

# Vergleichende Ökobilanzen für Adsorbentien zur Abgasreinigung

**Dr.-Ing. W. Esser-Schmittmann**  
**Dipl.-Ing. S. Schmitz**

## Inhalt

1. Einleitung
2. Herstellung von Aktivkohlen
3. Anwendungen zur Abgasreinigung bei Müllverbrennungsanlagen
4. Vergleichende Bewertung und Alternativen
5. Literatur

## 1. Einleitung

Zur Spurenstoffabscheidung werden in der Abgasreinigung von Müllverbrennungsanlagen aktivierte Kohlenstoffe (Aktivkoks / Aktivkohle) eingesetzt. Damit werden Schwermetalle, PCDD/F und sonstige organische Spurenstoffe mit sehr hohem Wirkungsgrad abgeschieden, in einigen Anwendungen erfolgt auch eine Restabscheidung von SO<sub>2</sub>, HCl und HF. Aufgrund des gewollten hohen Abscheidegrades für diese Spurenstoffe ist ein großer Abstand von der erzielbaren Gleichgewichtsbeladung der Adsorbentien erforderlich, mit anderen Worten ist der Verbrauch entsprechend hoch; die Suche nach der Stecknadel im Heuhaufen ist entsprechend aufwendig.

In den letzten Jahren ist in der Genehmigungslandschaft neuer Anlagen der Trend zu beobachten, mit freiwillig auferlegten oder die Behördenforderung akzeptierend niedrigeren Grenzwerten zu arbeiten als es das BImSchG erfordert. „Halbe 17.BImSchV“ ist inzwischen gängige Redewendung, ohne dass die Folgen von Sorbensverbrauch und Ökologie je betrachtet werden. Es entsteht mitunter der Eindruck „wir betreiben Umweltschutz, koste es was es wolle“. Der Zusammenhang zwischen vermiedenen Emissionen durch Verwendung von Adsorbentien sollte im Zusammenhang mit denen aus der Produktion dieser Stoffe gesehen werden. Das gilt selbstverständlich auch für andere zur Abgasreinigung verwendete Mittel wie Kalkhydrat, Natriumbicarbonat, Ammoniak, etc. aber auch eingesetzte Energie /1/.

Mit vorliegendem Beitrag wird der Versuch unternommen, auf einige diesbezügliche Zusammenhänge aufmerksam zu machen, um im Einzelfall möglicherweise sinnvoller entscheiden zu können. Das kann auch dazu führen, mit alternativen Adsorbentien wirkungsvoller und nicht teurer bzw. preiswerter arbeiten zu können, wenn man die vorgenannten Betrachtungen zulässt. Natürlich unterliegt jeder Einzelfall der individuellen Logik, kein anderer Standort erfährt so strenge Kontrolle wie der eigene und warum sollte man etwas ändern, was man schon immer so gemacht hat? Und dennoch ist es mitunter mindestens interessant, Zusammenhänge im Ansatz zu kennen....

## 2. Herstellung von Aktivkohlen und Import

Die Basis der Adsorption ist die Molekülbindung an einer Porenstruktur in der Größe der abzuscheidenden Moleküldurchmesser innerhalb eines Festkörpers. Durch Oberflächenkräfte lagern sich mehr oder weniger selektiv die gewünschten Molekülgruppen an /2/. In der Natur sind solche porösen Materialien selten vorhanden oder durch monokristalline Strukturen nur in einem sehr engen Porenradienbereich ausgebildet. Verwendet man hingegen sehr inhomogene Kohlenstoffstrukturen, so lassen sich daraus durch partielle Wasserdampfvergasung (wasserdampfaktivierte Aktivkohlen) oder chemische Reaktionen z.B. mit Phosphorsäure (chemischaktivierte Aktivkohlen) durch geschickte Kombination von Rohstoff und Aktivierungsverfahren nahezu beliebige Porenstrukturen schaffen.

In allen Herstellungsverfahren wird der Rohstoff (Kohle, Torf, Holz, Nußschalen, Biomasse,...) auf seinen Gehalt an Kohlenstoff und Asche reduziert. Hierzu werden die Stoffe durch Energiezufuhr getrocknet, verkocht und im abschließenden Prozeß aktiviert. Ab hier wird deutlich, dass die Herstellung von Aktivkohle mindestens ressourcen- und energieintensiv ist.

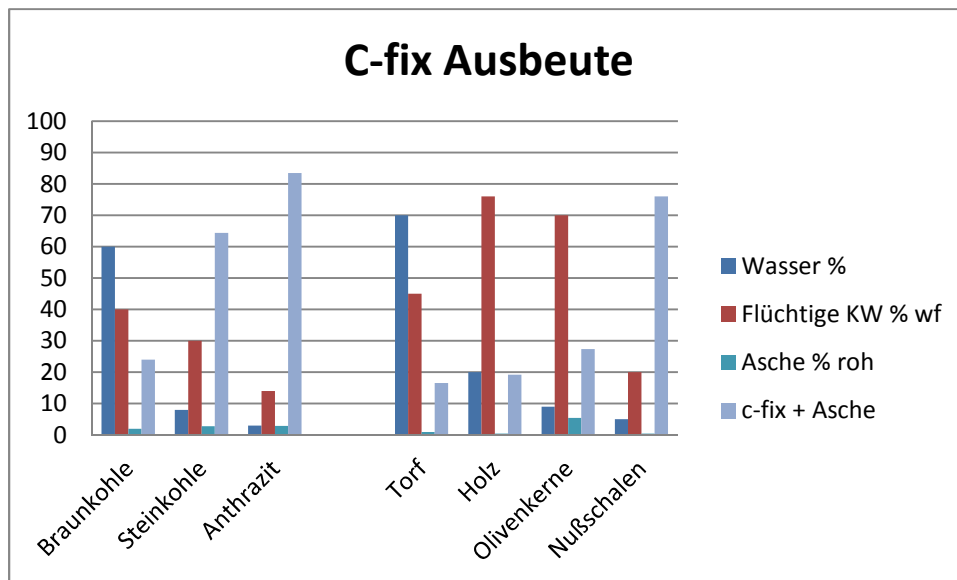


Bild 1: Zusammensetzung von Rohstoffen zur Aktivkohleherstellung

Ohne Berücksichtigung eines Aktivierungsabbrandes beträgt der Rohstoffbedarf pro t erzeugter Aktivkohle damit mindestens

Braunkohle	4,5	}	Verbrauch von Ressourcen, CO <sub>2</sub> relevant
Steinkohle	1,6		
Anthrazit	1,2		
Torf	6,4		
Holz	5,3	}	nachwachsende Rohstoffe
Olivenkerne	4,6		
Nußschalen	1,3		

Die Stoff- und Energiebilanz eines typischen modernen Prozesses zur Verkokung und Aktivierung zeigt Bild 2. Auch hier in der Proportionalität der Stoff- und Energieflüsse erkennbar ein deutlich ein aufwendiger Prozeß.

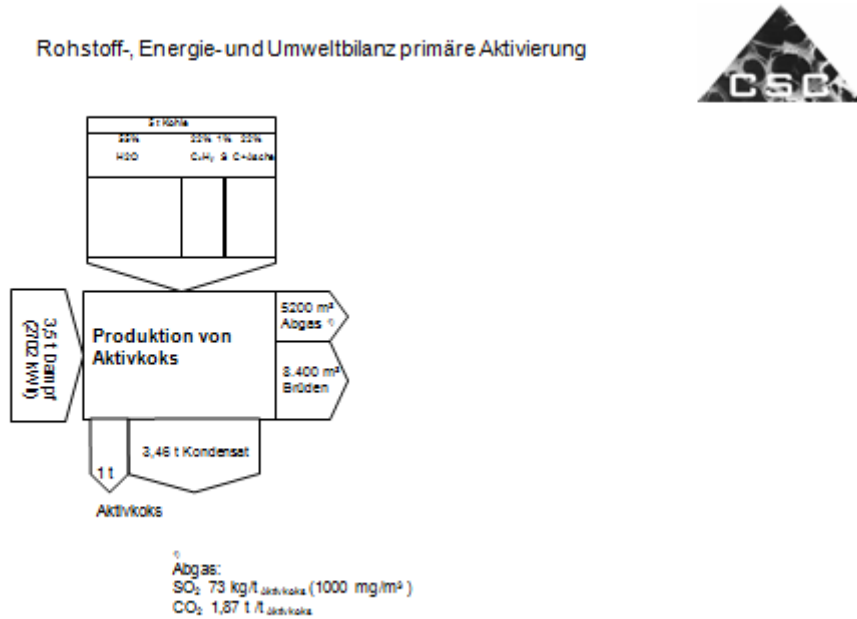


Bild 2: Stoff- und Energiebilanz eines Aktivierungsprozesses

Folge aus dieser aufwendigen Energie und Ressourcensituation ist, dass in Europa die Produktion von Aktivkohle mit neuen modernen Anlagen kaum wirtschaftlich darstellbar ist. Es findet daher keine nennenswerte Produktion in der EU mehr statt bzw. lediglich noch in wenigen überalterten Anlagen > 40 Jahre, die nach heutigem Genehmigungsstand nicht mehr akzeptabel sind. Der Importsituation kommt daher große Bedeutung zu.

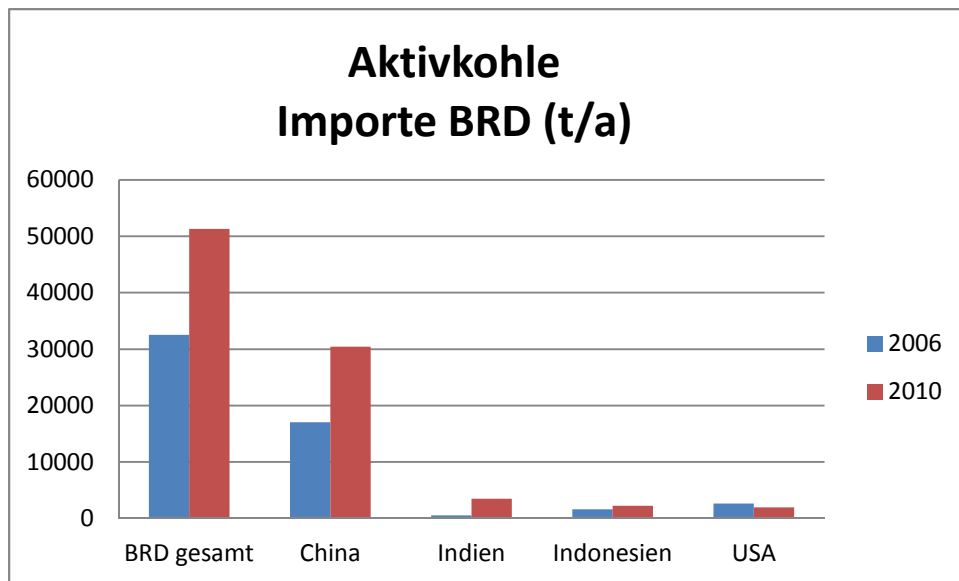


Bild 3: Importe von Aktivkohle nach BRD /5/

Aus Indonesien kommen überwiegend Aktivkohlen aus Nußschalen. Aus China wird Aktivkohle auf Basis Steinkohle und zunehmend Anthrazit importiert. Hintergrund ist hier das rasant zunehmende

Umweltbewußtsein und die diesbezügliche staatliche Reglementierung. Holz basierte Aktivkohlen aus China werden inzwischen in technisch hochmodernen Aktivierungsanlagen mit Säurerückgewinnung realisiert, Umwelt- und Arbeitsschutz haben hier in den letzten Jahren hohen Stellenwert erlangt.

Fazit:

- Der BRD-Verbrauch an Aktivkohle für Umweltschutzmaßnahmen unterliegt einem starken Wachstum.
- Die Bedarfsdeckung erfolgt nur zum Teil aus rückläufiger EU-Eigenproduktion aus veralteten Anlagen (nicht nach dem allgemeinen internationalen Stand der Technik).
- Die Hauptbedarfsdeckung unserer Produkte für Umweltschutz erfolgt durch Importe aus Schwellenländern, jedoch zunehmend hochtechnologisch hergestellt.
- Die Abhängigkeiten in Menge und Preis sind stark steigend.

### 3. Anwendungen zur Abgasreinigung bei Müllverbrennungsanlagen

In Müllverbrennungsanlagen werden sowohl Granulat- als auch Pulver-Aktivkohlen für die Spurenstoffabscheidung eingesetzt /3/. Die praktizierten Verfahren sind

- Fest- und Wanderbettadsorber (Granulat)
- Flugstromadsorber (Pulver)

Die technisch realisierten Nutzungsgrade der verwendeten Aktivkohlen zeigt nachfolgende Darstellung. Liegen bei absorptiven Verfahren (z.B.  $\text{SO}_2$  /  $\text{HCl}$  – Abscheidung an Kalkhydrat) die Nutzungsgrade um 1, so liegen sie bei adsorptiven Verfahren um Größenordnungen kleiner. Adsorptive Verfahren eignen sich daher nur zur wirklichen Spurenstoffabscheidung bei niedrigen Konzentrationen.

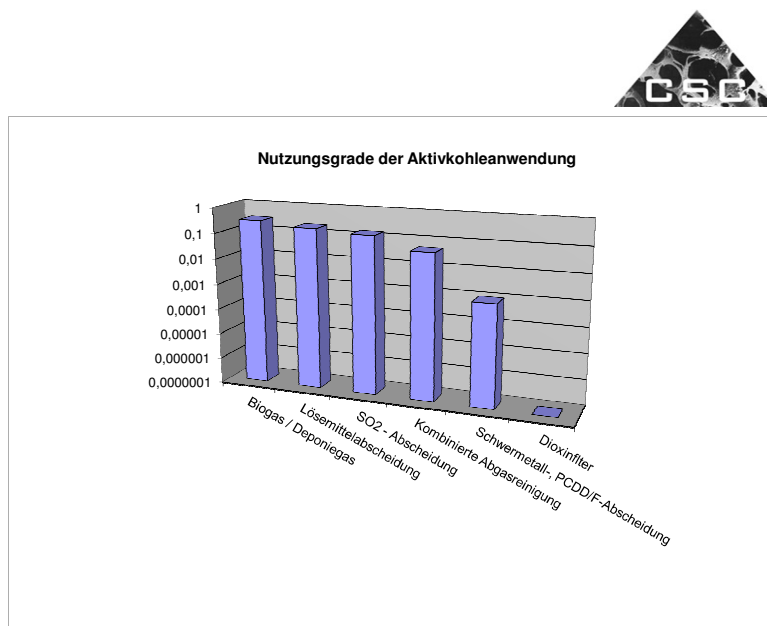


Bild 4: Erzielbare Beladungen auf Aktivkohle

Die Verbrauchsmengen an Aktivkohle liegen je nach verfahrenstechnischer Gesamtschaltung der Anlage in Bereichen zwischen 0,5 - 4 kg/t<sub>Müll</sub>. Wanderbettadsorber lassen sich bei geeigneter AK – Auswahl inzwischen auch als Festbettadsorber mit teilweise noch geringeren Verbräuchen betreiben, ein normal typisches Flugstromverfahren in Kombination mit Entstaubung sollte um 0,5 – 1 kg/t<sub>Müll</sub> liegen. Verlangt man Abscheideraten auf ½ BlmSchV – Grenzwerte, so kann man pauschal nahezu den doppelten Verbrauch ansetzen; dies ergibt sich in erster Näherung aus den Adsorptionsisothermen.

#### Emissionen, Verbräuche und Energie für Aktivkohle <sup>1)</sup>

	Flugstrom min	Flugstrom typisch	Flugstrom 1/2 BlmSchV	Einsparung Emissionen aus 1/2 17.BlmschV
<b><u>AK-Anwendung</u></b>				
AK Dosierung mg/m <sup>3</sup>	100	200	400	
AK kg/t Müll	0,5	1	2	
AK t/a	59	117	234	
<b><u>AK-Produktion</u></b>				
CO <sub>2</sub> aus AK t/a	117	234	468	
SO <sub>2</sub> aus AK t/a	4	8,5	17	14,6
Energie für AK MWh	158	316	632	
Ressourcen für AK t/a	293	585	1170	

1) Für einen Müllkessel 15 t/h, 7800 h/a

#### Fazit:

- Die Spurenstoffabscheidung für Schwermetalle und D/F verursacht erhebliche Emissionen, Ressourcen- und Energieverbräuche
- Die „freiwillige“ Halbierung 17.BlmSchV verursacht zusätzliche Emissionen.
  - Für das Beispiel SO<sub>2</sub> reduziert sich die emittierte Jahresfracht um 14,6 t, dagegen stehen aus dem AK Einsatz folgend Mehr-Emissionen von 8 – 13 t/a.
  - Die CO<sub>2</sub> Emissionen erhöhen sich um zusätzlich 234 – 351 t/a.
  - Der Energieverbrauch steigt um 316 – 474 MWh.
  - Es müssen dafür 585 – 877 t Kohle abgebaut werden.

#### 4. Vergleichende Bewertung und Alternativen

Der absolute Verbrauch an Ressourcen, Emissionen und Energie durch den steigenden Verbrauch an Aktivkohle läßt sich kaum reduzieren; auch nicht dadurch, dass man die Importe durch inländische Produktion ersetzt, da der Produktionsstandard der heutigen Lieferländer sich i.d. letzten Jahren sehr hoch entwickelt hat.

Eine wesentliche Einsparung läßt sich erwirken, indem konsequent auf die unnützen „freiwilligen Selbstbeschränkungen“ auf z.B. halbe Grenzwerte verzichtet wird und Emissionsgrenzwerte ausgeschöpft werden.

Die einzige Möglichkeit für gegebene Randbedingungen zu Einsparungen zu gelangen ist die konsequente Besinnung auf die Regenerationsmöglichkeiten verbrauchter Aktivkohle. Anstatt diese als Sonderabfall zu verbrennen kann diese regeneriert werden und zu gleichen bis besseren Qualitäten aufbereitet werden. Durch diese Kreislaufwirtschaft ergeben sich Dimensionssprünge, wie folgendes Beispiel einer großtechnisch ausgeführten Anlage zeigt /4/.

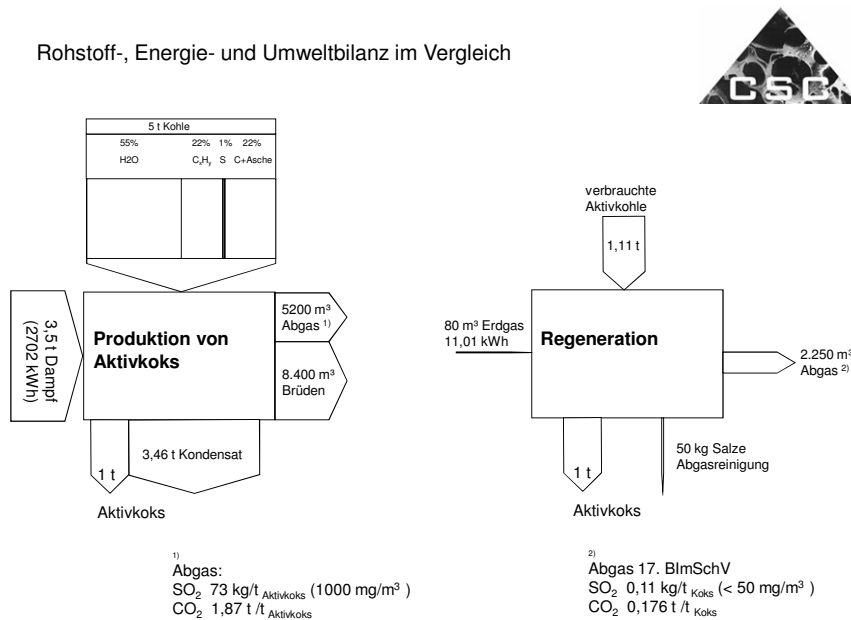


Bild 5: Regeneration im Vergleich zur Produktion von Aktivkohle

## 5. Literatur

- /1/ Vergleichende ökologische Betrachtungen verschiedener Einsatzstoffe bei der Trockensorption zur Rauchgasreinigung  
Bundesverband Kalk, Köln, April 2010
- /2/ v. Kienle, H.; Bäder, E.  
Aktivkohle und ihre industrielle Anwendung  
Wiley-VCH 1980
- /3/ W. Esser-Schmittmann; S. Schmitz  
Adsorption von PFT und organischen Spurenstoffen an Aktivkohle  
IIR Konferenz, 21.05.2007, Dortmund
- /4/ W. Esser-Schmittmann; S. Schmitz  
Kreislaufwirtschaft durch Realisierung einer Aktivkohleregeneration nach BImSchG  
Potsdamer Fachtagung, 24./25.02.2011
- /5/ Statistisches Bundesamt, DESTATIS