UNIVERSITÄT DER BUNDESWEHR MÜNCHEN

Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen Institut für Wasserwesen

Universitätsprofessor Dr.-Ing. F.W. Günthert Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik

Universität der Bundeswehr München - D-85577 Neubiberg



Telefon: 089/6004-2156 -3484

Telefax: 089/6004-3858 Datum: 30.10.1998

Abschlußbericht

"Dokumentation der Betriebsergebnisse der biologischen Abwasserbehandlungsanlage zur Vorreinigung von Abwässern aus der Außenwäsche von Schienenfahrzeugen der Deutschen Bahn AG"

INHALTSVERZEICHNIS

1	VERANLASSUNG	3
2	BESCHREIBUNG DER BIOLOGISCHEN VERSUCHSANLAGE	4
3	VERFAHRENSTECHNIK UND BEMESSUNGSPARAMETER	6
	3.1 Reinigungsverfahren	6
	3.2 Mehrstufige Prozeßführung	7
	3.3 Bemessungsparameter	8
	3.3.1 Feststoffgehalt TS _R	8
	3.3.2 Schlammalter t_{TS}	8
	3.3.3 Schlammbelastung B _{TS}	9
	3.4 BESCHICKUNG UND BETRIEBZUSTÄNDE	9
4	PROBENNAHMEBETRIEB UND UNTERSUCHUNGSPARAMETER	11
5	STÖRUNGEN WÄHREND DES VERSUCHSBETRIEBES	15
6	UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE	17
	6.1 Bemessung und Betrieb der Anlage	
	6.2 Reinigungsleistung	
	6.2.1 Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	
	6.2.2 Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB ₃)	
	6.2.3 Schwermetalle	21
	6.2.4 Sonstige Abwasseruntersuchungen	31
	6.2.5 Schlammuntersuchungen	32
	6.2.6 Bakteriologische Untersuchungen	
	6.2.7 Weitergehende Versuche unter Nährstoffzugabe	35
7	BEURTEILUNG DER EIGNUNG DER VERSUCHSANLAGE	36
8	ERGÄNZENDE HINWEISE UND VORSCHLÄGE	37
	8.1 Betriebsweise einer biologischen Abwasserreinigungsanlage	
	8.2 Reinigungsmitteleinsatz	38
9	ZUSAMMENFASSUNG	39
1	0 LITERATURVERZEICHNIS	42
1	1 ANHANG	

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

	*8
ABB. 1 VERSUCHSANLAGE MIT DAUERPROBENNEHMERN	
ABB. 2 SCHEMA DER VERSUCHSANLAGEABB. 3 BESCHICKUNG DER VERSUCHSANLAGE	5
ABB. 3 BESCHICKUNG DER VERSUCHSANLAGE	10
ABB. 4 CSB-KONZENTRATIONEN IM ZULAUF DER VERSUCHSANLAGE	11
ADD 5 EDICECTATE DALIEDBOODENNIEUMED	13
ABB. 6 CSB-FRACHT IN ZU- UND ABLAUF DER VERSUCHSANLAGE	18
ABB. 7 UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE CSB	19
ABB. 8 CSB UND BSB5 IM ZULAUF DER VERSUCHSANLAGE (MEBZEITRAUM 07.03.98 - 17.03.98)	20
ABB. 9 CSB UND BSB5 IM ZULAUF DER VERSUCHSANLAGE (MEBZEITRAUM 22.07.98 - 02.08.98)	21
ABB. 10 KUPFERGEHALTE IM ZU- UND ABLAUF DER VERSUCHSANLAGE	22
ABB. 11 LEITFÄHIGKEIT UND PH-WERT IM ZULAUF DER VERSUCHSANLAGE (01.05.98 00. [∞] UHR - 03.05	5.98 03. 00
UHR)	23
ADD 12 INTERSUCHUNGSERGERNISSE KUPFER-FRACHT	24
ABR 13 FLIMINATIONS EISTLING DER VERSUCHSANLAGE FÜR KUPFER	25
ABB. 14 ADSORPTIONSISOTHERME NACH LANGMUIR	26
ABB. 13 ZINKGEHALTE IM ZU- UND ABLAUF DER VERSUCHSANLAGE	
ABB. 16 UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE ZINK-FRACHT	28
ABB. 17 ELIMINATIONLEISTUNG DER VERSUCHSANLAGE FÜR ZINK	
Abb. 18 Eisengehalte im Zu- und Ablauf der Versuchsanlage	29
ABB. 19 UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE EISEN-FRACHT	30
ABB. 20 ELIMINATIONSLEISTUNG DER VERSUCHSANLAGE FÜR EISEN	30
ABB. 21 CSB UND BSB5 IM ABLAUF DER VERSUCHSANLAGE NACH STICKSTOFFZUDOSIERUNG	

VERZEICHNIS DER TABELLEN

TAB. 1 ABWASSERUNTERSUCHUNGSPARAMETER DER 24 H-MISCHPROBEN	1
TAB. 2 ERGEBNISSE DER BAKTERIOLOGISCHEN ABWASSERUNTERSUCHUNGEN	3

6 Untersuchungsergebnisse

6.1 Bemessung und Betrieb der Anlage

Die Versuchsanlage der Fa. Aquadetox wurde mit einem mengenproportionalen Teilstrom des Abwassers aus der ICE-Waschanlage beschickt. Die Regelung der Sauerstoffkonzentration in den beiden Reaktorstufen erfolgte durch Messung der Sauerstoffkonzentration. Durch den aeroben Abbau organischer Substanz wird stets Sauerstoff verbraucht. Zur Aufrechterhaltung der Abbauleistung ist daher eine Belüftung erforderlich. Höhere Feststoffgehalte führen zu hohen Abbauraten und damit zu einem steigenden Sauerstoffverbrauch. Entsprechend der biologischen Aktivität des Schlammes ist i.d.R. eine Sauerstoffmindestkonzentration von etwa 0,5 mg/l einzuhalten. Höhere Sauerstoffgehalte über 2 mg/l dagegen werden als unwirtschaftlich erachtet [ATV, 1997b]. Durch Messung des Sauerstoffgehaltes im Reaktor sind Belüftungseinrichtungen steuerbar. Das Produkt aus Belüftungszeit und Feststoffgehalt wird als Schlammarbeit bezeichnet und stellt eine verfahrenstechnische Kenngröße biologischer Abwasserreinigungssysteme dar.

6.2 Reinigungsleistung

Nachdem die biologische Versuchsanlage der Fa. Aquadetox eingefahren wurde, erfolgte vom AN seit dem 07.03.98 die Probennahme. In der ersten Phase von drei Wochen wurden bei einer Belastung der Versuchsanlage mit 0,5 m³/h mengenproportionale Dauerproben als 24-h-Mischproben gesammelt und im Labor analysiert.

6.2.1 Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)

Als Leitparameter für die Dokumentation der Reinigungsleistung der Versuchsanlage wurde bereits vor Beginn der Arbeiten der Chemische Sauerstoffbedarf (CSB) festgelegt. Bei diesem Summenparameter werden die Abwasserinhaltsstoffe chemisch oxidiert. Der dabei festgestellte Sauerstoffverbrauch ist ein Maß für die Verschmutzung des Abwassers. Gering verschmutzte häusliche Abwässer haben CSB-Werte von etwa 300 mg/l, während stark verschmutzte häusliche Abwässer um die 1000 mg CSB/l aufweisen [Koppe et. al., 1990]. Für normal verschmutztes Abwasser wird in der Abwassertechnik, z.B. bei der Bemessung von Regenentlastungsanlagen nach dem ATV

Arbeitsblatt A 128, mit einem Wert von 600 mg CSB/l gerechnet. Als Vergleich dazu wird für Regenwasser ein CSB-Wert von 107 mg/l angesetzt.

Abb. 6 zeigt die ermittelten CSB-Frachten im Zu- und Ablauf der Versuchsanlage.

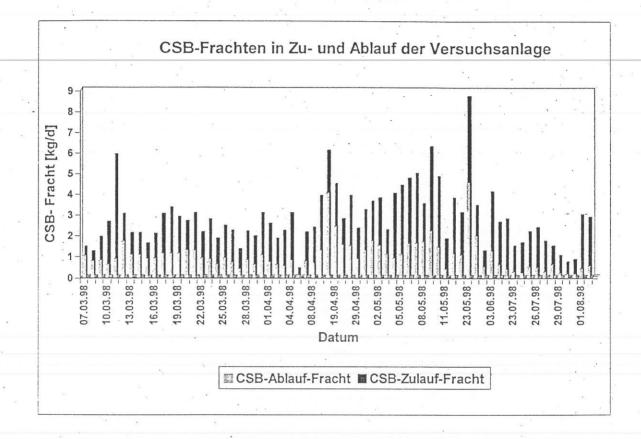


Abb. 6 CSB-Fracht in Zu- und Ablauf der Versuchsanlage

Während des Versuchszeitraumes lagen die ermittelten CSB-Frachten im Zulauf der Versuchsanlage im Mittel bei 2,8 kg CSB/d. Die minimale Zulauf-Fracht betrug 0,35 kg CSB/d, die maximale Zulauf-Fracht von 8,68 kg CSB/d wurde am 23.05.98 erreicht.

Im Ablauf der Versuchsanlage betrug die mittlere CSB-Fracht 1,03 kg CSB/d, die minimale Ablauf-Fracht betrug 0,09 kg CSB/d, die maximale Ablauf-Fracht 4,58 kg CSB/d.

Die Betrachtung der in Abb. 6 dargestellten Zulaufwerte zeigt insgesamt, daß während des Versuchszeitraumes große Schwankungen der CSB-Fracht vorhanden waren.

Abb. 7 zeigt die Untersuchungsergebnisse für die gemessenen CSB-Konzentrationen, wobei zur besseren Übersicht Tage mit fehlenden Proben nicht dargestellt werden.

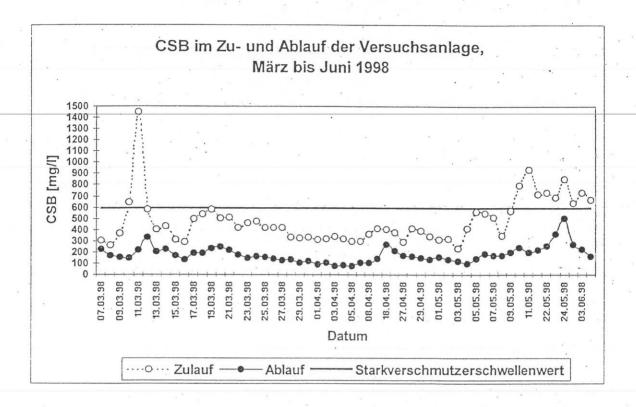


Abb. 7 Untersuchungsergebnisse CSB

Die gemessenen CSB-Konzentrationen im Zulauf der Versuchsanlage (24-h-Mischproben) lagen im Mittel bei 434 mg CSB/l. Die minimale Zulaufkonzentration betrug 193 mg CSB/l, die maximale Zulaufkonzentration 1450 mg CSB/l. Die am 11.03.98 gemessene Maximalwert von 1450 mg CSB/l wurde durch eine Störung in der ICE-Waschanlage verursacht (s. Kap. 5). Ansonsten lagen die zulaufenden CSB-Konzentrationen mit Ausnahme der Meßwerte ab dem 09.05.98 bereits unterhalb des Schwellenwertes für Starkverschmutzer von 600 mg CSB/l.

Die CSB-Ablaufwerte lagen alle unter 600 mg CSB/l. Die hohe stoffliche Belastung der Versuchsanlage am 11.03.98 führte zwar zu einem Anstieg der Ablaufkonzentration auf 218 mg CSB/l, blieb damit aber deutlich unter dem Starkverschmutzerschwellenwert. Der Maximalwert der CSB-Ablaufkonzentration von 502 mg/l wurde am 24.05.98 gemessen. Ursache hierfür ist die Überfrachtung der Versuchsanlage am 23.05.98 (s. Abb. 6). Die Anlage wurde zwei Tage zuvor wieder in Betrieb genommen, befand sich gerade in der Anfahrphase. Die enorme Überfrachtung der Versuchsanlage in der Anfahrphase führte zu einem Zusammenbruch der Biologie und

damit zum Ausfall der Versuchsanlage. Die mittlere CSB-Ablaufkonzentration betrug 156 mg/l, die minimale 27 mg CSB/l.

6.2.2 Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB₅)

Mit dem BSB₅ wird der beim Abbau von Abwasserinhaltsstoffen durch Mikroorganismen verbrauchte Sauerstoff innerhalb von 5 Tagen gemessen. Die Begrenzung auf 5 Tage ist gängig und damit begründet, daß nach 5 Tagen eine nennenswerte Nitrifikation (Bildung von Nitriten und Nitraten) einsetzt, deren Sauerstoffverbrauch nicht hinzugezählt werden soll.

Mit der Bestimmung des BSB₅ werden die biologisch abbaubaren Stoffanteile im Abwasser quantifiziert. Das Verhältnis zwischen dem BSB₅ und dem CSB ($\frac{BSB_5}{CSB}$) gibt wichtige Hinweise auf die biologische Abbaubarkeit der im Abwasser enthaltenen Stoffe. Häusliches Abwasser hat ein Verhältnis von etwa 0,5 und liegt damit im Be-

Stoffe. Häusliches Abwasser hat ein Verhältnis von etwa 0,5 und liegt damit im Bereich zwischen 0,5 und 0,85, welcher gute Abbaubarkeit prognostiziert. Mäßig abbaubare Abwasserinhaltsstoffe weisen ein Verhältnis von 0,3 bis 0,5 auf. Verhältnisse unterhalb 0,3 deuten darauf hin, daß die Abwasserinhaltsstoffe praktisch nicht abbaubar sind. Abb. 8 und Abb. 9 zeigen die im Zulauf gemessenen CSB- und BSB₅- Meßwerte.

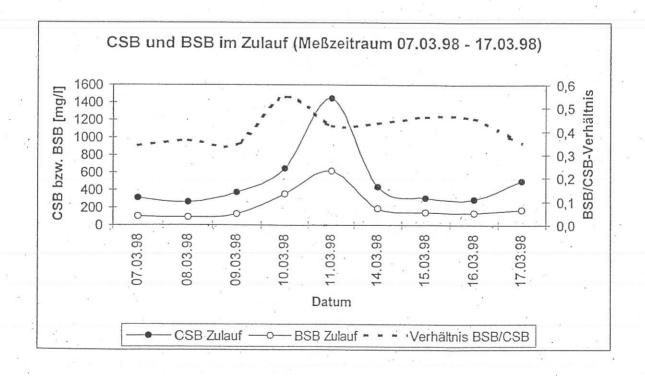


Abb. 8 CSB und BSB₅ im Zulauf der Versuchsanlage (Meßzeitraum 07.03.98 - 17.03.98)

Das mittlere BSB₅/CSB-Verhältnis im zulaufenden Abwasser beträgt 0,35 mit einer Standardabweichung (Streuung der Werte um den Mittelwert) von 0,07. Die Inhaltsstoffe des der Versuchsanlage zugeführten Abwasser können daher als "mäßig bis schwer abbaubar" eingestuft werden. Im zulaufenden Abwasser liegt ein relativ gleichmäßiges Verhältnis BSB₅/CSB vor, so daß das Abwasser durch die Bestimmung des CSB ausreichend charakterisiert werden kann.

Im Ablauf der Versuchsanlage betrug das Verhältnis zunächst 0,23, später nach Dosierung von Ammonium-Stickstoff noch 0,09 (s. Kap.6.2.7).

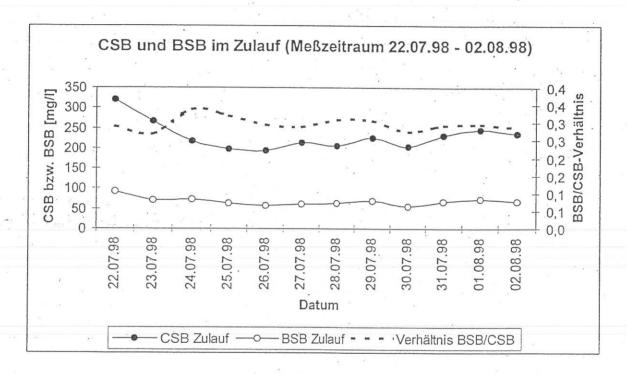


Abb. 9 CSB und BSB₅ im Zulauf der Versuchsanlage (Meßzeitraum 22.07.98 - 02.08.98)

6.2.3 Schwermetalle

Schwermetalle sind biologisch nicht abbaubar. Sie können bereits in geringen Konzentrationen als Enzymgifte wirken (z.B. Kupfer) und daher den Betrieb einer biologischen Abwasserreinigungsanlage empfindlich stören. Der Hauptmechanismus zu Elimination von Schwermetallen in biologischen Abwasserreinigungsanlagen beruht meist auf sorptiven Prozessen, d.h. die Schwermetalle werden im Schlamm durch Adsorption gebunden. Ein Teil der Schwermetalle kann auch in die Biomasse, d.h. in Zellen inkorporiert und mit diesen zurückgehalten werden.

Aus den 24-h-Mischproben der Woche vom 23.03.98 bis 29.03.98 wurden die Schwermetallgehalte im Zu- und Ablauf der Versuchsanlage für die Elemente Kupfer, Blei, Zink, Cadmium, Chrom, Nickel und Eisen mittels Atomadsorptionsspektroskopie (AAS) bestimmt.

Die Gehalte an Blei, Cadmium, Chrom und Nickel lagen bei allen untersuchten Proben unterhalb der jeweiligen Nachweisgrenze. Kupfer konnte nachgewiesen werden, die Untersuchungsergebnisse sind in Abb. 10 dargestellt.

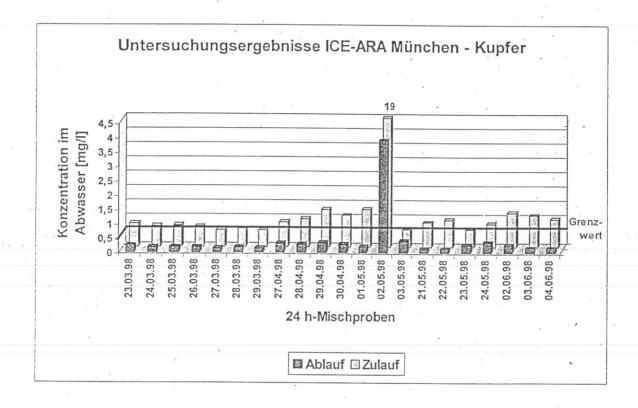


Abb. 10 Kupfergehalte im Zu- und Ablauf der Versuchsanlage

Kupfer lag im Abwasserzulauf der Versuchsanlage im Konzentrationsbereich zwischen 0,57 mg/l und 19 mg/l vor. Am 02.05.98 wurde ein extrem hoher Kupferwert im Zulauf der Versuchsanlage gemessen, wobei die festgestellte Kupferkonzentration von 19 mg/l deutlich über dem ansonsten gemessenen Konzentrationsbereich von 0,57 mg/l bis 1,3 mg/l liegt. Meßfehler von Seiten des Labor sind ausgeschlossen, da Mehrfachbestimmungen aller untersuchten Proben durchgeführt wurden.

Die gemessenen Ablaufwerte von Kupfer lagen zwischen 0,11 mg/l und 3,9 mg/l, der Mittelwert betrug 0,39 mg/l. Der Höchstwert von 3,9 mg/l Kupfer im Ablauf, welcher damit über dem Grenzwert der Entwässerungssatzung München von 0,5 mg/l liegt, wurde in der 24-h-Mischprobe vom 02.05.98 gemessen, bei der bereits im Zulauf 19

mg/l Kupfer festgestellt wurde. Weitere Grenzwertüberschreitungen im Ablauf der untersuchten Mischproben wurden nicht festgestellt.

Zur weiteren Klärung der Ursachen des hohen Kupfermeßwertes wurden deshalb zusätzlich die Meßdatenaufzeichnungen der Fa. Aquadetox für den Zeitraum 01.05.98 00.00 Uhr bis 03.05.98 03.00 Uhr ausgewertet. Sowohl die gemessene Leitfähigkeit als auch der pH-Wert im Abwasserzulauf zur Versuchsanlage zeigen Auffälligkeiten, welche in Abb. 11 dargestellt sind.

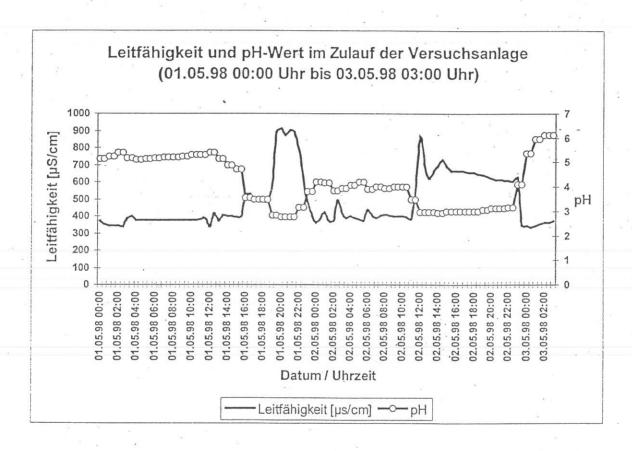


Abb. 11 Leitfähigkeit und pH-Wert im Zulauf der Versuchsanlage (01.05.98 00.00 Uhr - 03.05.98 03.00 Uhr)

Erkennbar ist, daß die Leitfähigkeit im zufließenden Abwasser am 02.05.98 zwischen 19.00 Uhr und 22.30 Uhr sprunghaft ansteigt und Werte über 900 μS/cm erreicht. Gleichzeitig sinkt der pH-Wert des Abwassers in diesem Zeitraum deutlich ab. Diese Phänomene sind am 02.05.98 von 12.00 Uhr bis 23.00 Uhr erneut zu beobachten. Danach liegen sowohl Leitfähigkeit als auch pH-Wert wieder im üblichen Bereich von 400 μS/cm und pH 5 und weisen keine Auffälligkeiten mehr auf. Aufgrund dieser Auswertungen liegt der Verdacht nahe, daß ein sauer reagierendes, kupferhaltiges Salz z.B. Kupfersulfat in das Abwasser gelangt sein muß. Durch das vergleichsweise noch stärker saure Abwasser kann zusätzliches Kupfer aus Armaturen und Leitungen der

ICE-Waschanlage gelöst werden, jedoch nicht in der Größenordnung der ermittelten Fracht von 221 g Kupfer (s. Abb. 12). Kupfersulfatlösungen werden als Fungizid zur Bekämpfung von Pilzbefall eingesetzt. Eine Rücklösung von Kupfer aus dem Schlamm der Versuchsanlage scheidet als Ursache aus.

Die ermittelten Frachtwerte für Kupfer sind in Abb. 12 dargestellt.

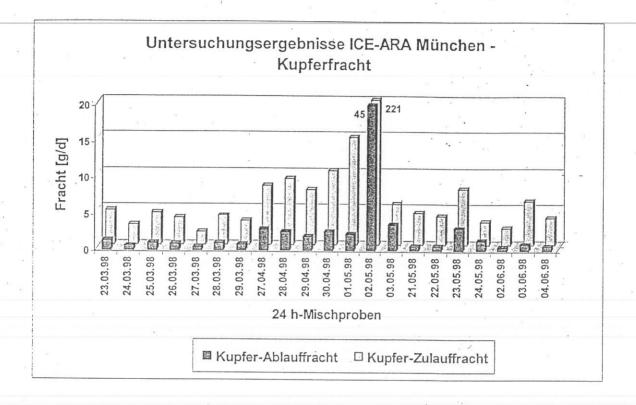


Abb. 12 Untersuchungsergebnisse Kupfer-Fracht

Die gemessenen Frachten im Zulauf zur Anlage liegen zwischen 1,8 g Kupfer/d und 221 g Kupfer/d. Der Mittelwert der Kupferfracht im Zulauf, ohne Berücksichtigung der am 02.05.98 gemessenen Zulauf-Fracht von 221 g/d, beträgt 5,6 g Kupfer/d.

Die Eliminationsraten für Kupfer sind in Abb. 13 anhand der Konzentration dargestellt. Aus Gründen der besseren Darstellung wurde der Extremwert von 221 g Kupfer/d nicht eingezeichnet, in die Berechnung der Regressionsgerade jedoch mit einbezogen. Dabei ist eine hoher linearer Zusammenhang festzustellen. Mit zunehmender Zulauf-Fracht steigt linear die adsorbierte, d.h. aus dem Abwasser im Schlamm zurückgehaltene Kupfer-Fracht. Anhand dieser Ergebnisse kann prognostiziert werden, daß die während des Versuchsbetriebes gemessenen Kupfergehalte im Abwasser in einem Bereich liegen, in dem sie in den beiden Bioreaktoren problemlos durch Adsorption zurückgehalten werden können. Die Steigung der Korrelationsgerade beträgt

0,8 und ist als rechnerische mittlere Eliminationsrate für Kupfer von 80 % zu interpretieren.

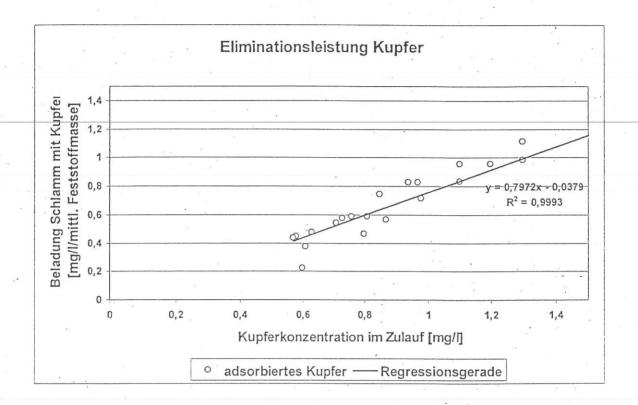


Abb. 13 Eliminationsleistung der Versuchsanlage für Kupfer

Die Entfernung von Schwermetallen aus dem Abwasser erfolgt fast ausschließlich durch Adsorption der Schwermetallionen (positiv geladene Kationen) an Schlamm (Feststoff mit überwiegend negativer Oberflächenladung). Die Darstellung in Abb. 13 erfolgt in Anlehnung an Adsorptionsisothermen, bei denen die Beladung des Feststoff über die Konzentration aufgetragen wird. In Abb. 13 ist auf der Ordinaten die Konzentration aufgetragen, diese entspricht jedoch bei Bezug auf die Feststoffmasse einer Beladung. Die exakte Feststoffmasse ist nicht bestimmbar, da zum einen Biomasse zunimmt oder durch Abzug von Überschußschlamm entfernt wird, zum anderen beide Bioreaktoren an der Adsorption beteiligt sind.

Adsorptionsphänomene können mathematisch durch nichtlineare Funktionen beschrieben werden. Häufig kommen dabei die Funktionen von Freundlich oder Langmuir zur Anwendung, welche die Adsorption gut beschreiben. Sie bestehen aus einem näherungsweise linearen Abschnitt, bei der ausreichende Kapazität (Adsorptionsplätze) für die zu adsorbierende Substanz vorhanden ist. Mit zunehmender Beladung des Feststoffes werden die freien Adsorptionsplätze jedoch knapper, was zu einem Rückgang der

Adsorptionsleistung führt. Abb. 14 gibt ein Beispiel für Adsorptionsphänomene, welche durch die Funktion nach Langmuir beschreibbar sind.

Eingezeichnet ist der lineare Funktionsbereich, bei dem eine Erhöhung der Konzentration zu einer Erhöhung der Feststoffbeladung, d.h. zu weiterer Adsorption führt. Mit zunehmender Beladung nimmt die Kapazität ab, bis schließlich außerhalb des linearen Bereiches eine weitere Konzentrationserhöhung zu keiner Erhöhung der Beladung mehr führt, weil die Kapazität erschöpft ist.

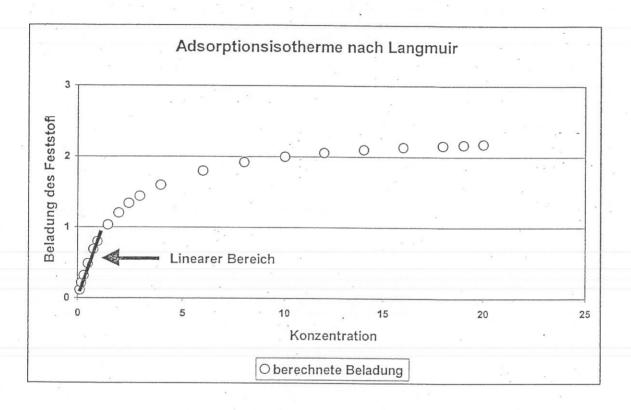


Abb. 14 Adsorptionsisotherme nach Langmuir

Die Ergebnisse der Versuchsanlage zeigen in Abb. 13 eindeutig, daß sich das System im linearen Bereich der Adsorptionsfunktion bewegt. Das bedeutet, daß die weitere Zuführung von Kupfer mit dem Abwasser zu einer Erhöhung der Kupferbeladung im Schlamm führt, Kupfer damit aus dem Abwasser entfernt wird. Besonders deutlich wird dies angesichts der Tatsache, daß auch der extrem hohe Wert vom 02.05.98 exakt auf der linearen Regressionsgerade liegt. Aus Darstellungsgründen ist er in Abb. 13 jedoch nicht eingezeichnet. Der in den biologischen Reaktoren befindliche Schlamm hat also genügend Kapazität für die Adsorption von Kupfer. Zusätzlich werden durch den regelmäßigen Abzug des Überschußschlammes und der Bildung neuen Schlammes neue Kapazitäten für die Adsorption geschaffen.

Zink konnte in den untersuchten Abwassermischproben ebenfalls nachgewiesen werden. Die gemessenen Zinkgehalte sind in Abb. 15 dargestellt.

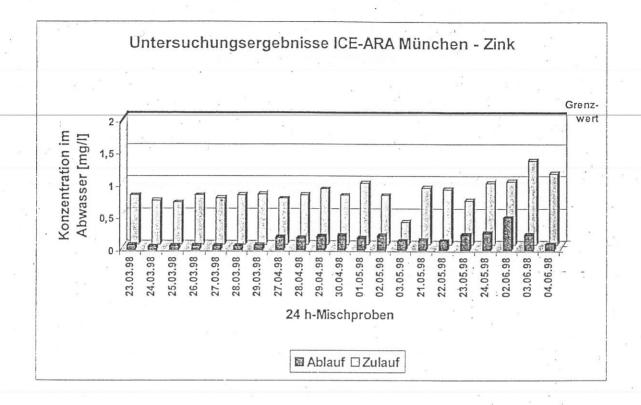


Abb. 15 Zinkgehalte im Zu- und Ablauf der Versuchsanlage

Die Zulaufwerte für Zink liegen zwischen 0,35 mg/l und 1,3 mg/l und sind damit bereits unterhalb des Grenzwertes von 2 mg/l (Entwässerungssatzung München). Die Ablaufwerte liegen zwischen 0,05 und 0,5 mg/l. Die erreichte mittlere Eliminationsrate für Zink lag bei den untersuchten Abwassermischproben bei 80 %. Grenzwertüberschreitungen wurden bei keiner untersuchten Probe festgestellt.

Bei der Elimination von Zink aus dem Abwasser durch die Versuchsanlage können ähnliche Ergebnisse wie bei Kupfer festgestellt werden: Die Zinkadsorption liegt in einem Bereich, bei dem eine Absättigung des Schlammes und damit eine Verringerung der Eliminationsleistung für Zink aus dem Abwasser nicht beobachtet werden kann.

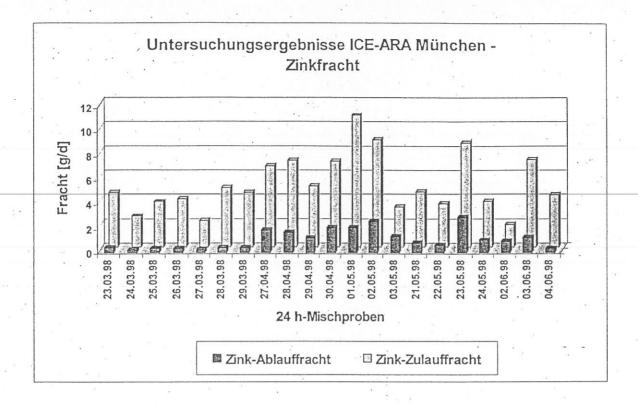


Abb. 16 Untersuchungsergebnisse Zink-Fracht

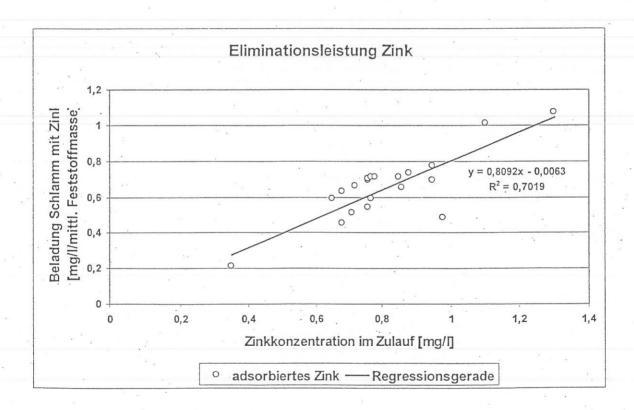


Abb. 17 Eliminationleistung der Versuchsanlage für Zink

Auch Eisen wurde in den untersuchten Mischproben nachgewiesen. Die Untersuchungsergebnisse sind in Abb. 18 dargestellt.

Die erreichte mittlere Eliminationsrate für Eisen lag bei den untersuchten Abwassermischproben bei 81 %.

Für Eisen sind i.d.R. keine Grenzwerte festgelegt, da Eisen chemisch kein Schwermetall ist und keine Toxizität hat. Trink- und Mineralwässer werden enteisent, um ein Ausflocken von gelöstem Eisen(III) nach Oxidation mit Luftsauerstoff als Eisen(III) z.B. in Trinkwasserleitungen zu verhindern. In der Abwasserreinigung werden Eisensalze zur Fällung eingesetzt.

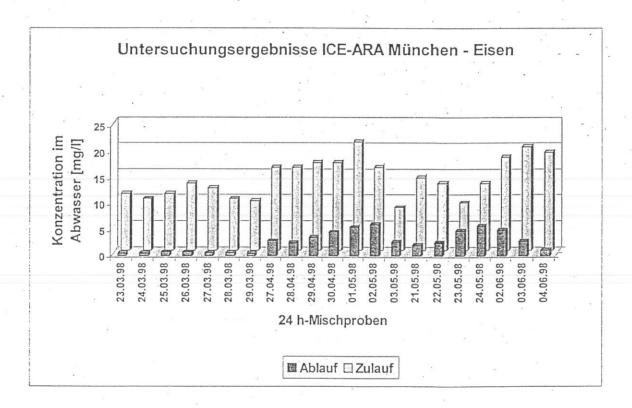


Abb. 18 Eisengehalte im Zu- und Ablauf der Versuchsanlage

Die Zulaufwerte für Eisen liegen zwischen 8,3 mg/l und 21 mg/l. Die Ablaufwerte liegen zwischen 0,51 und 6,1 mg/l. Die erreichte mittlere Eliminationsrate für Eisen lag bei den untersuchten Abwassermischproben bei 81 %.

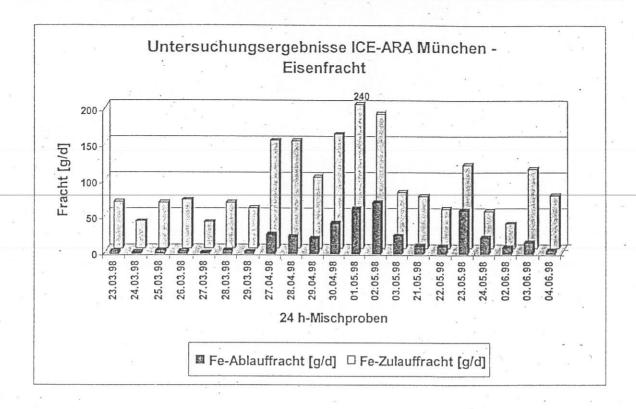


Abb. 19 Untersuchungsergebnisse Eisen-Fracht

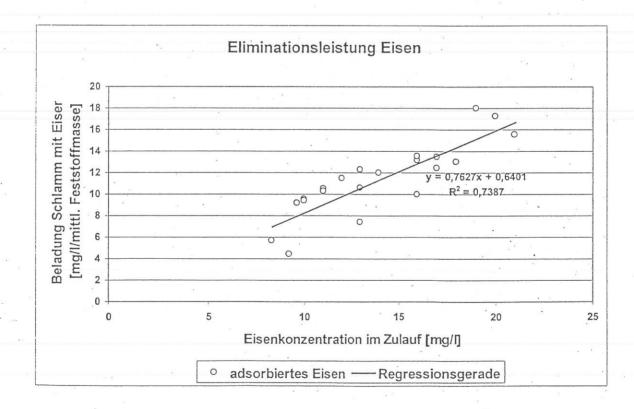


Abb. 20 Eliminationsleistung der Versuchsanlage für Eisen

angegriffen. Damit diese Umsetzung vonstatten geht, ist eine zeitliche Streckung und eine räumliche Trennung erforderlich, d.h. eine ausreichend hohe Aufenthaltszeit sowohl des Abwassers als auch der Mikroorganismen im System sowie entweder zonierte Bereiche im Reaktor oder räumlich getrennte weitere Reaktoren. Dort kann sich die Biozönose anpassen und können sich Spezialisten vermehren, welche unter den gegebenen Milieubedingungen am besten mit den noch vorhandenen Abwasserinhaltstoffen "klarkommen".

Daher sollte künftig bei der Auswahl der in Frage kommenden Reinigungsmittel auch deren biologische Abbaubarkeit unter "Feldbedingungen" mit berücksichtigt werden. Dies kann z.B. dadurch geschehen, daß sowohl Erfahrungen von Betreibern biologischer Abwasserreinigungsanlagen als auch Herstellerangaben zur Abbaubarkeit in der Praxis vorab in den Entscheidungsprozeß über deren künftigen Einsatz mit einfließen.

9 Zusammenfassung

Die von der Fa. Aquadetox betriebene Versuchsanlage zur biologischen Reinigung der Abwässer aus der ICE-Waschanlage München zeigte gute Ergebnisse bei der Reinigungsleistung. Trotz stark schwankender Abwasserzusammensetzung waren die Ablaufwerte des CSB gleichmäßig und lagen im Mittel bei 180 mg/l. Damit wird der Wert von 600 mg/l, oberhalb dessen i.a. eine Starkverschmutzerzulage zu entrichten ist, deutlich unterschritten. Die Reinigungsleistung kann insgesamt als gut bezeichnet werden. Die Bedingungen für das Einleiten von Abwasser in die Kanalisation der Stadt München werden eingehalten. Nach Optimierung der Nährstoffverhältnisse des zulaufenden Abwassers konnte zusätzlich eine deutliche Steigerung der Reinigungsleistung erzielt werden. Diese äußerte sich auch in den gemessenen CSB-Ablaufwerten, welche dann im Mittel 44 mg/l betrugen.

Bei stark wechselndem Abwasserzulauf zur Versuchsanlage zeigten sich Anzeichen einer Überlastung der Anlage, welche sich durch einen Anstieg der CSB-Ablaufkonzentration äußerte. Insbesondere konnte dies bei hohem Abwasserzufluß unmittelbar nach Wiederanlauf der Versuchsanlage beobachtet werden. Da hinsichtlich der Bemessung der Anlage vor Durchführung der Versuche keine Erfahrungswerte vorlagen, ist dies nicht weiter verwunderlich. Eines der Ziele des Versuchsbetriebes war u.a. Bemessungsgrundlagen für vergleichbare Fälle zu erhalten.

Unter Berücksichtigung der großen Schwankungen im zulaufenden Abwasser, sowohl beim Abwasseraufkommen als auch der Abwasserverschmutzung zeigen die Ergebnisse aus dem Versuchsbetrieb eine hohe Zuverlässigkeit beim Betrieb und der Reinigungsleistung der untersuchten Anlage.

Die Abwässer aus der ICE-Waschanlage München können unseres Erachtens mit der dieser Versuchsanlage zugrunde liegenden Anlagentechnik biologisch gereinigt werden. Empfohlen wird jedoch eine Vergleichmäßigung des Abwassers durch Speicherung in einem Pufferbehälter (Tagesausgleich). Damit werden zum einen Konzentrationsschwankungen ausgeglichen, zum anderen kann die biologische Reinigungsanlage gleichmäßig über 24 Stunden beschickt und damit wirtschaftlicher bemessen werden. Spitzenbelastungen mit Abwasser, wie diese während des Reinigungsbetriebes in den Nachtstunden anfallen, werden gekappt.

Weiter wird empfohlen, regelmäßige Analysen des zu reinigenden Abwassers in Bezug auf deren Nährstoffe, insbesondere dem Verhältnis Kohlenstoff – Stickstoff – und Phosphor durchzuführen, und gegebenenfalls den Mangel einzelner Nährstoffe durch entsprechende Zudosierung auszugleichen.

Die durch die biologische Abwasserreinigung anfallenden Schlämme sind nach entsprechender Stabilisierung gut entwässerbar und gemäß der Hinweise in Kap. 6.2.5 zu entsorgen. Sie stellen keinen Sonderabfall dar und können unter Beachtung der gesetzlichen Regelungen den entsprechenden Entsorgungsmöglichkeiten zugeführt werden. Das bei der Schlammentwässerung anfallende Filtratwasser kann in die Kanalisation eingeleitet werden.

Die im Werkvertrag der Deutschen Bahn AG vom 25.06.98 in Anlage 1 Punkt 2 "Präzisierung der Aufgabenstellung" enthaltenen Fragestellungen wurden vom AN bearbeitet und sind in diesem Bericht mit eingearbeitet. Zusammenfassend kann festgestellt werden:

1. Die Untersuchungsergebnisse aus dem Versuchsbetrieb der Versuchsanlage der Fa. Aquadetox zeigen, daß die in der Entwässerungssatzung der Stadt München sowie die im Arbeitsblatt A 115 [ATV, 1994] vorgegebenen Grenzwerte im Abwasserzulauf zum Teil deutlich überschritten waren, andere wiederum nicht nachweisbar waren. Bei den Stichprobenuntersuchungen wurden im Ablauf der Versuchsanlage mit Ausnahme des Kupferwertes vom 02.05.98 (s. Kap. 6.2.3) alle Grenzwerte eingehalten.

- 2. Die Untersuchungsergebnisse aus dem Versuchsbetrieb der Versuchsanlage der Fa. Aquadetox zeigen, daß die CSB-Konzentration im Ablauf der Versuchsanlage stets unterhalb des üblicherweise angesetzten Schwellenwertes von 600 mg CSB/l liegen und damit für das Einleiten dieses gereinigten Abwassers kein Starkverschmutzerzuschlag zu erheben ist.
- 3. Die Untersuchungsergebnisse haben ferner gezeigt, daß die Versuchsanlage der Fa. Aquadetox mit den während des Versuchsbetriebes aufgetretenen Störungen und den damit verbundenen zum Teil mehrtägigen Ausfallzeiten nach Wiederinbetriebnahme innerhalb weniger Stunden in der Lage war, wieder die Ausgangsreinigungsleistung zu erreichen. Zur sicheren Einhaltung der vorgegebenen Grenzwerte wird empfohlen, einen Tagesausgleichsbehälter bereitzustellen, um die ersten Stunden mit geringerer Reinigungsleistung zu überbrücken.
- 4. Das mit der Versuchsanlage der Fa. Aquadetox gereinigte Abwasser kann in Bezug auf die festgestellte Restverschmutzung sowie die Keimzahlen unbedenklich als Brauchwasser wiederverwendet werden.

München, den 30.10.1998

(Prof. Dr.-Ing. F.W. Günthert)

(Dipl.-Ing. W. Schubert)