

# UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE ENTFERNUNG VON ARSEN AUS ABWÄSSERN DER CHEMISCHEN INDUSTRIE

Von

J. HOLLÓ, I. SZEBÉNYI, J. TÓTH, E. VERMES und T. ILLÉNYI

Lehrstuhl für Chemische Technologie und Lehrstuhl für Landwirtschaftliche Chemische Technologie, Technische Universität, Budapest

(Eingegangen am 3. Juli 1968)

Die Einführung der großbetrieblichen Kohlendioxid-Auswaschen durch arsenhaltige basische Lösungen hat in Ungarn Untersuchungen über die Reinigung der Abwässer von Arsen aktuell gemacht. Nach den Vorschriften der ungarischen Wasserwirtschaftsbehörden ist in abfließenden Abwässern ein Arsengehalt von maximal 5,0 mg/l zulässig, sofern das Wassermengendargebot im Vorfluter eine Verdünnung von 1 : 100 gewährleistet.

Unsere Untersuchungen setzten sich das Ziel, Abwässer mit einer Verunreinigung von 1 g/l, die in einer Menge von 10 m<sup>3</sup>/h anfallen, vom Arsen zu reinigen und hierzu eine geeignete Technologie auszuarbeiten.

Die Versuche erstreckten sich auf die Möglichkeit der Entfernung des Arsens aus den Abwässern

- a) in der Ionenaustauschersäule,
- b) im Klärverfahren durch Ausfällung,
- c) durch biologischen Abbau.

Den Untersuchungen waren Studien über die Analytik der Arsenbestimmung vorangegangen, über die wir in einer früheren Arbeit bereits berichteten [1]. Bei den Ionenaustausch- und den Klärversuchen bestimmten wir das Arsen unmittelbar auf photometrischem Wege mit Molybdänblau [2, 3]. Bei der Verfolgung der Möglichkeiten eines biologischen Abbaues zerstörten wir zunächst die in der Probe in äußerst großer Menge vorhandenen organischen Stoffe, worauf wir das Arsen in schwefelsaurem Medium in Anwesenheit von Kaliumjodid mit Zinnchlorid reduzierten und das AsH<sub>3</sub> in die piridinhaltige Lösung von Silber-Diäthylthiocarbamat destillierten. Die entwickelte rote Farbe wurde photometriert [4, 5].

## Abscheiden des Arsens durch Ionenaustausch

Das drei- oder fünfwertige anorganische Arsen kann in wäßrigen Lösungen chemischer Verbindungen bekanntlich in Gestalt positiv geladener Kationen oder in Gestalt nicht oder negativ geladener Komplexionen (Arsenit,

Arsenat usw.) anwesend sein. Entsprechend läßt sich prinzipiell das Arsen aus Lösungen der Arsen(III)- und der Arsen(V)-Verbindungen sowohl an Kationen- als auch an Anionenaustauscherharzen binden.

Die Arsen(III)- und Arsen(V)-Ionen sind nur in stark saueren Lösungen als Kationen anwesend, da aber solche Lösungen Wasserstoffionen in hoher Konzentration enthalten, verdrängen sie die Arsenkationen aus dem Austauscherharz. Unter solchen Umständen werden am Kationenaustauscherharz Arsen(III)-Ionen nur in ganz geringer Menge gebunden, und Arsen(V)-Ionen haften an ihm praktisch überhaupt nicht fest.

In neutralen und basischen Lösungen, die keine fremden komplexbildenden Anionen enthalten, sind die Arsen(III)-Ionen als Hydroxokomplexe in Gestalt von Arsenit-Ionen, in der fünfwertiges Arsen enthaltenden Arsensäure hingegen bei einem etwa über 3 liegenden pH-Wert in Form mehr oder minder dissoziierten Arsenats anwesend.

Zahlenmäßige Angaben über die Bindung der Arsenit- und der Arsenat-Ionen an stark basische Austauscherharze haben wir in der Literatur nicht gefunden, weshalb wir zunächst die verschiedenen Anionenaustauscherharze auf ihre Arsenbindefähigkeit prüften.

Für die Ionenaustauschversuche verwendeten wir in hundertfacher Verdünnung eine Lösung aus der Kohlendioxydwaschanlage »Vetrocoke«. Die Zusammensetzung dieser Lösung geht aus Tabelle 1 hervor.

Tabelle 1

Zusammensetzung der Absorptionslösung des Vetrocoke-Betriebes

Komponenten	Konzentration
As <sup>3+</sup>	103,5 g/l
As <sup>5+</sup>	9,8 g/l
As insgesamt	113,3 g/l
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	118,2 g/l
K <sub>2</sub> O	197,4 g/l

Die Versuche wurden mit einer kleinen Säule — Querschnitt 1 cm<sup>2</sup>, Höhe 10 cm — durchgeführt, durch die das Wasser zur Reinigung mit einer Durchflußgeschwindigkeit von 4–5 ml/min hindurchgeleitet wurde.

Die Auswirkungen der Wasserstoffionenkonzentration auf die Entarsenierung wurde von uns an drei verschiedenen Austauscherharzen — Dowex 1, Varion AD und Dowex 3 — geprüft. Hierbei hielten wir die Versuchsbedingungen auf konstantem Wert und änderten lediglich die Wasserstoffionenkonzentration des Wassers bei Aufgabe auf die Säule. Da die Einstellung der pH-Werte durch Schwefelsäure erfolgte, wurden die Austauscherharze zwar mit Sulfationen beladen, dennoch blieben aber die Resultate der sonst unter

gleichen Bedingungen durchgeführten Versuche — soweit es sich um die Wahl des optimalen Austauscherharzes handelte — durchaus kommensurabel.

Nach den Meßergebnissen verfügt das schwach basische Austauscherharz Dowex 3 in den von uns untersuchten pH-Bereichen über eine vernachlässigbar geringe Fähigkeit, Arsen zu binden. Die Arsenionenbindefähigkeit des stark basischen Varion AD ist eine Funktion des pH-Wertes, erreicht jedoch nur bei einem  $\text{pH} = 4$  einen Wert, der für die praktische Arbeit überhaupt in Betracht kommen kann. Die Wirkung des stark basischen Austauscherharzes Dowex 1 hängt weit weniger von der Höhe der Wasserstoffionenkonzentration ab, entsprechend bindet es also das Arsen auch im basischen Medium recht gut.

Die Untersuchungen erstreckten sich weiterhin auf die Regenerierbarkeit der Säulen, wobei der Grad der Regenerierung durch Messung des Arsengehaltes der abgelaufenen Lösung ermittelt wurde.

Vorangegangene Untersuchungen hatten gezeigt, daß sich zur Entarsenierung in erster Linie die stark bzw. sehr stark basischen Austauscherharze eignen. Wir prüften deshalb auch die Frage, ob statt des anscheinend bestgeeigneten amerikanischen Austauscherharzes Dowex 1 (DOW Chemical Co.) nicht auch ein — in seiner Wirkung ähnliches — Anionenaustauscherharz ungarischer Erzeugung Verwendung finden könnte.

Wir untersuchten also auch die stark basischen Austauscherharze Varion AT—4 und Varion AT—6 auf ihre Arsenbindefähigkeit (beide enthalten die aktive Gruppe  $\text{NR}_4^+$ ). Nach dem Verkaufsprospekt sind diese Ionenaustauscherharze sehr stark basisch. Sie haben eine Kapazität von etwa 1,3—1,7 mval/ml. Ein Unterschied zwischen den beiden Typen besteht nur insofern, als der Typ AT—4 etwas größere Poren hat als der Typ AT—6.

Die Versuche zeigten, daß Säulen, die mit Varion AT—4 oder Varion AT—6 gefüllt waren, die gleiche Arsenbindefähigkeit hatten als das Dowex 1.

Durch Herabsetzung des pH-Wertes wird die Bindung der Arsenit-Ionen an die Anionenaustauschersäule erleichtert, andererseits vermindern die Anionen der Säure, die zur Verminderung der pH dem Abwasser zugesetzt wird, die auf das Arsenit bezogene Kapazität der Säule. Bei der Reinigung von Abwässern, die Carbonate und Hydrocarbonate enthalten, besteht die Gefahr, daß diese durch ihre Bindung an die Austauscherharze auch eine gewisse regenerierende Wirkung ausüben, so daß das Arsen am unteren Ende der Säule eher erscheint.

Aus diesem Grunde schalteten wir der Anionenaustauschersäule eine Kationenaustauschersäule vor. Auf diese Weise steigerten wir durch die Bindung der  $\text{K}^+$ -Ionen an diese letzteren und durch die damit einhergehende Verminderung der Bildung die Kapazität des Anionenaustauscherharzes, ohne daß wir irgendwelche fremde Anionen hätten auf die Säule aufgeben müssen.

Die Zusammenschaltung der Kationen- und der Anionenaustauschersäule gestattet es, nicht nur die Aufgabe fremder Anionen zu umgehen, sie

bietet auch die Möglichkeit, die Bindung der im Wasser vorhandenen Carbonat-Ionen an die Anionenaustauschersäule zu verhindern. Da das Kalium in den Originalabwässern zum Großteil in Gestalt  $K_2CO_3$  anwesend ist, wird bei der Bindung der  $K^+$ -Ionen am Kationenaustauscher Kohlendioxyd frei, welches in Gestalt von Blasen in der Säule verbleibt. Die starke Gasbildung lockert das Gefüge des Austauscherharzes und führt zum Entstehen von Luftkavernen. An diesen Stellen trifft die Flüssigkeit auf geringen Widerstand und läuft gewissermaßen über die Säule hinweg, wodurch sich die Kontaktdauer verkürzt und die Kapazität des Austauscherharzes verschlechtert. Um diese unerwünschte Erscheinung ausschalten oder doch zumindest ihre Wirkung herabsetzen zu können, kann es sich als nötig erweisen, die Kationenaustauschersäule zu belüften.

Die mit den zweierlei Austauscherharzen gefüllten zusammengeschalteten Säulen wurden unter folgenden Umständen in Betrieb gehalten:

Menge des Kationenaustauscherharzes Varion KS	12 ml
Menge der Anionenaustauscherharze AT-4 bzw. AT-6	17 ml
Säulenquerschnitt	1 cm <sup>2</sup>
Durchflußgeschwindigkeit	5 ml/min
Temperatur des durchgeschickten Wassers	20 °C
Regenerierungslösung	0.5 n KOH

Die Arsenkonzentration in dem aus der Säule austretenden Wasser und im Regenerat veranschaulichen die Abbildungen 1 und 2.

Nach den Versuchsergebnissen sind 17 ml der Anionenaustauscherharze AT-4 und AT-6 imstande, rund 300 ml der hundertfach verdünnten Vetrocoke-Lösung vom Arsen zu befreien, sofern ein Kationenaustauscher vorgeschaltet ist. Bei diesem Punkt beginnt der Durchbruch des Arsens durch die Säule, u. zw. nach einer überaus steil abfallenden Kurve verlaufend. Bei einer Erhöhung der mit Arsen verunreinigten Wassermenge um 10% konnte im gereinigten Wasser selbst die geforderte Arsenkonzentration von 5 mg/l nicht mehr erzielt werden. *In dem aus der belasteten Säule bis zum Erreichen des Durchbruchpunktes abgelaufenen Wasser betrug die Arsenkonzentration 1–2 mg/l.*

Die nützliche Arsenbindekazapazität beider Austauscherharze ergab sich — unter den geschilderten Versuchsbedingungen — zu etwa 20–25 mg Arsen/ml. Durch geeignete Bemessung der Anionenaustauschersäule läßt sich die Bindung des Arsens im gewünschten Ausmaß sicherstellen, doch ist hierbei eine gewisse Überdimensionierung der Kationenaustauschersäule erforderlich, weil auf diese Weise die Kapazität des Anionenaustauschers besser genutzt werden kann. Unter der Einwirkung des *m* bzw. *p*-basischen Wassers, welches auf die Anionenaustauschersäule aufgegeben wird, setzt nämlich auch die Regenerierung der Säule ein, d. h. das früher schon gebundene Arsen gelangt in das gereinigte Wasser zurück, was den Wirkungsgrad der Entarsenierung wesentlich verschlechtert.

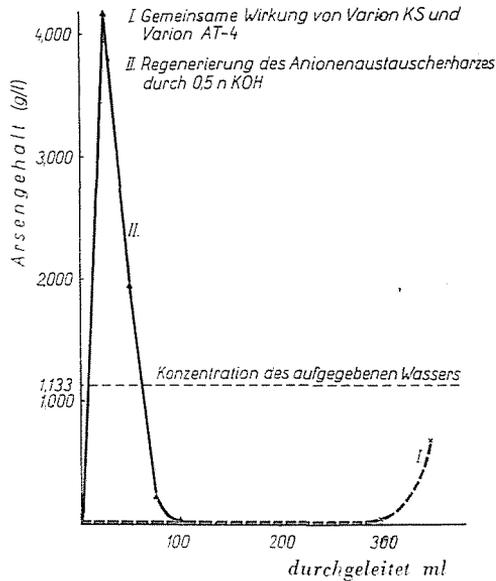


Abb. 1

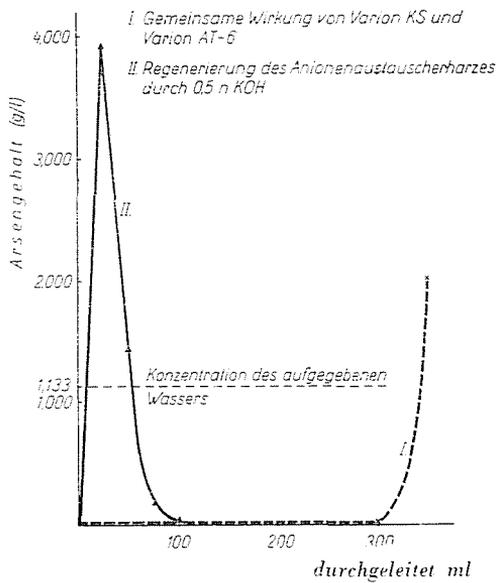


Abb. 2

Wir untersuchten ferner die Möglichkeit der Bindung des Arsens durch das mit Carbonat-Ionen gesättigte Austauscherharz Varion AT-4. Diese Kombination würde die Regenerierung der Säule durch eine Carbonatlösung erlauben. Indessen zeigte es sich, daß die Arsenbindefähigkeit der Carbonatform des Austauscherharzes nur ein Drittel der OH-Form erreichte.

Als Ergebnis unserer Versuche zur Entarsenierung von Abwässern in Ionenaustauschsäulen läßt sich feststellen, daß sich zum Ausscheiden des Arsens beide Anionenaustauscherharze — Varion AT—4 und Varion AT—6 — eignen. Nach unseren annähernden Berechnungen kann man anstatt 1 m<sup>3</sup> Abwasser, mit einer Arsenkonzentration von 1 g/l, ein drittel m<sup>3</sup> basische, mit Arsen angereicherte Lösung erhalten.

### Klären durch Ausfällung

Die Befreiung der Abwässer vom gelösten Arsen versuchten wir auch durch Zusätze anorganischer bzw. organischer Fällungsmittel zu erreichen, da zu erwarten war, daß diese Stoffe in Gestalt von Niederschlägen das Arsen binden und somit dieses zusammen mit den Niederschlägen durch Absetzen oder Filtern aus der Lösung ausgeschieden werden kann.

Nach RIESENKAMPF, SZYNYEC, HANUS [6] lassen sich in Abwässern mit einem Arsengehalt von 1,95 g/l, die auch Eisen enthalten, durch Zusetzen von Kalk gute Ergebnisse erzielen. Die genannten Verfasser vermochten bei einem pH = 8,8 eine Arsenkonzentration von 8 mg/l, bei einem pH = 11,1 hingegen eine solche von 4 mg/l zu erzielen. Es lag also auf der Hand, diese Resultate zu überprüfen.

Für die Klärversuche verwendeten wir gleichfalls die durch hundertfache Verdünnung der Original-Vetrocoke-Lösung gewonnene arsenhaltige Modell-Lösung. Klärung und Absetzen erfolgten bei Zimmertemperatur, die Absetzzeit betrug in jedem Falle 1 Stunde.

Zum analytischen Nachweis der Anwesenheit von Arsen in geringer Konzentration bei Untersuchung von Oberflächengewässern empfiehlt der Normentwurf [7] des RGW die Arsenanreicherung mittels Eisen(III)-hydroxyd. Zur Verminderung des Arsengehaltes der gegebenen Modell-Lösung unternahmen wir Versuche auch auf dieser Grundlage.

Schließlich versuchten wir die Effektivität der Arsenentfernung auch dadurch zu steigern, daß wir die beiden Fällungsverfahren — mit Kalk und mit Eisen — miteinander kombinierten. Hierbei fällten wir zunächst mit Eisen(III)-chlorid, worauf wir nach erfolgtem Absetzen das Reine dekantierten und dieses mit Kalk weiter klärten. Später wechselten wir die Reihenfolge, um bessere Bedingungen für die Ausfällung des Niederschlags zu schaffen, der durch das Eisen(III)-chlorid ausgefällt worden war.

Die Ergebnisse dieser Versuche sind in Tabelle II zusammengefaßt.

Wie aus dieser Zusammenstellung erhellt, läßt sich die Effektivität der Arsenausfällung durch Kalk allein mit den anfangs angewendeten Fällungstoffen nicht steigern. Mit Kalk fällt die Hauptmasse des Arsens leicht aus, der Niederschlag setzt sich gut ab, und die geklärte Lösung hat in jedem Falle einen Arsengehalt von weniger als 20 mg/l.

Die Klärung mit Eisenchlorid ergibt eine kolloidale Ausflockung, die sich schlecht absetzt. Zusätzliche Fällungsmittel verbessern das Absetzen zwar einigermaßen, aus den Resultaten geht jedoch hervor, daß sich die Ergebnisse der Klärung mit Kalk nicht einmal annähernd erreichen lassen.

Tabelle II

Die Effektivität der Arsenentfernung der verschiedenen Fällungsmittel

Versuchsnummer	Fällungsmittel	Menge des Fällungsmittels in dem zu reinigenden Wasser	Arsenkonzentration nach der Klärung mg/l
I.	CaO	15 kg/m <sup>3</sup>	18
II.	CaO Stärkeäther	15 kg/m <sup>3</sup> 3 kg/m <sup>3</sup>	20
III.	CaO Sedosan 2%ig Fullererde	15 kg/m <sup>3</sup> 1 Lit/m <sup>3</sup> 1 kg/m <sup>3</sup>	18
IV.	3%iges FeCl <sub>3</sub>	5 Lit/m <sup>3</sup>	600
V.	3%iges FeCl <sub>3</sub> 2%iges Sedosan Fullererde	5 Lit/m <sup>3</sup> 1 Lit/m <sup>3</sup> 1 kg/m <sup>3</sup>	— 585
VI.	a) 3%iges FeCl <sub>3</sub>	1 Lit/m <sup>3</sup>	256
	b) CaO	15 kg/m <sup>3</sup>	
VII.	a) 3%iges FeCl <sub>3</sub>	5 Lit/m <sup>3</sup>	282
	b) CaO	15 kg/m <sup>3</sup>	
VIII.	a) CaO	15 kg/m <sup>3</sup>	3,9: 1,4: 1,6: 1,1
	b) 3%iges FeCl <sub>3</sub>	1 Lit/m <sup>3</sup>	

Die besten Resultate erzielten wir durch Ausfällen mit Kalk und nachfolgendem Klären mit Eisenchlorid. Hierbei setzte sich der Niederschlag sowohl der Ausfällung mit Kalk als auch derjenige der Ausfällung mit Eisenchlorid gut ab und beide Niederschläge ließen sich gut filtrieren. Im Hinblick auf die günstigen Ergebnisse wiederholten wir die Versuche mehrmals, wobei sich im gereinigten Abwasser jedesmal eine Arsenkonzentration von weniger als 5 mg/l ergab.

Zusammenfassend darf festgestellt werden, daß die Entarsenierung des Abwassers durch Klären allein mit dem erforderlichen Wirkungsgrad bewerkstelligt werden kann, wenn als Fällungsmittel zuerst Kalk und sodann Eisenchlorid verwendet wird. Ausdrücklich sei jedoch darauf hingewiesen, daß der Art

und Weise sowie der Reihenfolge des Zusetzens der Fällungsmittel große Wichtigkeit zukommt. Eine eventuelle Umkehr der vorgeschlagenen Reihenfolge setzt die Effektivität der Entarsenierung um mehrere Größenordnungen herab.

### Untersuchung der Möglichkeiten des biologischen Abbaues von Arsen in Abwässern

Bei unseren Versuchen gingen wir von der Überlegung aus, daß der bei der biologischen Abwasserreinigung anfallende Belebtschlamm das Arsen aus dem Abwasser auf irgendeine Weise ausscheiden wird, u. zw. etwa

a) dadurch, daß er das Arsen adsorbiert oder

b) dadurch, daß das Arsen in bestimmter Konzentration die Mikroorganismen des Belebtschlammes stimuliert und in deren Organismus eingebaut wird.

Wir wählten das Verfahren, in künstlich hergestellten Abwässern mit unterschiedlich großem Arsengehalt den biologischen Abbau einzuleiten und während des Abbauprozesses die Änderung des Gehaltes an gelöstem Arsen zu messen. Zugleich registrierten wir instrumentell die Konzentration des gelösten Sauerstoffes, die die Atmungstätigkeit der Mikroorganismen kennzeichnet. Aus der Sauerstoffkurve läßt sich ablesen, ob Mikroorganismen überhaupt tätig sind und ob gegebenenfalls ihre Tätigkeit stimuliert oder gehemmt ist.

Um also die Änderungen des Arsengehaltes eindeutig auswerten zu können, führten wir parallel zu den Versuchen mit arsenhaltigen Abwässern jeweils auch einen Kontrollversuch mit Abwasser ohne Arsengehalt durch, womit wir eine Grundlage für den Vergleich der Resultate hatten.

Bei unseren Versuchen benützten wir ein Abwasser folgender Zusammensetzung:

Arsengehalt	zwischen 8 mg/l und 12 mg/l schwankend
Belebtschlamm	10%
Künstlich hergestelltes Abwasser Volumen	10 ml mit Leitungswasser auf 5 l ein- gestellt
pH	mit Schwefelsäure auf einen Wert von 6,0 eingestellt

Das künstlich hergestellte Abwasser hatte folgende Zusammensetzung: 50 g Pepton, 50 g Magermilchpulver, 30 g lösliche Stärke, 15 g Carbamid, 50 g Ammoniumacetat, 18 g Dinatriumhydrogenphosphat, 1,1 g Kaliumchlorid, 1,4 g Calciumchlorid, 1,5 g Magnesiumsulfat, 0,7 g Ferrisulfat in 1 Liter Wasser gelöst.

Der gelöste Sauerstoff wurde mit den vom Lehrstuhl für Landwirtschaftliche Chemische Technologie hergestellten Meßfühlern Typ MGETT—67/2

gemessen, die Meßergebnisse registrierten wir mit der Einrichtung Typ PDC—6, Fabrikat ÉKM. Der Arsengehalt der Abwässer wurde nach dem bereits beschriebenen Verfahren bestimmt. Die Resultate finden sich in Tabelle III, aus der hervorgeht, daß der Abbau im Belebtschlamm den Arsengehalt der Abwässer zum Großteil unbeeinflußt ließ. Untermauert wird diese Feststellung auch durch die Tatsache, daß bis zu einer Konzentration von 17 mg/l im Belebtschlamm keinerlei Atmung zu beobachten war.

**Tabelle III**  
Arsenkonzentration von den biologischen Versuchen abhängig

Versuchsnummer	Anfängliche Arsenkonzentr.	Endkonzentr. d. Arsens	Atmung des Belebtschlammes
1	12 g/l	unverändert	keine
2	1 g/l	..	keine
3	50 mg/l	..	keine
4	17 mg/l*	..	gering
5	8 mg/l	..	gering

\* Zuvor wurde das Arsen aus einer Lösung von 1 g/l mit Calciumoxyd auf 17 mg/l ausgefällt.

Die Untersuchungen wurden im Auftrag und mit Unterstützung des Trustes für Chemische Industrie durchgeführt. Für ihre tätige Mitwirkung an den Forschungen sagen die Verfasser dem wissenschaftlichen Hauptmitarbeiter Herrn Dr. J. Incezydy und der Universitätsassistentin Dipl. Ing. M. Horváth hiermit verbindlichsten Dank.

### Zusammenfassung

Verfasser prüften die Möglichkeit der Entarsenierung arsenhaltiger Abwässer durch Ionenaustausch, durch Klären mit Ausfällung und durch biologischen Abbau. Hierbei erwies sich das Klärverfahren als das wirksamste. Im Zuge ihrer Forschungen erarbeiteten sie eine Technologie zum Ausfällen des Arsens, bei der die Abwässer zunächst mit Kalk und sodann mit einer Eisenchloridlösung behandelt werden. Auf diese Weise konnte die anfängliche Arsenkonzentration von 1 g/l auf Werte von weniger als 5 mg/l herabgesetzt werden. Wenngleich auch das Ionenaustauscherverfahren die Rückführung des Arsens in das technische System ermöglichen würde, erscheint es dennoch begründet, wegen ihrer Einfachheit, ihrer leichten Handhabung, wegen ihrer relativ niedrigen Kosten und ihres verhältnismäßig guten Wirkungsgrades die Technologie der Entarsenierung mit Kalk anzuwenden.

### Literatur

1. HOLLÓ, J.—SZE BÉNYI, I.—TÓTH, J.—VERMES, E.—ILLÉNYI, T.—HORVÁTH, M.: Entfernung des Arsens aus Abwässern mit geringem Arsengehalt. Vegyipari szennyvizek és levegőszennyezés NIMDOK, Budapest I, No. 2. 21 (1968) (ungarisch).
2. PIERSON, I.: Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 11, 86 (1939).
3. SNELL, F. D. and SNELL, C. T.: Colorimetric Methods of Analysis. New York 1961.
4. FRESSENIUS, W.—SCHNEIDER, W.: Z. f. Anal. Chem. 203, 417 (1964).

5. BALLINGER, D. G.—LISHKA, R. J.—GALES, M. E.: J. Am. Water Work Assoc. **54**, 1424 (1962)
6. WAZEWSKA-RIESENKAMPF, W.—SZYNIEC, Z.—HANUS, D.: Rudy i Niezelazne **10**, 519 (1965).
7. Konferenz der Leiter der Behörden für das Wasserwesen des RGW. Moskau 1963.

Prof. Dr. János HOLLÓ	}	Budapest XI., Gellért tér 4. und Budapest XI., Budafoki ut 8. Ungarn
Doz. Dr. Imre SZEBÉNYI		
Dr. Jenő TÓTH		
Etelka VERMES		
Tibor ILLÉNYI		