

Grundlagen der Adsorption

Teil 3: Adsorbententypen

T. Loeck & L. Michalak | Rinke GmbH



RINKE

Technische Adsorber

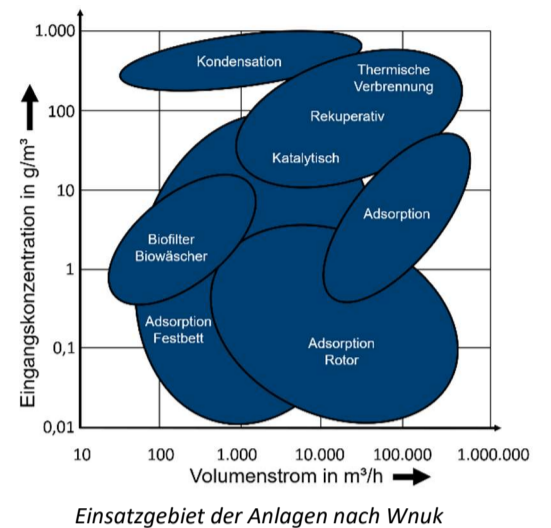
Adsorber finden in der Industrie Anwendung, in der die Abluft mit Schadstoffen versetzt ist. Um die Grenzwerte der TA-Luft einzuhalten, können technische Adsorber verwendet werden, insbesondere bei flüchtigen organischen Verbindungen. Dazu sind nach Anwendungsfall verschiedene Konzepte entwickelt worden, die abhängig von Konzentration und Volumenstrom sind.

Am häufigsten werden **Festbettadsorber** mit unterschiedlichen Ausführungen verwendet. Festbetten haben keine sich bewegende Schüttung, sondern bleiben starr im Adsorber.

Der **Rotorbettadsorber** kann sowohl radial als auch axial durchströmt werden, sodass sich das Adsorbens statisch mitbewegt. Durch integrierte Desorptionsstufen lässt sich bei diesem Typen ein kontinuierlicher Prozess realisieren.

Darüber hinaus werden **Bewegtbettverfahren** verwendet, worin sich das Adsorbentbett in dem Schadstoffvolumenstrom zur Adsorption bewegt. Die Desorption findet ebenfalls über ein Wander- oder Wirbelbett statt. Das Adsorbens muss hierbei eine besondere Härte oder Abriebsfestigkeit aufweisen. Durch das bewegte Bett lassen sich Anlagen mit geringeren Dimensionen auslegen.

Flugstromadsorber benutzen staubförmige Adsorbentzien, die dem belasteten Gasvolumenstrom beigelegt werden. Die Partikel werden in einem Gewebefilter aufgefangen, wo sich eine Adsorbentsschicht anreichert, die zusätzlich den Gasstrom filtert.



Anlagentypen

Als Auslegungspunkt wird über die Bauart des Adsorbers diskutiert, rechts sind unterschiedliche Adsorbentbauarten aufgeführt. Dabei werden Festbettadsorber, Rotoradsorber, Wanderbettadsorber und Wirbelbettadsorber vorgestellt, wobei der Festbettadsorber den einfachsten Aufbau aufweist.

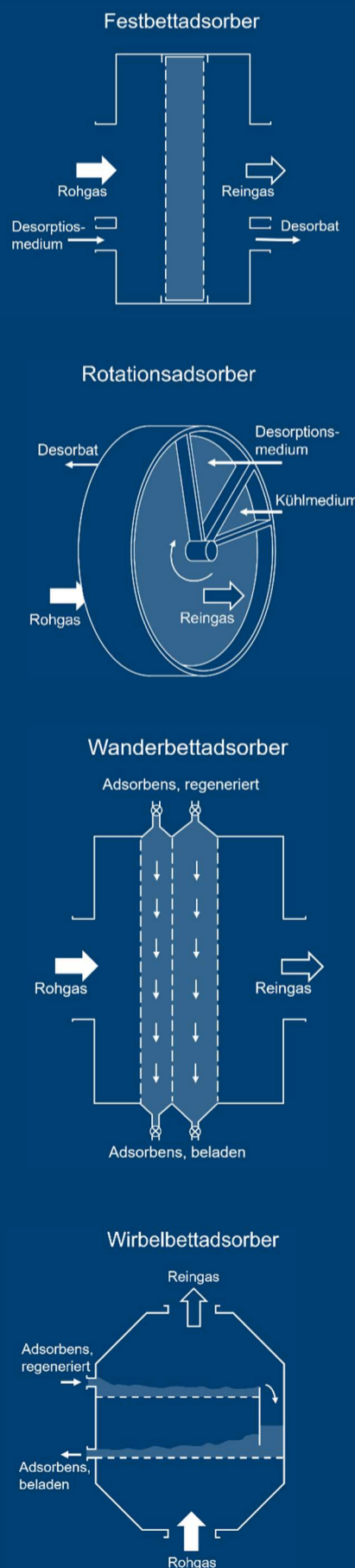
Aufgrund der meist zu geringen Abriebsfestigkeit von technischen Adsorbentzien, werden Wanderbett- und Wirbelbettsysteme meist nur in Müllverbrennungsanlagen verwendet, worin das Adsorbens ebenfalls vernichtet wird. Der Bau eines Rotoradsorbers eignet sich bei niedrigen Konzentrationen von $<< 2 \text{ g/m}^3$ und bei Volumenströmen, die größer als $1.000 \text{ m}^3/\text{h}$ sind. Ein Vorteil ist der niedrige Druckverlust durch den Adsorber sowie eine kontinuierliche Prozessführung. Allerdings sind diese Systeme wesentlich teurer als konventionelle Festbettadsorber, weshalb oft ein „Opfer-Adsorber“ vorgeschaltet wird, um eine Versottung des Rotoradsorbers zu vermeiden. Versottung bedeutet, dass die Aktivkohlekörner sich durch die Adsorbentzien verkleben und es zu einer ungleichmäßigen Durchströmung kommt. Dadurch staut sich die Wärme an, was im schlimmsten Fall zu Adsorbentbränden führt.

Die Anwendung von Aktivkohle in Festbettadsorber ist eine einfache und kostengünstige Adsorbentmethode zur Beseitigung von VOC in geringen Schadstoffmengen. Durch die sich nicht bewegende Schüttung wird Abrieb des Adsorbens vermieden und der Adsorbentstrom muss nicht dosiert werden, wie bei Adsorbentarten mit bewegender Schüttung. Potential bietet der Festbettadsorber bei der Verringerung des Druckwiderstandes und der Desorption des Festbettes. Eine kontinuierliche Nutzung wie es bei Rotoradsorbentssystemen der Fall ist, ist nicht möglich.

Festbettadsorber

Nachfolgend werden die Einsatzgebiete sowie die Vor- und Nachteile des Festbettadsorbers aufgelistet.

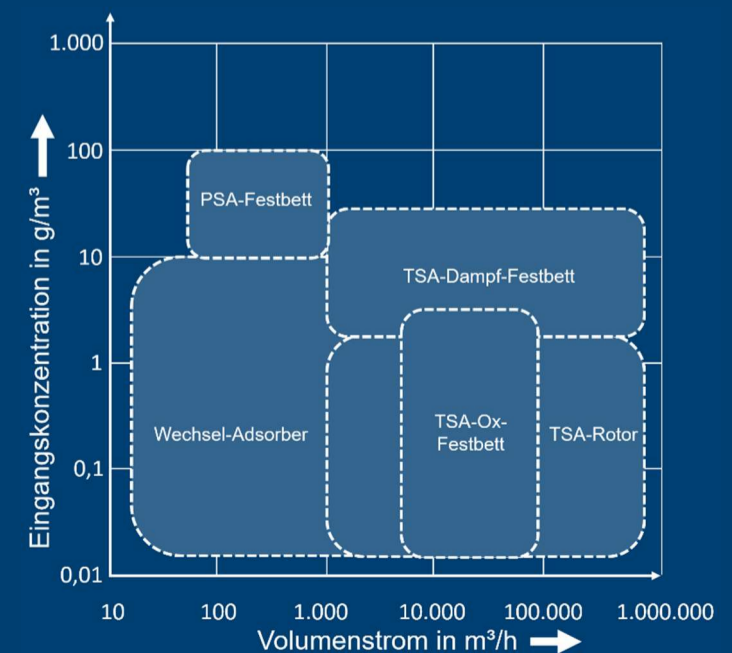
Einsatzgebiete	Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> Abgasreinigung Abwasserbehandlung Phenolabtrennung Lösemittelrückgewinnung SO₂-Abscheidung Pharmaindustrie Entfernung von H₂S 	<ul style="list-style-type: none"> Einfacher Aufbau Günstig Entfallen komplexer Schleusensysteme Geringer technischer Aufwand Nicht störanfällig Einfache technische Auslegung 	<ul style="list-style-type: none"> Möglichkeit der Versottung Hohe Druckverluste Ungleichmäßige Verteilung des Fluids Quasi-kontinuierlicher Prozess Gefahr durch Adsorbentbrände



Adsorbentbauarten, vgl. VDI 3674

PSA- und TSA-Systeme

Wie zuvor erwähnt wird der Festbettadsorber am häufigsten eingesetzt. Die Gruppe der Festbettadsorber lässt sich hierbei noch weiter unterteilen. Ein breites Anwendungsspektrum findet der Wechselbettadsorber, in der das beladene Adsorbens durch ein frisches ausgetauscht wird. Das beladene Adsorbens kann regeneriert und neu verwendet oder technisch sauber entsorgt werden. Im Konzentrationsbereich zwischen 10 und 100 g/m^3 werden nach Bathen häufig PSA-Festbettadsorber bei Volumenströmen bis $1.000 \text{ m}^3/\text{h}$ eingesetzt. PSA steht für **pressure swing adsorption** und sorgt für eine Regeneration des Adsorbens, indem verschiedene Druckniveaus angefahren werden. Durch den Unterdruck löst sich das aufkonzentrierte Adsorbent und kann in eine Thermische Nachverbrennung oder Kondensationsanlage verarbeitet werden. TSA-Systeme (**temperature swing adsorption**) arbeiten mit unterschiedlichen Temperaturniveaus (mit möglichen Kombinationen der Oxidation (TSA-Ox) oder Wasserdampfregeneration), um das Adsorbens zu regenerieren. Dazu wird meist Wasserdampf in den beladenen Adsorbent geleitet. Dies dient der Energiezufuhr, um die bestehenden Verbindungen aufzuspalten. Bei der Wasserdampfdesorption kann das Adsorbent im Wasser gelöst und über eine Destillation getrennt werden, was für die Rückgewinnung der Lösemittel genutzt wird. CSA-Systeme (**concentration swing adsorption**) durchströmen das beladene Festbett mit einem Volumenstrom, der eine geringere Konzentration aufweist, um eine Regeneration über das Gleichgewicht zu erhalten. Dieser Prozess benötigt viel Zeit, weswegen er in der Praxis kaum Anwendung findet. Aktuell wird an weiteren Desorbentverfahren geforscht, wie beispielsweise das elektrothermische Verfahren (**electric swing adsorption**), was in Stahlwerken zum Einsatz kommen kann.



Einsatzgebiete von Festbettadsorbentern