/435 73-300  
e-mail [info@silica.de](mailto:info@silica.de)