



RHEINBRAUN VERKAUFSGESELLSCHAFT MBH

Information

**Mit Braunkohlenkoks wirkungsvoller
reinigen - ein Beitrag zur
weitergehenden Abwasserreinigung**

Dipl.-Ing. G. Felgener, Dr. G. Ritter, Köln

*Sonderdruck aus Korrespondenz Abwasser,
Nr: 3/89*

Mit Braunkohlenkoks wirkungsvoller reinigen – ein Beitrag zur weitergehenden Abwasserreinigung

G. W. Felgener, G. Ritter, Köln

Zusammenfassung

Mit Koks aus Braunkohle kann Abwasser wirkungsvoll gereinigt werden. Bevorzugt kommt Koks in drei Anwendungsbereichen zum Einsatz: zur Vorbehandlung kritischer Abwässer vor dem Einleiten in die biologische Reinigungsstufe, zur Nachreinigung im Anschluß an die biologische Stufe und zur Unterstützung der biologischen Reinigung durch Zugabe in pulveriger Form (Koksstaub). Im folgenden werden Versuchsergebnisse aus Pilot- und Großanlagen vorgestellt, bei denen Koksstaub in die biologische Reinigungsstufe zugegeben wurde. Es zeigt sich, daß Koksstaub auch die weitergehende Abwasserreinigung unterstützt und damit eine Entlastung des baulichen und finanziellen Aufwandes ermöglicht.

Stichworte: Braunkohlenkoks, Belebtschlammanlage, Leistungssteigerung, Nitrifikation, AOX-Verminderung, Blähschlammvermeidung, Schlammabsetzverhalten, Schlamm-entwässerung, Schlammverbrennung.

LIGNITE COKE TO ENHANCE CLEANING EFFICIENCY – A CONTRIBUTION TO ADVANCED WASTE WATER TREATMENT

Summary

Lignite coke is a highly suitable product for efficient waste water treatment. It is primarily used in three fields: pretreatment of critical waste waters before they enter the biological treatment section, secondary treatment following the biological stage, and support in biological treatment where coke is used in the form of powder (pulverized coke). In the following, test results gained in pilot and industrial-scale plants will be presented where pulverized coke was added to the biological treatment section. Pulverized coke was found to have an enhancing effect in advanced waste water treatment as well, thus providing relief as far as construction work and financial efforts are concerned.

Key words: lignite coke, activated sludge section, increase in efficiency, nitrification, AOX reduction, prevention of bulking sludge formation, sludge settling behaviour, sludge dewatering, sludge combustion.

EPURATION PLUS EFFICACE GRÂCE AU COKE DE LIGNITE – UNE CONTRIBUTION AU TRAITEMENT AVANCÉ DES EAUX USÉES

Résumé

Le coke de lignite permet une épuration efficace des eaux usées. Il est surtout utilisé dans trois domaines: traitement préalable d'eaux usées critiques avant l'alimentation dans la section d'épuration biologique, épuration secondaire à la suite de la section biologique, et assistance dans l'épuration biologique où le coke est utilisé sous forme pulvérulente (coke pulvérisé). Ci-après sont présentés les résultats d'essais réalisés dans des installations pilotes et industrielles où le coke pulvérisé était ajouté dans la section d'épuration biologique. On voit que le coke pulvérisé présente une grande efficacité également dans le traitement avancé des eaux usées, permettant ainsi aux exploitants des installations de réduire les travaux de construction et les dépenses financières.

Mots-clés: coke de lignite, section des boues activées, augmentation du rendement, nitrification, réduction des AOX, propriété d'éviter le gonflement des boues, comportement de décantation des boues, déshydratation des boues, combustion des boues.

1.0 Einleitung

Die Anforderungen zum Gewässerschutz wurden durch die 5. Novelle des Wasserhaushaltsgesetzes deutlich nach oben geschraubt. Neben spektakulären Unfällen waren insbesondere die allgemeine Belastungssituation der deutschen Fließgewässer und ein besserer Schutz des Grundwassers vor Schadstoffbelastung hierfür maßgebend.

Als wesentlicher Beitrag zum verbesserten Gewässerschutz wird eine deutliche Verminderung des Nährstoffeintrages (Phosphor und Stickstoff) sowie von sogenannten gefährlichen Stoffen, beispielsweise organischen Halogenverbindungen (AOX), vom Gesetzgeber gefordert.

Diesen Anforderungen kann mit unterschiedlichen Maßnahmen entsprochen werden. Das naheliegendste scheint zunächst die bauliche Erweiterung von Kläranlagen zu sein. In diesem Zusammenhang nennt der Präsident der ATV,

Prof. Imhoff, einen Aufwand von 20 Milliarden DM einschließlich der kapitalisierten Betriebskosten [1].

Um eine spürbare Entlastung des baulichen und finanziellen Aufwandes zu ermöglichen, hat die Rheinische Braunkohlenwerke AG (kurz: Rheinbraun) gemeinsam mit Forschungsinstituten und Betreibern eine wirkungsvolle Prozeßführung für die weitergehende Abwasserreinigung entwickelt. Hierbei wird pulverförmiger Braunkohlenkoks einer im übrigen unveränderten Kläranlage zugegeben. Im folgenden werden Verfahren und Ergebnisse vorgestellt und diskutiert.

2.0 Verfahrensentwicklung und Wirkungsweise

Mitte der achtziger Jahre wurden von Rheinbraun Forschungsarbeiten mit dem Ziel aufgenommen, Klärleistung und Betriebsstabilität von Belebtschlammanlagen zu erhöhen sowie Blähschlamm wirkungsvoll zu unterdrücken.

Begonnen wurde diese Forschungsarbeit an Abwässern der Textil- und Papierindustrie gemeinsam mit dem auf diesem Gebiet erfahrenen Institut für Textil- und Verfahrenstechnik in Denkendorf [2, 3]. In weiteren Untersuchungen wurden andere Industriezweige einbezogen und auch der kommunale Bereich systematisch untersucht.

Die inzwischen erfolgreich abgeschlossenen Versuche im Pilotmaßstab und in der Großtechnik führten zu folgendem Verfahren: aufgemahlener Koksstaub mit einer Feinheit von 70 % kleiner 100 µm wird über eine Wasserstrahlpumpe der Belebtschlammanlage eingemischt.

Die Koks menge wird abgestimmt auf die produzierte Biomasse und die spezielle Problemstellung der Anlage. Im allgemeinen reichen 20 bis 70 g/m³ (20–70 ppm) aus, um gute Ergebnisse zu erzielen.

Diese Koksstaubpartikel werden von der Bioflocke in Form einer Matrix aufgenommen (umschlossen) und

- bilden ein bevorzugtes Milieu für Mikroorganismen bzw.
- unterstützen die Bildung von Mikroorganismen-Kolonien.

Auf beiden Wegen kann sich eine Biomasse ergeben, die durch

- eine hohe Veratmungsfähigkeit,
- einen niedrigen Schlammindex und
- eine hohe Sedimentationsgeschwindigkeit

gekennzeichnet ist. In diesem Zusammenhang wird auch von einer „Kompakt-Flocken“-Biologie gesprochen. Interessanterweise vergrößert sich nicht die Menge abzuziehenden Überschussschlammes, wenn Braunkohlenkoks zugegeben wird; in [4] konnte sogar eine Abnahme festgestellt werden.

Die Koks zugabe führt zu einer Anreicherung im Bioschlamm bis ein stationärer Zustand vorliegt, in dem die Menge dosierten Koks es und die mit dem Überschussschlamm ausgeschleuste Menge Koks es übereinstimmen.

Aufgrund eines sich ausbildenden „Kokspuffers“ im Bioschlamm kann von einer streng kontinuierlichen Zugabe von Koks abgesehen werden. Es reicht aus, wenn die benötigte Tagesmenge in drei bis vier Portionen zugegeben wird.

Koks aus rheinischer Braunkohle ist ein poröses Kohlenstoffkonzentrat mit einer Gesamtoberfläche von ca. 275 m²/g. Den überwiegenden Anteil daran bilden die Bereiche Mesoporen (200 bis 500 Å) und Makroporen (500 bis

5 000 Å). Damit werden auch größere Moleküle bzw. Molekülketten adsorbiert, die bekanntlich schlechter biologisch umgesetzt werden können.

Koks besitzt die Eigenschaft, Sauerstoff aufzunehmen, zu speichern und wieder abzugeben. Als temporärer O₂-Speicher kann er eingelagert in der Bioflocke der Biozönose zusätzlich und feinverteilt Sauerstoff und adsorbierte Nahrung bereitstellen. Aufgrund dieser physikalischen Effekte wurde in früheren Arbeiten das sog. Futterkrippenmodell entwickelt.

Soweit für die Blähschlamm bildung oder für das instabile Betriebsverhalten von Kläranlagen Schwefelwasserstoff (H₂S) mitverursachend ist, wird über den katalytisch wirkenden Koks der Schwefelwasserstoff intermediär umgesetzt zu höheren Oxidationsstufen, beispielsweise zu Thiosulfat, was eine Entgiftung bedeutet.

An diesen guten und belastbaren Forschungsergebnissen sowie den inzwischen vielzähligen Anwendungen im großtechnischen Bereich wurde im Rahmen der Untersuchungen zur weitergehenden Abwasserreinigung angeknüpft. Hierbei zeigte sich, daß über die Adsorptionsfähigkeit des Koks es eine Entnahme von organischen Halogenen der Stoffgruppe AOX zu einem „merklichen Anteil“ gegeben ist. Bei der Umsetzung von Ammonium-Stickstoff zu Nitrit und Nitrat (Nitrifikation) wirkt Koks ebenfalls stark begünstigend und prozeßstabilisierend [5]. Als mögliche Gründe könnten ein geringeres Ausschwemmen der leichtflüchtigen Nitrifikanten durch Koks und ein Abpuffern der bei der Nitrifikation gebildeten Säure durch die alkalische Koksasche (CaO) im Nahbereich des Koks kornes (Grenzfilm) angeführt werden.

Ebenso ist die Sauerstoffbereitstellung am Ort der biologischen Umsetzung von entscheidender Bedeutung. Eine Elimination von Phosphor als Simultanfällung, aber auch als nachgeschaltete Flockenfiltration ist durch Koks aufgrund seiner basischen und ferritischen Aschebestandteile in begrenztem Umfang gegeben.

Eine weitere Nutzung des Koks es ist auch bei der Schlamm entwässerung-, -verbrennung und -faulung möglich.

Bei der Schlamm entwässerung, beispielsweise über Kammerfilterpresse oder Zentrifuge, wirken die fein eingelagerten Koks körner in der Flocke als Stützgerüst. Über diese Drainagewirkung werden höhere Trocknungsgrade erreicht und es können ggf. andere Hilfsstoffe abgesetzt, zumindestens aber verringert werden. Der hohe Heizwert des Koks es von rd. 30 000 kJ/kg führt bei der Verbrennung von Bioschlamm zu einer Selbstgängigkeit des Prozesses, d. h., es wird keine fremde Energiezuführung benötigt. Durch den über den Koks eingebrachten Kohlenstoff läßt sich der Verbrennungsprozeß zudem bei niedrigen CO- und NO_x-Werten fahren.

Versuche belegen, daß auch die Schlamm faulung durch Koks unterstützt wird: schnellere und höhere Umsatzraten bzw. höhere Methanausbeuten stellen sich ein [6].

3.0 Versuchsergebnisse aus Pilot- und Großtechnik

Die praxisnahe Versuchsanordnung und -durchführung war zentraler Ausgangspunkt; deshalb wurden nur Untersuchungen an Originalabwässern durchgeführt. Bewährt hat sich hierbei die Bypass-Schaltung von koksgestützten Pilotanlagen zu Großanlagen. Bei ansonsten synchroner Fahrweise beider Anlagen ist ein direkter Vergleich gegeben. Bei mehrstrahligen Großanlagen mit getrennten Schlammkreisläufen konnten ebenfalls im direkten Vergleich die Effekte durch

Koks geprüft werden. In einigen einstraßigen Anlagen (Schlammkreislauf) war diese ideale Bedingung nicht gegeben, so daß in vorlaufenden bzw. nachlaufenden Betriebsphasen ohne Koks (Nullphasen) die Effekte erst deutlich wurden.

Versuchsergebnisse zur Leistungssteigerung koksgestützter Kläranlagen sowie zur Blähschlammunterdrückung wurden bereits in [2, 3] ausführlich behandelt, so daß im folgenden auf die weitergehende Abwasserreinigung abgestellt wird.

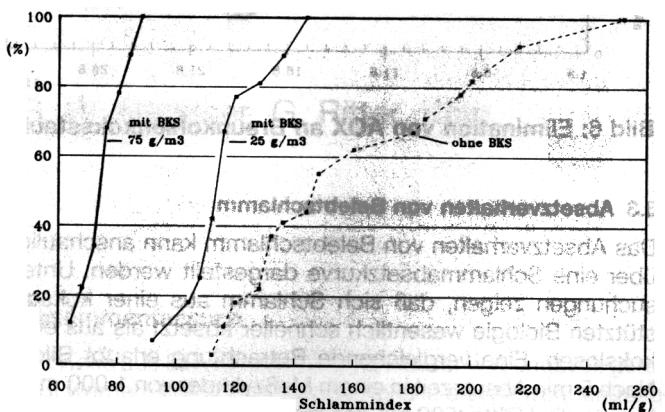


Bild 1: Summenhäufigkeiten der Schlammvolumenindexwerte mit und ohne Zugabe von Braunkohlenkoksstaub

Angemerkt sei nur ein kleiner Hinweis zur Blähschlammunterdrückung durch Braunkohlenkoks gemäß Bild 1. Entsprechend der gestuften Kokszugabe von 25 und 75 g/m³ wird die Summenhäufigkeitskurve des Schlammindex zu kleineren Werten hin verschoben und stellt sich zusätzlich auf, was eine Erhöhung der Betriebsstabilität bedeutet. Den Kurven liegt ein mehrmonatiger Versuchslauf in einer großtechnischen Anlage zugrunde.

3.1 Nitrifikation

Beispielhaft werden Versuchsergebnisse zweier Kläranlagen angeführt, in denen kommunale Abwässer mit Industrieanteil aufbereitet wurden.

Eine 6 m³ fassende 1stufige Pilotanlage wurde koksgestützt und im Bypass zu einer 1stufigen Großanlage gefahren. Alle Betriebsparameter wurden vergleichbar gehalten, so daß Abweichungen der Klärleistung auf die Kokszugabe in der Pilotanlage zurückzuführen sind.

Die Schlammbelastung (BTS) der Anlage schwankte stark und lag zwischen 0,1 und 0,3 im Mittel bei 0,17 kg BSB₅/kg TS × d. Ebenso war auch die NH₄-Eingangskonzentration wechselhaft und streute von 15 bis 40 mg NH₄/l. Der Sauerstoffgehalt lag bei 3,3 mg/l.

Weil die Nitrifikation stark temperaturabhängig verläuft, wurden die Versuche in der kritischen Zeit der Wintermonate Januar bis März durchgeführt. Bei einer mittleren Abwassertemperatur von 12 °C, in Einzelfällen bei 10 °C, wurden die Versuchsergebnisse in Bild 2 erhalten.

Man erkennt die Einfahrphase, die sog. Adaptionphase mit Koks, an der sich die eigentliche koksgestützte Betriebsphase mit 30 g Koks/m³ (30 ppm) anschließt.

Nach 2 bis 3 Wochen ist die Biomasse adaptiert und die Nitrifikation läuft mit hoher Betriebsstabilität, so daß die NH₄-

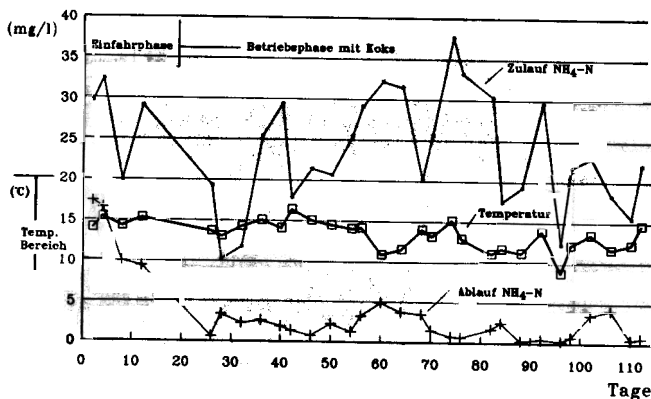


Bild 2: Einstufige Oxidation von Ammonium-Stickstoff (koksgestützte Nitrifikation)

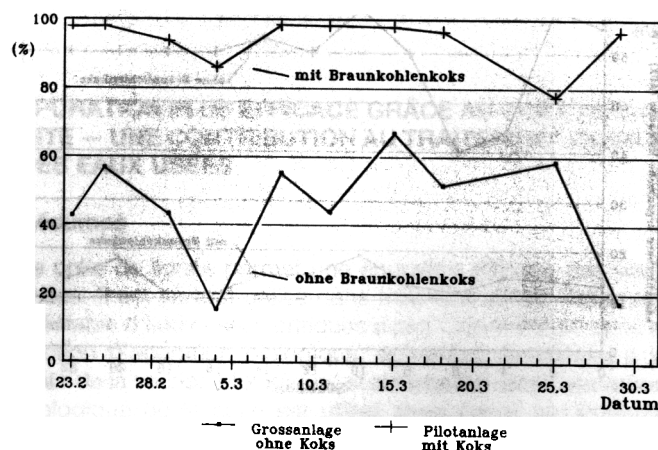


Bild 3: Abbauraten von Ammonium-Stickstoff mit und ohne Zugabe von Braunkohlenkoks

Konzentration im Auslauf gesichert unter 5 mg/l liegt. Interessant ist auch der in Bild 3 gegebene Vergleich der NH₄-Abbauraten von über 95 % in der koksgestützten Pilotanlage und von nur ca. 50 % in der koksloten Großanlage bei ansonsten gleichen Bedingungen. Der koksloten Betrieb in der Pilotanlage führte ebenfalls nur zu den niedrigen Abbauraten der Großanlage.

Aufschlußreich war auch ein anderer Versuch zur Nitrifikation in einer Großanlage. In der Nullphase, d. h. ohne Koksbeitrag, konnten trotz Abwassertemperaturen zwischen 15 bis 20 °C und bei NH₄-Zulaufwerten um 20 mg/l nur ca. 4 mg/l abgebaut werden, so daß im Auslauf noch 16 mg/l vorhanden waren. Offensichtlich lag hier eine gehemmte Nitrifikation vor, zumal die durchschnittliche Schlammbelastung BTS von 0,25 kg BSB₅/kg TS × d nicht übermäßig hoch war. Der Sauerstoffgehalt lag bei 4,5 mg/l.

In Bild 4 sind die Versuchsergebnisse dieser Anlage mit und ohne Kokeinsatz dargestellt. Man erkennt ein deutliches Absinken der NH₄-Ablaufwerte auf Gehalte unter 8 mg/l sowie ein folgerichtiges Ansteigen der NO₃-Ablaufwerte, wenn Koks zugegeben wird. Als zusätzlicher Versuchsparameter wurde die Menge zugegebenen Kokes variiert. Gute Ergebnisse einer Nitrifizierung lassen sich in diesem Fall bei einer Dosierate von 50 mg/m³ (50 ppm) erzielen.

Wird hingegen die Kokszugabe wieder abgesetzt, dann erfolgt sehr deutlich eine Verminderung der Nitrifikation.

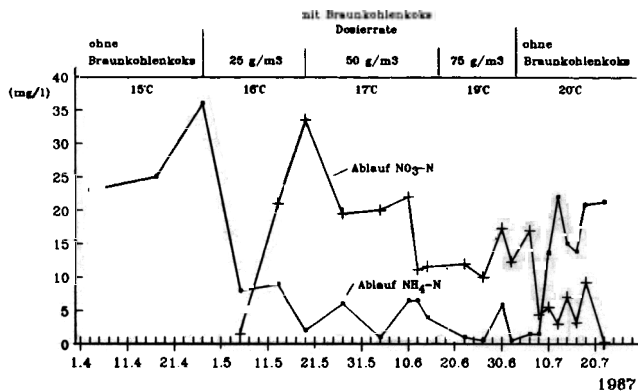


Bild 4: Ammonium- und Nitratkonzentrationen im Ablauf einer Kläranlage

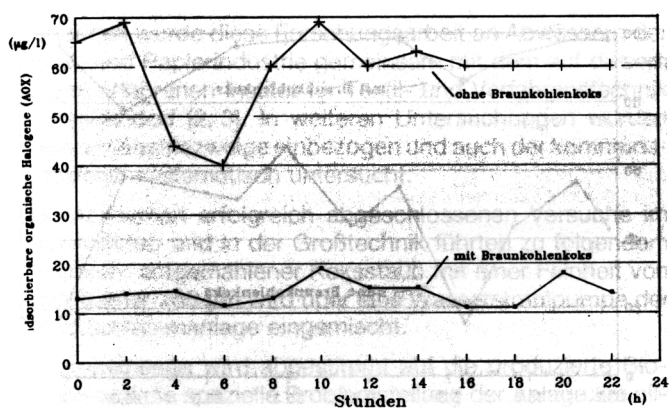


Bild 5: AOX Tagesganglinien vom Ablauf einer Kläranlage

3.2 AOX-Verminderung

Beispielhaft werden im folgenden die Versuchsergebnisse von 2 koksgestützten Großanlagen vorgestellt. Die 1straßig geführten Anlagen erlaubten keine direkten Vergleiche ohne Koks, so daß in einer nachgeschalteten koksfreien Phase (Nullphase) die dargestellten Vergleichswerte gemessen wurden.

In Bild 5 sind die AOX-Tagesganglinien im Ablauf der koksgestützten und koksreichen Anlage wiedergegeben. Ohne Koks liegen die Werte wesentlich höher, nämlich bei ca. 60 µg/l, koksgestützt hingegen bei nur ca. 13 µg/l.

Im Bild nicht dargestellt sind die teilweise starken AOX-Belastungsstöße im Zulauf. Aus den Ablaufwerten ist aber zu ersehen, daß eine Glättung, d. h. Abpufferung von Spitzenwerten bei koksgestützter Anlage erfolgt.

Versuchsergebnisse aus einer koksgestützten großtechnischen AB-Anlage sind in Bild 6 dargestellt. Hierbei wurde Koks der Schwachlaststufe, B-Stufe, zugegeben. Obwohl die AOX-Eingangswerte erheblich streuten und auch relativ hoch lagen, wobei Spitzenwerte bis 250 µg/l auftraten, lagen die Ablaufwerte unter 100, im Mittel bei 63 µg/l. Diese Ergebnisse einer AOX-Verminderung von 50–65% wurden bei einer Koksdosierate von nur 30 g/m³ (30 ppm) erreicht. Es darf angenommen werden, daß mit höherer Koks menge auch eine höhere Adsorptionsrate einhergeht.

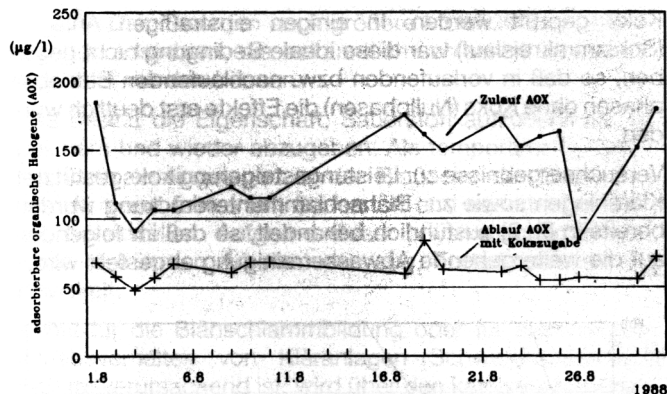


Bild 6: Elimination von AOX an Braunkohlenkoksstaub

3.3 Absetzverhalten von Belebtschlamm

Das Absetzverhalten von Belebtschlamm kann anschaulich über eine Schlammabsetzkurve dargestellt werden. Untersuchungen zeigen, daß sich Schlamm aus einer koksgestützten Biologie wesentlich schneller absetzt als aus einer kokslosen. Eine vergleichende Betrachtung erlaubt Bild 7. Nach 5 min Absetzzeit in einem Meßzylinder von 1 000 ml ist bereits die Hälfte (500 ml) des mit Kokspartikeln eingelagerten Schlammes sedimentiert, während der Vergleichswert bei der kokslosen Schlammmenge erst zwei Zehntel beträgt. Ebenfalls günstiger liegt auch der „Endwert“ des koksdotierten Schlammes. Nach 30 min Absetzzeit erreicht das Schlammvolumen rund 200 ml, gegenüber rund 450 ml ohne Koks. Hieraus ergibt sich der wesentliche Vorteil einer höheren hydraulischen Belastbarkeit einer Nachklärung.

3.4 Entwässerung von Belebtschlamm

Es wurden Entwässerungsversuche mit einer Laborkammerfilterpresse und einer Schlammzentrifuge durchgeführt, bei denen Rohschlamm, mit Kalkmilch versetzter Schlamm und Schlamm aus einer koksgestützten Biologie zum Einsatz kam. In beiden Verfahren konnten mit dem koksgestützten Schlamm die besten Resultate erzielt werden. Beispielhaft sind die Ergebnisse der Versuchsreihe „Vollmantelzentrifuge Type S 2-1“ der KHD Humboldt Wedag AG in Tabelle 1 angeführt. Die Energiebilanz verdeutlicht den durchgehenden Vorteil einer verbesserten Schlamm entwässerung durch die Drainagewirkung der in der Schlammflocke eingelagerten Kokspartikel sowie die ebenfalls durch die Koks zugabe gegebene Heizwerterhöhung des Schlammes. Beides zu-

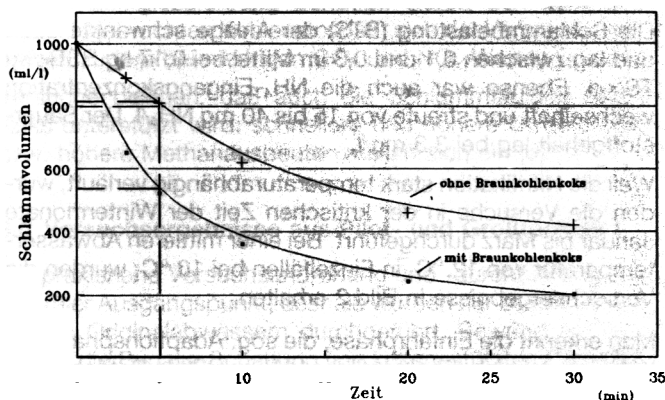


Bild 7: Absetzkurven eines Belebtschlammes mit und ohne Braunkohlenkoks

sammen führt zu einer deutlich positiven Wärmebilanz bei der Schlammverbrennung von ca. 5 MJ pro 1 kg Trockenrückstand.

	ÜS mit Koks	ÜS ohne Koks ohne Kalk	ÜS mit Kalk
Trockenrückstand %	23,4	21,0	20,0
Zu verdampfende Wassermenge	3,27 l	3,76 l	4,0
Wärmebedarf zur Verdampfung des Wassers	13,08 MJ	15,04 MJ	16,00 MJ
Heizwert des Überschussschlammes	18,19 MJ	16,02 MJ	15,41 MJ
Energiebilanz	+ 5,11 MJ	+ 0,98 MJ	- 0,59 MJ

Tabelle 1: Energiebilanz des mit Zentrifuge entwässerten Überschussschlammes bezogen auf 1 kg Trockenrückstand

4.0 Kurze Wertung der Versuchsergebnisse

In der vielgliedrigen Kette des Verfahrensablaufs Abwasserreinigung kann Braunkohlenkoks — bei Prozeßbeginn eingesetzt — über alle Prozeßschritte wirkungsvoll deren Ablauf unterstützen:

- Als Sanierungsmaßnahme zur Erhöhung von Klärwerksleistung und Betriebsstabilität sowie zur Blähschlammunterdrückung.
- Zur Anhebung und Stabilisierung der Nitrifikationsleistung auch bei mittelhoher Schlammbelastung, was erheblich kleinere Beckenvolumen (Reaktionsvolumen) bedeutet sowie einen über alle Jahreszeiten definierten Nitrifikationsbetrieb sicherstellt.
- Zur Verbesserung des Absetzverhaltens über die Ausbildung einer kompakten Flockenbiologie und Beschwerung der Flocke durch eingelagerte Kokspartikel. Gerade hinsichtlich einer weitgehenden Nitrifikation mit einem höheren Anteil an sich schlechter absetzenden Nitrifikanten im Bioschlamm ist dieser Effekt wichtig.
- Zur energiesparenden Schlamm entwässerung und -verbrennung sowie zur Verbesserung der Verbrennungseigenschaften des Schlammes. Aufgrund des reduzierenden Koks-Kohlenstoffs können die durch die TA-Luft gegebenen Grenzwerte für Kohlenmonoxid (CO) und Stickoxid (NO_x) im Rauchgas leichter eingehalten werden. Ein Einsatz von Fremdenergie bei der Verbrennung erübrigt sich.

- Nicht zuletzt ist die Entfärbung von Abwässern ebenfalls ein Beitrag zur weitergehenden Abwasserreinigung. Hierbei wird Braunkohlenkoks auch in kombinierter biologisch/adsorptiver Verfahrensführung eingesetzt.
- Zusätzlich zu dem vielfach in Kläranlagen eingeleiteten Weg der baulichen Erweiterung erschließt sich mit Koks aus Braunkohle die Möglichkeit, ganz kurzfristig zur Verbesserung der Abwassersituation beizutragen.

Die Koks zugabe führt je nach spezifischen Gegebenheiten der Kläranlage zu Kosten von 1 bis 3 Pfennige pro m³ Abwasser. Sie umfassen die Investkosten für Bau und Aufstellung eines Silos mit Dosiereinrichtung und zugehöriger Regeltechnik sowie die Betriebskosten mit der Koks bereitstellung als dominierenden Faktor nebst sehr geringem Bedien- und Wartungsaufwand. Dem Kapitaldienst liegen 20 Jahre zugrunde.

5.0 Ausblick

Rheinbraun sieht in der Bereitstellung von preiswertem Koks aus Braunkohle einen Beitrag zum Umweltschutz. Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet in kooperativer Zusammenarbeit mit Instituten, Hochschulen und Betreibern werden auch weiterhin den Ausgangspunkt für umweltschonende Verfahrensentwicklungen bilden.

Gegenwärtig laufen weitere Forschungsprogramme zur

- biologisch/adsorptiven Aufbereitung von Textilabwässern auf Wiederverwendungsniveau,
 - Aufbereitung von Deponiesickerwässern,
 - vertiefenden Betrachtung zur Nitrifikation,
- bei denen Koks aus Braunkohle als wesentliches Betriebsmittel eingesetzt wird.

Eine rasche Umsetzung dieser gewonnenen Erkenntnisse im großtechnischen Maßstab wird angestrebt.

Literatur

- [1] Zeitschrift Spektrum, 6/88
35. Jahrgang, Seite 521
- [2] P. Ehrler, R. Glöckler, M. Erken, G. Ritter:
Unterstützung der aeroben biologischen Abwasserreinigung durch Braunkohlenkoks
Korrespondenz Abwasser
2/87, Seite 129 ff.
- [3] M. Erken, G. Ritter:
Betriebs Erfahrungen mit dem Einsatz von Braunkohlenkoksstaub in Belebtschlamm Anlagen
Wochenblatt für Papierfabrikation 115, 1987, Nr. 18, Seite 810 ff.
- [4] H. Berg, F. Hausbrandt, L. Pörtner:
Betriebsversuche zur Vermeidung von Blähschlamm und zur Verbesserung von Schlamm entwässerung durch Zugabe von Koksstaub in Belebtschlamm Anlagen
Korrespondenz Abwasser
8/87, Seite 864 ff.
- [5] B. Zurek-Imhoff:
Großtechnische Untersuchungen zum Einsatz von Braunkohlenkoksstaub in einer Belebungsanlage mittlerer Belastung am Beispiel der Kläranlage Habelrath
Diplomarbeit, RWTH-Aachen, 1988
- [6] B. Böhnke:
Zustand der Gewässerdaten, Forderungen, Perspektiven
20. Essener Tagung, 11.03. — 13.03.1987
7. Kurzbericht