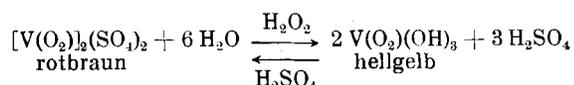


Auch hier hat die Peroxogruppe farbvertiefend gewirkt. Denn die zugrunde liegende Orthovanadinsäure  $H_3VO_4$  ist, nach der Farbe ihrer Salze zu urteilen, ebenfalls farblos.

Nun läßt sich auch das verschiedene Wirken der konzentrierten Schwefelsäure und des Hydroperoxyds auf die rotbraune Peroxovanadansalzlösung leicht erklären. Unter dem Einfluß der farbaufhellenden Hydroperoxyde tritt Hydrolyse des rotbraunen Peroxovanadansalzes zur hellgelben Orthoperoxovanadinsäure ein:



Durch Vermehrung der Schwefelsäurekonzentration wird die Hydrolyse zurückgedrängt, so daß die Rotbraunfärbung wieder auftritt. Durch Zusatz von Hydroperoxyd aber wird die Hydrolyse merkwürdigerweise gefördert. Mit der Hydrolyse ist ein Funktionswechsel des Vanadins verbunden. Links vom Gleichgewichtszeichen fungiert es als Base, rechts davon aber als Säure.

Wenn man diese Schlußfolgerungen bei dem Vanadinsäurenachweis durch Hydroperoxyd in schwefelsaurer Lösung berücksichtigt, so muß man also mit möglichst wenig Hydroperoxyd in einer Schwefelsäure mittlerer Konzentration, also z. B. 15—20%, arbeiten. Dann kann man aber auch noch einen Teil  $V_2O_5$  in 160 000 Teilen Wasser deutlich erkennen. In konzentrierter Schwefelsäure aber werden die peroxydierten Vanadinprodukte durch das überschüssige Hydroperoxyd augenblicklich zu Salzen des vierwertigen Vanadin reduziert, die an der charakteristischen blauen Farbe leicht erkenntlich sind. [A. 159.]

## Klär- u. Reinigungsanlagen der Münchener Abwässer im Zusammenhang mit dem Ausbau des Wasserkraftunternehmens der „Mittlere Isar-Aktien-Gesellschaft“.

Von A. SCHILLINGER,

Chemiker und Fischereibiologe, Vorstand des chemischen Laboratoriums der Kläranlage München.

Vorgetragen auf der Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker in Kiel in der Fachgruppe für Wasserchemie.

(Eingeg. 5. Juni 1926.)

Das nunmehr im ersten Ausbau vollendete Projekt des Wasserkraftunternehmens, der Mittleren Isar A.-G., war der direkte Anlaß, die längst als notwendig erkannten Klär- und Reinigungsanlagen auszubauen.

Die „Mittlere Isar A.-G.“ („MIAG“) nützt das Rohgefälle der Isar zwischen München und Moosburg von rund 87 m dadurch aus, daß nördlich München, bei der früheren Fähre, gegenüber Oberföhring, ein Wehr eingebaut wurde, welches den Mittelwasserspiegel der Isar um 4,45 m hebt. Vom Wehr zweigt auf dem rechten Isarufer der Werkkanal ab, welcher bis Unterföhring parallel zur Isar verläuft. Unterhalb Unterföhring wendet sich der Kanal nach Osten und durchquert von West nach Ost das Erdingermoos. Bei Kanal-Kilometer 20 nächst der Ortschaft Finsing erreicht er die zwischen Sempt-Tal und Erdingermoos liegende tertiäre Erhebung und zieht sich auf dieser, die Ortschaften Niederneuching, Moosinning, Aufkirchen, Reisen, Niederding seitlich liegend, nach Eitting. Von hier bei K.-Km. 35 wendet sich der Kanal nach Aufhören des den Semptkanal vom Erdingermoos trennenden Höhenzuges nach Nordost gegen den Hang, welcher das Sempttal öst-

lich begrenzt, und welchen er bei Wartenberg erreicht. Entlang diesem Hang nach Norden verlaufend, überquert er das Sempttal in nordwestlicher Richtung, um bei Moosburg in den Oberwasserkanal des Uppenbornwerkes und durch diesen wieder in die Isar zu münden. Auf seinem Verlauf sind drei Kraftstufen eingebaut; mit dem Ausbau der vierten wird voraussichtlich noch in diesem Jahre begonnen.

- |   |                            |
|---|----------------------------|
| 1. Bei Finsing mit einem Nutzgefälle je nach Wasserführung der Isar mit | 8,5—12,3 m, im Mittel 11 m |
| 2. Bei Aufkirchen   | 26,3—26,6 m, „ „ 26,4 m    |
| 3. Eitting  | 24,9—26,1 m, „ „ 25,3 m    |
| 4. Pfrombach  | 20,1—22,1 m, „ „ 21,1 m    |

Das Einzugsgebiet der Isar umfaßt nördlich Münchens (Bogenhauserbrücke) 2845 qkm. Die Mittelwasserführung der Isar einschl. der Stadtbäche beträgt in den einzelnen Jahren zwischen 90 und 100 sec/cbm, im Winterhalbjahr 60—70 sec/cbm.

Der Kanal ist derart dimensioniert, daß er im allgemeinen 125 sec/cbm zu führen vermag. Nur zwischen Wehr und Finsing ist er wegen der Füllung des Speicherweihers auf 150 sec/cbm und unterhalb des Kraftwerks Eitting mit Rücksicht auf seitliche Zuflüsse auf 132 sec/cbm bemessen.

Zwischen K.-Km. 9 und dem Kraftwerk Finsing wird nördlich des Werkkanals der Speicherweiher angelegt mit einem Gesamtvolumen von 34,7 Mill. cbm, der eine Zurückhaltung von 29,35 Mill. cbm ausnutzbaren Wassers gestattet. Man kann hier kaum mehr von einem Weiher sprechen, da seine Flächenausdehnung schon der eines Sees gleicht. Bei einer Länge von rund 7 km und einer durchschnittlichen Breite von 1 km beträgt seine Fläche einschließlich der Weiherdämme rund 670 ha; er ist also etwa dreimal so groß wie der Schliersee (223,6 ha), größer als der Königssee (528,8) und ungefähr gleich groß wie der Simsee bei Rosenheim.

Nach den Beobachtungen der Jahre 1910—1919 über die Wasserführung der Isar kann mit Heranziehung des Speicherweihers mit einer durchschnittlichen Wassermenge von 95 cbm/sec gerechnet werden, so daß sich im Jahresmittel eine Kraftmenge ergibt:

für Kraftwerk Finsing	7 150 KW
Aufkirchen	17 150 KW
Eitting	16 450 KW
Pfrombach	13 700 KW
	<hr/>
	54 459 KW

gemessen an den Generatoren . . . . ., d. i. 82 200 PS an den Turbinenwellen.

Außer dem Speicherweiher ist hinter dem untersten Kraftwerk noch die Anlage eines Ausgleichweihers vorgesehen mit einem Inhalt von 3 Mill. cbm. Er bedeckt eine Fläche von rund 140 ha, ist also in seiner Flächenausdehnung noch erheblich größer als der Alpsee bei Hohenschwangau (87,8 ha). Er dient dazu, die Ungleichmäßigkeiten im täglichen Wasserverbrauch auszugleichen, um den Unterliegern eine gleichmäßige, den Abflußverhältnissen der Isar entsprechende Wassermenge zuzuführen.

Von Süden nach Norden fließt rechts der Isar ein mächtiger Grundwasserstrom, der in der Gegend von Johanniskirchen, Aschheim, Kirchheim, Landsham an die Oberfläche austritt und die Moosbildung nördlich dieser Gegend verursacht. Durch die vorgesehene Anlage eines bis zu 14 m tief in das Gelände eingeschnittenen Grabens, der auf der Linie des Grundwasseraustritts von Johanniskirchen verläuft, wird der Grundwasserstrom abgeleitet und in den Speicherweiher geleitet.

kirchen zuerst nordöstlich und dann nördlich verläuft, wird das Grundwasser abgefangen und dem Kraftwerk Finsing und den anderen Kraftwerken zugeführt. Durch die Wirkung des Abfanggrabens wird einerseits das Erdingermoos entwässert und der Bebauung zugänglich gemacht, andererseits die abgeführte Wassermenge zur Kraftgewinnung verwertet.

Hiermit ist in Kürze das allgemeine Projekt geschildert. Auf die Einzelheiten näher einzugehen, muß mit Rücksicht auf die Kürze der zur Verfügung stehenden Zeit verzichtet werden. Ausführliche Angaben sind in der Druckschrift: „Großwasserkraftanlagen Mittlere Isar von Ministerialrat F. Krieger in München“ und in der Zeitschrift „Das Bayernland“, 33. Jahrg., Aprilheft 1922, Nr. 14, Sonderdruck zu finden.

In engstem Zusammenhang mit dem Ausbau des Wasserkraftunternehmens steht die Reinigung und Verwertung der Abwässer der Stadt München.

Die Abwässer der Stadt München wurden bisher ohne jede Vorklärung der Isar zugeführt, welche durch ihr Selbstreinigungsvermögen auf ihrem weiteren Verlauf für die Verarbeitung der zugeleiteten Schmutzstoffe zu sorgen hatte. Diese Art der Beseitigung war zwar die einfachste und billigste, hatte aber den Nachteil, daß bei der ständig zunehmenden Bevölkerungszahl der Fluß trotz der bedeutenden Reinigungskraft fließender Gewässer nicht mehr im Stande war, die gewaltigen Mengen der städtischen Auswurfstoffe zu bewältigen. Es trat eine Überlastung ein, die zu mancherlei Beschwerden von Seite der Unterlieger, sowie der Fischereiberechtigten, namentlich in wasserarmen Zeiten Anlaß gab. Auch gingen die im Abwasser enthaltenen wertvollen Stoffe ungenützt verloren. Mit dem Ausbau der Wasserkraftanlage der mittleren Isar ist nun die Hauptmenge des Isarwassers in den Werkkanal abgeführt, so daß während des größten Teiles des Jahres ein Verdünnungswasser für die Abwässer überhaupt nicht oder nur in geringem Maße in dem ursprünglichen Isarbett zur Verfügung steht. Da hierdurch bei dem an und für sich schon überlasteten Flusse namentlich in hygienischer Beziehung große Mißstände auftreten würden, mußten Wege gefunden werden, die Abwässer in anderer Weise einwandfrei zu beseitigen.

Auf Grund des von Dir. Keppner, Vorstand der Abwasserabteilung der „MIAG“, entworfenen Projektes ist nunmehr unter dessen Leitung und in enger Zusammenarbeit mit dem Städtischen Tiefbauamt gemeinsam von der Stadt München und der „MIAG“ eine Kläranlage nach den Gesichtspunkten eines modernen Frischwassersystems entstanden. Die Bauausführung lag der Firma Dyckerhoff & Widmann A.-G. ob, deren Klärsystem zur Anwendung kam.

Die Kläranlage ist für einen Abwasserzufluß von 3,6 cbm/sec etwa ungefähr gleich der derzeitigen Schmutzwassermenge bemessen.

Das Münchener Abwasser ist durch Grundwasser und Stadtbäche sehr verdünnt, seine Menge daher ungewöhnlich groß. Während in anderen Städten die Abwassermengen zwischen 100 und 350 l pro Kopf und Tag betragen, mußte in München nach den Messungen des städtischen Bauamtes mit 644 l/Tag und angeschlossenen Einwohner gerechnet werden.

Diese Abwassermengen, welche bisher ohne jede Vorklärung in einzelnen Kanälen der Isar zufließen, sind nunmehr in einen Hauptsammelkanal zusammengefaßt, welcher sie nach der im Norden der Stadt am linken Isarufer bei Großlappen gelegenen Kläranlage führt. Dort durchlaufen sie eine Grobrechen- und Sandfanganlage. Der Grobrechen mit einem Stababstand von 7 cm

dient zum Abhalten größerer Schwimmkörper und Sperrstoffe. Der Sandfang ist zweiteilig angelegt und besteht aus zwei Vertiefungen in den Sohlen des Zulaufgerinnes, dessen günstigste Form auf Grund eingehender Modellversuche ermittelt wurde.

Durch Schützen und ein Drehtor kann während des Betriebs jeweils eine Kammer abgeschlossen werden. Die Beseitigung des Sandfanggutes erfolgt mittels elektrisch betriebenen Greifers und eines Silos, das in Rollbahnen entleert.

Von dem Sandfang fließt das Abwasser nach dem Mittelpunkt eines Quadrates, auf dessen Seiten je vier Aggregate, also insgesamt 16 Klärbecken angeordnet sind. Durch ein Rinnsystem, das die sogenannte Zweiteilung aufweist, wird das Abwasser gleichmäßig auf die 16 Klärbecken verteilt. Jedes dieser Aggregate besteht aus zwei Absitzbecken mit gemeinsamem Faulraum und Nachfaulbecken. Die eigentlichen Absitzbecken besitzen eine Breite von 5,3 m, eine mittlere Tiefe von 3,5 m und eine Länge von 25 m. Die Aufenthaltszeit des Abwassers ist damit festgelegt. Sie beträgt rund 1 Stunde. Während dieser Zeit scheiden sich nach den bisherigen Untersuchungen 70% der absitzbaren Stoffe ab und gleiten durch den Schlitz nach dem zwischen je zwei Absitzbecken gelegenen Faulraum, in welchem Frischschlamm-taschen angeordnet sind. Je nach Bedarf kann der Schlamm nach 1—2 Tagen aus den Taschen als Frischschlamm oder nach etwa 4 Monaten als Faulschlamm aus dem Faulraum entnommen werden. Das Fassungsvermögen eines Faulraumes beträgt bis Schlitzhöhe bei einer Tiefe von 14 m: 1428 cbm. Bestimmend für die Anordnung der Becken im Quadrat war, daß der Teil der Anlage, welcher im Betrieb die wichtigsten Funktionen auszuüben hat, nämlich die Schlammförderanlage, in der Mitte des Quadrates angeordnet ist, um möglichst kurze Wege für die Abwasserzu- und die Schlammableitungen zu erzielen.

Der Schlammförderanlage fließt der ausgefaulte oder der frische Schlamm selbsttätig, d. h. durch Wasserüberdruck aus den Schlammräumen zu, um mit Hilfe von Kompressoren auf die Schlammfelder zum Trocknen gebracht zu werden. Vorerst wird der Schlamm zur Düngung der Felder, die zum Gutsbetrieb der Kläranlage gehören, verwendet. Der Düngstoffgehalt beträgt nach den letzten Untersuchungen des vorläufig auf einer Deponie gelagerten Schlammes bei einem Wassergehalt von 63%: Stickstoff 0,77%, Phosphorsäure 0,28%, während der Frischschlamm bei einem Wassergehalt von 94,4% Stickstoff 0,23% und  $P_2O_5$  0,05% enthält. Späterhin ist beabsichtigt, auch einen Teil des anfallenden Frischschlammes in einer zu errichtenden Mengedüngerfabrik mit dem in der Stadt anfallenden Müll, der zu Feinmüll sortiert und verarbeitet wird, zu mischen und mit diesem Mengedünger, der nach früheren Untersuchungen in der biologischen Versuchstation bei einem Wassergehalt von 49% einen Stickstoffgehalt von 0,18% und einen  $P_2O_5$ -Gehalt von 0,37% besitzt, die Garchinger Heide aufzuerden und so dieses Ödland in wertvolles Kulturland zu verwandeln.

Um zu veranschaulichen, daß der Gehalt an den Nährstoffen Stickstoff und Phosphorsäure im Klärschlamm gegenüber jenem im Stallmist nicht zurücksteht, ist in nachstehender Tabelle (s. S. 1288) eine Gegenüberstellung angeführt.

Die Abnahme des getrockneten Schlammes von den 20 Schlamm-trockenplätzen mit einer Ausdehnung von je 40 m auf 16 m wird durch einen Schlamm-bagger betätigt. Das Aufbringen des Schlammes auf die Felder geschieht mittels eigens konstruierter von der Firma Maffei gebauter Streuwagen.

	Wasser %	Glüh- verlust %	Glüh- rück- stand %	Stick- stoff %	Phos- phor- säure %	
Stallmist						
frisch	71	24,6	4,4	0,45	0,21	Nach E. Wolff „Praktische Düngerlehre“
mäßig verrottet	75	19,2	5,8	0,50	0,26	
stark „	79	14,5	6,6	0,58	0,30	
Klärschlamm aus Groß- lappen						
Frischschlamm	94,4	3,9	1,7	0,23	0,05	Nach Unter- suchungen im chem. Labora- torium Groß- lappen
Halbausgefallter Schlamm	87,6	6,9	5,5	0,33	0,22	
Deponieschlamm a)	70,7	18,5	10,8	0,83	0,29	
b)	63,6	17,8	18,6	0,77	0,27	

Das aus den Absitzbecken abfließende Klärwasser fließt in einem um das Quadrat angelegten Kanal und vereinigt sich dort mit dem aus den Nachfaulbecken abfließenden Abwasser.

Diese Nachfaulbecken nehmen die geringe Wassermenge, welche die Faulbecken durchströmt, auf. Durch den mehrtägigen Aufenthalt in den Nachfaulbecken wird eine starke Ausfäulung dieses Wassers erreicht. Die Durchströmung der Faulbecken ist vorgesehen, um entstandene Stoffwechselprodukte abzuführen und durch stetige, wenn auch geringe Zuführung von Sauerstoff in die Faulbecken die sich dort abspielenden biologischen Vorgänge zu beleben.

Eines der Faulbecken ist zum Zweck von Versuchen über Gasgewinnung mit einem Torkretgewölbe überdacht, an dessen höchstem Punkt eine Gashaube angebracht ist. Das sich im Faulbecken entwickelnde Gas durchströmt ein auf Nut und Feder gearbeitetes Holzfilter, wie es in Essen mit Erfolg verwendet wird, und gelangt durch die Gashaube durch ein dreizölliges Gasableitungsrohr nach dem Versuchsraum. In diesem ist neben anderen Apparaten ein Gaszähler mit selbstregistrierendem J u n k e r s Calorimeter zur Bestimmung des Heizwertes aufgestellt. Der Heizwert des Gases betrug bisher, gemessen am Calorimeter, je nach der Zusammensetzung des Gases zwischen 6200 und 7200 Calorien.

Das Becken wurde am Beginn des Jahres 1926 in Betrieb genommen und mit etwa 100 cbm Faulschlamm aus einem schon längere Zeit in Betrieb befindlichen Becken gefüllt.

In nachstehender Tabelle sind die durchschnittlich täglich anfallenden Wasser- und Gasmengen in den einzelnen Monaten, der auf Grund der durchgeführten Absitzversuche errechnete Schlammanfall, sowie die Wasser- und Lufttemperaturen angeführt.

Die Zusammensetzung des Gases ist nach der letzten Untersuchung:

CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>
66%	15%	11%	8%

Die günstigste Zusammensetzung wurde im Monat Februar beobachtet mit

CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>
84,6%	10%	2,7%	2,7%

Der verhältnismäßig niedere Kohlensäuregehalt scheint darauf zurückzuführen zu sein, daß mit dem Abflußwasser aus den durchströmten Faulbecken im Wasser gelöste Kohlensäure abgeführt wird.

Da wirklich warme Jahreszeiten bei uns in diesem Versuchsjahr noch nicht gewesen sind, und die Becken noch nicht lange in Betrieb sind, so darf ein wesentlich

	Jan.	Febr.	März	April	Mai (halber Mon.)
1. Durchschnittlich tägliche Abwassermenge, welche durch das Gasbecken floß in cbm	9060	5420	6780	15100	16200 *)
2. Durchschnittlich tägliche im Becken zurückgehaltene Frischschlammmenge in cbm	21,8	13,1	16,3	27,3	29,4 *)
3. Durchschnittlich tägliche Gasmenge					
a) nicht reduziert in cbm	46,8	51,0	61,4	112,0	168,0
b) auf Trockengas 0° und 760 mm reduziert in cbm	41,6	45,1	55,0	100,0	149,0
4. Durchschnittlich tägliche Wassertemperatur t°	9,02	10,0	9,65	10,88	10,4
5. Durchschnittlich tägliche Lufttemperatur t°	-1,55	+4,10	4,20	11,23	10,3

höherer Gasanfall künftig erwartet werden. Ein abschließendes Ergebnis wird sich erst nach längerer Versuchsdauer feststellen lassen. Die sich in den Nachfaulbecken bildenden Gasmengen betragen nach den bisherigen Untersuchungen etwa 14% jener im Faulbecken. Auch dieser Wert dürfte mit der zunehmenden Schlammansammlung in den Nachfaulbecken noch eine Zunahme erfahren.

Die gesamten vorgeklärten Abwassermengen gemeinsam mit den geringen, aus den Nachfaulbecken stammenden Abwässern enthalten den Rest der absitzbaren, jedoch nicht abgesetzten Stoffe, die gelösten und kolloidalen Stoffe organischer und anorganischer Herkunft.

Nach früheren in der staatlichen Abwasserstation durchgeführten Analysen enthalten diese Abwassermengen bei 107 000 000 cbm Jahresanfall 3200 t Stickstoff, 600 t Phosphorsäure und 600 t Kali, während der anfallende Klärschlamm nur rund 400 t Stickstoff, 200 t Phosphorsäure und rund 100 t Kali enthält.

Das Verhältnis des Gehaltes an diesen Nährstoffen im Klärwasser und Klärschlamm beträgt demnach:

für Stickstoff	8 : 1
Phosphorsäure	3 : 1
Kali	6 : 1

Um nun auch die bedeutend größere Menge der im Klärwasser enthaltenen Nährstoffe zu verwerten und das Wasser selbst hierbei biologisch zu reinigen, wird das vorgeklärte Abwasser, nachdem es die Isar in einem Düker überquert hat, in ein die Tagesschwankungen aufnehmendes Becken eingeleitet und von hier mittels elektrischer Kreiselpumpen 10 m gehoben.

Die hierzu nötige Arbeit wird dadurch geleistet, daß sich die Abwässer nach Durchlaufen der biologischen Reinigungsanlage mit dem Werkkanal vereinigen und auf dem Weg durch sämtliche Kraftstufen bei einem Gesamtgefälle von 84 m nicht nur die benötigte, sondern noch Überschußenergie liefern.

In einer 7,5 km langen Eisenbetonrohrleitung wird das Klärwasser einer nunmehr im Bau begriffenen Abwasserfischteichanlage von rund 230 ha zugeführt, nachdem es zuvor mit der 2—5 fachen Menge Reinwasser verdünnt wurde. Zur Zuleitung des Reinwassers ist ein

\*) Neuere Feststellungen haben ergeben, daß die Pegelmessungen nicht vollständig zuverlässig waren. Obige Werte können daher nur mit Vorbehalt angegeben werden.

eigener Kanal, der „Zubringer“, vorgesehen, der mit Isarwasser aus dem Werkkanal nach Durchlaufen eines Vorwärmeteiches gespeist wird und bis zu 36 cbm/sec aufzunehmen vermag.

Aus dem Zubringer gelangt das Reinwasser, auf welches das unter einem Druck von 2,3 Atm. stehende Abwasser aufgespritzt wird, in die einzelnen Teiche.

Der Vorteil dieser Anordnung besteht gegenüber der sonst üblichen Mischung des Frisch- und Klärwassers im Zubringer darin, daß

1. die Bildung des die Rohrleitungen verlegenden Sphaerotylus im Zubringer vermieden wird,
2. daß eine starke Anreicherung des Mischwassers mit Luftsauerstoff bei dem durch die Luft fallenden Abwasser erreicht wird,
3. daß für jeden einzelnen Teich die zugeführte Wassermenge und das Mischungsverhältnis beliebig geregelt werden kann.

An der Stirnseite jedes Teiches werden in gleichen Abständen drei derartige Aufspritzvorrichtungen angebracht.

Die Größe der für den Abwachs der zwei- und dreisömmerigen Karpfen bestimmten Teiche beträgt durchschnittlich 7 ha bei einer Länge von 345 m und einer Breite von etwa 210 m. Hiervon sind für die zwei-sömmerigen Karpfen 12 Teiche mit 77,7 ha und für die dreisömmerigen Karpfen 18 Teiche mit 143,8 ha vorgesehen. Die Tiefe dieser Teiche, welche an der Stirnseite ganz seicht beginnen, beträgt im Durchschnitt 90 cm.

Die Beschaffung des jährlichen Besatzes für eine derart ausgedehnte Anlage mit ihrer großen Produktivität ist äußerst schwierig, da besonderes Gewicht darauf gelegt werden muß, nur erstklassige Besatzfische zu verwenden. Beim Ankauf so großer Mengen Besatzmaterials bestünde die Gefahr, daß man sich mit minderwertigen Fischen zufrieden geben müßte, nur um den Besatz zu sichern. Auch ist die Einschleppung von Krankheiten bei dem Bezug aus verschiedenen Teichwirtschaften zu befürchten. Es wurde deshalb eine eigene Aufzuchtanlage, bestehend aus Laichteichen, Vorstreckteichen 1. und 2. Ordnung und Aufzuchtteichen für die einsömmerigen Karpfen vorgesehen, um unabhängig von anderen Anlagen das Besatzmaterial selbst heranzüchten zu können. Diese Art des Vollbetriebs macht natürlich auch den Bau von Überwinterungsteichen und getrennten Abteilungen für die Haltung der Laichkarpfen nötig.

Das Wesen des Abwasserfischteichverfahrens besteht darin, daß die in dem vorgeklärten Abwasser noch enthaltenen ungelösten, ferner die großen Mengen der gelösten und kolloidalen organischen Stoffe durch pflanzliche und tierische Organismen abgebaut und in einfachere chemische Verbindungen umgesetzt werden. Um nicht Gefahr zu laufen, daß eine anaerobe Zersetzung, also stinkende Fäulnis eintritt und mit dieser die für alle Organismen schädlichen Stoffe, wie Ammoniak und Schwefelwasserstoff in größeren Mengen entstehen, muß für eine stets reichliche Zufuhr von Sauerstoff gesorgt werden. Unter seinem Einfluß wird der Aufspaltungsprozeß derart geregelt, daß die zwar fäulnisfähigen Stoffe keinen Fäulnisprozeß durchlaufen und trotzdem letzten Endes die hoch molekularen Eiweißstoffe und Kohlenhydrate mineralisiert werden, d. h. sich in unschädlichere höhere Oxydationsstoffe ihrer elementaren Aufbaustoffe umsetzen. Die unter dem Einfluß dieser Oxydationsprozesse entstehenden Nitrite und Nitrate werden von Pilzen und Algen aufgenommen. Je reicher der Gehalt des Wassers an diesen Stickstoffverbindungen ist,

desto üppiger wird die Entwicklung dieser Pilze und Algen, welche die Grundlage für die biologische Reinigung und für das Gedeihen der höheren tierischen Organismen sind. Um nun zu verhindern, daß diese wertvollen Stickstoffverbindungen durch die Tätigkeit der denitrifizierenden Bakterien wieder zerstört und in wertlosen, gasförmigen Stickstoff umgesetzt werden, ist dafür Sorge zu tragen, daß ein Überhandnehmen dieser Bakterien vermieden wird. Dies ist nun Aufgabe der Bakterienfresser, welche hierdurch selbst zu reichem Wachstum und üppiger Fortpflanzung gelaugen und ihrerseits wieder anderen höher entwickelten Tieren zur Nahrung dienen. Eine Massenentwicklung von Protozoen, Würmern, Insektenlarven, Krebschen und Schnecken ist das Resultat dieser Umsetzungsprozesse, die alle direkt und indirekt aus den organischen Substanzen ihre Lebensenergie schöpfen, im Kampf ums Dasein sich selbst wieder befrieden und letzten Endes dem Hauptkonsumenten, dem Fisch, zur Nahrung und Wachstum dienen. Um sich einen Begriff von dieser Massenentwicklung zu bilden, mag hier angeführt sein, daß gelegentlich der Untersuchungen der Abwasserfischteiche in Amberg und Grafenwöhr mit einem gewöhnlichen Hand-Plankton-Netz bei nur zwei Zügen, ohne den Standort zu wechseln, eine Menge von Daphniden gefangen wurde, die ein Viertelliterglas nach Ablauf des Wassers vollständig füllte.

Dieser große Nahrungsreichtum bedingt den gewaltigen Zuwachs in den Abwasserfischteichen, welchen wir mit Ausnahme einiger Dorfteiche, in welchen sich ja ähnliche Vorgänge abspielen, in sonst keinem anderen Teich beobachten. Während in mittelguten Teichen der Zuwachs 100 kg auf 1 ha, in sehr guten 200 kg beträgt, ist nach den Erfahrungen, die an allen gutgeleiteten Abwasserfischteichanlagen gemacht wurden, der Zuwachs für 1 ha 500 kg und darüber.

Die chemische Zusammensetzung des zur Verfügung stehenden lebendigen Futterbreies ist vornehmlich für die Ernährung des Karpfens eine vorzügliche. Wir wissen aus den Untersuchungen von Dr. Walter, daß der Karpfen als Allesfresser einer Nahrung bedarf, deren Verhältnis an stickstofffreien und stickstoffhaltigen Substanzen wie 1:0,5 bis 1:5,0 betragen soll. Die dem Karpfen in Abwasserfischteichen gebotene Nahrung entspricht dieser Forderung in vollkommenstem Maße.

Befürchtungen, daß die Fische durch den Aufenthalt in dem verdünnten Abwasser einen schlechten Geschmack annehmen würden, sind vollständig unbegründet. Sollte bei einzelnen Fischen das sogenannte „Mooseln“ auftreten, welches auch bei Karpfen aus gewöhnlichen Teichen vorkommt, so kann dies sofort behoben werden dadurch, daß die Fische vor der Verwendung kurze Zeit in reinem Wasser gehalten und ihnen nach Abtötung die Kiemen herausgeschnitten werden, denn es ist äußerst wahrscheinlich, daß der unangenehme Geschmack auf eine Blaualge, die sich an den Kiemen ansetzt, zurückzuführen ist. Gelegentlich einer Kostprobe von Karpfen aus der Abwasserfischteichanlage in der Stadt Amberg war der Geschmack der Karpfen so vorzüglich, daß allgemein es bedauert wurde, daß nicht eine größere Menge von Fischen zur Verfügung gestellt war.

Die vorzügliche Verarbeitung der organischen Substanzen im Abwasserfischteich durch Umsetzung in Fischfleisch und teilweise auch in Entenfleisch ist aber nicht der Endzweck. Hauptsache ist und muß bleiben der biologische Reinigungseffekt. Nach den Analysen von Prof. Lewy und Dr. Feser an Straßburger Abwasserfischteichanlagen (die in nachstehender Tabelle angeführt sind) ersehen wir, daß der Abbau der im Wasser ent-

haltenen Stoffe ein Maß erreicht, das dem nicht verunreinigten Flußwasser gleichkommt.

	Abdampf- rückstand mg/l	Glüh- verlust mg/l	Organ. Sub- stanz mg/l KMnO <sub>4</sub>	Organi- scher Stick- stoff mg/l	Chloride
Rohwasser	500	257	171,38	16,13	53,88
Mischwasser	316	153	65,70	6,3	28,60
Gesamtablauf Rhein-Marne- Kanalwasser	210	96	23,17	2,55	13,62
	229	101	16,60	2,33	10,8

Ein scharfes Kriterium für die Reinigung ist die Oxydierbarkeit und die Sauerstoffzehrung. Nach Untersuchungen, welche in den Jahren 1922 und 1923 an den Abwasserfischteichanlagen von Amberg und Grafenwöhr von mir vorgenommen wurden, ergab sich, daß der Rückgang der Oxydierbarkeit zwischen Zu- und Ablaufwasser des Teiches rund 50% beträgt. Bei Versuchen über die Sauerstoffzehrung wurde aller mit dem Frischwasser zugeführter Sauerstoff des im Teicheinlauf entnommenen Wassers bereits nach 14stündiger Bebrütung aufgebraucht (7,6 mg/l). Die Zehrung in der Nähe des Auslaufes ging auf 0,5 mg zurück.

Die Keimzahlen, welche im Teicheinlauf noch zwischen 300 000—500 000 Stück auf 1 ccm betragen, haben sich schon in der Nähe des Ablaufes auf 120—250 Stück auf 1 ccm verringert. Die Methylenblauprobe auf Fäulnisfähigkeit nach Spitta gab schon in dem oberen Drittel spätestens in der Mitte der Teiche negative Resultate. Die stark fäulnisfähigen Wasser verlieren also ihre Fäulnisfähigkeit auf dem Verlauf durch den Teich vollständig. Der Gehalt an Gesamtstickstoff nimmt um rund 67% ab. Ammoniakverbindungen, sofern solche überhaupt noch nachweisbar waren, nahmen um rund 90% ab.

In nachstehenden Tabellen sind einzelne Mittelwerte einer im Monat April 1926 an der Kläranlage in Großlappen durchgeführten 24-Stundenuntersuchung und anschließend auch einzelne Ergebnisse der an den Abwasserfischteichanlagen in Amberg und Grafenwöhr im Jahre 1922 und 1923 vorgenommenen Untersuchungen angeführt, um die tatsächliche gegenwärtige Wirkung der Kläranlage und die zu erwartende der künftigen Abwasserfischteichanlagen zu veranschaulichen.

Mittelwerte aus einer im Monat April 1926 an der Kläranlage durchgeführten 24-Stundenuntersuchung.

	Vor den Absitz- becken	Nach den Absitz- becken	Abnahme in %	Bemerkungen
Absitzbare Stoffe ccm/l	2,6	0,77	70,4	
Filtrier- und verbrenn- bare Stoffe (Glühver- lust der ungelösten Stoffe) mg/l	146	97	33,6	Mittelwerte aus einer 24-Stunden- untersuchung
Oxydierbarkeit in mg*) Sauerstoff/Liter	19	19	—	
Alkalität in ccm/l n. Säure	6,7	6,8	—	
Chlorgehalt in mg/l	51	52	—	
Gesamtstickstoffgehalt in mg/l	38,0	39,8	—	
Phosphorsäuregehalt in mg/l	7,8	1,6	80	Einzel- untersuchung

Die vorstehenden Tabellen zeigen deutlich, daß durch die mechanische Kläranlage nur ein Teil der absitzbaren Stoffe entfernt wird. Erst in den nachgeschal-

\*) In saurer Lösung 10 Minuten auf dem Wasserbad gehalten.

Mittelwerte aus im Sommer 1922 und 1923 durchgeführten Untersuchungen an Abwasserfischteichanlagen in Amberg, Grafenwöhr und Zerzabelshof bei Nürnberg.

	Verdünntes Abwas- ser am Teich- einlauf	Biologisch gereinigtes Abwasser am Teich- ablauf	Abnahme in Bezug auf Teich- zulaufwas- ser in %	Bemerkungen
Filtrier- und verbrenn- bare Stoffe in mg/l (Glühverlust der un- gelösten Stoffe)	20	6	70	Amberg, Strell
Oxydierbarkeit in mg*) KMnO <sub>4</sub> /Liter*)	85	43	49,5	Grafenwöhr Schillinger
Alkalität in ccm/l n. Säure	5,9	5,9	—	Amberg Schillinger
Chlor in mg/l	12	12	—	Grafenwöhr Schillinger
Phosphorsäure mg/l	1,38	0,72	48	Amberg Schillinger
Gesamtstickstoff in mg/l	10,96	3,61	67,1	Grafenwöhr Schillinger
Ammoniak in mg/l	3,87	0,38	90,5	Grafenwöhr Schillinger
Keimzahlenstück/ccm	560 000	320	rund 100%	Amberg Schillinger
" "	360 000	120	" 100%	Grafenwöhr Schillinger
" "	76 800	250	" 100%	Zerzabelshof Prof. Dr. Strell

teten Abwasserfischteichen kann durch die chemisch biologische Umsetzung eine derartige Reinigung erzielt werden, die es gestattet, so vorbehandelte Abwässer selbst in einen Vorfluter mit geringster Wasserführung einzuleiten. Die aus den Abwasserfischteichen abfließenden Abwässer unterscheiden sich ja, wie wir gesehen haben, in ihrer chemischen Zusammensetzung von normalem, nicht verunreinigtem Bachwasser kaum nennenswert.

Die biologische Reinigung in Abwasserfischteichen kann nach den Erfahrungen, die in den bisher bestehenden Anlagen in Straßburg, Amberg, Grafenwöhr usw. gemacht wurden, überall da empfohlen werden, wo die Gelände-Verhältnisse einigermaßen günstig sind, und sich die Zuführung von Frischwasser zur Verdünnung des Abwassers ohne erhebliche Kosten ermöglichen läßt.

Zum Schluß sei noch auf die Mengen an Schmutzstoffen hingewiesen, welche der Isarfluß bis zum Ausbau der Kläranlage zu verarbeiten hatte.

Nach früheren Untersuchungen, die in der staatlichen Abwasserstation durchgeführt wurden, setzte sich das Münchener Abwasser zusammen:

a) suspen- dierte Stoffe in mg/l Gesamt	Glüh- verlust mg/l	b) gelöste Stoffe in mg/l Gesamt	Glüh- verlust mg/l	c) Gesamt- gehalt in mg/l Trock- rückst.	Glüh- verlust mg/l	24-Stun- denunter- suchung durch- geführt
173	113	517	154	690	267	Am 17./18. Dez. 1903 von Graf
197	112	512	117	709	229	Am 18./19. Mai 1920 von Schillinger
Das sind bei 3,6 cbm/sec im Tag in Waggon à 10 t						
6	3,5	15,5	3,6	21,8	7,1	

Derartige Verunreinigungen mußten sich trotz der Verdünnung mit Isarwasser auf weite Strecken im Fluß-

\*) In saurer Lösung 10 Minuten gekocht.

	Abdampfdruckstand im Liter		Suspendierte Stoffe		Chlor- gehalt	Ammo- niak	N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Sauerstoff- verbrauch zur Oxy- dation	Keim- zahl auf 1/ccm
	Trocken- substanz mg/l	Glühverlust mg/l	Trocken- substanz mg/l	Glühverlust mg/l						
München	205,8	78,9	27,5	10,2	1,1	0	0	1,0	3,0	890
Freising	225,0	87,5	52,5	31,2	3,6	1,0	0,5	1,9	4,8	11975
Landshut von Dr. Willemer	236,9	213,3	54,9	50,1	2,6	Spuren		2,99	1,76	3830

lauf bemerkbar machen. Schon im Jahre 1912 wurden deshalb von Prof. Dr. Ilzhöfer an der Isar Untersuchungen vorgenommen, die sich auf 12 Monate erstreckten und im Verwaltungsbericht der Haupt- und Residenzstadt veröffentlicht wurden. Die sich aus den Untersuchungen ergebenden Mittelwerte und die von Dr. Willemer in Landshut durchgeführten Untersuchungen zeigen deutlich, daß sich der Einfluß der Münchener Abwässer in Freising noch stark bemerkbar machte und auch in Landshut noch nicht verschwunden war.

Die Folgen dieser jahrelangen Einleitung nicht geklärter Abwässer äußerten sich vornehmlich in einer starken Verpilzung des Flußlaufes. Unzählige Schlammwürmer belebten die mit Schlamm verlagerte Flußsohle. Der einst reiche Fischbestand an hochwertigen Fischen, wie Äschen und Huchen, wurde vernichtet, nur mehr unedle Fische, wie Barben und Nasen, konnten in dem verschmutzten Flußlauf ihr Leben fristen; doch auch von diesen sind in wasserarmen Zeiten viele ein Opfer der Verunreinigung geworden.

Mit der Fertigstellung des Wasserkraftunternehmens fließt nun bei Mittelwasserführung über das Wehr nahezu kein Wasser. Andrängendes Grundwasser und zufließende Seitenbäche sorgen aber dafür, daß schon kurz unterhalb des Wehres bereits wieder Wasser, und zwar vollständig reines Grundwasser dahinfließt.

Durch den Ausbau der Kläranlage, deren vorgeklärte vorerst noch nicht biologisch gereinigte Abwässer in den Werkkanal geleitet werden, ist schon jetzt eine Besserung der Verhältnisse in der Isar erzielt worden. Mit der Inbetriebnahme der Abwasserfischeichanlagen wird die Reinigung soweit gehen, daß von der Einleitung der städtischen Abwässer in der Isar nichts mehr zu bemerken sein wird.

Dann werden auch wieder Fische unseren Fluß bevölkern, und durch die Auen und Städte unterhalb Münchens wird nicht mehr ein verschmutzter brauner Fluß, sondern wieder wie einst, die grüne Isar fließen. [A.142.]

## Über die Einwirkung von Paraldehyd auf Kaliumjodid.

Von RUDOLF HANSEN, Tübingen.

(Eingeg. 16. Juni 1926.)

Wachhausen veröffentlichte 1897 eine Mitteilung<sup>1)</sup>, nach der Paraldehyd aus den Jodiden des Kaliums, Natriums und Eisens Jod in Freiheit setzen solle. Eine Erklärung für diese Erscheinung wurde meines Wissens bisher nicht gegeben. Es erscheint auffallend, daß der Paraldehyd, der ein Polymerisationsprodukt des stark reduzierenden Acetaldehydes und selbst schon als Reduktionsmittel verwandt worden ist<sup>2)</sup>, oxydierende

<sup>1)</sup> Wachhausen, Pharm. Ztg. 42, 95; C. 1897, I 493; siehe auch Beilstein, Handbuch der org. Chemie, 3, I, 471; Meyer-Jacobsen, Lehrbuch der org. Chemie, 2, I, 712.

<sup>2)</sup> Oechsner de Coninck und Chauvenet, Chem. Zentr. 1906, I, 992.

Eigenschaften zeigen solle. Diese Bedenken waren die Ursache für eine Nachprüfung der Erscheinung.

Die Methode war eine quantitative Verfolgung der erwähnten Reaktion, d. h. die titrimetrische Bestimmung der Jodmenge, die von einer bestimmten Menge Paraldehyd in Freiheit gesetzt wird. Es wurden in jedem Falle 5 ccm Paraldehyd mit 100 ccm einer frisch hergestellten 10%igen Kaliumjodidlösung 20 Minuten geschüttelt, und das ausgeschiedene Jod mit  $\frac{1}{10}$  n-Thiosulfatlösung titriert. Der verwandte Paraldehyd wurde in üblicher Weise aus Acetaldehyd mit wenig konzentrierter Schwefelsäure dargestellt, durch wiederholtes Ausschütteln mit Sodalösung von jeder Spur befreit und durch abwechselndes Ausfrieren und Destillieren an der Kolonne gereinigt. Zur Untersuchung gelangten Paraldehyde verschiedenen Reinheitsgrades und Alters.

Es wurden gefunden:

1. ein bestimmter Paraldehyd macht zu bestimmter Zeit eine bestimmte Jodmenge frei; 5 ccm Paraldehyd verbrauchten in vier Versuchen 0,38; 0,39; 0,38; 0,38 ccm  $\frac{1}{10}$  n-Thiosulfatlösung.

2. Die Zeit der Einwirkung des Kaliumjodids ist auf die Jodmenge ohne Einfluß; 5 ccm desselben Paraldehyds verbrauchten nach einstündigem Schütteln mit der Kaliumjodidlösung in zwei Versuchen 0,38; 0,38 ccm  $\frac{1}{10}$ -Thiosulfatlösung.

3. Die Jodmenge wächst mit dem Acetaldehydgehalt des Paraldehyds. Sie ist, in Molen berechnet, stets wesentlich geringer als der Acetaldehydgehalt; relativ um so geringer, je größer letzterer ist:

Angewandte Menge	Alter des Paraldehyds	Proz. Acetaldehyd	ccm $\frac{1}{10}$ n-Thiosulfatlösung	Molverhältnis J <sub>2</sub> : CH <sub>3</sub> CHO
5 ccm	3 Tage	0,05—0,08	0,38	1 : 3,0—4,7
5 ccm	3 Tage	0,75	1,25	1 : 13,7
5 ccm	3 Tage	2,46	1,43	1 : 41,6

4. Die Jodmenge wächst mit dem Alter des Paraldehyds. Sie bleibt stets wesentlich geringer als der Acetaldehydgehalt, doch wird sie relativ um so größer, je älter der Paraldehyd ist:

Angewandte Menge	Alter des Paraldehyds	Proz. Acetaldehyd	ccm $\frac{1}{10}$ n-Thiosulfatlösung	Molverhältnis J <sub>2</sub> : CH <sub>3</sub> CHO
5 ccm	Frisch dargestellt	1,13	0,14	1 : 177,1
5 ccm	24 Stunden	1,34	0,20	1 : 145,0
5 ccm	48 Stunden	1,77	0,38	1 : 100,5

Der Acetaldehydgehalt wurde nach der Hydroxylaminmethode bestimmt.

Nach diesen Befunden konnte die Oxydation des Kaliumjodids kaum eine spezifische Eigenschaft des Paraldehyds sein. Es mußte sich ein Paraldehyd darstellen lassen, der die Reaktion nicht zeigte. Das gelang leicht auf folgende Weise.