

Adsorptive Vorreinigung von Sickerwasser mit Braunkohlenkoks auf der Deponie der Stadt Köln „Vereinigte Ville“

Adsorptive Lignite Pre-Treatment of Seepage at The Cologne "Vereinigte Ville" Municipal Refuse Dump

Hans Helmut Moll*, Hans Joachim Mohr**, Wilfried Dolkemeyer***, Karin Schmidt****, Klaus Poppe*****

Schlagwörter

Deponiesickerwasser, Herdofenkoks als Festbettadsorber, Sickerwasservorreinigung, CSB, BSB₅, AOX, P. Schwermetalle. Mitbehandlung in Kläranlagen

Summary

The Cologne municipal authorities use the pit of a former opencast lignite mine as a refuse dump („Vereinigte Ville“) for industrial waste, sewage sludge and inert materials. Since 1985, approx. 600 m³ of seepage have been removed by truck every day, destined for treatment in municipal sewage works. The inability of sewage plants to treat seepage fully effectively, and the fact that the planned seepage treatment plant will not be in operation until 1990, precipitated a sudden need for seepage pre-treatment. On the basis of preliminary experiments, a method of adsorptive pre-treatment was used which employed specially treated lignite coke in fixed-bed adsorbers. These adsorbers were housed in containers which were also designed for transportation purposes. The discharge concentrations of CSB and AOX obtained show that the desired aim of seepage pre-treatment under dumping ground conditions was fully achieved. Seepage pre-treated in this way was experimentally treated in increasing volumes in sewage works without adverse affects.

Zusammenfassung

Die Stadt Köln betreibt in einer Grube des ehemaligen Braunkohlentagebaus eine Hausmülldeponie („Vereinigte Ville“), in der u. a. Gewerbemüll, Klärschlamm und Inertstoffe eingebracht werden. Seit 1985 werden täglich ca. 600 m³ Sickerwasser per LKW abtransportiert und in kommunalen Kläranlagen mitbehandelt. Aufgrund der unvollständigen Reinigungswirkung von Kläranlagen bei der Mitbehandlung von Sickerwasser und der Tatsache, daß die geplante Sickerwasserreinigungsanlage erst 1990 in Betrieb genommen werden kann, wurde kurzfristig eine Sickerwasservorreinigung notwendig. Aufgrund von Vorversuchen erfolgte die Vorreinigung adsorptiv mittels speziell vorbehandeltem Braunkohlenkoks in Container-Festbettadsorbern, die gleichzeitig als Transport- sowie Adsorptionsbehälter ausgelegt waren. Die erreichten Ablaufkonzentrationen von CSB und AOX zeigen, daß das angestrebte Ziel der Sickerwasservorreinigung unter Deponiebedingungen voll erreicht wurde. Das so vorgereinigte Sickerwasser wurde versuchsweise mit steigender Menge in Kläranlagen störungsfrei mitbehandelt.

* Dipl.-Ing. Hans Helmut Moll, Amt für Stadtentwässerung, Klärwerk Egonstraße, D-5000 Köln 80.

** Hans Joachim Mohr, Stadtreinigungs- und Fuhramt, Vogelsanger Straße 321, D-5000 Köln 30.

*** Dr. Wilfried Dolkemeyer, Rheinische Braunkohlenwerke AG, Werk Sibylla, Dürener Straße, D-5020 Frechen.

**** Dr. Karin Schmidt, Union Rheinische Braunkohlen Kraftstoff AG, Ludwigshafener Straße, D-5047 Wesseling.

***** Dr. Klaus Poppe, RWE-Gesellschaft für Forschung und Entwicklung mbH, Ludwigshafener Straße, D-5047 Wesseling.

1 Einleitung

Die Großdeponie „Vereinigte Ville“ befindet sich in einer Grube des ehemaligen Braunkohletagebaues. Dieser Standort wurde nach mehrjährigen Untersuchungen ausgewählt. Im Jahre 1969 wurde eine befristete wasserrechtliche Bewilligung erteilt, so daß ab 1970 die Städte Köln, Hürth, Brühl, Erftstadt und Wesseling mit der Deponierung beginnen konnten.

1982 erging ein Planfeststellungsbeschluß für die Gesamtdeponie mit einer Reihe von Auflagen für den Betrieb, so u. a. für eine Sickerwasserreinigung.

In diese Deponie – Deponieklasse 3 – werden Hausmüll, Gewerbemüll, Klärschlämme und Inertstoffe eingebracht.

Wegen der zunehmenden Übersättigung des Deponiekörpers werden seit 1985 rd. 600 m³ Sickerwasser täglich per Lkw abtransportiert und in städtischen Kläranlagen mitgereinigt.

Da diese Kläranlagen nur eine unvollständige Reinigungswirkung für Sickerwässer besitzen, und die erste Stufe der Sickerwasserreinigungsanlage erst im Frühjahr 1990 in Betrieb geht, wurde eine Sickerwasservorreinigung notwendig, die von der oberen Wasserbehörde vorgeschrieben wurde, um die kommunalen Kläranlagen zu entlasten und einen störungsfreien Betrieb zu ermöglichen. Hier dient als Grundlage die in Kürze gesetzlich vorgeschriebene Entsorgung von Sickerwässern nach dem Stand der Technik.

Für die Zeit vom 1. 10. 1988 bis zum 31. 3. 1989 wurde in Abstimmung zwischen dem Landesoberbergamt (LOBA) und dem Regierungspräsidenten (RP) der Stadt Köln der Versuchsbetrieb zur adsorptiven Reinigung von ca. 400 m³ Sickerwasser/d genehmigt.

Die adsorptive Vorreinigung an Braunkohlenkoks im Festbettadsorber wurde auf der Grundlage der Anfang 1988 bei der Union Kraftstoff AG, Wesseling, gemachten Voruntersuchungen ausgewählt (Bild 1).

Hier konnte der CSB-Wert von ca. 1100 mg/l auf ca. 500 mg/l und der AOX-Wert auf ca. 1,0 mg/l reduziert werden.

Trotz der im Vergleich zur Aktivkohle kleineren Oberfläche von ca. 275 m²/g und der dadurch geringeren Adsorptionskapazität ist der Einsatz von Braunkohlenkoks aufgrund der hohen Aktivkohlepreise wesentlich wirtschaftlicher. Die Vorreinigung erfolgt in speziell entwickelten Container-Festbettadsorbern (Bild 2), die gleichzeitig als Transport- und Adsorptionsbehälter ausgelegt sind. Von seiten der Deponie ist kein Personal zu stellen, da bei den Adsorbern nach Inbetriebnahme nur noch etwa einmal täglich die Ablaufhöhe einzustellen ist.

2 Beschreibung des Versuchsbetriebes

Aufgrund der o. g. Voruntersuchungen sind für die Vorreinigung von ca. 400 m³ Sickerwasser je Tag folgende Bedingungen bei einem angestrebten Reinigungsziel von ca. 500 mg/l CSB und ca. 1 mg/l AOX unfiltr. notwendig:

- 12 Container-Festbettadsorber
- Fließgeschwindigkeit: 1,5 m³/h über Rotameter einstellbar
- Standzeit: 4 Tage

Die Aufstellung der Container erfolgt auf einer befestigten Fläche innerhalb des Deponiegeländes. Das in verschiedenen Teichen gesammelte Rohsickerwasser wird über Tauch-

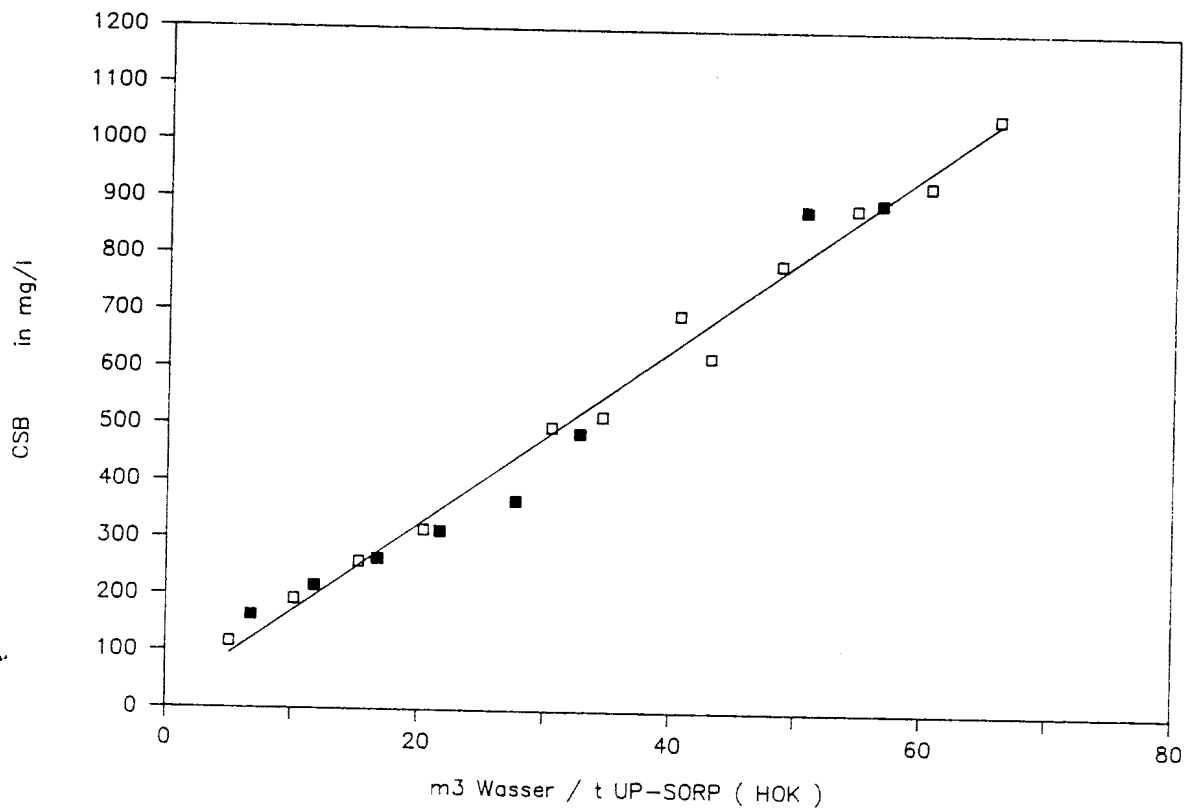


Bild 1. Technikumsversuche zur adsorptiven Vorreinigung von Sickerwasser mittels Herdofenkoks (HOK) Einsatzwerte CSB: 1045 mg/l und 1100 mg/l.

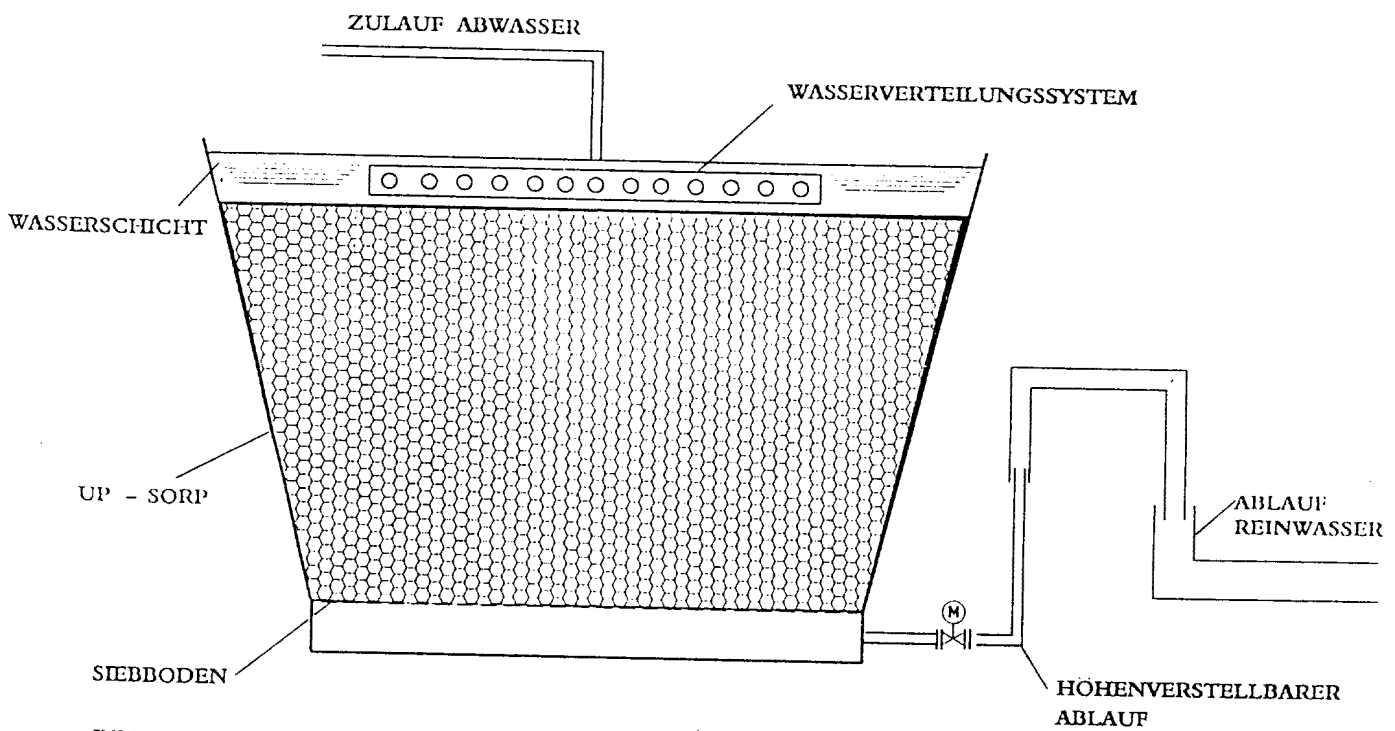


Bild 2. UP-Sorp Verfahren zur adsorptiven Vorreinigung von Sickerwasser.

pumpen mittels fliegender Leitungen in den Zulauf der Container gepumpt. Die Container werden parallel betrieben und können einzeln zu- oder abgeschaltet werden. Sie sind so aufgestellt, daß die Containerfahrzeuge problemlos den An- und Abtransport vornehmen können (Bild 3).

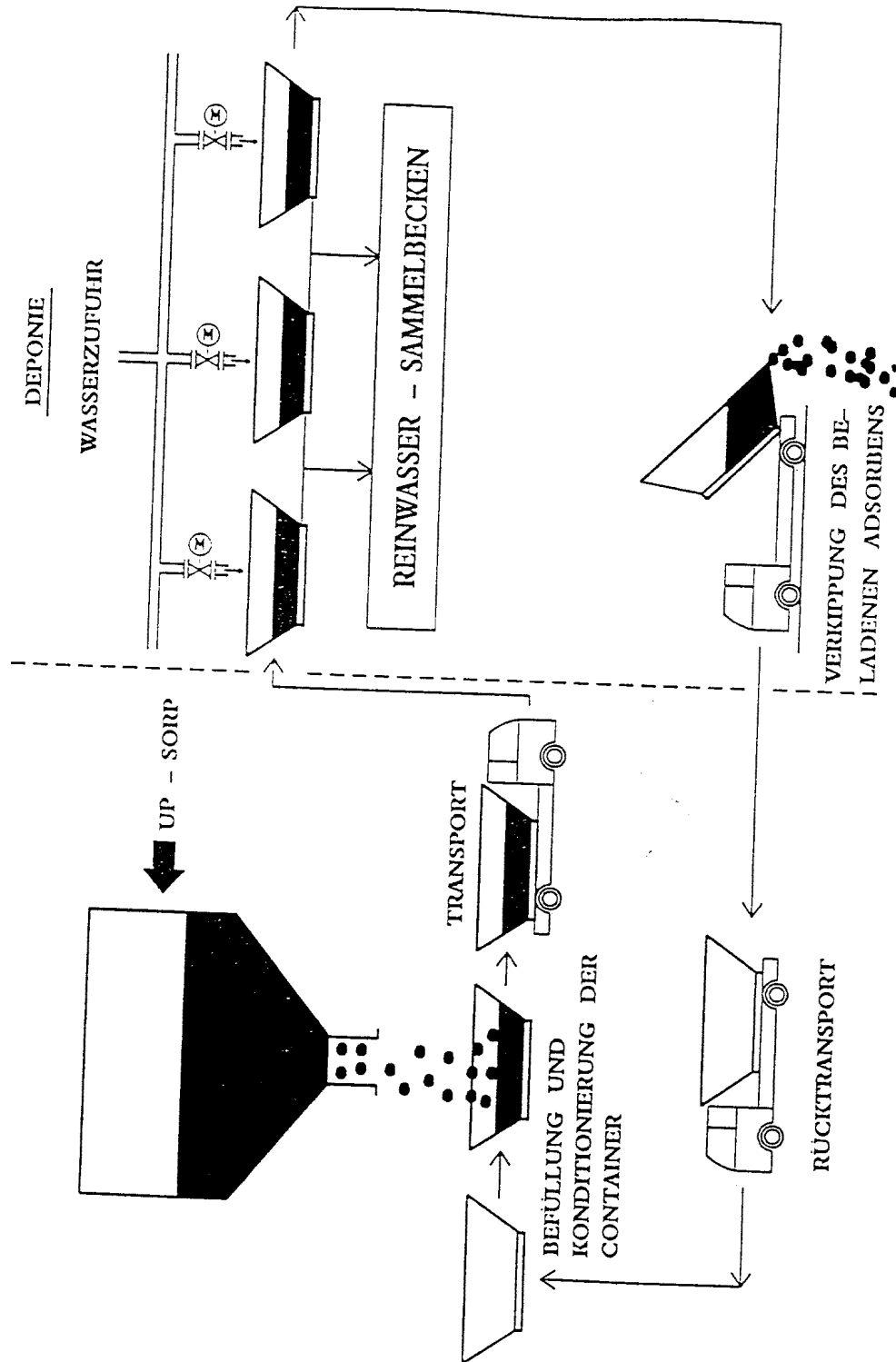


Bild 3. Logistik am Beispiel einer Sickerwasseraufbereitung.

Die Zu- und Ablaufschläuche können durch Schnellkupplungsanschlüsse entfernt bzw. angeschlossen werden. Der Ablauf der Container wird in einem Folienbecken gesammelt und kann von dort aus mittels Tankfahrzeugen auf den Kölner Kläranlagen entsorgt werden. Nach 4 Tagen werden die verbrauchten Container durch neue ersetzt, und der verbrauchte Herdofenkoks (HOK) wird in Absprache mit dem LOBA auf der Deponie Vereinigte Ville abgelagert. Die vorgelegten Elutionsanalysen lassen eine Einstufung in Deponieklasse 3 zu.

Der Betrieb dieses Containerparks ist über 24 Stunden gewährleistet. Damit aber an Sonn- und Feiertagen keine Außerbetriebnahmen notwendig werden, wird z. B. samstags und sonntags die Sickerwasser-Durchflußgeschwindigkeit auf die Hälfte reduziert. Ab Montag werden die Container dann wieder mit der vollen Menge beaufschlagt. Die ordnungsgemäße In- und Außerbetriebnahme der nummerierten Container wird durch einen Mitarbeiter der Betreiberfirma kontrolliert und in Listen erfaßt. Zusätzlich wird durch den städtischen Deponiebetrieb der An- und Abtransport registriert. Somit ist der ordnungsgemäße Einsatz gewährleistet.

3 Analytik

Die analytische Begleitung des Versuches sieht wie folgt aus:

Der Zulauf und der Ablauf der Sickerwasservorreinigungsanlage werden durch Stichproben kontrolliert.

Folgende Parameter werden analysiert:

- | | |
|---------------------|------------|
| 1. CSB | täglich |
| 2. AOX unfiltriert | täglich |
| 3. BSB ₅ | sporadisch |
| 4. P | sporadisch |

Die Proben wurden nach Absprache mit dem Abwasserlaboratorium der Stadt Köln vom Deponiebetrieb gezogen. Die Untersuchung erfolgt entsprechend den Deutschen Einheitsverfahren für die Wasser- und Schlammuntersuchungen im Abwasserlaboratorium.

Der Zulauf zu den Containern ist während der gesamten Versuchszeit nur einmal täglich untersucht worden, da Tagesschwankungen aufgrund großer Vorlagebecken nicht erwartet wurden.

Der Ablauf der Container wurde zu Beginn der Versuche, und zwar vom 13. 10. bis 7. 11. 1988 dreimal täglich untersucht. Ab dem 7. 11. 1988 bis zum 25. 11. 1988 wurden zwei Stichproben pro Tag untersucht und ab dem 26. 11. 1988 erfolgte einmal täglich eine Untersuchung. Da die Eliminationsleistung des Systems sehr stabil war, konnte die Reduzierung der Untersuchungen pro Tag im Sinne einer Kosten-/Nutzen-orientierten Betrachtung vorgenommen werden.

Zur Betrachtung der Ablaufkonzentration und der Reinigungsleistung wurden die Tagesmittelwerte herangezogen (Bilder 4 und 5).

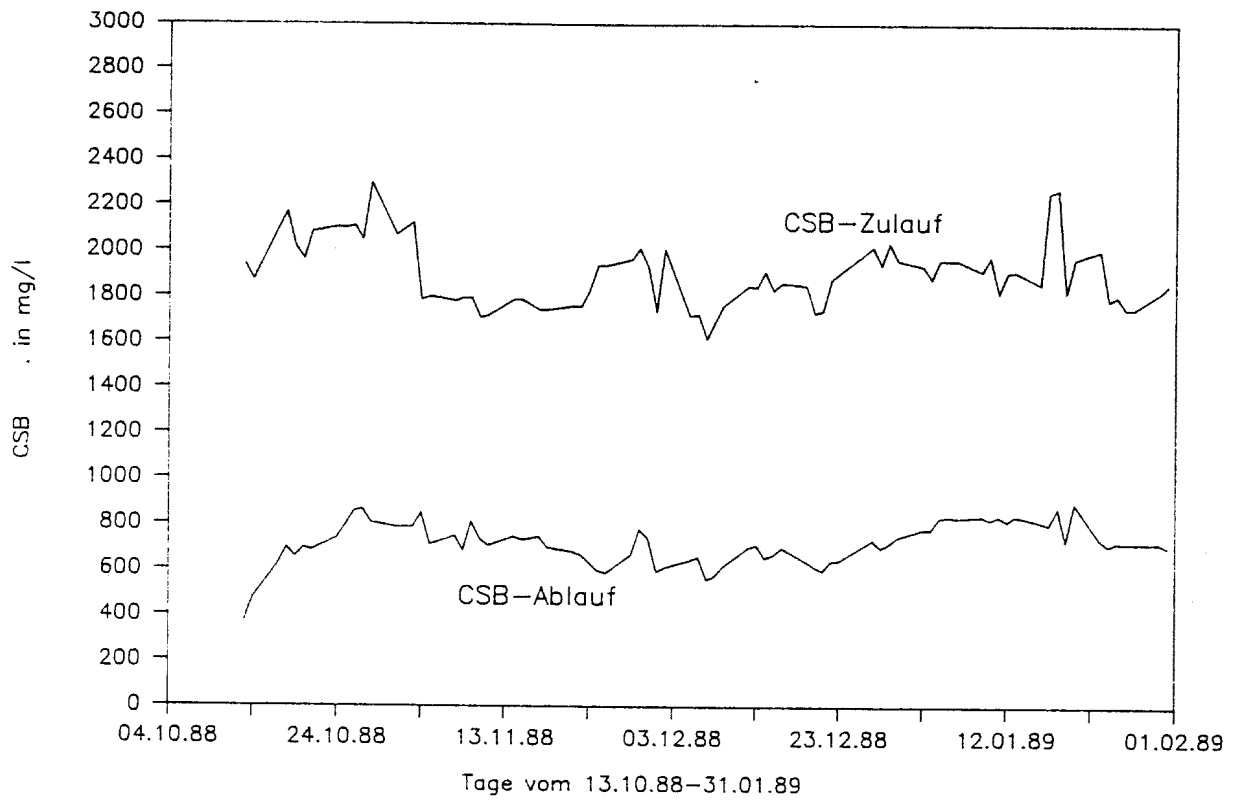


Bild 4. Entwicklung der CSB-Konzentration während des Versuches zur Vorreinigung von Sickerwasser auf der Deponie „Vereinigte Ville“.

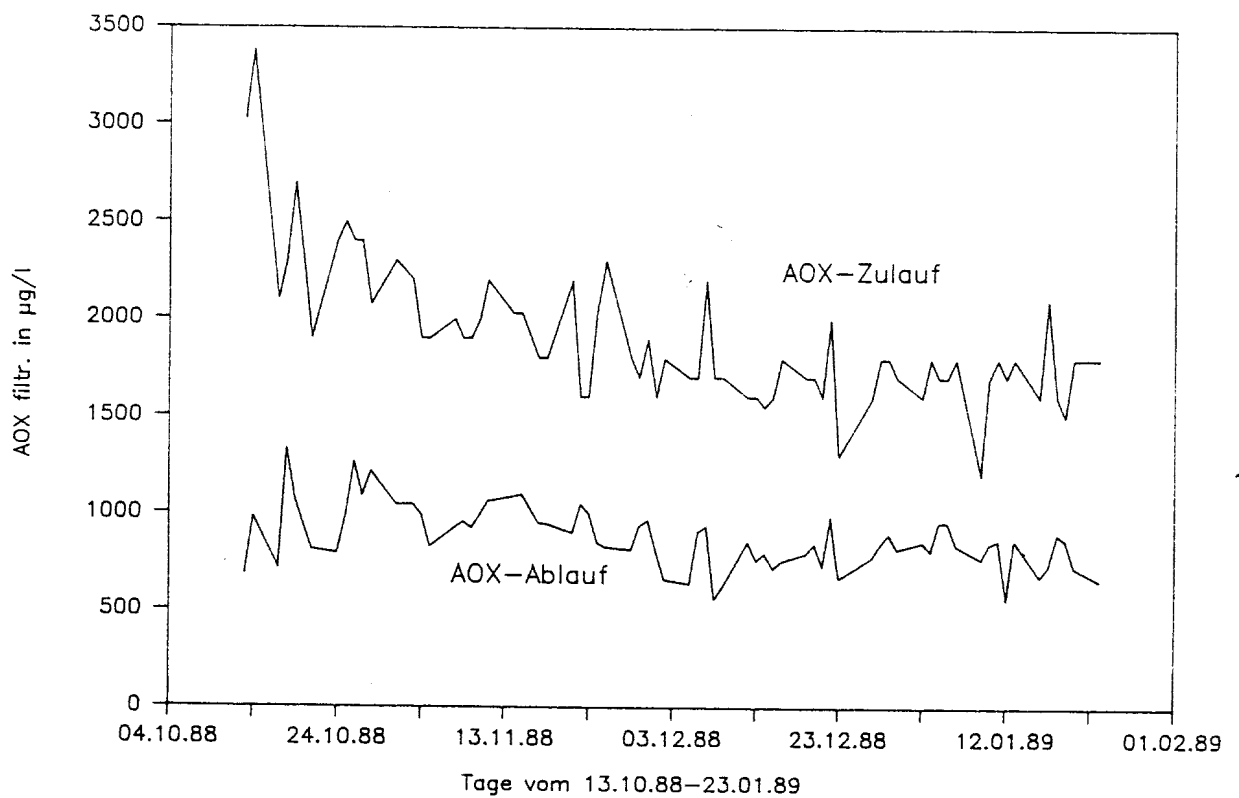


Bild 5. Entwicklung der AOX-Konzentration während des Versuches zur Vorreinigung von Sickerwasser auf der Deponie „Vereinigte Ville“.

4 Beschreibung des Versuchsablaufes und der Ergebnisse

Die Versuche lassen sich in 3 verschiedene Abschnitte aufteilen:

Abschnitt 1: Beschickung der Container mit Sickerwasser aus dem Frischmüllbereich (Sickerwassersammelbecken) vom 13. 10. bis 2. 11. 1988 und 24. 11. bis 2. 12. 1988.

Abschnitt 2: Beschickung der Container mit Sickerwasser aus dem Altmüllbereich (Baumbecken) inkl. über verbrauchten HOK verrieseltes Sickerwasser aus dem Sickerwassersammelbecken vom 3. 11. bis 23. 11. 1988 und 5. 12. bis 16. 12. 1988.

Abschnitt 3: Wie Abschnitt 2; hier Reduzierung der Fließgeschwindigkeit des Sickerwassers von 1,5 m³/h auf 1,1 m³/h bei gleicher Standzeit vom 19. 12. 1988 bis 31. 1. 1989.

Zu Abschnitt 1:

Die Zulaufkonzentrationen von CSB und AOX sind wesentlich höher als in den Vorversuchen. Sie liegen im arithmetischen Mittel bei 2026 mg/l CSB und 2244 µg/l AOX unfiltr. Die Schwankungsbreite beträgt:

CSB: 1736 bis 2300 mg/l
AOX: 1600 bis 3380 µg/l

Das Eliminationsverhalten der Container ist mit Ablaufwerten von im Mittel 688 mg/l CSB und 945 µg/l AOX unfiltr. als gut zu bezeichnen (im Mittel 66 % CSB- und 58 % AOX-Elimination). Die 50-Perzentilwerte betragen 61 % für die CSB- und 57 % für AOX-Elimination.

Die Schwankungsbreite liegt bei:

CSB: 377 bis 868 mg/l
AOX: 660 bis 1333 µg/l

Die zum Teil überhöhten AOX-Ablaufwerte konnten auf einen AOX-haltigen Kleber, der für einige Containerreparaturen angewandt wurde, zurückgeführt werden.

Die Schwankungsbreite der prozentualen Elimination liegt bei:

CSB: 58 bis 81 %
AOX: 42 bis 77 %

Zu Abschnitt 2:

Um die Ablaufkonzentration noch weiter zu senken, wurde zum einen der Zulauf zu den Containern aus dem Altmüllbereich (Baumbecken) gespeist und zum anderen, wie oben beschrieben, Sickerwasser aus dem höher belasteten Frischmüllbereich über verbrauchten HOK mit einer Restadsorptionskapazität verrieselt und dem Baumbecken zugeführt. Dadurch wurde eine niedrigere Zulaufkonzentration von CSB und AOX etc. gesichert.

Die mittlere Zulaufkonzentration von CSB 1776 mg/l und AOX unfiltr. 1834 µg/l bestätigen dies.

Die Schwankungsbreite beträgt:

CSB: 1617 bis 1914 mg/l
AOX: 1550 bis 2200 µg/l

Die Unterbrechung der Beschickung mit Rohsickerwasser aus dem Baumbecken in der Zeit vom 24. 11. bis 2. 12. 1988 wurde notwendig, da die Zulauftemperatur durch Frosteinwirkung zeitweise bei 1 °C lag und ein Einfrieren der Container nicht ausgeschlossen werden konnte. Die Sickerwassertemperaturen aus dem Sickerwassersammelbecken lagen deutlich höher, daher wurde auf diesen Bereich umgestellt. Zusätzlich wurden alle fliegenden Leitungen isoliert, so daß nun auch bei Frost aus dem Baumbecken gefördert werden kann.

Das Eliminationsverhalten der Container ist mit Ablaufwerten von im Mittel 694 mg/l CSB und 888 µg/l AOX unfiltr. fast unverändert, mit einer Verbesserung bei den AOX-Werten (= im Mittel 61 % und 52 % AOX-Elimination).

Die Schwankungsbreiten liegen hier wie folgt:

CSB: 558 bis 851 mg/l

AOX: 560 bis 1100 µg/l

Die Schwankungsbreiten der prozentualen Elimination betragen:

CSB: 55 bis 67 %

AOX: 40 bis 67 %

Die sporadische Untersuchung der BSB₅ und P-Werte im Zu- und Ablauf der Container ergab folgende Elimination (Bild 6):

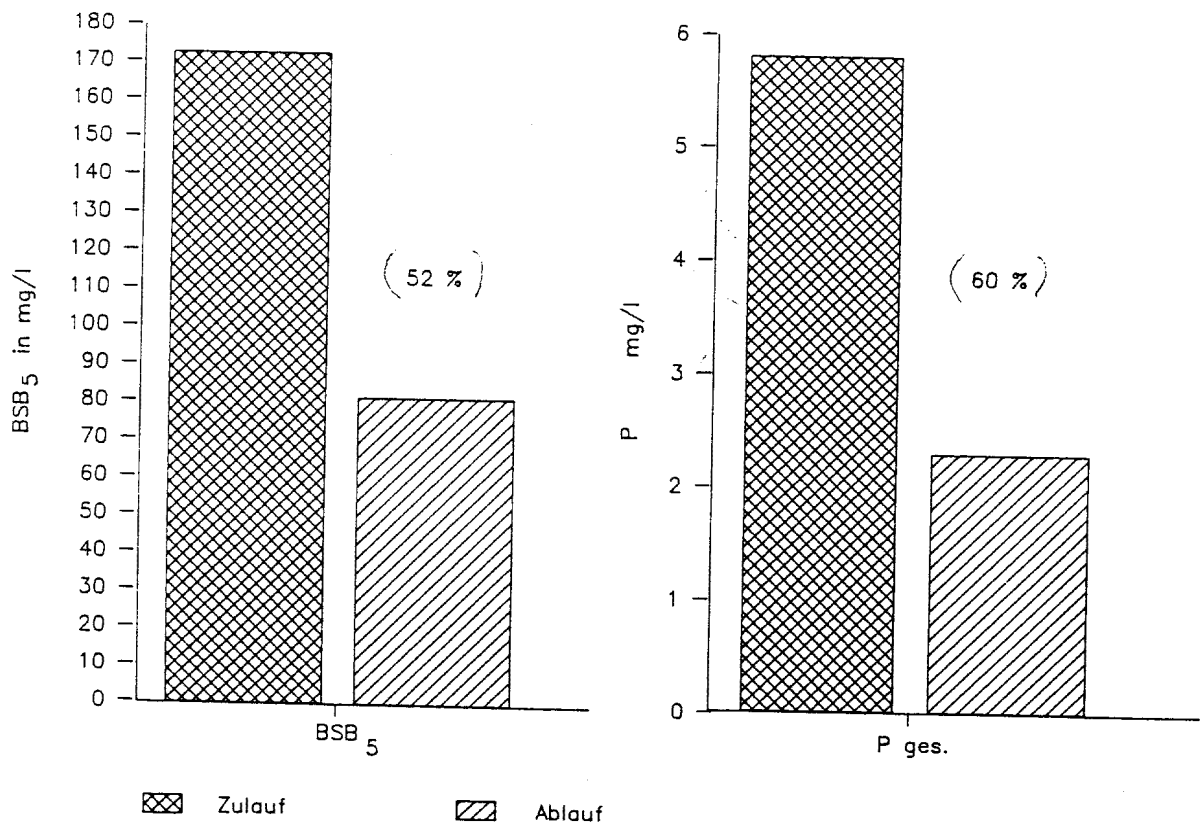


Bild 6. BSB₅- und P-Elimination bei der Sickerwasservorreinigung.

(Diese relativ hohe Elimination wird durch einen Massenanteil von Ca im HOK von etwa 2,6 % ermöglicht.)

Stichprobenartige Untersuchungen zum Abbau von Schwermetallen im Deponiesickerwasser führten zu folgenden Ergebnissen (Bild 7):

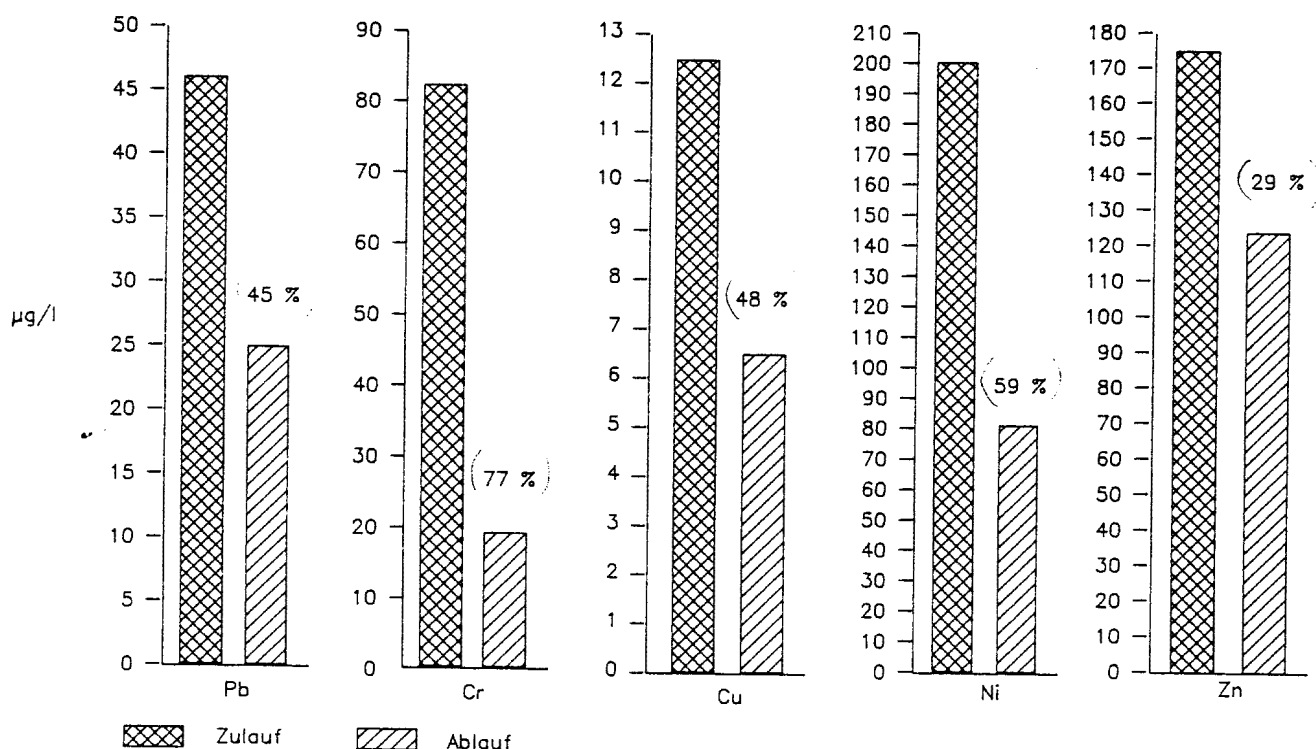


Bild 7. Elimination von Schwermetallen bei der Sickerwasservorreinigung.

Für Cadmium und Quecksilber lagen die Werte im Zu- und Ablauf unter der Nachweisgrenze (0,5 µg/l).

Zu Abschnitt 3:

Als weitere Möglichkeit, die Ablaufkonzentration zu reduzieren, wurde ab dem 19. 12. 1988 die Durchflußgeschwindigkeit des Sickerwassers durch den Container von 1,5 m³/h auf 1,1 m³/h reduziert.

Dies entspricht trotz gleichbleibender Standzeit von 4 Tagen einer theoretischen Standzeitreduzierung auf ca. 3 Tage. Durch diese Umstellung sollten – wie in den Vorversuchen ermittelt – niedrigere Ablaufwerte erreicht werden.

Die Zulaufkonzentration aus dem Baumbecken lag im Mittel bei 1912 mg/l CSB und 1689 µg/l AOX unfiltr.

Die Schwankungsbreiten betragen:

CSB: 1730 bis 2277 mg/l

AOX: 1200 bis 2100 µg/l

Die Konzentration des CSB hat sich leicht erhöht und die AOX-Konzentration ist leicht gesunken.

Das Eliminationsverhalten der Container ist mit Ablaufwerten von im Mittel 759 mg/l und 794 $\mu\text{g/l}$ AOX unfiltr. für den CSB nicht, aber für den AOX verbessert worden (im Mittel 61 % CSB- und 53 % AOX-Elimination).

Stellvertretend für die verschiedenen Versuchsabschnitte wurde die statistische Betrachtung der Ablaufkonzentration der Sickerwasserreinigungsanlage am Beispiel des 3. Versuchsabschnitts graphisch dargestellt.

Die Schwankungsbreiten im Ablauf betragen (Bilder 8 und 9):

CSB: 597 bis 897 mg/l

AOX: 560 bis 990 $\mu\text{g/l}$

Die Schwankungsbreiten der prozentualen Elimination sehen wie folgt aus:

CSB: 55 bis 66 %

AOX: 36 bis 67 %

5 Kläranlagenbetrieb mit vorgereinigtem Deponiesickerwasser

Wie bereits erwähnt stand aus genehmigungsrechtlichen Gründen im Gegensatz zur bisherigen Praxis eine weitere Mitbehandlung von rohem Sickerwasser in kommunalen Kläranlagen außer Diskussion.

Um festzustellen, ob eine gemeinsame Behandlung von vorgereinigtem Deponiesickerwasser in einem einstufigen Klärwerk möglich ist, wurde nach Absprache mit dem RP

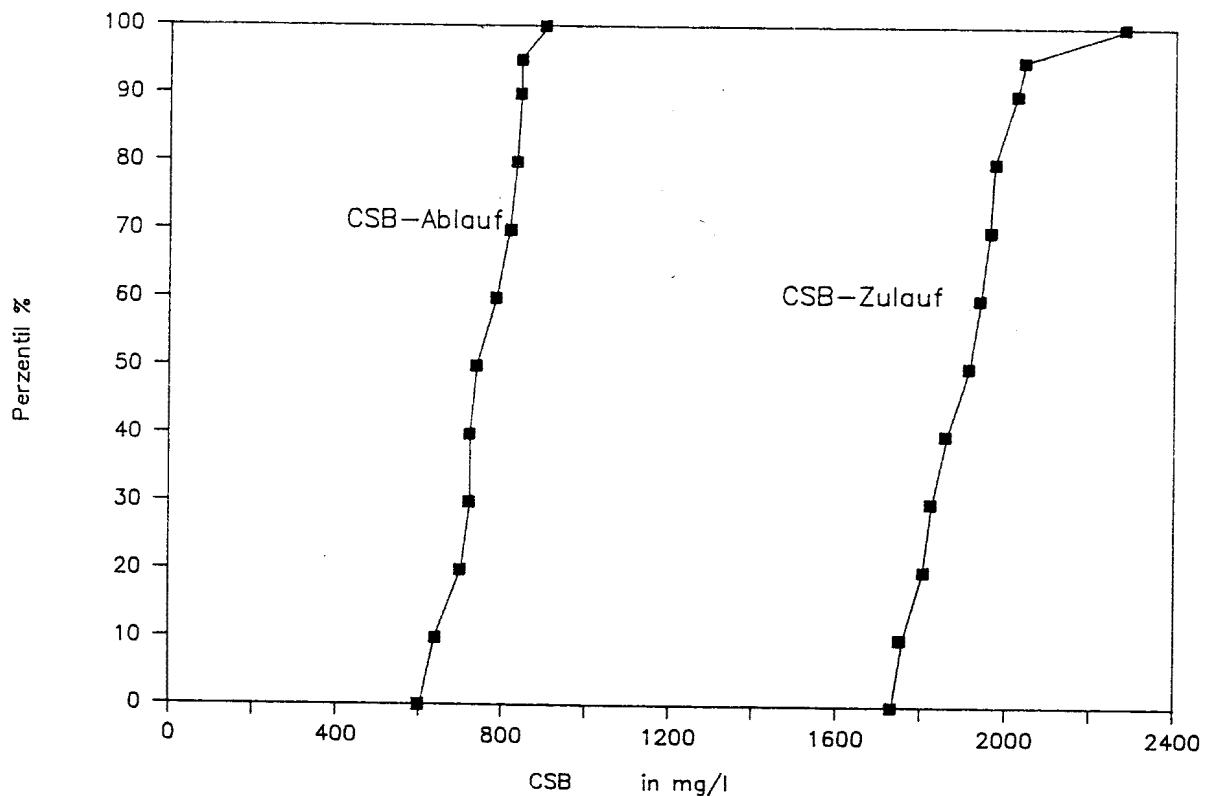


Bild 8. Statistische Betrachtung der CSB-Konzentrationen für die Zeit 19. 12. 88 bis 23. 1. 89; Sickerwasservorreinigung Baumbecken II.

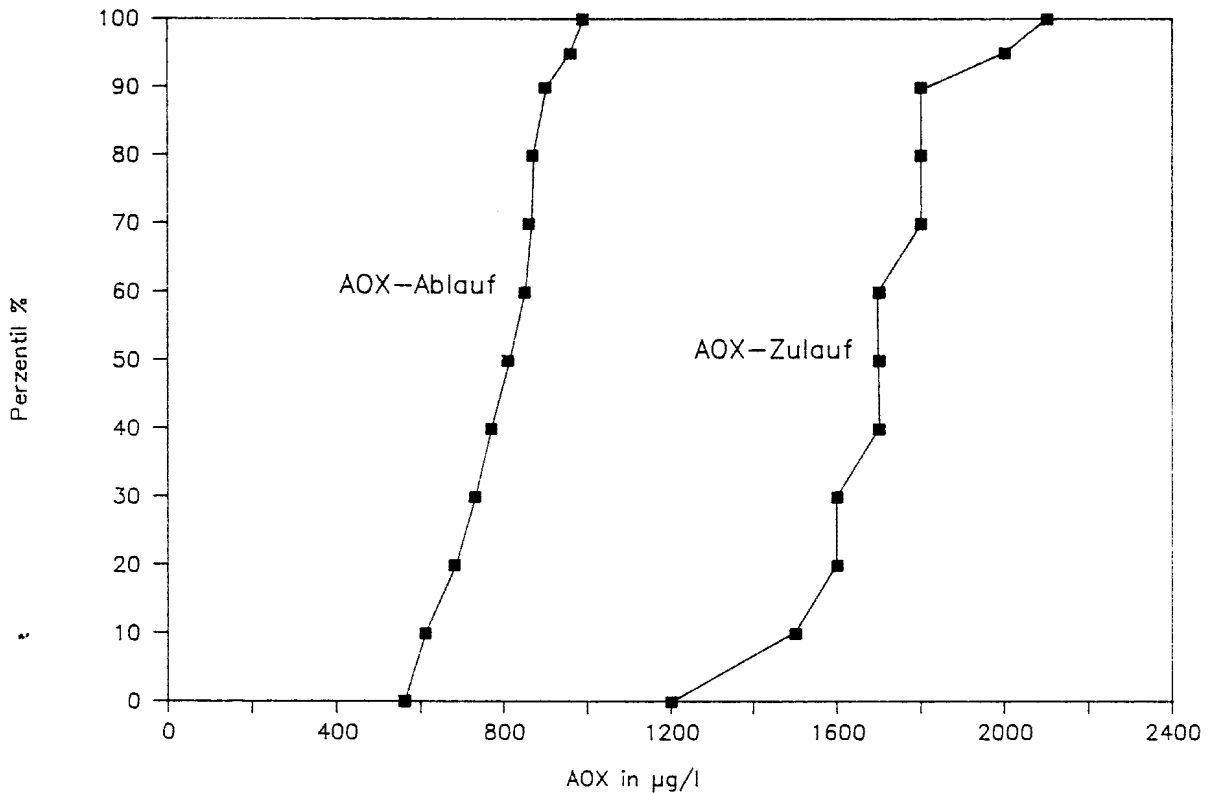


Bild 9. Statistische Betrachtung der AOX-Konzentrationen für die Zeit 19. 12. 88 bis 23. 1. 89; Sickerwasservorreinigung Baumbecken II.

Köln im Klärwerk Weiden versuchsweise über einen Zeitraum von 2 Monaten vorbehandeltes Sickerwasser in steigender Dosierung zugeführt.

Das Klärwerk hat eine Ausbaugröße von 65 000 EGW und reinigt z. Z. ca. 10 000 m³ Abwasser/d (Q_{TW}). Das Klärwerk besteht aus einer mechanischen und einer biologischen Reinigungsstufe und arbeitet mit einer Schlammbelastung von $B_{TS} = 0,15$ kg BSB₅/kg TS d.

Im Versuchszeitraum blieb die Qualität des Ablaufes der Nachklärung trotz steigender Dosierung von vorgereinigtem (50 bis 150 m³/d) Sickerwasser unverändert (Bilder 10 und 11).

In einem anderen Kölner Klärwerk konnte aufgrund von Vorversuchen nicht die angestrebte Menge von ca. 250 m³ Rohsickerwasser/d zudosiert werden, sondern in Abhängigkeit von der Jahreszeit nur 100 bis 140 m³/d.

Seit Inbetriebnahme der Vorreinigung war es möglich, die Sickerwassermenge unabhängig von der Jahreszeit auf ca. 150 m³/d anzuheben, ohne eine Verschlechterung der Ablaufwerte der Nachklärung zu verursachen.

6 Schlußbetrachtung

Die Reinigungsleistung der Deponiesickerwasservorreinigung ist trotz unterschiedlicher Betriebsbedingungen auf der Deponie, wie z. B. unterschiedlich hohe Zulaufkonzentrationen, Frost und Regen, über den Gesamtzeitraum betrachtet, mit im Mittel 63 % CSB- und

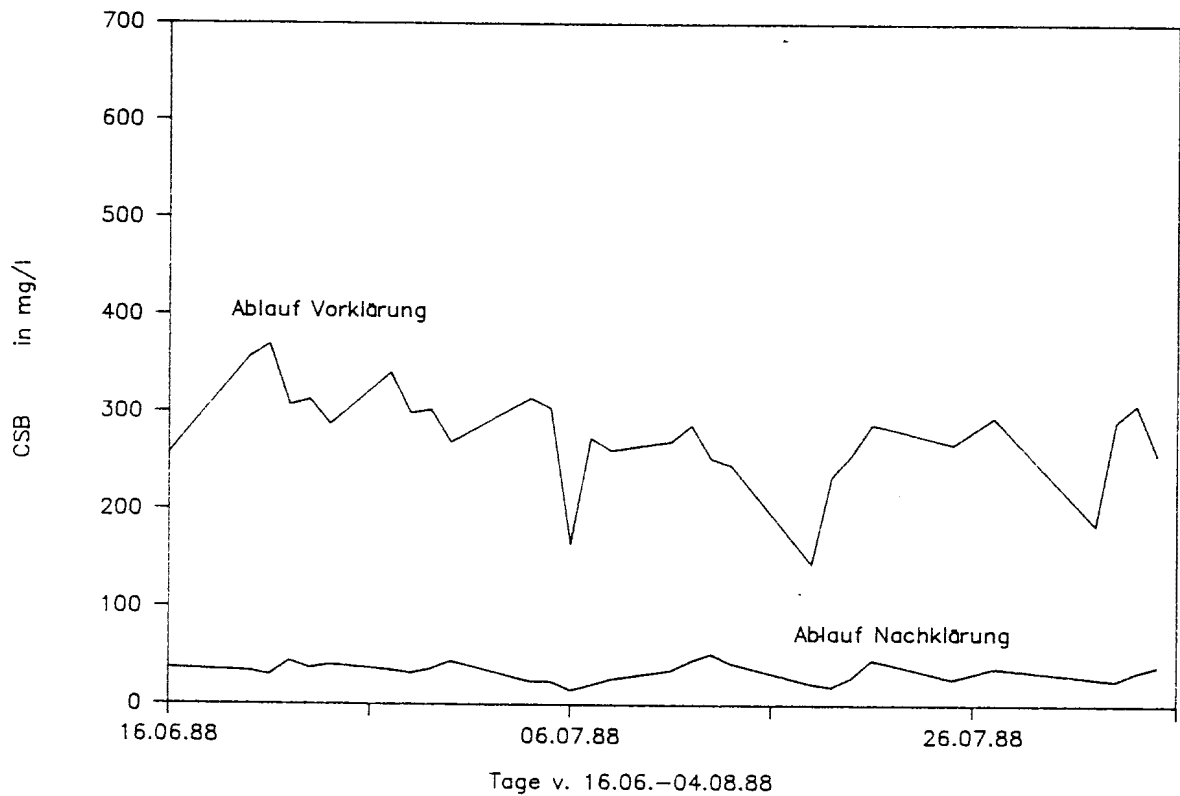


Bild 10. Sondermeßreihe im Klärwerk Köln-Weiden; Nullphase: ohne Sickerwassereinleitung.

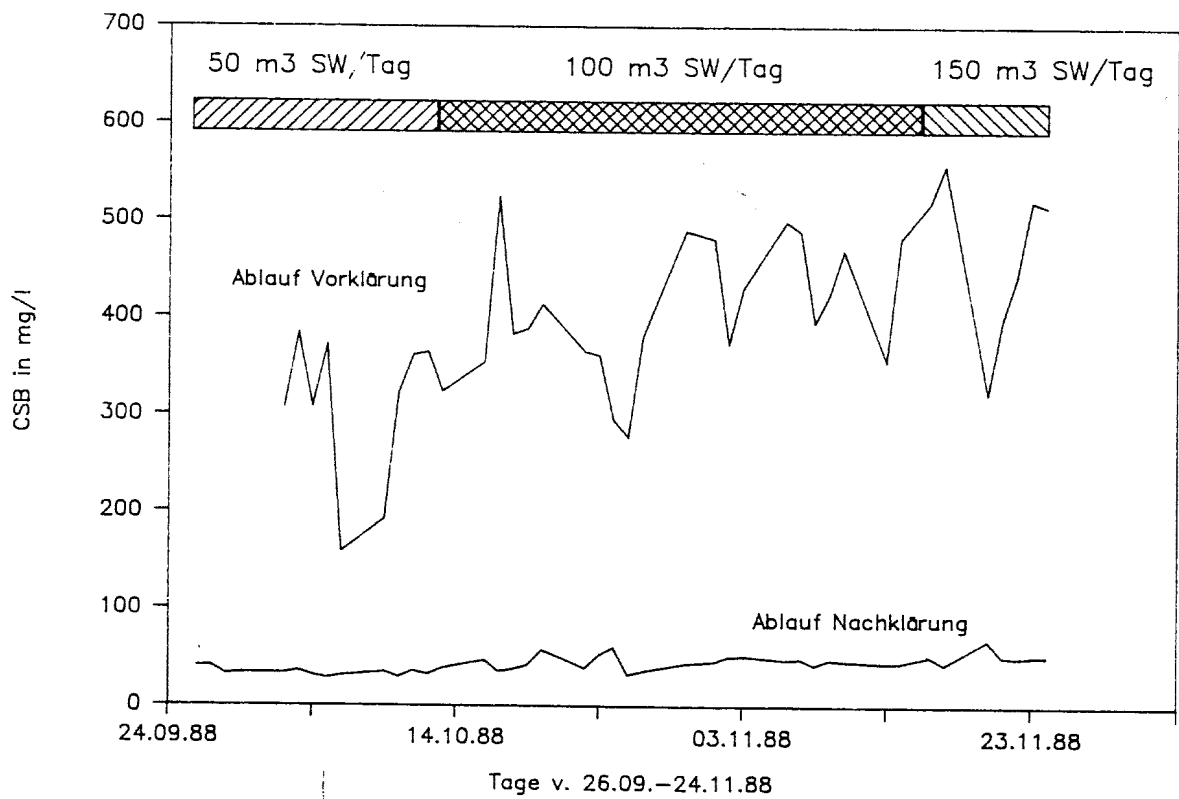


Bild 11. Sondermeßreihe im Klärwerk Köln-Weiden; Versuchsphase: mit Sickerwassereinleitung CSB sed: vom 26. 9. bis 13. 10. 88 und CSB ges.: vom 14. 10. bis 24. 11. 88.

54 % AOX-Elimination sehr stabil geblieben. Die Ablaufkonzentration von CSB mit 717 mg/l und AOX unfiltr. mit 868 µg/l im Mittel zeigen, daß das angestrebte Ziel der Sickerwasservorreinigung unter Deponiebedingungen voll erreicht wurde.

Das vorgereinigte Sickerwasser wurde in der Zeit von Anfang Oktober bis Ende November 1988 versuchsweise auf der einstufig arbeitenden Kläranlage Köln-Weiden über 24 h dosiert zugeführt. Begonnen wurde mit einer Menge von 50 m³/d und nach einer Anpassungsphase auf 100 m³/d erhöht. Zum Schluß wurden 150 m³/d vorgereinigtes Sickerwasser zudosiert.

Die Kläranlage arbeitete stabil weiter und es konnte trotz intensiver analytischer Begleitung keine signifikante Änderung der abwasserrechtlich und abwasserabgabepflichtigen Parameter registriert werden. Dies kann ebenfalls als Indiz dafür gewertet werden, daß die oben beschriebene Form der Sickerwasservorreinigung – mit einfachen Mitteln – eine störungsfreie Mitbehandlung von Deponiesickerwasser auf kommunalen Kläranlagen ermöglicht.

Die Kosten pro m³ gereinigtes Sickerwasser belaufen sich im Falle der Stadt Köln auf 12,50 DM, ohne weitere Personal-/Betriebs- und Investitionskosten.