

## Hochleistungsbiologie reinigt auch Problemabwasser

# Die HOK-Technologie

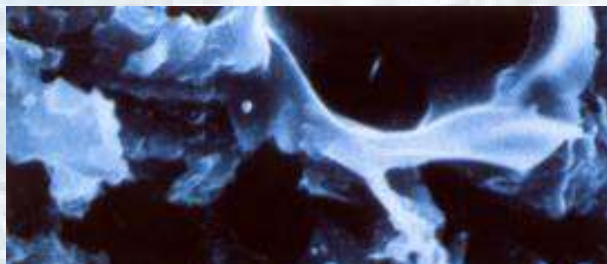
## beschreitet neue Wege

### 1. Problemstellung

Das klassische Belebtschlammverfahren stößt bei vielen Problemabwässern an Leistungsgrenzen, die auch durch modifizierte Betriebstechniken (z. B. SBR-Technologie) nicht durchbrochen werden können. Insbesondere industrielle und gewerbliche Abwässer mit hohen und einseitigen Schmutzfrachten sind häufig die Ursache für Fehlfunktionen konventioneller Systeme (hohe Schlammindizes, schlechtes Sedimentationsverhalten, unzureichende Flockenstruktur etc.). Der Zwang zur Aufbereitung solcher Problemabwässer führte in der Vergangenheit zu z. T. komplizierten, teuren und sehr aufwendigen Verfahren – oft verbunden mit hohem finanziellen und personellen Aufwand für Investition und Betrieb.

Es galt also, ein Verfahren zu entwickeln, welches die Vorteile der Belebtschlammtechnik nutzt, deren Nachteile vermeidet und einen einfachen, unkomplizierten Betrieb ermöglicht.

Darüber hinaus sollte das gesuchte Verfahren in der Lage sein, Stoffgruppen, die einer biologischen Reinigung kaum oder gar nicht zugänglich sind, abzubauen zu können. Hierzu gehören neben dem refraktären CSB auch kritische Stoffe, wie organisch gebundene Halogene, halogenierte Kohlenwasserstoffe (HKW), Schwermetalle und die Farbhaltigkeit von Abwasser.



Braunkohlenkoks in mikroskopischer Vergrößerung: die große innere Oberfläche erklärt die hohe Reaktivität.



### 2. Die HOK- Reaktortechnik

Das Kernstück der HOK-Reaktortechnik ist ein Festbett, welches im Prinzip den bekannten Sand- und Mischfiltern aus der konventionellen Abwasserreinigung ähnlich ist. Der entscheidende Unterschied ist das Füllmaterial, welches nicht aus Sand, sondern aus in einem speziellen Herdofenverfahren produzierten Braunkohlenkoks besteht und daher auch als *Herdofenkoks* (HOK) bezeichnet wird. Die Koksschüttung ruht auf einer grobkörnigen Kieselsteinschicht, in welche die für eine Begasung und Rückspülung notwendigen luft- und wasserführenden Rohrleitungen eingelassen werden. Das zu reinigende Abwasser wird von oben seitlich aufgegeben und diagonal versetzt am Reaktorboden gefaßt und über ein Steigrohr nach oben geleitet. Der Abfluß des Reaktors liegt unterhalb der oberen Koksdeckschicht. Auf diese Weise wirkt die obere Koksschicht des HOK-Festbettreaktors als Filter für die bei der biologischen Reinigung austretende Abluft. Störende Geruchsemission oder Stripp-effekte werden dadurch nachweislich vermindert.

Die Schüttung aus Braunkohlenkoks wird während des langjährigen Betriebs nicht ausgetauscht, sondern von Zeit zu Zeit nur zurückgespült. Gegebenenfalls festgestellte Verlustmengen (Abrieb in der Größenordnung von 5 – 10 % / Jahr) werden durch ein einfaches Nachfüllen ersetzt.

Im Gegensatz zu den üblichen Filtrationsstufen und aufbauend auf den prozeßtechnischen Eigenschaften des Herdofenkokes ist neben der mechanisch physikalischen Reinigungsleistung eine umfassende biologische Abbaureaktion mit dem HOK-Reaktor garantiert. Zur Unterstützung der biogenen Abbauprozesse erfolgt eine flächige Luftversorgung im Gegenstrom zum Abwasserweg. Somit ist der Koks-Festbettreaktor nach dem patentierten HOK-Konzept eine in technischer und biochemischer Hinsicht optimierte Form der biologischen Reinigung. Der Abbau von Substrat geschieht über eine Kette von biochemischen Reaktionen, an deren Ende die Überführung der organischen und anorganischen Verbindungen in stabile, meist anorganische Formen wie  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{NO}_3$  und  $\text{SO}_4^{2-}$  steht, wobei die spezifischen Eigenschaften des aus der Braunkohle hergestellten Hochofenkokes (HOK) diesen Abbau wesentlich und einzigartig unterstützen.



Die besondere Wirkungsweise des HOK-Festbettreaktors besteht darin, dass

- Mikroorganismen auf dem Braunkohlenkoks fixiert werden.
- Spezialkulturen sich durch das Nahrungsangebot selektieren.
- Oxische, anoxische und anaerobe Bakterien symbiotisch wirken.
- Durch die adsorptiven Eigenschaften von Braunkohlenkoks optimale Konzentrationen an Nahrung, Sauerstoff und Mikroorganismen am

Trägermaterial geschaffen werden. Dies führt zu einer weitestgehenden Mineralisierung von Prozeßwasserinhaltsstoffen (Substraten).

Die Elimination von organischen und anorganischen Stickstoffverbindungen erfolgt im HOK-Festbettreaktor durch eine aerob-biologische Prozeßführung. Durch die Eigenschaft des Braunkohlenkokes, organische Wasserinhaltsstoffe adsorptiv aufzunehmen und sie auch wieder abzugeben (Desorption), wird der biologische Abbauprozess positiv beeinflusst und das Betriebsverhalten des HOK-Festbettreaktors zusätzlich stabilisiert. Die Adsorption von Wasserinhaltsstoffen ist ein temporärer Vorgang. Bei stark schwankenden Belastungen werden die organischen Spitzen durch Adsorption abgepuffert. Mit der fortschreitenden biologischen Reinigung stellt sich ständig ein neues Adsorptionsgleichgewicht im Festbett ein, in dem die adsorbierten Stoffe wieder (enzymatisch aufgeschlossen) abgegeben werden. Sie werden dann biologisch abgebaut.

### 3. Wirkungsweise des Kokes

Die Wirkung des Kokes in der biologischen Abwasserreinigung beruht auf dem sogenannten „Futterkrippe-Modell“: Die einzelnen Kokspartikel werden als „Futterkrippe“ betrachtet, aus der sich die in der Umgebung befindlichen Mikroorganismen mit Nährstoffen und Sauerstoff versorgen. Diese Nährstoffe, d. h. die zu reduzierenden Abwasserinhaltsstoffe und der Sauerstoff werden auf den Kokspartikeln in höherer und gleichbleibender Konzentration angeboten als im umgebenden Wasser. Die Kokspartikel wirken aufgrund der ablaufenden Adsorption und Desorption als Puffer und temporärer Speicher, d. h. sie vermindern Belastungs- und Milieuschwankungen. Ergebnis einer koksgestützten Biologie ist ein kompakter und rasch sedimentierender Schlamm. Die gesteigerte Schlammkonzentration im Belebteil führt zu einer Reduzierung des Schlammindex und zu einer Erhöhung der spezifischen Abbauleistung. Der zusätzliche Vorteil ist eine Stabilisierung des gesamten Systems auf hohem Abbauniveau. Zusätzlich werden Schlamm-entwässerungskosten durch einen geringeren Bedarf an Konditionierungsmitteln eingespart.

Neben dem biologischen Abbau relevanter Inhaltsstoffe des Abwassers erfolgt bei schwer abbaubaren Substanzen durch die physikalischen Eigenschaften des Koks eine adsorptive Abwasserbehandlung. Insbesondere großmolekulare Verbindungen können daher sehr gut an Braunkohlen-Aktivkoks angelagert werden. Dieser Kombinationseffekt von physikalischen, chemischen und biologischen Abbauvorgängen erklärt das umfassende Leistungsspektrum der HOK-Aufbereitungstechnik.



Einfacher Transport des Braunkohlenkoks mit Hilfe eines mobilen Schüttcontainers.

#### 4. Betrieb des HOK- Reaktors

**Abbildung Nr. 1** zeigt den prinzipiellen Querschnitt eines HOK-Reaktors. Deutlich erkennbar ist die rechteckige Querschnittsform und das max. Einschüttniveau des Feinkoks. Weiterhin sind insgesamt fünf horizontale Schichten erkennbar, welche von oben nach unten betrachtet folgende Zuordnung haben:

**Schicht 1:** Abluftfilter

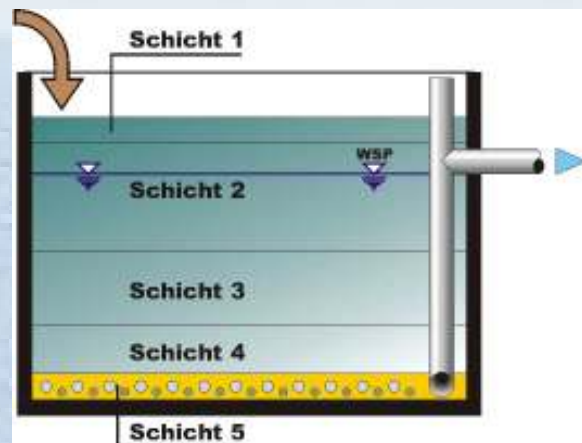
**Schicht 2:** Hochlaststufe zur Abscheidung partikulärer Stoffe

**Schicht 3:** Schwachlaststufe zur Abscheidung gelöster Stoffe

**Schicht 4:** „Polishing“-Stufe

**Schicht 5:** Kieszone (Rohrbett)

Im Sohlbereich des Festbettreaktors (Schicht 5) befindet sich die flächige Belüftungsvorrichtung und das Klarwasser-Sammelsystem. Beide sind in einem Kiesbett eingebunden, so dass eine gute hydraulische Gleichverteilung gewährleistet ist. Mit Hilfe eines Steigrohrs wird das gereinigte Abwasser im oberen Drittel abgeleitet, so dass gewährleistet ist, dass die Hochlaststufe vollständig eingestaut ist und nur der Abluftfilter mehr oder weniger trocken aufliegt.



Prinzipieller Aufbau des HOK-Reaktors

Abbildung 1

Durch die hohe Adsorptionskraft des Feinkoks ist die Deodorierung der Prozeßluft vollständig und führt dazu, dass praktisch keine geruchsmäßig wahrnehmbaren Gase austreten.

Die Koksschüttung dient aufgrund der hervorragenden Eigenschaften des Braunkohle-Feinkoks insbesondere zur Erfüllung folgender Eigenschaften:

- **Feinfilter** zur Zurückhaltung ungelöster Stoffe.
- **Adsorbens** zur Aufnahme gelöster Stoffe.
- **Trägersubstrat** für einen Bio-Film.
- **Spender** für Mineralien bzw. Spurenelemente (zugunsten der Mikroorganismen).
- **Katalysatormaterial** zur Entgiftung des Abwassers.

Die voranstehend genannten Eigenschaften führen dazu, dass während der Durchströmung des Abwassers durch die Koksschüttung eine deutliche Reduktion von Verunreinigungen vielfältiger Art erzielt wird. So wird einerseits der CSB (auch refraktärer CSB) abgebaut - darüber hinaus organische Schadstoffe (Kohlenwasserstoffe, Phenole, etc.). Weiterhin werden Stickstoffverbindungen, Feststoffe, Schwermetalle und Farbstoffe weitestgehend reduziert. Dabei werden die biologischen Vorgänge durch die adsorptiven Eigenschaften von Braunkohlenkoks unterstützt. Einerseits werden Belastungsspitzen adsorptiv geglättet, zum anderen erfolgt eine Konzentrationsverdichtung der zu eliminierenden Schadstoffe am Koks.

In Verbindung mit dem ebenfalls adsorbierten Sauerstoff ergibt sich ein günstiges Milieu für den mikrobiellen Schadstoffabbau.

Die Immobilisierung der Biomasse bietet weitere Vorteile. Unabhängig von Wachstumsraten und vom Überschussschlammabzug selektieren sich Spezialisten unter den Mikroorganismen und eliminieren auch schwer abbaubare organische Schadstoffe. Besonders die im allgemeinen leicht ausschwemmbar-nitrifizierenden lassen sich gut auf dem Braunkohlenkoks ansiedeln und fixieren. Blähschlamm-Bildung wird vermieden. Gegenüber suspendierten Systemen fällt etwa nur die Hälfte an Überschussschlamm an. Darüber hinaus sind Betriebsunterbrechungen bis zu einem Vierteljahr möglich, ohne das beim Wiederanfahren der Anlage erhebliche Reinigungseinbußen befürchtet werden müssen.

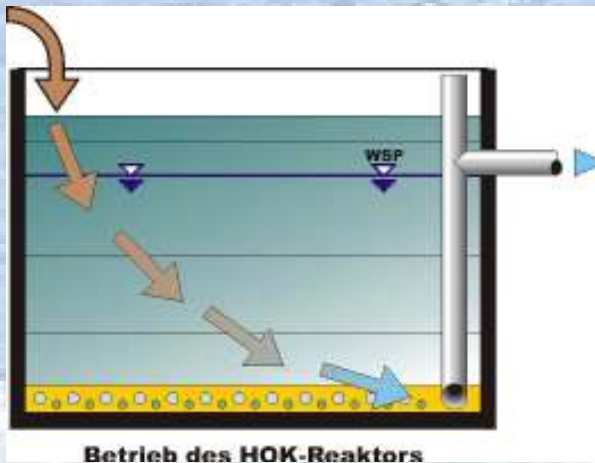


Abbildung 2

Die Beschickung des HOK-Reaktors (**Abbildung 2**) mit Abwasser erfolgt solange, bis die Durchlässigkeit des Filterbetts reduziert wird und es hierdurch zum Überstau des zufließenden Abwassers kommt. Die Anhebung des Einstau-niveaus wird durch eine Füllstandssonde überwacht, so dass dem Betriebspersonal signalisiert werden kann, wenn die betreffende HOK-Zelle rückgespült werden muss.

**Abbildung 3** zeigt den Rückspülvorgang, welcher ähnlich eines Sandfilters auf einfache Weise eingeleitet wird: Der Klarwasser-Ablauf wird abgesperrt. Danach wird aus dem Klarwasser-Vorlagebecken mit Hilfe einer Tauchmotorpumpe gereinigtes Abwasser in den Sohlbereich des Filters

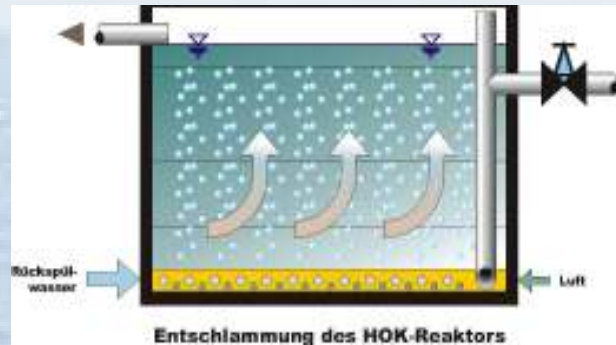


Abbildung 3

eingeleitet. Gleichzeitig wird die Begasungsintensität erhöht, was zu einer Auflockerung des Filterbetts führt. Die gleichzeitig senkrecht nach oben gerichtete Spülströmung reißt die nicht fixierten Schlammflocken mit, welche mit dem Spülwasser in den Schlammvorlagebehälter bzw. in das Schlamm-Entsorgungssystem einströmen.

Die Rückspülung dauert ca. 15 – 25 Minuten (i. M. 20 Minuten), so dass der Betrieb des rückgespülten Moduls nur für kurze Zeit unterbrochen werden muss. Da im Regelfall die HOK-Aufbereitungsanlagen aus mehreren Einzelmodulen bestehen, können die restlichen Module während der Spülpause eines Einzelmoduls problemlos höherbelastet weiterbetrieben werden. Eine Einbuße bzgl. der Reinigungsleistung ist insofern ausgeschlossen.



Nach Abschluß des Spülvorgangs wird der Ablaufschieber des Moduls wieder geöffnet und die Rohabwasser-Beschickung wieder freigegeben.

Besonders beeindruckend bei der Verwendung des HOK-Reaktors und des speziellen Herdofenkokes ist die Tatsache, dass eine Erschöpfung der Aktivität und somit der prozeßtechnischen Eigenschaften selbst nach vielen, vielen Betriebsjahren bislang nicht festgestellt werden konnte. Ein Austausch des Filterbetts wird allenfalls nach 10 – 15-jährigem Betrieb der Anlage notwendig – aber auch nur dann, wenn spezielle Abwasserinhaltsstoffe die Adsorptionsfähigkeit der Kohle einschränken. Ein Verlust an Koks tritt während des Betriebes nur in geringen Mengen auf. Es muss mit einer Nachschüttung von ca. 5 – max. 10 % des Reaktorinhalts pro Jahr gerechnet werden. Angesichts des hohen Leistungsprofils eines HOK-Reaktors sind die mit dem Nachfüllen des Kokes verbundenen Betriebskosten jedoch vernachlässigbar gering.



Biologische Kläranlage einer Textilfabrik mit Anwendung von Herdofenkoks als biogenes Trägermaterial.

## 5. Anwendungsmöglichkeiten des HOK- Reaktors

Insbesondere für die Aufbereitung hochverschmutzter und einseitig strukturierter Abwässer aus Industrie und Gewerbe ist die HOK-Reaktortechnik geeignet. Typische Anwendungsfälle sind:

- Textilabwasser
- Färbereiabwasser
- Molkereiabwasser
- Pharmazeutische Abwässer
- Chemieabwässer
- Prozeßabwässer
- Nach- und Feinreinigung
- Nachrüstung vorhandener Kläranlagen

Einschränkungen für die HOK-Reaktortechnik sind dann prinzipiell nicht vorhanden, wenn ein biologisches Aufbereitungsverfahren eingesetzt werden kann und das Abwasser soweit mechanisch vorgereinigt ist, dass es sich für die Festbett-Reaktortechnik eignet.



## 6. Beispielprojekt: Färbereiabwasser

Die Aufgabenstellung bestand darin, die aus einer Textilfabrik und Textilfärberei abfließenden Abwasser (500 m<sup>3</sup>/d) soweit aufzubereiten, dass eine Direkteinleitung in den Vorfluter entsprechend den strengen Auflagen der örtlichen Behörde möglich wurde. Darüber hinaus gehörte es zu den zu erfüllenden Auflagen, dass das Abwasser entfärbt werden muss.

Das nachfolgende Fließschema als auch die perspektive Anlagendarstellung verdeutlichen die Realisierung des Projektes. Das von Feststoffen

befreite (Feinsieb) Abwasser wird zunächst in einen Ausgleichstank gefördert, wo eine pH-Wertkorrektur sowie ein Mengen- und Konzentrationsausgleich vorgenommen wird. In vier parallel angeordneten HOK-Reaktoren wird das Abwasser simultan aufbereitet und direkt in den Vorfluter abgeleitet. Der im Prozeß anfallende kompakte Überschussschlamm wird getrennt gespeichert und mit Hilfe einer Filterpresse entwässert.

Weitere Projektbeispiele verdeutlichen die Leistungsfähigkeit der HOK-Technik. Wir sind gerne bereit, weitere Auskünfte zu erteilen.



### Biogest International GmbH

Berthold-Haupt-Str. 37

D - 01257 Dresden

Fon: +49 (0) 351 3 16 86 -0

Fax: +49 (0) 351 3 16 86 -86

E-Mail: [biogest@t-online.de](mailto:biogest@t-online.de)

Internet: [www.biogest-international.de](http://www.biogest-international.de)