

## **Aktivkohleadsorption – Verfahren, Einsatzstoffe, Betriebsergebnisse**

Dr. Alexander Thrun

TDL Energie GmbH, Emil-Dittmer-Straße 4, 24539 Neumünster

### **1 EINLEITUNG**

Die Sickerwasseraufbereitung auf einer Deponie stellt hohe Anforderungen an die Verfahrenstechnik. Dies liegt an der komplexen Zusammensetzung des Sickerwassers, welches neben vielen biologisch abbaubaren Stoffen meist auch eine weitere hohe Anzahl organische oder anorganische Substanzen enthält, die kaum oder gar nicht durch biologische Prozesse abgebaut werden können. Eine Alternative oder Erweiterung einer biologischen Reinigungsanlage erfordert daher meist noch eine zusätzliche chemisch-physikalische Reinigungsstufe.

### **2 GRANULIERTE AKTIVKOHLE**

Aktivkohle ist ein im Umweltschutz schon lange und weltweit gebräuchliches Mittel. Aufgrund des diffusionsgetriebenen Adsorptionsprozesses kann Aktivkohle sowohl für gasförmige als auch für flüssige Medien eingesetzt werden und bietet zudem aufgrund der Vielzahl an Poren und großen Oberfläche eine hohe Adsorptionskapazität für eine Bandbreite verschiedenster Stoffe. Für Deponiesickerwasser wird aus technischen und wirtschaftlichen Gründen bevorzugt granuliert Aktivkohle (GAK) mit unregelmäßig geformten Partikelgrößen von 0,2 bis 5 mm eingesetzt. Diese wird in Festbett-Behältern gefüllt, welche eine ausreichende Kontaktzeit sicherstellen und damit eine hohe Beladung der Kohlenstoffporen ermöglichen.

Um Aktivkohle möglichst effizient einzusetzen, sind Kennzahlen notwendig, die es dem Anwender ermöglichen, das für eine spezifische Applikation am besten geeignete Produkt auszuwählen. Neben physikalischen Eigenschaften wie Korngröße oder Schüttdichte wird auf Aktivkohle-Datenblättern häufig auch die Iodzahl angegeben, welche ein Maß für die spezifische Oberfläche einer Aktivkohle sein kann (s. Tab. 1).

Tab. 1: Vergleich unterschiedlicher Aktivkohle-Sorten.

Frisch/Reaktiviert	Rohstoff	Korngröße [mm]	Schüttdichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Mindest-Iodzahl [mg/g]
Frisch	Steinkohle	0,6 – 2,36	440	950
Reaktiviert	diverse	div.	>360	700
Frisch	Kokosnuss- schalen	0,6-2,36	460	1000
Reaktiviert	Steinkohle	0,5-3,55	380	750

Da sich die Kohle-Sorten sowohl in ihrer Adsorptionsfähigkeit als auch im Preis unterscheiden, ist es wichtig, angepasst an die jeweilige Zusammensetzung des Wassers eine sorgfältige Auswahl der Kohle vorzunehmen.

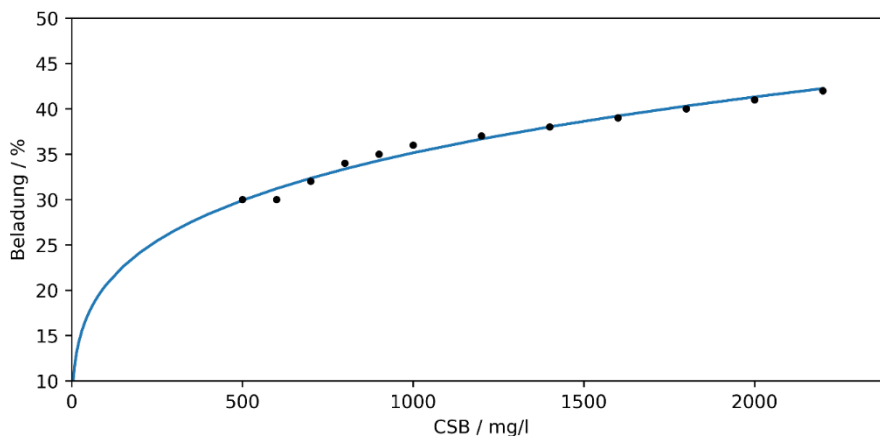


Abb. 1: Abhängigkeit der Aktivkohle-Beladung von der CSB-Konzentration (schwarze Punkte) und Anpassung der Daten mit dem Modell nach Freundlich (blaue Linie).

Dies geschieht meist durch vorherige Umsetzung der Kohle mit einer Wasserprobe und der Aufnahme von Adsorptionsisothermen. Die Analyse erfolgt dabei nach dem Freundlich-Modell und gibt einen direkten Zusammenhang zwischen Adsorptionskapazität

und Konzentrat des zu adsorbierbaren Stoffs im Wasser (s. Abb. 1). Ist die Aktivkohle maximal beladen, muss die Kohle ausgetauscht werden. Nach dem Austausch kann die Kohle je nach Rohstoff entweder regeneriert oder entsorgt werden.

### 3 GAK AUF DEPONIEEN

In Kombination mit einem MBR-System kann granuliert Aktivkohle effektiv zur Nachbehandlung des gefilterten Biologieablaufs eingesetzt werden oder als Nachbehandlung des Konzentrats der Membranbehandlung dienen, wie es beispielweise auf der Deponie Burghof praktiziert wird (s. Abb. 2).

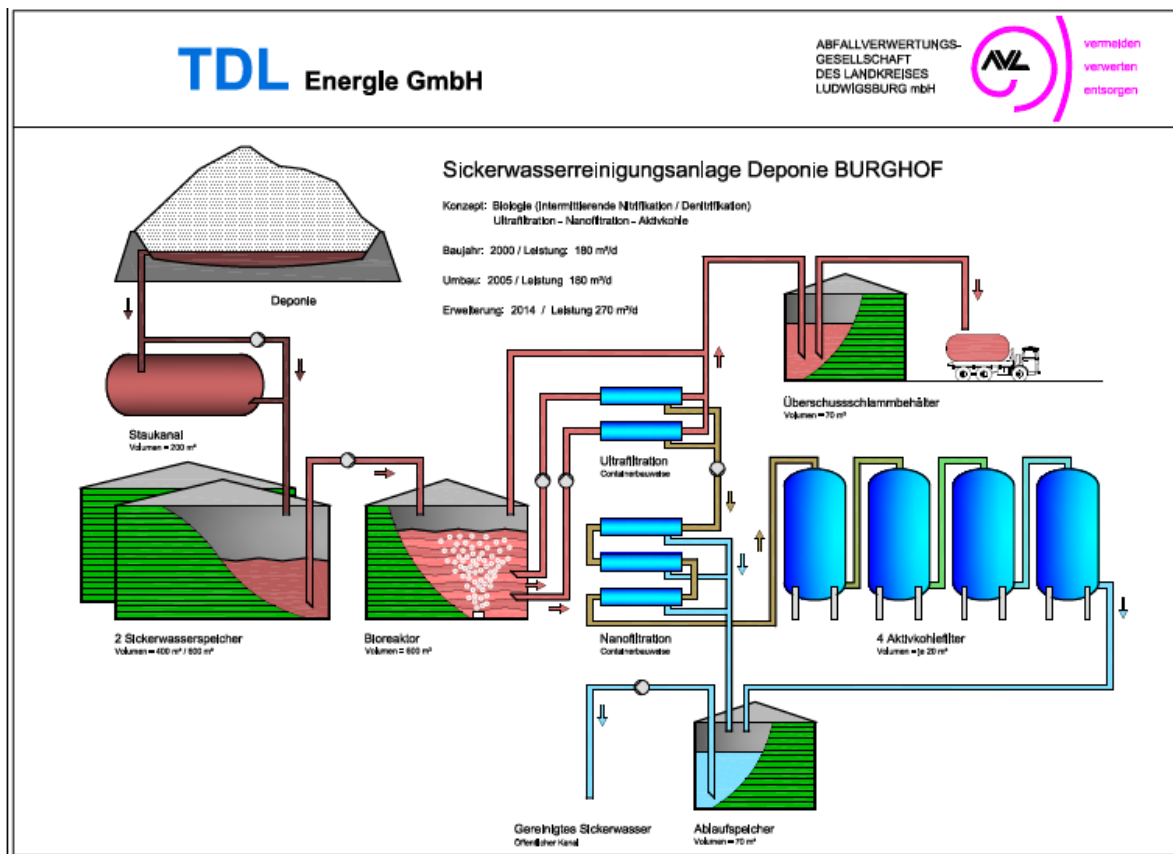


Abb. 2: Darstellung der biologischen Aufbereitung von Deponiesickerwasser mit anschließender physikalischer Filtration des UF-Permeats mit Nanofiltration und Behandlung des NF-Konzentrats mit granulierter Aktivkohle.

Alle nicht abbaubaren Bestandteile, welche die Membranporen passieren, können abgetrennt werden, sodass aus dem vormals verunreinigten Deponiesickerwasser ein Ablaufstrom von höchster Qualität entsteht, der Direkteinleiterqualität erreicht.

Oftmals hat Deponiesickerwasser jedoch ein für die biologische Reinigung ungünstiges C/N-Verhältnis, welches sich im Laufe des Deponiealterungsprozesses ändert. Liegt bei jungen Deponien aufgrund der sauren Gärung noch ein hoher Anteil an leicht abbaubarem BSB<sub>5</sub> vor, so sinkt dieser Wert mit zunehmendem Alter ab. Dies hat oft zur Folge, dass eine externe Kohlenstoffquelle der Biologie zudosiert werden muss. Hierbei besteht aber die Gefahr, dass es bei einer Überdosierung zu einer verstärkten Beladung der nachgeschalteten Aktivkohle kommen, da die C-Quelle mit den nicht-abbaubaren Bestandteilen des Sickerwassers in der Biologie um die Oberflächenadsorption konkurriert und mitunter sogar schon adsorbierte Teilchen verdrängt. Daher muss für jedes Wasser eine gründliche Kosten-Nutzen-Analyse der geplanten Technik erfolgen, um nicht eine zu starke Anhebung Betriebskosten, sowohl durch Dosierung der C-Quelle als auch durch zu starke Beladung der Aktivkohle, zu bewirken. Je nach Sickerwasser kann auch eine ausschließliche Filtration über Aktivkohle ohne vorherige biologische Aufbereitung ausreichen.

In der Praxis hat es sich bewährt, 2 – 3 Adsorptionsfilter in Reihe zu betreiben, wobei die Reihenfolge der einzelnen Adsorber-Einheiten durch Ventilschaltung verstellbar ist, die sogenannte rollierende Schaltung. Adsorber die zu Beginn an erster Stelle standen und somit schnell eine hohe Beladung erreichen, werden nach einem definierten Zeitpunkt nach hinten geschaltet. An dieser Position ist die Konzentration der zu adsorbierenden Substanzen, beispielsweise der CSB, im bereits vorgereinigten Sickerwasser geringer (Konzentrationsgradient) und die Rest-Kapazität des Adsorptionsvolumens ist ausreichend genug. Dadurch werden die Standzeiten der GAK-Filter erhöht und die Betriebskosten gesenkt. Um einen Durchbruch der Adsorber zu verhindern, kann an der dritten oder vierten Position noch ein Polzeifilter eingesetzt werden.

#### **4 FALLBEISPIEL KREISMÜLLDEPONIE STOCKSTADT**

Die Kreismülldeponie Stockstadt existiert seit seit 1952 und wird seit 2014 als Eigenbetrieb des Landkreises geführt. Obwohl eine Einlagerung von Müll seit 1999 nicht mehr

stattfindet, bedarf es dennoch einer ständigen Beobachtung und Betreuung, da aus neueren Deponieabschnitten weiterhin Sickerwasser austritt.

Aus den Sickerwasseranalysen ging hervor, dass das Wasser, vor allem aus den Abschnitten II und III, nach AbwV, Anhang 51 behandlungsbedürftig ist, sodass ein Transport des Wassers zur nahe gelegenen Kläranlage Aschaffenburg nicht mehr möglich war. Problematisch waren hier vor allem die CSB- und AOX-Konzentrationen, welche sich im Bereich von 850 mg/l bzw. 1,0 mg/l befanden.



Abb. 3: Beschriftete Luftbildaufnahme des Geländes mit den einzelnen Messtellen und Deponieabschnitten.

Aufgrund des geringen Grades der Verunreinigung und den bei Indirekteinleitung einzuhaltenden Grenzwerten ( $CSB \leq 400 \text{ mg/l}$ ,  $AOX \leq 0,5 \text{ mg/l}$ ) bot sich getreu dem Motto „das Wasser dort zu behandeln, wo es auch tatsächlich anfällt“ die direkte Behandlung mit Aktivkohleadsorbern an. Dieser Grundsatz und die Frage, ob ein Transport von  $30 \text{ m}^3/\text{d}$  Sickerwasser mit geringer Fracht in ein anderes umliegendes Klärwerk wirtschaftlich und umwelttechnisch vertretbar ist, waren die Hauptgründe für den Betreiber der Deponie, ein Modell für die Behandlung des Wassers zu entwickeln.

Die Anlage für  $11.000 \text{ m}^3/\text{a}$  Sickerwasser sollte im Rahmen eines Betreibermodells von TDL Energie entworfen, finanziert, errichtet und betrieben werden. Ausschlaggebend für ein technisch und preislich fundiertes Angebot war vor allem eine genaue Kenntnis über die Leistungsfähigkeit der eingesetzten Aktivkohle. Hier ist eine Abschätzung zwischen

den Kosten pro to. Aktivkohle und deren Beladungsfähigkeit bezogen auf die CSB-Zulaufkonzentration unabdingbar. Diese ließ sich vor allem mithilfe von Adsorptionsisothermen verschiedener Kohlen verifizieren. Die Wahl fiel dabei auf eine reaktivierbare Aktivkohle.



Abb. 4: Aktivkohleadsorptionsanlage auf der Deponie Stockstadt für die Behandlung von 30-100 m<sup>3</sup>/d Deponiesickerwasser.

#### 4.1 Anlagentechnik

Im Wesentlichen besteht die Anlage aus folgenden Baugruppen: Einem doppelwandigen liegenden Stahltank mit einem Nutzvolumen von 100 m<sup>3</sup> als Sickerwasserspeicher. Der Sickerwasserspeicher ist mit einer Befülleinrichtung für die Anlieferung des Sickerwassers per LKW versehen. Einem Technikcontainer, in dem sich die Vorfiltration mittels Kerzen- und Beutelfilter, eine Kreiselpumpe zur Beschickung der Aktivkohle, eine Anordnung von Armaturen, Probenahmestellen und Messeinrichtungen sowie eine Leckagewasserpumpe befinden. Zwei teilweise isolierte winterfeste Aktivkohleadsorber mit einem Nutzvolumen von jeweils 20 m<sup>3</sup>, die mit der im Technikcontainer befindlichen Verschaltung in die rollierende Reihenfolgen 1-2 oder 2-1 gebracht werden können. Die Adsorber können mit bis zu 30 m<sup>3</sup>/h beschickt werden. Einem doppelwandigen, liegenden Stahltank mit einem Nutzvolumen von 100 m<sup>3</sup> als Ablaufspeicher. Der Ablaufspeicher ist mit einer Entnahmeeinrichtung für die Abfuhr des vorbehandelten Sickerwassers versehen.



Abb. 5: Aktivkohleadsorptionsanlage auf der Deponie Stockstadt für die Behandlung von 30-100 m<sup>3</sup>/d Deponiesickerwasser.

TDL Energie entschied sich für den Einsatz mobiler Aktivkohle-Behälter, die über die gesamte Vertragslaufzeit vor Ort bleiben sollen und aus Silofahrzeugen befüllt werden. Die Aufstellfläche der Adsorber wurde mit einer Aufkantung und einer Entwässerung versehen.

#### **4.2 Verfahrens- und Betriebstechnik**

Das Sickerwasser wird mit einer Tauchpumpe aus dem Sickerwasserspeicher in den Technikcontainer gefördert. Hier durchläuft es erst eine Vorfiltration zur Abtrennung von Feststoffen. Aus einem internen Vorlagebehälter fördert eine frequenzgeregelte Kreiselpumpe im Normalbetrieb mit 4 m<sup>3</sup>/h zu den Adsorbern. Bei hohem Sickerwasseranfall kann die Durchsatzleistung auf bis zu 10 m<sup>3</sup>/h erhöht werden.

Aus dem Sickerwasserspeicher werden die Aktivkohleadsorber durch die Anlagentechnik beschickt. Nach Austritt aus dem letzten Adsorber wird das behandelte Sickerwasser über einen MID in den Ablaufspeicher gefördert. Ein automatischer Probenehmer mit Kühlung zieht täglich Proben aus dem Ablauf, die dann wöchentlich untersucht werden.

Für das Rückspülen und Einspülen der Aktivkohle ist das behandelte Sickerwasser vorgesehen. Steht ein Aktivkohlewechsel bevor wird der Ablaufspeicher mit dem Ablauf der Aktivkohle befüllt. Das Volumen steht dann für den Aktivkohlewechsel und das

Rückspülen der Aktivkohle zur Verfügung. Sollte ausnahmsweise bei einem bevorstehenden Aktivkohlewechsel der Ablaufspeicher leer sein, kann der Wechsel

auch mit unbehandeltem Sickerwasser erfolgen. Der Transfer der neuen und der beladenen Aktivkohle wird vor Ort durchgeführt. Das Silofahrzeug ist ausgestattet mit einem Silo mit frischer Aktivkohle und einem Anhänger auf dem sich ein leerer, geschlossener Behälter zur Aufnahme der beladenen Aktivkohle befindet. Der gesamte Austausch wird wie folgt ohne Transferbehälter und mit nur einem Fahrzeug durchgeführt. Im Ablaufspeicher wird das behandelte Sickerwasser gesammelt. Dieses Wasser wird für Ein- und Rückspülungen eingesetzt, da es dafür hinreichend sauber ist und Trink- oder Brauchwasser ersetzt und keine zusätzliches Volumen in den Anlagenkreislauf einbringt. Während des Aktivkohlewechsels fallen aufgrund des außer Betrieb genommenen Adsorbers ca. 20 m<sup>3</sup> Wasser in weniger als 4 Stunden an, sodass diese Wassermenge problemlos über den Sammelbehälter in den Sickerwasserspeicher gepumpt werden kann. Anschließend wird die entwässerte Aktivkohle als Abfall in das Herstellerwerk zur Reaktivierung und Wiederverwendung verbracht.

## **5 ZUSAMMENFASSUNG**

Im Projekt „Entsorgung von Deponiesickerwasser mit einer Aktivkohleanlage auf der Deponie Stockstadt, Landkreis Aschaffenburg“ konnte gezeigt werden, dass die Aktivkohleadsorption eine attraktive, kostengünstige und technisch einfache Technik zur schnellen Reinigung schwach belasteten Deponiesickerwassers darstellt.

Dank der langjährigen Erfahrungen von TDL Energie im Bereich der Betreibermodelle konnte auch für den Landkreis Aschaffenburg eine zufriedenstellende Lösung gefunden werden, da so die Betriebs- und Finanzierungsrisiken minimiert wurden.

## **6 LITERATUR**

Kompetenzzentrum Mikroschadstoffe.NRW, 2018, Einsatz von Aktivkohle zur Wasser- und Abwasserbehandlung, Broschüre.

Mohammad-pajoo, E., Turcios, A.E., Cuff, G., Weichgrebe, D., Rosenwinkel, K.-H., Vedenyapina, M.D., Sharifullina, L.R. 2018. Removal of inert COD and trace metals from stabilized landfill leachate by granular activated carbon (GAC) adsorption, Journal of Environmental Management, 228: 189-196.