

# Aktivkohle und ihre Anwendung

# Aktivkohle und ihre Anwendung

## Vorwort

Seit Beginn der großtechnischen Herstellung von Aktivkohle zu Anfang des vorigen Jahrhunderts hat diese immer mehr an Bedeutung gewonnen. Die ständige Verbesserung und Optimierung der Herstellungsverfahren sowie neue Ausgangsmaterialien haben zu dem heutigen hochentwickelten Stand der Adsorptionstechnik geführt.

Donau Carbon, ein Unternehmen der Donau Chemie Gruppe, befaßt sich seit mehreren Jahrzehnten mit der Entwicklung, dem Vertrieb und der großtechnischen Anwendung von Aktivkohle sowie dem Bau von Anlagen für deren Einsatz.

Bei vielen Verfahren in der Industrie steht Aktivkohle im Mittelpunkt. Umweltprobleme in den Bereichen Luft und Wasser werden durch den Einsatz von Aktivkohle gelöst und führen zu immer neuen Anwendungen.



Besonderes Interesse in Verbindung mit dem Umweltschutz gilt heute der Reaktivierung beladener Aktivkohlen und der anschließenden Wiederverwendung, sowie die Verwertung nicht mehr regenerierbarer bzw. reaktivierbarer Aktivkohlen.

Diese Broschüre soll einen Überblick über die Herstellung, die Eigenschaften sowie die Einsatzmöglichkeiten von Aktivkohlen in den unterschiedlichsten Anwendungsgebieten geben.

Für weitere Auskünfte sowie für die Beratung bei speziellen technischen Problemen stehen Ihnen unsere Anwendungstechniker sowie unser Speziallabor für Adsorptionstechnik zur Verfügung.

## Inhaltsverzeichnis

Allgemeines	4
Aktivkohle - Herstellung und Produktformen	4
Adsorption an Aktivkohle	5
Mathematische Modelle zur Beschreibung von Adsorptionsvorgängen	6
Einflüsse auf die Adsorption	7
Kenndaten und Leistungsprüfungen	8
Anwendungstechnik Gasreinigung	10
Anwendungstechnik Wasserreinigung	11
Anwendungstechnik Entfärbung und Reinigung von Flüssigkeiten	13
Reaktivierung	15
Verwertung	15

## Allgemeines

Gegen Ende des 18. Jahrhunderts wurde erstmals die Adsorptionswirkung von Holzkohle beobachtet. Man stellte fest, daß Holzkohle in der Lage war, bestimmte Flüssigkeiten zu entfärben. Diese Entdeckung führte 1794 zur ersten industriellen Anwendung von Holzkohle in einer englischen Zuckerraffinerie.

Erst mit dem Patent von R. v. Ostrejko aus dem Jahre 1901 begann die moderne Technik zur Aktivkohleherstellung.

Aktivkohlen kommen heute in den verschiedensten Industriezweigen zum **Einsatz**. Hierzu zählen die **Gas- und Luftreinigung** mit den traditionellen Anwendungen der Rückgewinnung von Wertstoffen. Das zunehmende Umweltbewußtsein und die Festlegung von Emissionsgrenzwerten haben zu weiteren Anwendungen speziell bei der Entfernung von Schadstoffen aus der Abluft geführt.

Aktivkohle dient darüber hinaus in immer stärkerem Maße zur **Aufbereitung von Wässern wie Trinkwasser, Grundwasser, Brauch- und Abwasser**. Sie wird hier in erster Linie zur Adsorption der im Wasser gelösten organischen Verunreinigungen verwendet sowie zur Entfernung von Geruchs-, Geschmacks- und Farbstoffen, von halogenierten Kohlenwasserstoffen und anderen organischen Schadstoffen.

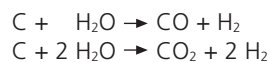
Ein weiteres sehr vielfältiges Einsatzgebiet für Aktivkohlen ist die **Reinigung und Entfärbung** in der Flüssigphase, wie sie in der chemischen und pharmazeutischen Industrie, Lebensmittelindustrie, Getränkeindustrie und anderen Industriezweigen Anwendung findet.

Die **Auswahl** einer für ein bestimmtes Anwendungsgebiet optimalen Aktivkohle hängt von den physikalischen und chemischen Eigenschaften der zu adsorbierenden Stoffe ab. Neben diesen Stoffdaten spielen beim Adsorptionsprozeß weitere verfahrensspezifische Faktoren eine Rolle.

## Aktivkohle – Herstellung und Produktformen

Als Ausgangsmaterial zur Herstellung von Aktivkohlen dienen kohlenstoffhaltige **Rohstoffe** wie Holz, Torf, Braunkohle, Steinkohle, Fruchtkerne wie Olivenkerne, Kokosnußschalen u. a. Die Aktivierung dieser Stoffe kann nach zwei verschiedenen Verfahren erfolgen.

Bei der **Gasaktivierung** geht man von bereits verkoktem Material aus und setzt dieses dem oxidierenden Einfluß eines Gasstromes, wie z.B. Wasserdampf, Kohlendioxid, Luft oder deren Gemische aus. Die Aktivierungstemperatur liegt bei etwa 700 – 1 000 °C, wobei der Kohlenstoff nach der Wassergasreaktion



partiell verbrannt wird und somit ein poröses hochaktives Kohlenstoffgerüst entsteht.

Bei der **chemischen Aktivierung** mischt man zunächst meist unverkohltes, kohlenstoffhaltiges Material mit dehydratisierenden und oxidierend wirkenden Chemikalien. Anschließend wird die "Maische" auf 400 – 800 °C erhitzt. Die Aktivierungsmittel – es können dafür Zinkchlorid, Phosphorsäure, Schwefelsäure u. a. in Frage kommen – werden anschließend ausgewaschen und zurückgewonnen.

Die Aktivierung selbst wird in **Drehrohr-, Etagen-, Schacht-, Wirbelschichtöfen oder Fließbettreaktoren** ausgeführt.

Die gängigen **Produktformen** für Aktivkohlen sind:

- geformt (meist in Form von zylindrischen Pellets)
- gebrochen (Granulat oder Bruchaktivkohle) und
- pulverförmig in definierten Korngrößen.

Spezielle Herstellungsarten sind:

- kugelförmige Aktivkohlen sowie
- Aktivkohlefasern bzw. Faser-matten und
- sogenannte "Honeycombs".

Die Herstellungs- und Aktivierungsart, sowie der zugrundeliegende Rohstoff beeinflussen in entscheidendem Maße die **Eigenschaften** der Aktivkohle in Bezug auf das Adsorptionsvermögen bei der Anwendung. Insbesondere die Größe der inneren Oberfläche und die Porenstruktur sind stark abhängig vom Aktivierungsprozeß.

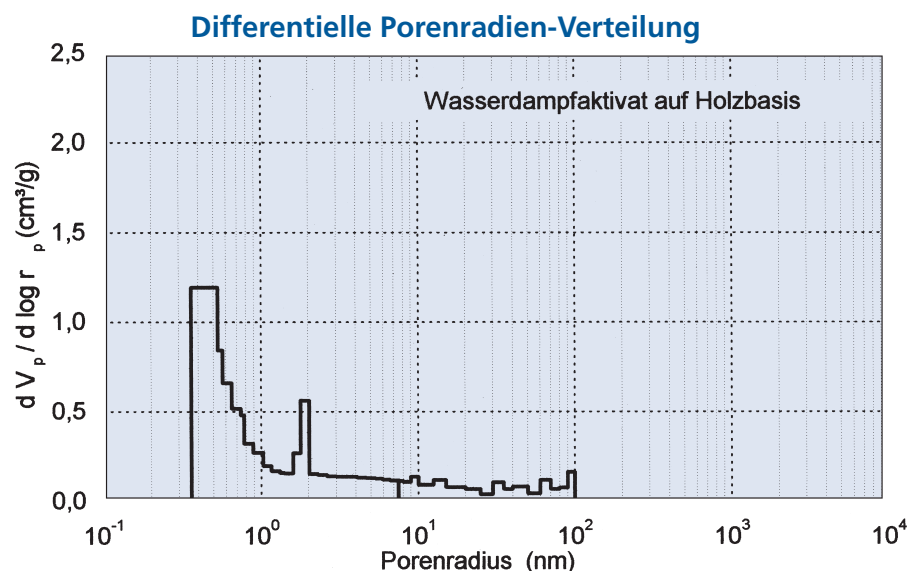


Abb. 1a

**Abb. 1a + 1b** zeigen die differentielle Porenradialenverteilung von unterschiedlich aktivierten Pulverkohlen. Hierbei wird die Porenradialenverteilung nur im Bereich bis zu 100 nm ausgewertet, da man bei

größeren Porenradialen bei der Messung mit der Quecksilberporosimetrie bei Pulverkohlen nicht mehr zwischen Porenradialen und Zwischenkornabstand unterscheiden kann.

## Differentielle Porenradien-Verteilung

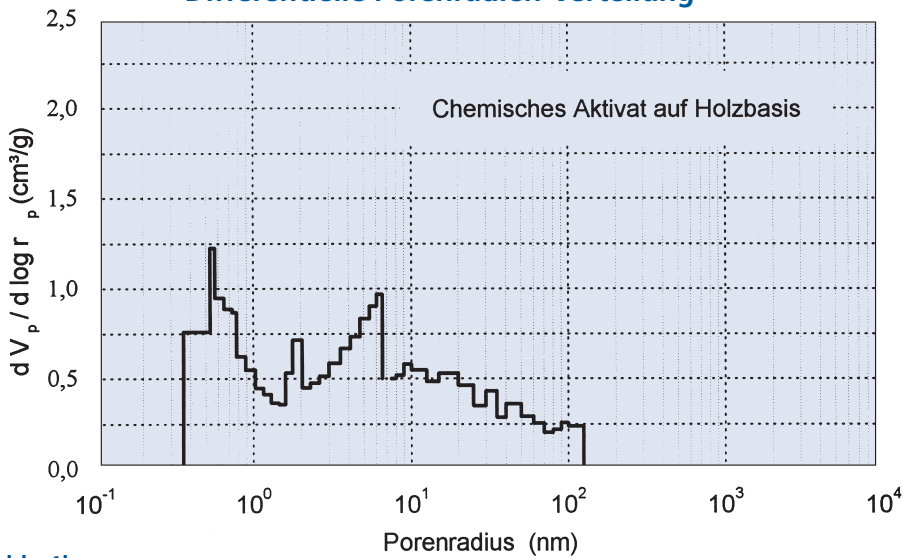


Abb. 1b

### Adsorption an Aktivkohle

Unter **Adsorption** versteht man die Anreicherung von gasförmigen oder in Flüssigkeiten gelösten Stoffen an der Oberfläche von Festkörpern. Die Adsorption ist primär ein physikalischer Vorgang, d.h. die angelagerten Stoffe gehen keine echte chemische Bindung mit dem Festkörper ein. Man bezeichnet den adsorbierenden Feststoff als Adsorptionsmittel oder **Adsorbens** und die zu adsorbierende Komponente in der Flüssig- oder Gasphase als **Adsorptiv**.

Bringt man auf ein Adsorbens chemische Substanzen (Imprägnierungen) auf, können diese mit den abzuschneidenden gasförmigen Stoffen reagieren. Hierbei handelt es sich um eine **Chemisorption**. Die angelagerten Stoffe werden dabei chemisch umgewandelt.

Bei der Adsorption werden Anziehungskräfte im Molekularbereich, die sogenannten van-der-Waals-Kräfte wirksam. Ein wichtiges Phänomen bei Adsorptionsvorgängen in der Gasphase ist hierbei die **Kapillarkondensation**, die in den Poren der Aktivkohle mit zunehmender Anreicherung eine Kondensation der adsorbierten Dämpfe hervorruft. Mit diesem Effekt, der vorrangig im Mikroporenbereich auftritt, werden weitaus höhere Beladungen erzielt als durch reine Adsorption.

Bei der Adsorption handelt es sich stets um einen exothermen Prozeß, d.h. es wird **Adsorptionswärme** freigesetzt. Diese physikalisch bedingte Wärmetönung kann durch chemische Vorgänge zwischen

reaktiven Oberflächenoxiden frischer Aktivkohle mit den zu adsorbierenden Stoffen erheblich verstärkt werden. Mit zunehmender Beladung nimmt die Adsorptionswärme ab. Dennoch kann die Erwärmung der Aktivkohle infolge der bei der Kapillarkondensation freierwerdenden Kondensationswärme weiter ansteigen.

Die Adsorption ist in der Regel reversibel, die Umkehrung der Adsorption bezeichnet man als **Desorption**. Technisch wird die Regenerierung beladener Aktivkohlen durch Zufuhr von Wärme z.B. mit Wasserdampf,

Heißgas oder auch Vakuum erzielt. Die damit ermöglichte Wiedergewinnung des Adsorptivs spielt z.B. in der Lösemittelrückgewinnung eine große Rolle.

Bringt man ein Adsorbens wie Aktivkohle in Kontakt mit einer wässrigen Lösung, oder einem gasförmigen Medium, welches ein Adsorptiv enthält, so erniedrigt sich dessen Konzentration, indem sich die Aktivkohle belädt. Nach hinreichend langer Zeit stellt sich ein stationärer Zustand zwischen der Sorptivkonzentration in der flüssigen oder gasförmigen Phase und der Beladung des Adsorbens ein, den man als **Adsorptionsgleichgewicht** bezeichnet.

Die Höhe der Beladung eines Stoffes auf der Aktivkohle gegenüber einer in der umgebenden Phase in bestimmter Konzentration vorliegenden Substanz bezeichnet man als **Adsorptionskapazität**. Die maximal erreichbare Beladung hängt in erster Linie ab von den charakteristischen Eigenschaften des Adsorbens, den Eigenschaften des Sorptivs, sowie von weiteren physikalischen und chemischen Bedingungen des Adsorptionsprozesses.

In Abhängigkeit von der Konzentration des zu adsorbierenden Stoffes und der Temperatur erhält man **Adsorptionsisothermen (Abb.2)**. Dieses stoffabhängige Gleichgewicht läßt sich für viele Stoffe durch empirische Isothermengleichungen sowohl in der Flüssigphase als auch in der Gasphase berechnen.

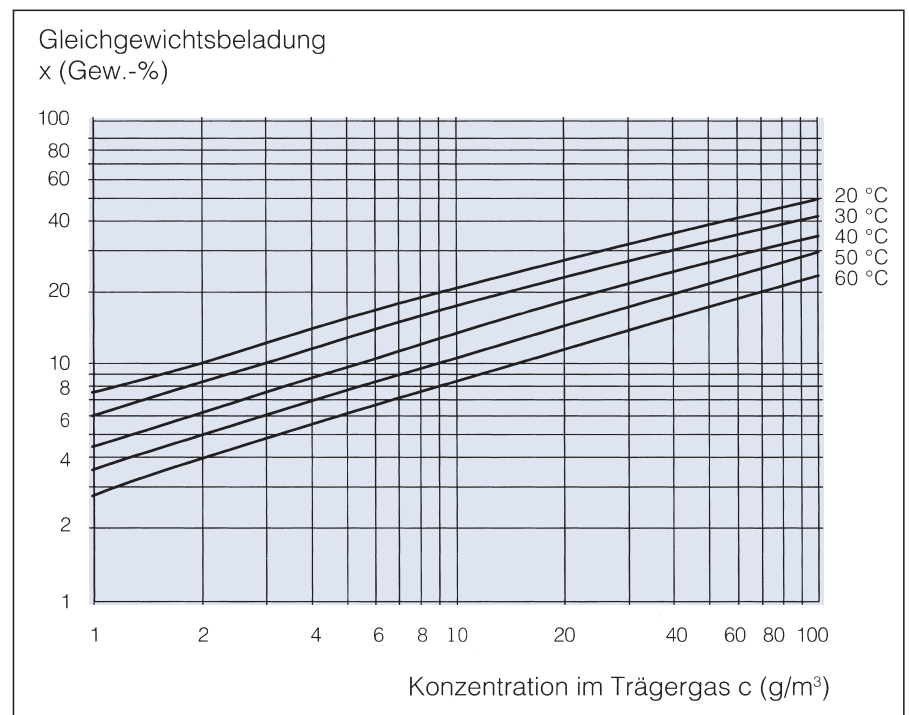


Abb. 2

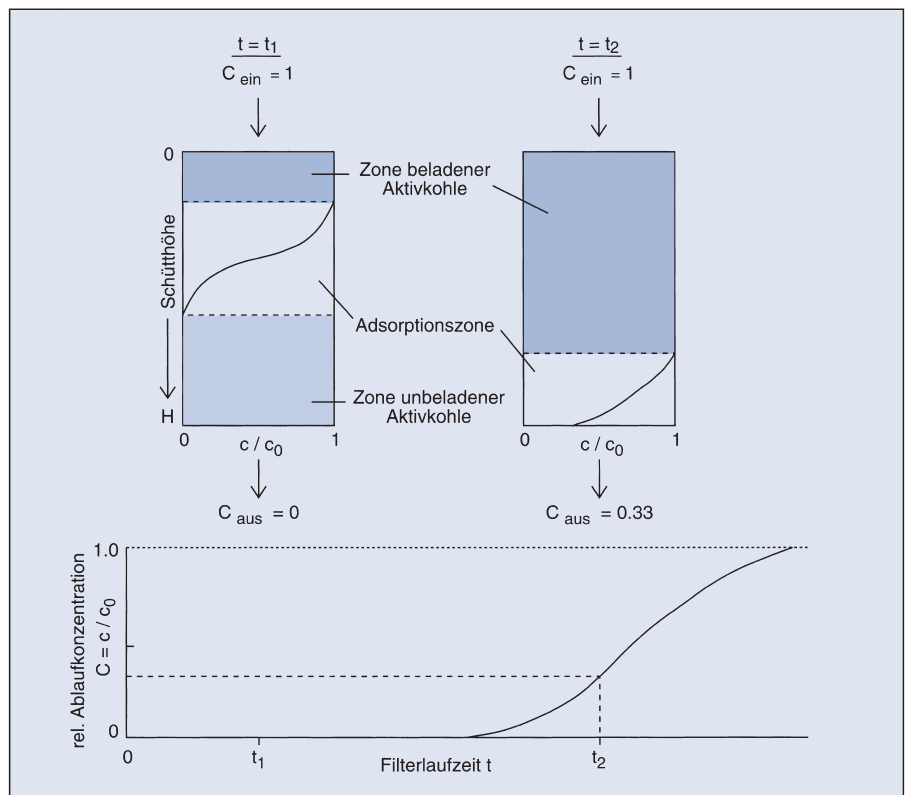
Die **Adsorptionsgeschwindigkeit** ist u.a. von der Art der Aktivkohle, der Korngröße, der Porenradialhäufigkeit und -verteilung, den physikalisch-chemischen Eigenschaften der zu adsorbierenden Substanz, der Beschaffenheit der umgebenden Gas- oder Flüssigphase und von verfahrenstechnischen Parametern abhängig. Mit fortschreitender Sättigung der Aktivkohle vermindert sich die Adsorptionsgeschwindigkeit.

Beim Festbettverfahren durchströmt das zu reinigende Medium die mit Aktivkohle gefüllten Adsorber und gibt dabei Sorptiv an die Aktivkohle ab. Jede Konzentrationsabnahme im zu reinigendem Medium führt zu einem Beladungszuwachs auf der Aktivkohle und es bildet sich ein Beladungsprofil in der Adsorbens-Schüttung bzw. ein korrespondierendes Konzentrationsprofil im Zwischenkornvolumen der entsprechenden Aktivkohleschüttung aus. Innerhalb dieses Profils fällt die Konzentration von ihrem Eingangswert bis auf die Ausgangskonzentration (**vergl. Abb.3**)

Unter der **Adsorptionszone** versteht man das Konzentrationsgefälle, das sich während des Adsorptionsvorgangs längs einer Aktivkohleschicht ausbildet, wobei die Ausgangskonzentration auf einen beliebig kleinen Wert absinkt. In der Technik kann die Länge der Adsorptionszone durch unterschiedliche Faktoren wie Feuchtigkeit, Verunreinigungen (Matrixeffekte) sowie Verdrängungseffekte bei Anwendung auf verschiedene Adsorptivkomponenten beeinflusst werden.

Die Aktivkohle ist auf der Eintrittseite dem Adsorptionsgleichgewicht entsprechend beladen und auf der Austrittseite des Adsorbens zunächst unbeladen. Das Konzentrations- und Beladungsprofil wandert mit zunehmender Betriebszeit in Durchströmrichtung. Erreicht diese Zone das Ende des Aktivkohlebettes, so steigt die Sorptivkonzentration im Filterauslaß an, bis schließlich die Austrittskonzentration gleich der Eintrittskonzentration ist.

Trägt man den **Konzentrationsverlauf** in Abhängigkeit von der Säulenlänge auf, so erhält man eine Durchbruchkurve, wie in **Abb.3** in etwa wiedergegeben. Die Ausnutzung der Aktivkohle wird um so besser, je höher die Schicht im Vergleich zur Länge der Adsorptionszone ist. Dies bedeutet, daß die Wirtschaftlichkeit eines Perkolationsverfahrens entscheidend von dem Verlauf der Adsorptionszone beeinflusst wird. Bildet sich eine lange Adsorptionszone aus, so werden auch hohe Aktivkohleschüttungen benötigt. Die Abhängigkeit der Ablaufkonzentration von der Betriebszeit des Adsorbens wird im allgemeinen als **Durchbruchverhalten** bezeichnet.



**Abb. 3**

Treten im Festbettverfahren nach der Aktivkohleschicht im gereinigten Medienstrom die ersten Spuren der zu adsorbierenden Substanz auf, so bezeichnet man dies als Durchbruch. Die bis dahin erreichte Beladungshöhe auf der Aktivkohle nennt man die **Durchbruchbeladung**.

Unter **Rückhaltevermögen** versteht man die Fähigkeit der Aktivkohle, eine adsorbierte Substanz festzuhalten. Ein gutes Rückhaltevermögen erschwert die Desorption und ist dann erwünscht, wenn keine Regenerierung vorgesehen ist.

Die **Restbeladung** ist die Stoffmenge, die aus wirtschaftlichen Gründen (z.B. hoher Dampfverbrauch bei der Regenerierung) durch die Desorption nicht vollständig aus der Aktivkohle ausgetrieben wird. Die Adsorptionskapazität für die folgende Adsorptionsphase reduziert sich entsprechend der Restbeladung. Als **Zusatzbeladung** bezeichnet man bei regenerierten Aktivkohlen die um die Restbeladung reduzierte, praktisch nutzbare Beladungshöhe.

Für die Dimensionierung eines Filters oder Adsorbens ist der zeitliche Verlauf des Adsorptionsvorganges entscheidend. Dabei spielen nicht nur vorliegende Diffusionsmechanismen eine Rolle, sondern auch die summarische Abhängigkeit der Konzentrationsminderung von der Zeit und der Einfluß der Betriebsbedingungen der durchströmten Aktivkohleschicht.

### Mathematische Modelle zur Beschreibung von Adsorptionsvorgängen

#### Einzelstoffe

Wie bei allen physikalisch-chemischen Prozessen stellt sich zwischen der Adsorption und ihrer Umkehrung ein Gleichgewicht

Adsorption  $\rightleftharpoons$  Desorption

ein, das durch die Freundlich-Gleichung beschrieben wird. Das Adsorptionsgleichgewicht ist eine Funktion der Temperatur. Es hängt auch von der Art des Adsorptivs, vom pH-Wert und von der Aktivkohlesorte ab.

In der Gasphase begünstigen Temperaturenniedrigungen die Adsorption; in der Flüssigphase arbeitet man, insbesondere bei der Behandlung viskoser Flüssigkeiten, häufig bei erhöhten Temperaturen, da dann die Vorteile höherer Diffusionsgeschwindigkeiten und niedrigerer Viskositäten überwiegen.

Der für jeden Adsorptionsvorgang spezifische Zusammenhang zwischen Beladung und Restkonzentration bei konstanter Temperatur bildet eine Isotherme, die in verschiedenen Isothermengleichungen mathematisch beschrieben wird.

Für die Adsorption in wässrigen Lösungen wird nahezu ausschließlich die Isothermengleichung nach **Freundlich** herangezogen:

$$Q = k \cdot c^n$$

Hierin bedeuten:

- Q ... Beladung des Sorbens (mg/g; g/g; Gew.% etc.)  
 c ... Restkonzentration des Sorbtivs in der wässrigen Lösung (mg/l; g/m<sup>3</sup>; ml/m<sup>3</sup> etc.)  
 k, n ... Konstanten

Die Konstante k entspricht im Zahlenwert der Beladung bei der Restkonzentration 1,0. Die Angabe des k-Wertes ist nur sinnvoll in Verbindung mit den gewählten Einheiten der Beladung und Konzentration.

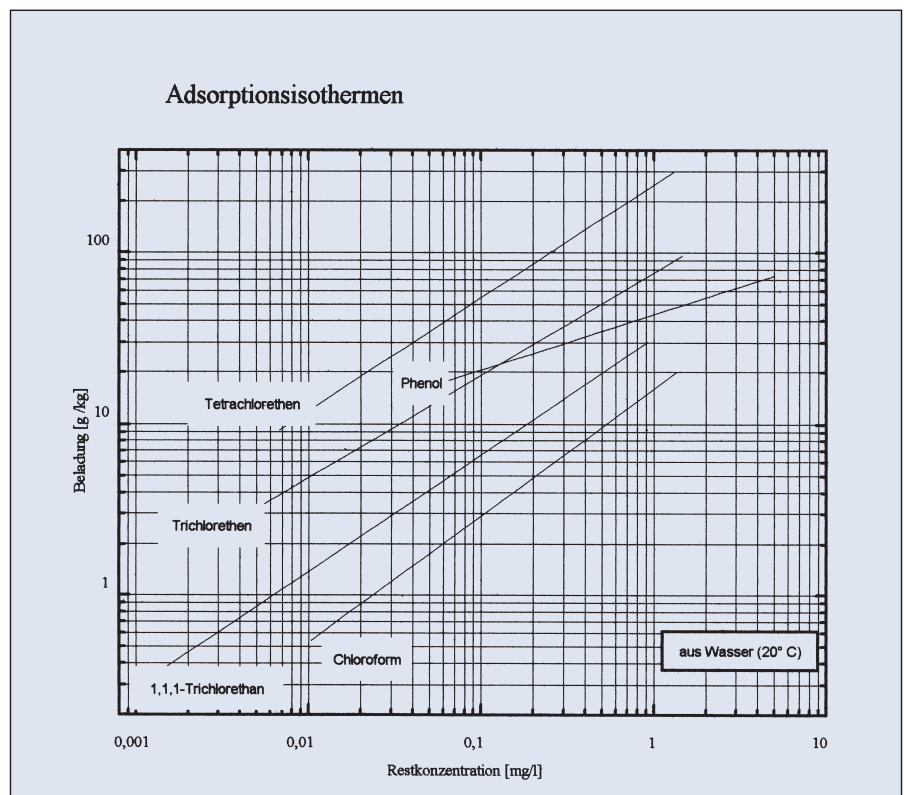
Zur graphischen Darstellung der Adsorptionsisothermen werden die experimentell ermittelten Gleichgewichtsbeladungen für verschiedene Konzentrationen in ein doppellogarithmisches Koordinatensystem eingetragen. Bei Gültigkeit der Freundlich-Gleichung erhält man eine Gerade; dies ist für die meisten Stoffe innerhalb eines gewissen Konzentrationsbereiches der Fall. (s. **Abb.4**)

Der Exponent n entspricht der Steigung der Geraden.

#### Vielstoffgemische

In der Praxis sind Flüssigkeiten häufig mit mehreren Schadstoffen verunreinigt. Bei der Adsorption konkurrieren dann die verschiedenen Gemischkomponenten um die Adsorptionsplätze in der Aktivkohle und es kommt zu Überlagerungen und zu Verdrängungseffekten. Dies hat zur Folge, daß sich die Beladehöhe für die Einzelkomponenten bei der simultanen Adsorption anderer Stoffe erniedrigt; sie ist um so geringer, je besser die anderen Stoffe adsorbierbar sind.

Die Lage der Adsorptionsisothermen jedes Einzelstoffes wird von der Konzentration und der Adsorbierbarkeit der anderen Gemischkomponenten beeinflusst, weshalb man in diesem Fall die Freundlich-Gleichung zur Bestimmung der Einzelstoff-Isothermen nicht zufriedenstellend heranziehen kann. Die Berechnung der gegenseitigen Beeinflussung des Adsorptionsverhaltens ist kompliziert und setzt die Kenntnis der Gemischzusammensetzung und der Adsorptionsisothermen der Einzelstoffe voraus.



**Abb. 4**

#### Adsorptionskinetik

Das Adsorptionsgleichgewicht stellt sich nicht spontan ein, da Sorptivmoleküle zunächst von der Lösung an das Adsorptionskorn transportiert werden müssen und dann von der Kornoberfläche weiter in das Korninnere diffundieren. Der zeitliche Ablauf der Adsorption bis zum Erreichen des Gleichgewichtszustandes wird als Adsorptionskinetik bezeichnet.

Korngröße und Porenstruktur beeinflussen in starkem Maße die kinetischen Eigenschaften von Aktivkohlen. Je kleiner die Korngröße, desto kürzer sind die Wege, die ein Sorptiv von der freien Lösung bis an den Adsorptionsplatz zurückzulegen hat und um so schneller erfolgt die Adsorption.

Bei der Anwendung von Pulverkohlen ist deshalb das Adsorptionsgleichgewicht am schnellsten erreicht.

Bei Kornkohlen, wie sie üblicherweise in Festbettadsorbern eingesetzt werden, gehen die Filtriergeschwindigkeit im Adsorber sowie die Korngröße der Aktivkohle maßgeblich in die Adsorptionskinetik ein.

#### Einflüsse auf die Adsorption

Neben den Eigenschaften der zu entfernenden Substanzen wie z.B.

- Chemische Eigenschaften des Moleküls
- Molekülgröße
- Hydrophilie
- Polarität

hängt die Adsorption wesentlich von den Eigenschaften des Adsorbens ab, wie z.B.

- Größe der inneren Oberfläche
- Porenstruktur
- Chemische Beschaffenheit

und von weiteren physikalisch-chemischen Bedingungen, wie z.B.

- Konzentration der zu entfernenden Substanzen
- Temperatur
- Zusammensetzung der Lösung bzw. des Gasgemisches
- pH-Wert der Lösungen bei Adsorption in der Flüssigphase
- Relative Feuchte bei Adsorption in der Gasphase

(s. **Abb.5 und 6**)

## Porenstruktur und innere Oberfläche

Da die Adsorption eine Anlagerung von Molekülen an der Oberfläche eines Adsorbens ist, hängt die adsorbierte Stoffmenge in starkem Maße von der Größe dieser Oberfläche ab. Dabei spielt die äußere Oberfläche eine untergeordnete Rolle. Vielmehr ist die Größe der inneren Oberfläche, der **BET-Oberfläche**, die durch unzählige Poren und Kapillaren in der Aktivkohle gebildet wird, von ausschlaggebender Bedeutung.

Die rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen vermitteln einen guten optischen Eindruck von der porösen Beschaffenheit der Aktivkohle (**s. Abb.7**)

Aktivkohlen für die Luft- und Gasreinigung besitzen in der Regel eine BET-Oberfläche in der Größenordnung 800 – 1500 m<sup>2</sup>/g. Aktivkohlen, die in der Wasserreinigung eingesetzt werden, weisen meist eine BET-Oberfläche von 500 – 1500 m<sup>2</sup>/g auf. Bei der Adsorption kommt neben der inneren Oberfläche der Porenradialverteilung eine besondere Bedeutung zu. **Abb. 8a + 8b** zeigen die Porenverteilung von zwei Kornkohlen auf unterschiedlicher Rohstoffbasis, wasserdampfaktiviert.

Bei der Charakterisierung der Porengröße wird zwischen Mikro-, Meso- und Makroporen unterschieden. Poren mit Radius bis 1 nm werden als Mikroporen bezeichnet. Diese Poren tragen entscheidend zur Größe der inneren Oberfläche bei. Die Adsorption findet vorwiegend in den Mikro- und Mesoporen 1-25 nm statt. Die Makroporen mit Durchmessern > 25 nm sind Zugangsporen.

Bei der Rückgewinnung von schwer- bis mittelsiedenden Lösemitteln setzt man Aktivkohlesorten mit einer offenen Porenstruktur ein, die gute Desorptionseigenschaften aufweisen, während man bei leicht flüchtigen Stoffen Qualitäten mit hohem Mikroporenanteil einsetzt.

Bei der Adsorption aus Flüssigkeiten sind außerdem die Makroporen als Zuleitungsporen besonders für die Adsorptionskinetik entscheidend.

## Kenndaten und Leistungsprüfungen

Aktivkohlen weisen bedingt durch die verschiedenen Rohmaterialien und durch das jeweilige Aktivierungsverfahren zum Teil erhebliche Unterschiede hinsichtlich ihrer qualitativen und adsorptiven Eigenschaften auf, was aus den Kenndaten (Qualitätsmerkmalen) ersichtlich wird.

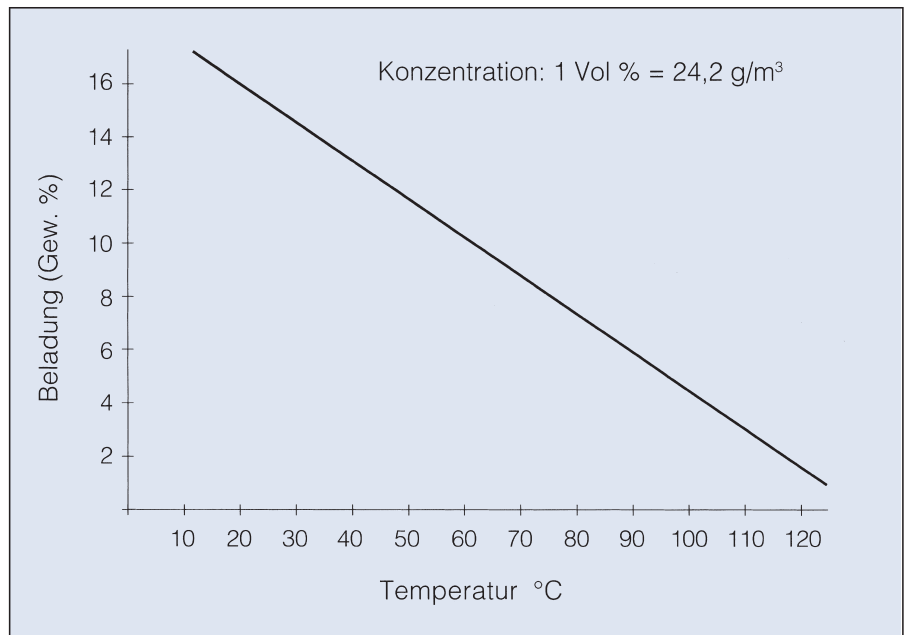


Abb. 5 Einfluß der Temperatur auf die Beladehöhe

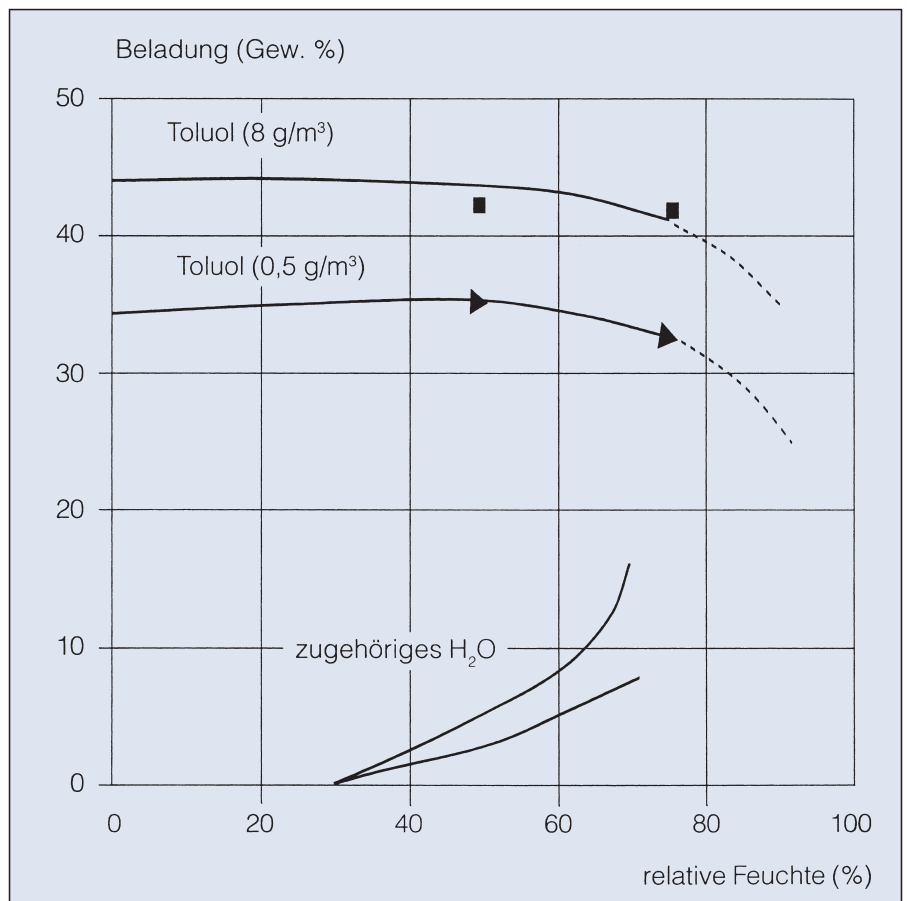


Abb. 6 Einfluß der relativen Feuchte auf die Beladehöhe



Zur Kennzeichnung der Eigenschaften werden im allgemeinen Standard-Kenn-daten ermittelt. Neben laboreigenen Prüfmethode kommen bevorzugt internationale Prüfvorschriften zur Anwendung, wobei insbesondere die Methoden nach

- ASTM (American Society for Testing and Materials),
- AWWA (American Water Works Association) und
- CEFIC (Conseil Européen des Fédérations de l'Industrie Chimique) zu nennen sind.

Für Wasserreinigungskohle gelten zusätzlich die Vorschriften der

- Europäischen Norm (DIN EN / CEN Comité Européen de Normalisation)

Für besondere Anwendungen werden Vorschriften wie z. B. Internationaler Weinkodex; und FCC (Food Chemicals Codex) berücksichtigt.

In Abhängigkeit von der Anwendung werden unterschiedliche Leistungsmerkmale ermittelt, die sowohl für die Qualitätssicherung als auch für die Erstellung von Analysenzertifikaten relevant sind.

Typische Prüfkriterien sind:

- Wassergehalt
- Aschegehalt
- pH-Wert
- Schüttdichte/Rütteldichte
- Jodadsorption
- Melasse-Entfärbungsleistung
- Methylenblauadsorption
- Tetrachlorkohlenstoff- bzw. Butan-Adsorption
- Adsorptionsisothermen von verschiedenen Lösemitteln z.B. Cyclohexan
- Kornverteilung / Siebanalyse
- Härte

Darüber hinaus werden spezielle Messungen durchgeführt wie z. B.:

- BET-Oberfläche
- Porenradienverteilung
- Phenolbeladung
- Chlorhalbwertlänge
- Wasser- und säurelösliche Anteile
- Sonstige Reinheitsprüfungen

Typische Testsubstanzen für Aktivkohlen in der Wasserreinigung sind z.B. Halogen-Kohlenwasserstoffe oder Phenol.

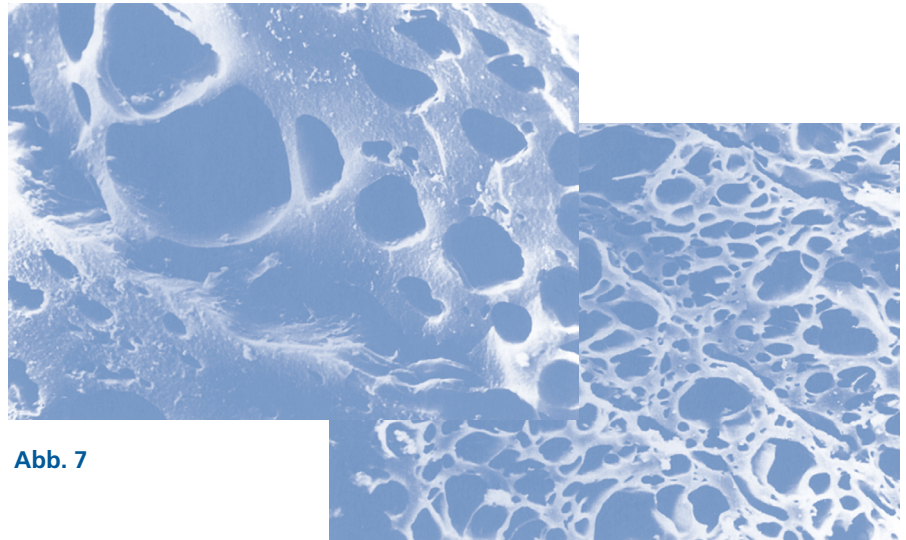


Abb. 7

### Differentielle Porenradien-Verteilung

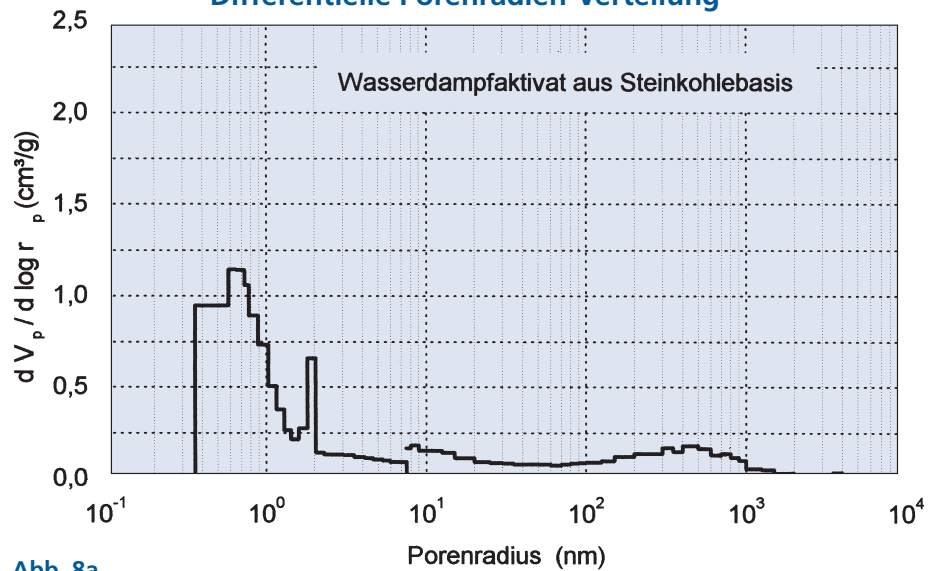


Abb. 8a

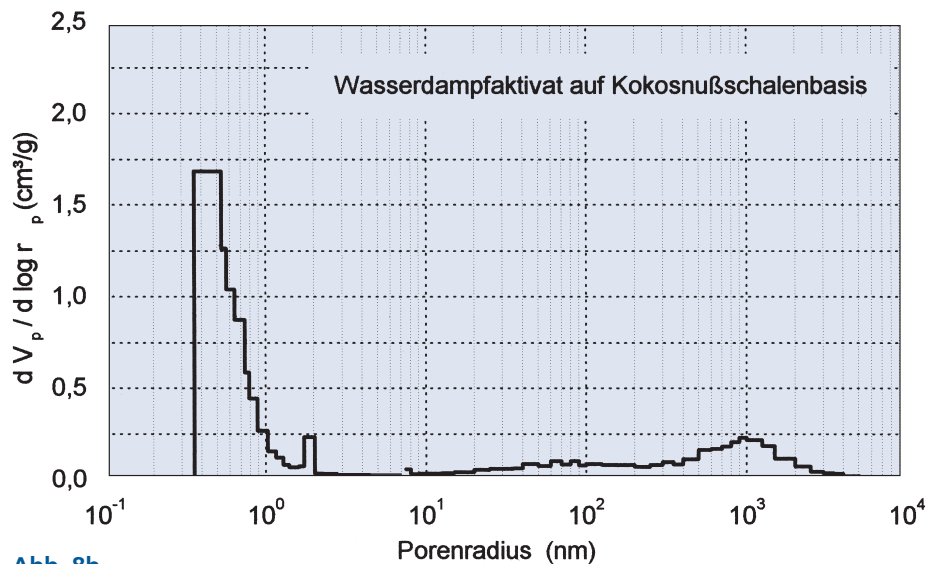


Abb. 8b

## BET-Oberfläche und differentielle Porenradienverteilung

Die innere Oberfläche von Aktivkohlen wird nach der *BET-Methode* (Brunauer-Emmert-Teller) bestimmt bzw. ausgewertet. Zu diesem Zweck wird die Stickstoffisotherme bei  $-196^{\circ}\text{C}$  gemessen und unter der Annahme einer monomolekularen Belegung von Stickstoffmolekülen an der inneren Oberfläche der Aktivkohle über den Flächenbedarf eines  $\text{N}_2$ -Moleküls (ca.  $0,16\text{ nm}^2$ ) die Oberfläche berechnet (DIN 66131).

Zur Erfassung des integralen Porenvolumens und der differentiellen Porenradienverteilung wird neben der Stickstoffadsorption bei  $-196^{\circ}\text{C}$  auch die Stickstoffdesorption bestimmt (DIN 66 134; ASTM D 4222). Die Auswertung erfolgt nach dem Verfahren von Barrett, Joyner und Halenda unter der Annahme zylindrischer Poren basierend auf der Kelvin-Gleichung (ASTM D 4641). Die Bestimmung der Porenradienverteilung im Makroporenbereich erfolgt durch Quecksilberintrusion (DIN 66 133; ASTM D 4284), die Auswertung basiert auf der Annahme zylindrischer Poren nach der Washburn-Gleichung.

Bei dem Porenvolumen einer Aktivkohle wird nach **IUPAC-Klassifizierung** zwischen Mikro-, Meso- und Makroporen unterschieden:

Mikroporen  $r = 0,2 - 1\text{ nm}$   
 Mesoporen  $r = 1 - 25\text{ nm}$   
 Makroporen  $r > 25\text{ nm}$

### Melasseprüfung

Zur Bestimmung der Entfärbungsleistung von Aktivkohlen wird vielfach der Melasstest als Standardmethode eingesetzt. Hierbei wird die Entfärbung einer standardisierten Melasselösung durch Aktivkohlen kolorimetrisch bestimmt (photometrische Extinktionsmessung) und mit einer Standardkohle verglichen.

Die Steigung, der nach Freundlich ermittelten Adsorptionsisotherme, erlaubt Aussagen über die Entfärbungsleistung einer Aktivkohle. (s. Abb. 9)

### Entfärbungskurven

Zur Beurteilung der Entfärbungsleistung verschiedener Aktivkohlen unter möglichst praxisnahen Bedingungen werden Entfärbungskurven mit den jeweils zu behandelnden Lösungen unter kundenspezifischen Bedingungen aufgenommen.

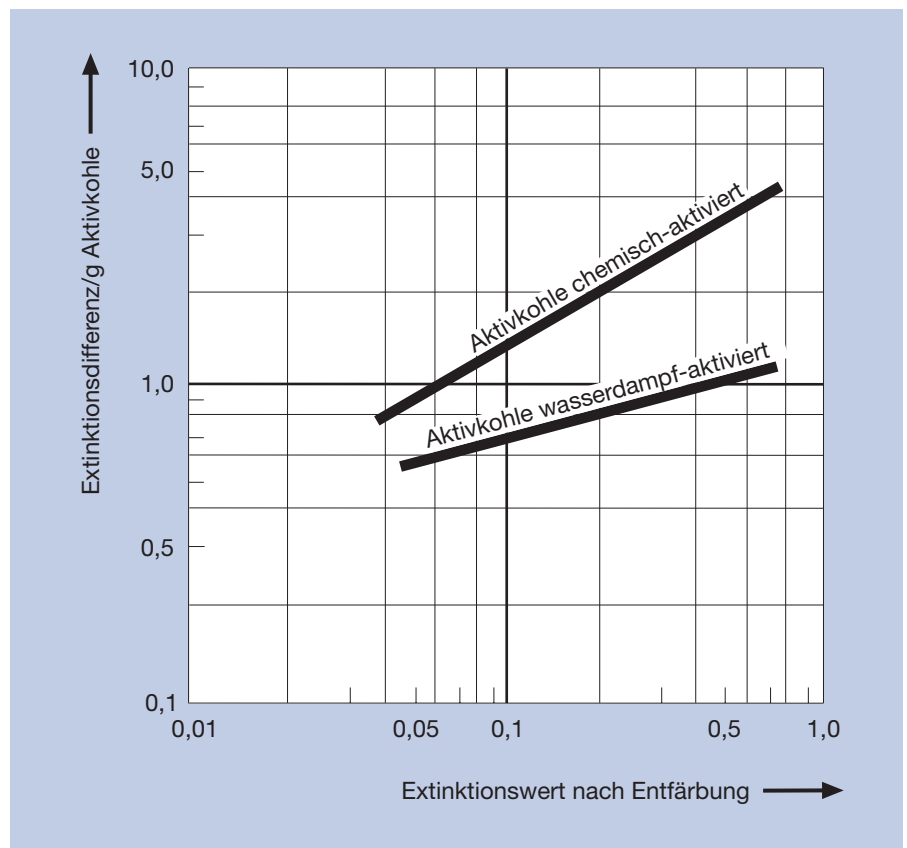


Abb. 9 Melasstest

Hierbei werden von der zu prüfenden Aktivkohle unterschiedliche Anwendungsmengen mit jeweils der gleichen Menge Lösung unter definierten Bedingungen von Temperatur und Kontaktzeit behandelt. Nach der Filtration wird die Restfarbe im Vergleich zur Bezugslösung, die dem gleichen Prozeß unterzogen wurde, photometrisch gemessen. Die Farbfilter werden nach der jeweiligen Komplementärfarbe ausgewählt.

Die prozentuale Abnahme der Extinktion der einzelnen Filtrate im Vergleich zur Extinktion der Bezugslösung wird gegen die angewandte Aktivkohlemenge in einem Diagramm aufgetragen. (s. Abb. 10)

### Methylenblautiter

Bei diesem Test wird ermittelt wieviel ml einer 0,15 %igen Methylenblautiterlösung durch 100 mg Aktivkohle (Trockensubstanz) innerhalb von 5 Min entfärbt werden.

### Anwendungstechnik Gasreinigung

In der Gasreinigung werden geformte oder gebrochene Aktivkohlen eingesetzt. Bevorzugt finden zylindrische Formkohlen Anwendung, da diese meist einen geringeren Strömungswiderstand und eine bessere Abriebhärte als Bruchkohlen aufweisen.

Die Anwendungsmöglichkeiten von körnigen Aktivkohlen im Bereich der Gas- und Abluftreinigung sind vielfältig:

Rückgewinnung von Lösemitteln, z. B. im Tiefdruck, bei Beschichtungen sowie in der Verpackungs-, Lebensmittel- und chemischen Industrie

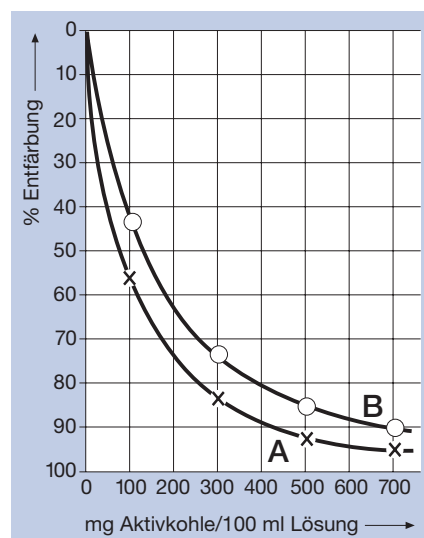


Abb. 10 Entfärbungskurven von zwei verschiedenen Aktivkohle-Sorten A und B

- Erdgasreinigung; Entfernung von Hg, H<sub>2</sub>S sowie BTX
- Abgasreinigung nach Abfallverbrennungsanlagen zur Entfernung von Dioxinen sowie Schwermetallen
- Abluftreinigung nach Produktionsprozessen zur Entfernung von organischen Verunreinigungen
- Reinigung von Prozeßgasen, z.B. CO<sub>2</sub>-Reinigung und Preßluftentölung
- Entfernung von Schadstoffen in Klimaanlagen sowie in Be- und Entlüftungsanlagen
- Entfernung von Geruchsstoffen in Küchendunstabzugshauben und Kühlschranksfiltern
- Vermeidung von Emissionen z.B. bei Abfüllanlagen und bei der Tankatmung im PKW und Industriebereich
- Entfernung von Schadstoffen bei der PKW-Innenraumbelüftung
- für Atemschutzmasken
- für Zigarren- und Zigarettenfilter
- als Trägermaterial für spezielle Imprägnierungen oder Katalysatoren

Donau Carbon bietet für die verschiedenen Anwendungen spezielle, auf die spezifischen Anforderungen abgestimmte Produkte der Typenreihe Supersorbon, Desorex, Contarbon, Oxorbon, Kombisorb, Sulfacid, Sulfosorbon und Alcarbon an.

- **Supersorbon-/Sulfosorbon**-Kohlen werden zur Lösemittelrückgewinnung in verschiedenen Industrien eingesetzt und sind Wasserdampf- bzw. Heißdampfregenerierbar.
- **Kombisorb**-Produkte werden in Festbettfiltern bei der Rauchgasreinigung zur Abscheidung von Dioxinen und Schwermetallen eingesetzt und eignen sich für den Einsatz bei höheren Temperaturen.
- **Desorex-/Oxorbon**-Kohlen werden zur Abscheidung von Kohlenwasserstoffen, BTX etc. aus der Abluft oder als imprägnierte Sorten zur Entfernung von H<sub>2</sub>S, Hg, PH<sub>3</sub> und weiteren Schadstoffen verwendet.

- **Sulfacid**-Katalysatoren eignen sich zur Abscheidung von SO<sub>2</sub> bei der Pigmentherstellung, in Röst- und Sintergasanlagen sowie in Schwefelsäureanlagen.
- **Contarbon**-Kohlen werden als Katalysatorträger eingesetzt.
- **Alcarbon**-Kohlen eignen sich aufgrund ihrer besonderen Härte und eines hohen Rückhaltevermögens speziell für den Filterbereich.

### Imprägnierte Aktivkohlen

Eine Reihe von Schadstoffen lassen sich aufgrund ihrer Eigenschaften nicht oder nur unzureichend durch Adsorption entfernen (z. B. Chlor, Ammoniak, Amine, Schwefeldioxid, Quecksilber, Schwefelwasserstoff, Mercaptane, Formaldehyd, Kohlenoxisulfid u.a.) Solche Substanzen können durch spezielle imprägnierte Aktivkohlen entfernt werden, die dann chemisorptiv wirken. Bei der Chemisorption werden die zu entfernenden Substanzen entweder chemisch von der aufgetragenen Imprägnierung gebunden oder durch diese in eine an Aktivkohle adsorbierbare Form überführt. Als Imprägniermittel kommen u.a. Metallsalze, Jod, Schwefel sowie Säuren und Laugen zum Einsatz.

### Bodenluft Absaugung

Ein bedeutendes Einsatzgebiet in Zusammenhang mit der Abluftreinigung ist die Sanierung verunreinigter Böden. Durch das Absaugen von Bodenluft werden die im Erdreich vorhandenen Lösemittel ausgebracht und können dann an Aktivkohle adsorbiert werden. Je nach Konzentration der Lösemittel in der abgesaugten Luft werden herkömmliche Adsorber oder auch Lösemittelrückgewinnungsanlagen eingesetzt.

Donau Carbon bietet für diese Anwendung u. a. Kompaktsysteme und mobile Adsorptionsanlagen mit dem erforderlichen Service.

### Anwendungstechnik Wasserreinigung

#### Aufgabenstellung

In der Wasserreinigung werden je nach Anwendungsgebiet und Verfahren pulverförmige (Einrührverfahren) oder körnige Aktivkohlen (Festbettverfahren) eingesetzt.

Die Aufgabenstellung für die Anwendung von Aktivkohlen in der Wasserreinigung hat sich im Laufe der Jahrzehnte wesentlich gewandelt.

Früher stand auf dem Gebiet der Trinkwasseraufbereitung die Entfernung von überschüssigem Chlor sowie die Eliminierung von Geschmacks- und Geruchsstoffen aus relativ guten Rohwässern im Vordergrund. Die sich immer mehr verschärfenden Qualitätsanforderungen an Trinkwasser verbunden mit steigender Schadstoffbelastung der Rohwässer (Grund- und Oberflächenwässer) führte zur Optimierung der Aktivkohlen, um einwandfreie Trinkwasserqualitäten zu garantieren. Parallel dazu entfielen durch Änderungen der Aufbereitungstechnik, wie z. B. der Hochchlorung ursprüngliche Aufgabenstellungen.

In den letzten Jahren hat sich der Einsatz von Aktivkohlen bei der Trinkwasseraufbereitung, bei der Sanierung von Grundwässern und bei der Behandlung von Brauchwässern immer weiter entwickelt. Ebenso wird in steigendem Maße Aktivkohle zur Abwasserreinigung benötigt, sei es zur gezielten Behandlung einzelner Abwasserströme, z. B. in der chemischen Industrie, zur Entfernung bakterientoxischer Substanzen zum Schutz der biologischen Abwasserbehandlung oder zur Nachreinigung des bereits behandelten Abwassers bei besonders strengen Einleitbedingungen. Ein weiteres Einsatzgebiet für Aktivkohle stellt die Deponiesickerwasserbehandlung dar.

Für den Bereich der Trink- und Abwasserbehandlung bietet Donau Carbon Aktivkohlen der Typenreihe **Hydraffin** in den Produktformen körnig oder pulverförmig an.

#### Festbettverfahren

Bei diesem Verfahren führt man das zu reinigende Medium über Schichten oder Schüttungen von körniger Aktivkohle, die sich in Filtern bzw. Adsorbern befindet. In der Wasserreinigung werden sowohl offene Filter als auch geschlossene Druckfilter eingesetzt. Bei größeren Wasserwerken kommen häufig offene aus Beton gefertigte Filterbecken zur Anwendung. Als ökonomischer und ökologischer Vorteil des Festbettverfahrens bietet sich für die im Adsorber eingesetzte körnige Aktivkohle die Möglichkeit einer thermischen Reaktivierung an.

#### Dosierverfahren

Bei der Reinigung von Wasser wird Pulveraktivkohle in das zu behandelnde Medium eingerührt. Hierbei wird pulverförmige Aktivkohle entweder trocken oder in Form einer wäßrigen Aufschlämmung zugegeben und nach einer bestimmten Reaktions-

zeit durch Filtration, meist unter Zusatz von Flockungsmitteln, zusammen mit anderen Trübstoffen über Kies, Mehrschichtfilter oder ein dem Anwendungsgebiet entsprechendes Filtersystem abgeschieden. Ein Vorteil der Pulverkohleanwendung liegt in der Möglichkeit einer zeitnahen, optimalen und gezielten Dosierung.

### **Trinkwasseraufbereitung**

In der Trinkwasseraufbereitung wird Aktivkohle heute meist in Kombination mit anderen Reinigungsverfahren, wie z. B. Flockung, Oxidation, Filtration etc. eingesetzt; sie kann dabei mehrere Aufgaben erfüllen.

#### *Adsorption gelöster organischer Substanzen*

Die Entfernung gelöster organischer Substanzen durch Aktivkohle beruht überwiegend auf Adsorptionsvorgängen. Der Reinigungseffekt kann beim Vorhandensein biologisch abbaubarer Substanzen durch Besiedelung der Aktivkohle mit Mikroorganismen verstärkt werden. Die Herkunft organischer Wasserinhaltsstoffe ist äußerst vielfältig. Bereits natürlich vorkommende Wässer können gelegentlich organische Substanzen wie Huminstoffe in Konzentrationen enthalten, die geschmacklich wahrnehmbar sind. Oberflächenwässer, und hier speziell die Flußwässer, enthalten auch als Uferfiltrat noch zahlreiche organische Verbindungen, von denen sich meist nur ein Bruchteil identifizieren läßt.

Immer wieder stellt man fest, daß auch Grundwässer mit chlorierten Kohlenwasserstoffen (CKW) oder organischen Verbindungen, die aus der intensiven Bewirtschaftung der Böden stammen, wie Pestizide, Herbizide, Insektizide, verunreinigt sind.

Speziell die durch den Menschen verursachten Verunreinigungen sind nicht nur in der Lage, Geruchs- oder Geschmacksbeeinträchtigungen hervorzurufen, sondern sie können bei jahrelangem Genuß auch toxische oder kanzerogene Wirkungen auf den Menschen ausüben.

Der Einsatz von Aktivkohle ermöglicht es, selbst kleinste Mengen dieser schädlichen Stoffe bei hoher Effektivität aus dem Wasser zu entfernen. Daher wurden für die Wasserreinigung spezielle, hochaktive, abriebfeste und gut reaktivierbare Aktivkohlen entwickelt.

#### *Entchlorung, Entozonung*

In der Wasserreinigung werden häufig zur Entkeimung und zur Entfernung organischer Substanzen Oxidationsmittel wie

Chlor, Hypochlorit, Chlordinoxid, Wasserstoffperoxid und Ozon eingesetzt. Der Oxidationsmittelüberschuß muß in den meisten Fällen wieder entfernt werden.

Dies kann man vorteilhaft mit körnigen Aktivkohlen durchführen, wobei die Oxidationsmittel an der Oberfläche katalytisch zersetzt werden.

Je kleiner die Korngröße einer Aktivkohle, desto besser ist die Entchlorungsleistung.

### **Grundwassersanierung**

Die Erfahrung hat leider gezeigt, daß Grundwässer immer wieder mit leichtflüchtigen Chlorkohlenwasserstoffen sowie anderen organischen Lösemitteln oder mit landwirtschaftlich eingesetzten organischen Substanzen verunreinigt sind.

Die am häufigsten nachgewiesenen Chlorkohlenwasserstoffe sind Tri- und Tetrachlorethylen (Per), Dichlormethan und 1.1.1.-Trichlorethan. Diese Stoffe sind zum Teil sehr langlebig, so daß sie, wenn sie ins Grundwasser gelangen und mit diesem weiträumig verteilt werden, auch noch Jahrzehnten nach dem Eintrag nachgewiesen werden können.

Die Sanierung solcher mit gelösten organischen Schadstoffen kontaminierter Grundwässer, z. B. im Rahmen von Grundwasserhaltung oder zur Aufbereitung von Grundwässern zu Trinkwasser, erfolgt praktisch immer mit Aktivkohle. Bei hohen Konzentrationen wird ggf. eine Strippanlage vorgeschaltet. Die mit den Schadstoffen belastete Strippluft kann ebenfalls mit Aktivkohle behandelt werden.

### **Brauchwasserbehandlung**

Bei der Behandlung von Brauchwasser treten im Prinzip die gleichen Probleme wie bei der Trinkwasserbereitung auf. Unter Brauchwasser versteht man ganz allgemein benutztes Wasser, das zum Zwecke seiner Wiederverwendung einer Reinigung unterzogen wird. Zu Brauchwasser zählen Kühlwasser, Kesselspeisewasser, Kondensat sowie Schwimmbadwasser und Aquarienwasser.

#### **Behandlung von Kesselspeisewasser**

Kesselspeisewasser für Hochdruckkessel muß frei von Sauerstoff sein, um Korrosionen zu vermeiden. Etwa vorhandener Sauerstoff wird daher durch die Zugabe von Hydrazinhydrat ( $N_2H_4 \cdot H_2O$ ) zu Stickstoff und Wasser umgesetzt. Diese Reaktion wird beim kalten Wasser durch Filtration über körnige Aktivkohle beschleunigt.

### **Behandlung von Kondensat und Kontaktwasser**

Heißes Kondensat ist manchmal durch Schmieröle verunreinigt. Vor Wiederverwendung dieses Kondensates, besonders in Hochdruckkesseln, muß der Ölgehalt möglichst vollständig entfernt werden. Bei stark belasteten Kondensaten ist es zweckmäßig, vor der Aktivkohlebehandlung eine Vorentölung durch einen Ölabscheider vorzunehmen.

Die Feinreinigung erfolgt dann über körnige Aktivkohle.

In enger Verbindung mit der Behandlung von Kondensat steht die Aufbereitung von Kontaktwasser. In Lösemittelrückgewinnungsanlagen fällt beim Ausdämpfen der Adsorber ein stark lösemittelhaltiges Kondensat an, das normalerweise aus einer organischen und einer wäßrigen Komponente besteht. Die wäßrige Phase (Kontaktwasser) ist mit Lösemittel gesättigt und wird in vielen Fällen zur Reinigung über Schichten körniger Aktivkohle geleitet.

### **Behandlung von Schwimmbadwasser**

Schwimmbadwasser wird in Umwälzanlagen teils mechanisch, teils chemisch behandelt. Für die Aufbereitung von Schwimm- und Badebeckenwasser gibt es verschiedene Verfahrenskombinationen die in der DIN 19643-1 bis 5 beschrieben sind. Durch die Filtration über Aktivkohle werden Chlor-Stickstoff-Verbindungen, halogenorganische Verbindungen (THM, AOX) und organische Verbindungen weitestgehend entfernt. Ferner werden Restgehalte an Ozon und Chlor eliminiert.

### **Behandlung von Aquarienwasser**

Aquarienwasser für Süß- und Seewasserfauna wird durch die Ausscheidungen der Tiere und durch Zersetzungsprodukte, die von den Futtermitteln herrühren, vergiftet. Diese Schadstoffe sowie Rückstände von Medikamenten können durch Filtration über Aktivkohle entfernt werden.

### **Abwasserreinigung**

Für das Gebiet der Abwasserreinigung stehen eine Vielzahl physikalischer, chemischer und biologischer Verfahren, von denen die Adsorption unter Anwendung von Aktivkohle immer mehr an Bedeutung gewinnt. Der Einsatz von Aktivkohle ist besonders dann zu empfehlen, wenn es sich um die Entfernung toxischer oder biologisch schwer abbaubarer organischer Substanzen handelt. Aktivkohle wird vorwiegend eingesetzt für die Reini-

gung von Abwässern aus der Papier-, Textil- und petrochemischen Industrie

In der Praxis ist es selten möglich, die im Abwasser enthaltenen Gemischkomponenten zu identifizieren, so daß anstatt deren Konzentrationen u.a. die Summenparameter wie z. B.

- DOC (gelöster organischer Kohlenstoff), DIN EN 1484
- CSB (chemischer Sauerstoffbedarf), DIN 38409 Teil 41/43
- AOX (adsorbierbare organische Halogene). DIN EN 1485

ermittelt werden. Da im Abwasser enthaltenen Verunreinigungen ein sehr unterschiedliches Adsorptionsverhalten aufweisen, ist es zur Festlegung von Auslegungsdaten für eine Aktivkohleanlage und zur Ermittlung der optimalen Aktivkohlequalität erforderlich, Versuche durchzuführen.

Für die unterschiedlichen Anwendungsgebiete im Bereich Wasser- und Abwasserbereitung verfügt Donau Carbon über eine Vielzahl pulverförmiger und körniger Hydrarffin-Sorten. Auch silberimprägnierte Aktivkohle-Qualitäten für Trinkwasserfilter zählen zu unserem Lieferprogramm.

### **Deponiesickerwasserbehandlung**

Bei der Behandlung von Sickerwässern aus Mülldeponien werden verschiedene Behandlungsverfahren angewendet.

Neben den Verfahren wie z.B Biologie, Fällung/Flockung, chemischen Oxidation, Umkehrosmose und Verdampfung spielt die Aktivkohle-Adsorption eine bedeutende Rolle.

Bei neueren Anlagen kommt Pulverkohle kaum noch zum Einsatz. Im Vordergrund steht die Anwendung von körnigen Aktivkohlen im Festbett mit anschließender Reaktivierung.

Oft wird die Adsorption im Anschluß an andere stoffreduzierende Behandlungsverfahren eingesetzt, wodurch die Aktivkohle-Anwendung effektiver wird. Durch die Adsorption werden biologisch schwer abbaubare CSB-Verbindungen und AOX-Komponenten entfernt. Die erreichbare Beladung ist im wesentlichen abhängig von der Zulaufkonzentration.

### **Anwendungstechnik Entfärbung und Reinigung von Flüssigkeiten**

Ein breites Anwendungsgebiet in der Adsorptionstechnik ist die Behandlung von Flüssigkeiten jeglicher Art, wie beispielsweise Zuckerlösungen, Glucose, Speiseölen und -Fetten, Glutamat, Würzen, Wein, Bier, Fruchtkonzentraten, Pflanzenextrakten, Chemikalien, Pharmazeutika u. a.

Neben der reinen Entfärbung hat die Aktivkohle auch die Aufgabe, andere gelöste organische Verunreinigungen sowie Geruchs- und Geschmacksstoffe adsorptiv zu entfernen.

Zur Anwendung kommen in der Regel pulverförmige Aktivkohlen der Typenreihe „**Carbopal**“ im Einrühr- bzw. Suspensionsverfahren oder in der Schichtenfiltration.

Bei der Pulverkohleanwendung ist zum Teil eine Mehrfachanwendung möglich.

Beim Einsatz von Festbettverfahren, den sog. Perkolationsverfahren, werden körnige Aktivkohlen der Typenreihe „**Epibon**“ eingesetzt, die sich durch eine offenporige Struktur und hervorragende Filtereigenschaften auszeichnen.

### **Einrühr- oder Suspensionsverfahren**

Bei dieser wohl am häufigsten angewendeten Methode wird die Aktivkohle entweder direkt in die zu behandelnde Lösung eingerührt oder in Form einer etwa 15%igen Suspension zudosiert. Diese Suspension kann unter Verwendung von Wasser, Kondensat oder der bereits gereinigten Lösung hergestellt werden.

Die Einwirkungszeit der Aktivkohle ist abzustimmen auf die physikalischen Eigenschaften der zu behandelnden Flüssigkeit wie z. B. Viskosität, Temperatur, pH-Wert sowie auf die zu entfernenden Stoffe. Kontaktzeiten von 15 bis 30 Minuten sind in den meisten Fällen ausreichend.

### **Schichtenfiltration / Perkolationsverfahren**

Bei dem weniger gebräuchlichen Verfahren der Schichtenfiltration wird durch Anschwemmen von pulverförmiger Aktivkohle auf ein Filterelement – falls erforderlich unter Verwendung von Filterhilfsmittel – eine Filterschicht aufgebaut, durch die dann die zu reinigende Lösung filtriert wird.

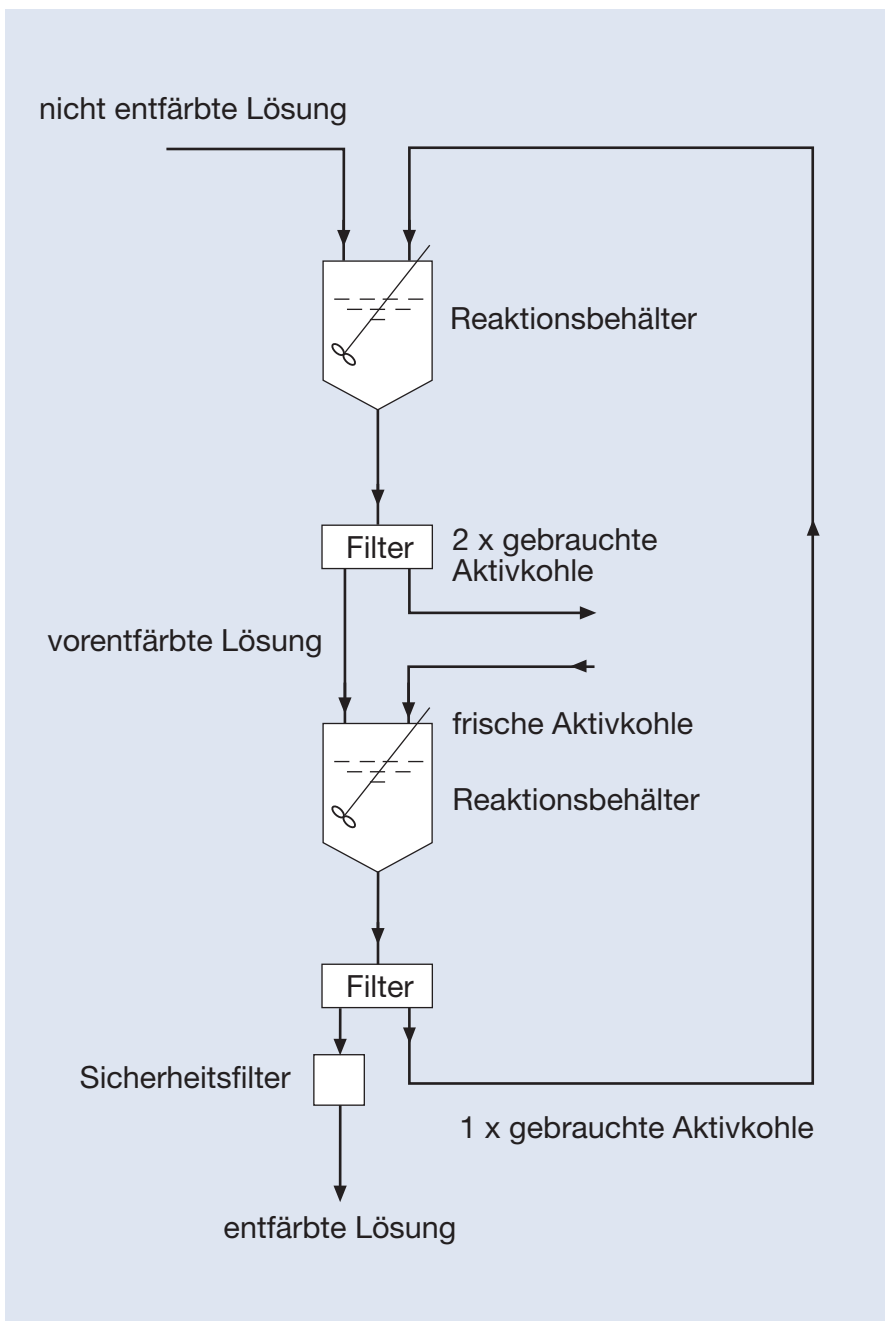
Die Schichtenfiltration ähnelt dem Perkolationsverfahren zur Entfärbung bzw. Reinigung von Lösungen, bei dem körnige Aktivkohle in Adsorptionssäulen eingesetzt

wird. Typisch für beide Verfahren ist die Konzentrationsverteilung in der Schicht bzw. der Adsorptionssäule: am Eintritt herrscht die höchste, am Austritt die niedrigste Konzentration vor. Mit zunehmender Beladung verschiebt sich diese Konzentrationsverteilung in Strömungsrichtung.

### **Mehrfachanwendung**

Bei der Adsorption stellt sich in der Aktivkohle in Abhängigkeit der Schadstoffkonzentration ein Gleichgewicht ein.

Nach einmaliger Anwendung im Einrührverfahren ist die Adsorptionskapazität einer Aktivkohle nicht erschöpft. Ihre Restkapazität hängt u. a. davon ab, an welchem Punkt sich das Adsorptionsgleichgewicht eingestellt hat. Liegt er niedrig, ist die Restkapazität noch groß. Die Adsorptionsleistung der Aktivkohle wird optimal genutzt, wenn man die zur Reinigung einer schwächer konzentrierten, vorbehandelten Lösung verwendete Aktivkohle ein zweites oder gar ein drittes Mal zur Behandlung einer jeweils dunkleren Lösung verwendet. Bei der Mehrfachanwendung wird die stark verunreinigte Ausgangslösung mit bereits gebrauchter Aktivkohle vorgereinigt und anschließend mit Frischkohle behandelt (s. **Abb.11**)



**Abb. 11 Zweistufige Anwendung pulverförmiger Aktivkohlen**

### Betriebliche Hinweise

Das Filtrationsverhalten von Pulverkohle hängt zum einen von der Mahlfeinheit, zum anderen aber auch ganz besonders von der Kornform des vermahlenden Aktivkohles ab.

Bei der Herstellung von pulverförmiger Aktivkohle wird der Mahlgrad auf optimale Filtriereigenschaften abgestimmt. Bei gewissen Begleitstoffen in der Lösung (z. B. Kolloide) kann es zu Filtrationsschwierigkeiten kommen.

In solchen Fällen empfiehlt es sich, Filterhilfsmittel wie z. B. Kieselerde, Perlite oder Cellulosefasern einzusetzen.

Hierbei wird zunächst eine Grundanschwemmung (precoat) des Filterhilfsmittels auf das Filterelement aufgebracht, bevor das Filter mit der mit Aktivkohle enthaltenden Lösung beaufschlagt wird.

In besonderen Fällen kann zusätzlich zur Aktivkohlesuspension Filterhilfsmittel dosiert werden. Die Adsorptionskapazität der Aktivkohle wird dadurch nicht beeinträchtigt.

Zur Abtrennung der pulverförmigen Aktivkohle eignen sich u. a. Filterpressen, Kerzenfilter und Vakuumdrehfilter.

### Einsatzgebiete

Unser Lieferprogramm für Aktivkohlen zur Entfärbung und Reinigung von Flüssigkeiten umfaßt eine Vielzahl, in ihrer Adsorptionsleistung und sonstigen Eigenschaften unterschiedlichen, Qualitäten für die verschiedenen Einsatzgebiete wie:

- Reinigung und Entfärbung von Weichmachern, Schellack, Glycerin, Enzymen, Paraffinen, Vaseline, Wachs, Feinchemikalien, organischen Säuren und anderen Produkten
- Entfärbung und Desodorisierung von Gelatine
- Reinigung galvanischer Bäder
- Entfärbung und Reinigung von Zwischen- und Endprodukten der pharmazeutischen Industrie
- Reinigung und Entfärbung von Zuckerlösungen
- Reinigung und Entfärbung von Lösungen bei der Herstellung von Glukose, Dextrose und anderen Stärkeprodukten sowie Milchzucker
- Entfärbung von Suppenwürzen und Glutamat
- Behandlung von Speiseölen und Speisefetten
- Entfärbung und Desodorisierung von Säften und Fruchtextrakten sowie Weinbehandlung
- Behandlung von Bieren, Würzen und Glattwässern, zur Geschmacksabrundung, Farbkorrektur und Beseitigung störender Stoffe.

## Reaktivierung

Beladene bzw. erschöpfte körnige Aktivkohlen lassen sich in vielen Fällen durch einen thermischen Prozeß, der dem ursprünglichen Aktivierungsverfahren ähnlich ist, reaktivieren. Danach kann die Aktivkohle erneut verwendet werden. Die Reaktivierung ist somit eine umweltfreundliche und kostengünstige Alternative zur Entsorgung.

Für die Reaktivierung von Aktivkohlen kommen die unterschiedlichsten Aggregate zur Anwendung wie z. B.:

- Drehrohröfen
- Etagenöfen
- Fließbettöfen

Bei der Reaktivierung wird die Aktivkohle folgenden Verfahrensschritten unterzogen:

- bis 100 °C Trocknung
- 100 – 700 °C Desorption und Pyrolyse der Schadstoffe
- über 700 °C Reaktivierung der Aktivkohle (Wassergasreaktion)



Die während des Reaktivierungsprozesses freigesetzten Schadstoffe werden anschließend bei hohen Temperaturen bis 1 200 °C verbrannt und das Rauchgas nachbehandelt. Die Prozeßführung, die

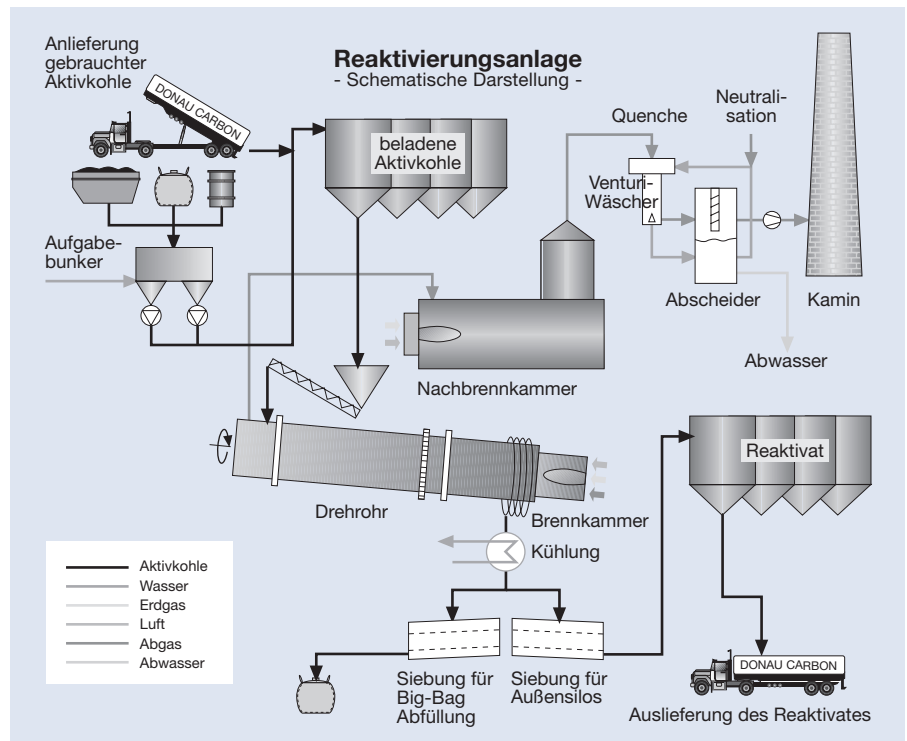


Abb. 12

den jeweiligen Anforderungen und den unterschiedlichen Aktivkohlesorten angepaßt wird, gewährleistet eine hohe Qualität des Reaktivates. In der Regel kann die ursprüngliche Adsorptionsleistung der Aktivkohle wieder hergestellt werden. (s. Abb.12)

## Verwertung

Nicht immer ist es möglich, gebrauchte Aktivkohle zu regenerieren bzw. zu reaktivieren. Donau Carbon hat durch intensive Entwicklung ein umweltfreundliches Verfahren geschaffen, das es ermöglicht, diese Aktivkohlen in einem Karbid-Prozeß zu verwerten.

Bei diesem Prozeß werden die gebrauchten, beladenen Aktivkohlen durch die Hohl Elektroden direkt in die Karbidschmelze geführt, wo die thermische Zersetzung aller auf der Aktivkohle befindlichen Schadstoffe bei einer Temperatur von ca. 2000 °C erfolgt. Die Aktivkohle geht dabei zusammen mit dem Branntkalk in Karbid über. (s. Abb.13)

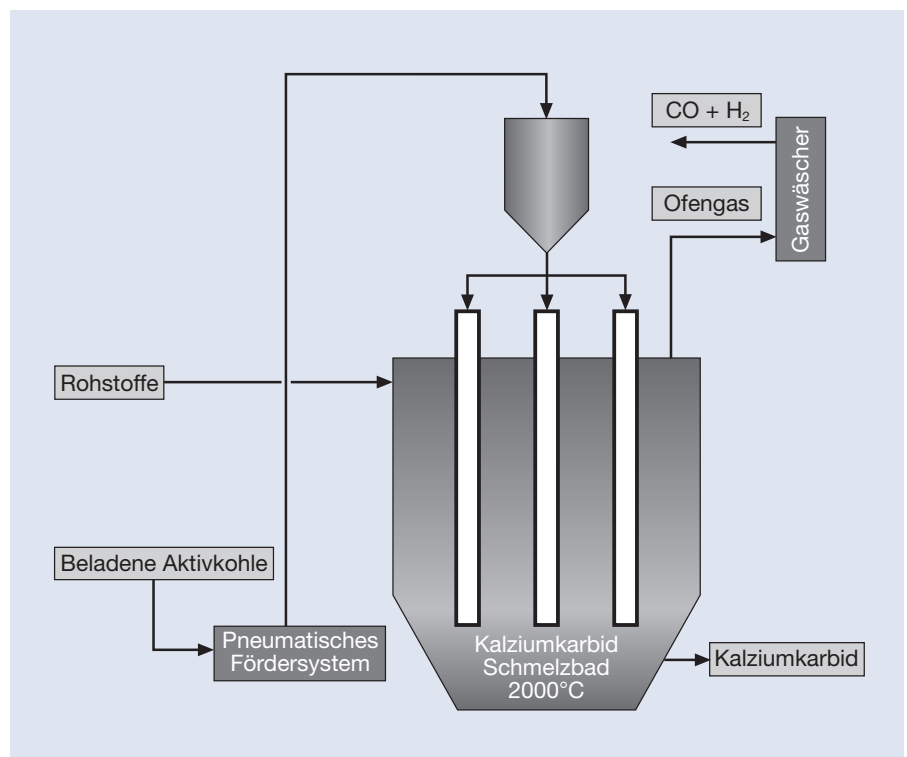


Abb. 13



- Stammhaus / Headquarters
- ▲ Tochtergesellschaft / Branches
- Vertretungen / Representative offices

● Donau Carbon GmbH & Co. KG  
Gwinnerstraße 27-33  
60388 Frankfurt/Germany  
Tel. + 49 (0) 69 40 11-6 50  
Fax + 49 (0) 69 40 11-6 59  
www.donau-carbon.com  
e-mail: office@donau-carbon.com

▲ Donau Carbon S.p.A.  
Via Madonna, 17  
22070 Guanzate (CO)/Italy  
Tel. + 39 031 93 95 11  
Fax + 39 031 93 95 60  
www.donau-carbon.it  
e-mail: info@donau-carbon.it

▲ Donau Carbon Corporation  
25 Route 22 East  
Springfield, New Jersey 07081/USA  
Tel. + 001 (9 73) 3 79 51 03  
Fax + 001 (9 73) 3 79 51 02  
e-mail: donaucarbon@aol.com

▲ Donau Carbon Pischelsdorf  
3435 Zwentendorf/Austria  
Tel. + 43 (0) 22 77 25 10-2 79  
Fax + 43 (0) 22 77 25 10-3 26  
www.donau-chemie.com  
e-mail: donaucarbon@donau-chemie.com