

## Versuchsergebnisse.

Substanz		ohne Zusatz	Zusatz: Eisenfeilspäne	Zusatz: Fußbodenkehricht	Zusatz: Erdiger Sand
Papier	mit Öl	— 18°			
	ohne Öl	— 18°		+	
Stroh	ohne Öl	— 18°			+
					2 Min. 18°
Putzwolle	mit Öl		+		
			1 Min. 36°		
	ohne Öl	— 18°	+		
			3 Min. 18°		
Leinenlappen	mit Öl	+		+	
		4 Min. 40°		5 Min. 18°	
Sägemehl	mit Öl	— 40°	+		
			20 Min. 40°		
	ohne Öl	— 40°	+		
			10 St. 40°		
Holzwolle	mit Öl	+	+		
		10 St. 40°	2 Min. 35°		
	ohne Öl	— 40°	+	+	+
			6 Min. 40°	5 Min. 18°	2 Min. 18°
Weidenholz	mit Öl	— 40°	+		
			2 Min. 18°		
	ohne Öl	— 40°		+	+
				10 Min. 18°	3 Min. 18°

oxyd (60 Gewichtsprozent) gerechnet — die Entzündung stattfand, und ferner, bei welcher Temperatur der Versuch ausgeführt wurde. [A. 118.]

## Erfahrungen mit dem Chlorgasverfahren in der Wasser- und Abwasserbehandlung.

Von Dr. G. ORNSTEIN, Charlottenburg.

Vortrag in der Fachgruppe für Wasserchemie auf der Hauptversammlung in Kiel.

(Eingeg. 14. Mai 1926.)

Die Einführung des seit dem Jahre 1912 bestehenden, zuerst in Amerika zu praktischer Ausgestaltung entwickelten Chlorgasverfahrens begann in Deutschland Anfang 1920, nachdem bereits vorher einige Anlagen ohne bleibenden Erfolg errichtet worden waren. Auf die erste im Januar 1920 errichtete Anlage im Wasserwerk Essen folgten bald weitere sowohl für die Behandlung von Trinkwasser als auch für Bade- und Abwasser. Außer dem ursprünglichen Zweck des Verfahrens, dem der Entkeimung, wurden noch weitere nützliche Anwendungen gefunden und ausgebaut, von denen die Vernichtung von Algen in allen Arten Wasser, Geruchsbeseitigung und Fäulnisverhinderung bei Abwasser, Geschmacksverbesserung und Aufhellung der Farbe des Wassers in besonderen Fällen besonders genannt seien.

Die Zuführung des Chlors zu dem zu behandelnden Wasser geschieht fast ausschließlich mit Hilfe eines Nebenwasserstromes. Teils wird mit dessen Hilfe die in der Chlorgasapparatur abgemessene Chlormenge vor Zusatz zu dem Hauptwasserstrom vollständig zur Lösung gebracht und in Form dieser Lösung dem Hauptwasser zugeführt, teils wird das Chlorgas kurz vor Einmündung in den Hauptwasserstrom von dem Nebenwasserstrom zerstäubt und so teils als Lösung, teils in Form kleiner Gasblasen in den Hauptwasserstrom eingeführt.

In verhältnismäßig wenigen Fällen wird das Chlorgas als solches, ohne Benutzung eines Nebenwasser-

stromes in den Hauptwasserstrom eingeführt und zwar durch Hindurchpressen durch poröse Platten, durch Ausströmenlassen unter mit Riefen versehenen kastenartigen Vorrichtungen usw.

In Deutschland sind im Laufe der vergangenen 6 Jahre umfangreiche Erfahrungen mit der Chlorgasanwendung gesammelt worden.

Über die Ergebnisse der ersten Jahre im Vergleich mit früher geübten Desinfektionsverfahren mittels Hypochloriten berichtete Prof. Dr. Bruns, Direktor des Hygienischen Instituts Gelsenkirchen, ausführlich in „Gas und Wasserfach“<sup>1)</sup>, wobei er zu dem Schlusse gelangte, daß er die Einführung des flüssigen Chlors von den von ihm geprüften Verfahren als das bei weitem beste auch in hygienischer Beziehung halte und gleichzeitig mitteilte, daß diese Ansicht von Geheimrat Gärtner, Jena, geteilt werde.

Die Verhältnisse unterscheiden sich in Deutschland insofern von denen in Amerika, wo das Chlorgasverfahren eine besonders große Ausdehnung gefunden hat, als Amerika bei außerordentlich hohem Wasserverbrauch pro Kopf sehr wenig Grundwasser besitzt und fast ausschließlich auf Oberflächenwasser angewiesen ist, während Deutschland bei etwa nur einem Viertel des Verbrauchs pro Kopf reichlich Grundwasser zur Verfügung hat. Obwohl daher in Deutschland die Wasserverhältnisse erheblich günstigere sind, haben trotzdem viele Verwaltungen die Beschaffung von Chlorgasanlagen für nützlich befunden, und die Ergebnisse haben die Anschaffung gerechtfertigt.

Hierzu gehören zahlreiche Wasserwerke, die ihren Wasserbedarf ausschließlich aus Grundwasser decken können, und die während des größten Teils des Jahres ein einwandfreies Wasser besitzen. Trotzdem treten zu gewissen Zeiten des Jahres, vornehmlich in den Hochwasserperioden, Anstiege der Keimzahlen ein, die das Vorhandensein einer stets betriebsbereiten Entkeimungsanlage nicht nur wünschenswert, sondern erforderlich machen. Als Beispiele hierfür seien die Städtischen Wasserwerke Essen, Dresden<sup>2)</sup>, Düsseldorf, Erfurt<sup>3)</sup> usw. genannt. Die Überflutungen von Sickergräben und Sammelbrunnen haben fast stets erhebliche Anstiege in den Keimzahlen zur Folge, die in einem Werke (Wasserwerk Saloppe, Dresden) vor Einführung der Chlorierung oft so stark waren, daß das Wasserwerk abgestellt werden mußte. Seit Einführung der Chlorierung sind solche unwillkürlichen Stilllegungen nie mehr vorgekommen.

Die Zusatzmengen an Chlorgas bewegen sich bei der Trinkwassersterilisation zwischen 0,1 und 0,3 g Chlor pro cbm. In einer Reihe von Fällen wurden sogar mit noch weniger als 0,1 g brauchbare Ergebnisse erzielt, im Wasserwerk Essen sogar mit 0,05 g pro cbm, mit welchem laut Mitteilung des Direktor N e r r e t e r Keimzahlen zwischen 160—415, auf zwischen 0 und 10 erniedrigt wurden.

Für Talsperrenanlagen dienen automatische Chlorgasapparaturen, bei denen mit Hilfe eines in die Wasserleitung eingebauten Venturirohres die jeweils zuzuführende

<sup>1)</sup> „Das Gas- und Wasserfach“ 1922, 45. Heft, vom 11. November, 46. Heft, vom 18. November, 47. Heft, vom 25. November und 48. Heft, vom 2. Dezember. „Die Desinfektion des Trinkwassers in Wasserleitungen mit Chlor von Prof. Hayo Bruns, Gelsenkirchen.

<sup>2)</sup> „Das Gas- und Wasserfach“ 1924, 41. Heft, vom 14. Oktober: „Erfahrung mit der Chlorung von Leitungswasser“ von Direktor Vollmar, Dresden.

<sup>3)</sup> „Das Gas- und Wasserfach“, 14. Heft, vom 3. April 1926, 69. Jahrgang, S. 272. „Chlorgas-Sterilisation von Trinkwasser und seine besondere Bewährung bei Hochwasser“ von R. Schwarzach, Betriebsleiter des Städt. Wasserwerks Erfurt.

Chlormenge selbsttätig im Verhältnis zur Wassermenge geregelt wird. Eine Einstellung auf eine bestimmte gleichbleibende Chlormenge ist hier nicht möglich, da die Wassermenge dauernd und unkontrollierbar schwankt und sich lediglich nach dem Verbrauch aus den angeschlossenen Zapfstellen richtet. Anlagen dieser Art sind unter anderen in den Wasserwerken Altena i. W., Haspe i. W. und Gummersbach im Betrieb.

Eine ausführliche Veröffentlichung<sup>4)</sup> über Wasserwerk Altena ist von Direktor W. Joester verfaßt worden; aus dem umfangreichen Zahlenmaterial ergibt sich, daß Chlormengen von 0,3 g pro cbm Wasser dauernd Keimzahlen von 100—1200 und gelegentlich darüber auf unter 20, meistens sogar auf unter 10 bis herab auf 0 erniedrigen. Ferner geht daraus hervor, daß trotz Schwankungen der Wassermenge, die sich zwischen 12 und 68 cbm pro Stunde bewegten, die Entkeimung eine gleichmäßige war, und die vorhandenen zwischen 173 und 267 betragenden Keimmengen auf zwischen 2 und 10 reduziert wurden.

Ein weiteres Anwendungsgebiet bei Trink- und Gebrauchswasser ist die Beseitigung von Algen und andern Kleinlebewesen im Wasser. Diese wirken vornehmlich dadurch störend, daß sie die Filteranlagen schnell verstopfen und hierdurch häufigere Reinigungen, als wegen der Schmutzablagerungen „allein“ auf den Filtern notwendig wären, erforderlich machen. Als Beispiele für die erfolgreiche Anwendung der Chlorierung für diesen Zweck seien genannt: die Wasserwerke Hamburg, Wasserwerk Berlin-Müggelsee und Wasserwerk Berlin-Jungfernheide, die Wasserwerke Stralsund und die Papierfabrik Reisholz bei Arnsberg i. W.

Besonders umfangreich auf diesem Gebiete sind die Erfahrungen der Hamburger Wasserwerke, die durch Baurat Kelting<sup>5)</sup> mitgeteilt wurden. In dieser Veröffentlichung wird unter anderem ausgeführt, daß die Zahl der Filterreinigungen, in denen Oberflächenwasser aus der Elbe filtriert wird, auf rund ein Viertel der früher notwendigen zurückgegangen ist, so daß 75 % der früher nötigen Filterreinigungen erspart werden.

Diese Ergebnisse sind mit Chlormengen, die um 1 g herum schwanken, zeitweise auch bis auf 1,5 g erhöht werden, erzielt worden. Nach der Filtration wird das Hamburger Wasser nochmals mit einer geringen Chlormenge zwecks endgültiger Entkeimung behandelt.

Eine wichtige Frage für die zur Erreichung der gewünschten Zwecke anzuwendende Chlormenge spielt das sogenannte Chlorbindungsvermögen des Wassers, d. h. diejenige Menge, die vom Wasser restlos unter Verschwinden des aktiven Chlors gebunden wird. Eingehende Untersuchungen hat hierüber neuerdings Dr. Keiser vom Hamburger Hygienischen Staatsinstitut im „Gas- und Wasserfach“<sup>6)</sup> veröffentlicht.

Während im allgemeinen, wie bereits erwähnt, durchschnittlich 0,1—0,3 g Chlor pro cbm für die Entkeimung von Trinkwasser ausreichen, bedingt auf Grund seines höheren Chlorbindungsvermögens das Königsberger Wasser die doppelte Zusatzmenge, nämlich rund 0,6 g pro cbm<sup>7)</sup>.

<sup>4)</sup> „Das Gas- und Wasserfach“ 1922, 20. Heft, vom 20. Mai: „Über hygienische Verhältnisse der Talsperren-Wasserversorgung der Stadt Altena i. W. und Sterilisation des Entnahmewassers mittels Chlorgas“, von Direktor Joester, Altena.

<sup>5)</sup> „Das Gas- und Wasserfach“ 1925, 5. Heft, vom 31. Januar: „Erfahrungen mit dem Betrieb von Schnellfiltern für die Vorfiltration von Oberflächenwasser“ von Baurat Kelting, Hamburg.

<sup>6)</sup> „Das Gas- und Wasserfach“ 1926, vom 16. u. 23. Januar.

<sup>7)</sup> „Gesundheits-Ingenieur“, 12. Heft, 24. März 1923, 46. Jahr-

Da das Chlor restlos gebunden wird, ist ein Geschmack oder Geruch selbst bei dieser erhöhten Zusatzmenge nicht festzustellen. Überhaupt gestatten in dieser Beziehung manche Wässer ganz erhebliche Überdosierungen, wie u. a. auch aus dem bereits erwähnten Aufsatz von Direktor Joester, Altena i. W. hervorgeht, gemäß welchem selbst bei einem Zusatz von 1,3 g pro cbm, also der 4—5 fachen für die normale Entkeimung ausreichenden Menge Geschmack oder Geruch noch nicht wahrnehmbar waren, die Grenze hierfür also noch nicht erreicht war. Im Gegenteil haben die Herren, die diese Prüfung vorgenommen haben, (ohne zu wissen, welche der Proben chloriert und welche unchloriert waren), fast ausschließlich das chlorierte Wasser für frischer schmeckend erklärt. In gleicher Weise wird auch der Geschmack des Hamburger Leitungswassers durch den Chlorzusatz verbessert<sup>8)</sup>, ebenso das Magdeburger Trinkwasser, über welches letzteres der dortige Direktor, Dr. Pfeiffer, berichtet hat<sup>9)</sup>.

Andere Wässer sind wiederum empfindlicher und gestatten den Zusatz eines erheblichen Überschusses nicht. Die Ursachen für dieses verschiedene Verhalten sind noch nicht klar.

Auf dem Gebiete der Behandlung von Badewasser mittels des Chlorgasverfahrens unter gleichzeitiger Filtration zur Entfernung von Schwebeteilchen haben Prof. Dr. Seligmann<sup>10)</sup> vom Hauptgesundheitsamt, Berlin, und Prof. Dr. Bürger von der Preussischen Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Berlin-Dahlem, eingehende Untersuchungen veröffentlicht<sup>11)</sup>. Die Ergebnisse gehen ziemlich gleichlautend dahin, daß die Chlorierung des Badewassers, wenn richtig durchgeführt, ausgezeichnete Ergebnisse zeitigt und die hauptsächlich durch Schwimmbadbenutzung übertragene sogenannte Schwimmbadconjunctivitis zuverlässig vermieden wird. Die erforderlichen Chlormengen sind nach Ansicht beider Autoren so einzustellen, daß nach erfolgter Bakterienabtötung, bei welcher der größte Teil des Chlors verschwindet, noch ein Überschuß an freiem Chlor im Schwimmbeckenwasser bestehen bleibt, der die sofortige Abtötung aller von den Badenden in das Wasser hineingelangen den Krankheitskeime bewirkt. Dieser Überschuß soll etwa 0,3—0,5 g pro cbm betragen und die Gesamtzusatzmenge beläuft sich im allgemeinen auf 0,7—1 g pro cbm, bei sehr hoher Frequenz, wie vor allem in den Berliner Badeanstalten, bis zu 2 g Chlor pro cbm.

In der Abwasserbehandlung dient das Chlorgasverfahren, wie eingangs erwähnt, außer zur Abtötung der Keime, auch zur Beseitigung des Geruches und Verminderung der Fäulnis. Nach den Untersuchungen von Dr. Bach (Emschergenossenschaft)<sup>12)</sup> und Dr. Imhoff

gang: „Bedeutung des Chlorgasverfahrens für die Trinkwasserversorgung“, von E. Selter und W. E. Hilgers.

<sup>8)</sup> „Das Gas- und Wasserfach“ 1925, 5. Heft, vom 31. Januar: „Erfahrungen mit dem Betrieb von Schnellfiltern für die Vorfiltration von Oberflächenwasser.“

<sup>9)</sup> „Das Gas- und Wasserfach“, 32. Heft, vom 9. August 1924: „Beseitigung gelöster organischer Stoffe aus Oberflächen-Trinkwasser“, von Dr. O. Pfeiffer.

<sup>10)</sup> „Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten“, Band 98, Seite 22.

<sup>11)</sup> Veröffentlichungen der Deutschen Gesellschaft für Volksbäder, Berlin 1925, Selbstverlag Berlin-Steglitz, Ringstr. 10: „Über Filtrierung, Chlorung und Wiederverwendung des Wassers von Hallenschwimmbädern nebst Bericht über Untersuchungen im Halelnschwimmbad zu Neukölln“, von Dr. med. B. Bürger.

<sup>12)</sup> „Gas- und Wasserfach“ XIII. Jahrgang, 24. August 1923, Nr. 47/48: „Desinfektion des Abwassers mit Chlor“, Dr. Bach.

(Ruhrverband)<sup>13)</sup> genügen Mengen von 4–8 g Chlor pro cbm zur Beseitigung des hauptsächlich von Schwefelwasserstoff herrührenden Geruches. Für eine durchgreifende Desinfektion sind je nach Konzentration, Fäulniszustand und Herkunft des Abwassers Mengen erforderlich, die zwischen 5 und 30 g pro cbm schwanken können.

Je nach Höhe des Chlorzusatzes kann bei Abwasser der Eintritt der Fäulnis auf kürzere oder längere Zeit hinausgeschoben werden. Hierzu sei auch auf eine Abhandlung von Direktor M i e d e r<sup>14)</sup>, Kläranlage, Leipzig, verwiesen.

Nach den Untersuchungen von Dr. Bach<sup>15)</sup> findet auch nach Verschwinden des freien Chlors eine weitergehende Desinfektionswirkung statt, die vermutlich auf die Bildung von organischen Chlorverbindungen zurückzuführen ist, die das aufgenommene Chlor langsam wieder abspalten.

Voraussichtlich handelt es sich auch bei diesen Verbindungen um chloraminartige Substanzen. Sind nämlich im Wasser bei Zugabe des Chlors gleichzeitig geringe Mengen von Ammoniak vorhanden, so wird die Sterilisationskraft des Chlors stark erhöht und zwar haben sich als geeignet Mengenverhältnisse herausgestellt, bei denen auf 1 Teil Ammoniak 2–4 Teile Chlor kommen. Während für normale Anwendungszwecke das Chlorgasverfahren allen wünschenswerten Anforderungen gerecht wird, können Sonderfälle eintreten, in denen dieses Chloraminverfahren, obwohl umständlicher, vorzuziehen ist. Das Chloraminverfahren (Chlorgas-Ammoniak) ist vor allem dort zu empfehlen, wo eine lange andauernde Chlorwirkung, wie etwa bei der Schwimmbadsterilisation, erwünscht ist, während man bei der Trinkwasserentkeimung eine möglichst schnelle Chlorwirkung mit entsprechend schnellem Verschwinden des angewandten Chlors unter schließlichem Übergang in Spuren neutraler Chloride vorziehen wird.

Abschließend kann gesagt werden, daß eine gewisse Skepsis, die dem Verfahren anfänglich aus Fachkreisen entgegengebracht wurde, durch die im eigenen Lande gesammelten Erfahrungen als überwunden gelten kann, daß die guten Eigenschaften des Verfahrens sich in vollem Umfange bestätigt, und daß anfänglich gehegte Befürchtungen sich als nicht begründet erwiesen haben. [A.109].

## Nachtrag zur Mitteilung über die Synthese der Wachse<sup>1)</sup>.

Von Ad. GRÜN, Schreckenstein.

(Eingeg. 10. Juni 1926.)

1. Die flüchtige Angabe über die Darstellung sekundärer Alkohole durch Hydrierung der entsprechenden Ketone kann, wie ich aus einer Anfrage schließen muß, leicht mißverstanden werden und bedarf daher einer Ergänzung. Wir erhielten seiner Zeit bei Verwendung von Nickelkatalysatoren unbefriedigende Resultate, indem die Hydrierung entweder zu träge verlief oder unter energischeren Bedingungen zu weit ging, so daß neben den sekundären Alkoholen auch schon größere Mengen Kohlenwasserstoffe entstanden. Spätere Versuche ergaben aber, daß sich die Hydrierung der hochmolekularen

Ketone mit Hilfe von Katalysatoren aus anderen Metallen als Nickel und mit Metallgemischen auch bei der Zwischenstufe der sekundären Alkohole festhalten läßt. Man kann so die Wachsalkohole leicht in Ausbeuten von 80–90 % der Theorie erhalten. In der obengenannten Mitteilung wurden darüber keine Angaben gemacht, weil die Veröffentlichung von Belegen aus technischen Gründen derzeit noch unterbleiben muß.

2. Einer Ergänzung bedürfen auch die Angaben über die Analyse der beschriebenen Verbindungen. Wir unterließen es, anzuführen, daß die Elementaranalysen nur dann richtige Werte ergaben, wenn die Substanzen im Schiffschen mit Kupferoxyd gemischt und im Sauerstoffstrom verbrannt wurden. Bei der sonst üblichen Verbrennung waren sowohl die Werte für Kohlenstoff als auch für Wasserstoff zu niedrig, und zwar betrug die Differenz bei Kohlenstoff mitunter fast 1 %. Es gelang uns auch, die eigentliche Fehlerquelle zu finden. Bei den fehlerhaften Analysen ergab die Berechnung der Atomverhältnisse regelmäßig, daß C und H im Verhältnis 1 : 2, also vermutlich in Form von Äthylen, verloren gingen. Wir konnten dann auch feststellen, daß beim Verbrennen der nicht mit Kupferoxyd gemischten Substanzen tatsächlich Äthylen entsteht und zum Teil unverbrannt entweicht. (Anschalten eines mit etwa  $\frac{1}{20}$  n-Lösung von Chlorjod in Eisessig gefüllten Absorptionsgefäßes an das Ende der Apparatur, Zurücktitrieren mit Thiosulfat; Halogenverbrauch entsprechend ungefähr 0,5 bis über 1 %  $C_2H_4$ .) Es ist allgemein bekannt, daß hochmolekulare Kohlenwasserstoffe und ihre Sauerstoffderivate beim Erhitzen unter bestimmten Bedingungen Wasserstoff und Olefine abspalten, gekrackt werden. Ob aber das Eintreten einer geringen Krackung auch bereits als Fehlerquelle bei der Elementaranalyse hochmolekularer Substanzen erkannt wurde, ist fraglich. In verschiedenen Anleitungen zur Analyse organischer Verbindungen finde ich wenigstens keine Angaben darüber, und es scheint mir deshalb nicht überflüssig, noch nachträglich auf die Fehlerquelle und auf das einfache Mittel, um sie auszuschalten, aufmerksam zu machen. [A. 152.]

## Über die Beziehungen zwischen den Kennzahlen der Fette.

Von Dr. HANS WOLFF, Berlin.

(Eingeg. 13. Juni 1926.)

Die interessanten Ausführungen von Schay\*) veranlassen mich, darauf hinzuweisen, daß ich bereits 1923 versucht habe<sup>1)</sup>, die Beziehungen zwischen Kennzahlen der Fettsäuren theoretisch abzuleiten. Und zwar bin ich dabei von ganz ähnlichen Voraussetzungen ausgegangen wie Schay. Allerdings ist die Formel, zu der ich kam, etwas komplizierter, insofern sie vier Kennzahlen miteinander kombiniert. Sie lautet (die Ableitung übergehe ich hier):

$$n = 1 + d (0,5557 - 0,00022 V + 0,000035 J).$$

Es bedeutet hier n den Brechungsindex, d die Dichte (beide bei gleicher Temperatur zu messen), V Verseifungszahl, J Jodzahl.

Die Nachprüfungen dieser Formel, bei deren Ableitung nur die Additivität der Molekularrefraktion vorausgesetzt wurde, sonst keine empirischen Zahlen (mit Ausnahme der Molekularrefraktionen der Elemente und Bindungsarten) ergab bei mehreren Ölen und Fetten ausgezeichnete Übereinstimmung. Die aus Dichte, Verseifungs- und Jodzahl berechneten Brechungsindices

\*) Vgl. Z. ang. Ch. 39, 729 [1926].

<sup>1)</sup> Chemische Umschau 1923, 253.

<sup>13)</sup> „Fortschritte der Abwasserreinigung“, von Dr. K. Imhoff, 1925, Carl Heymanns Verlag, Berlin W 8.

<sup>14)</sup> Technisches Gemeindeblatt, Jahrg. XXVIII, Nr. 15/16, 15. November 1925, S. 183: Die Abwasserbehandlung der Stadt Leipzig, von Baudirektor Fr. Mieder.

<sup>15)</sup> Desgl. Dr. Bach, Chlorgas in der Abwasser-Reinigungstechnik, S. 159.

<sup>1)</sup> Grün, Ulbrich u. Krczil, Z. ang. Ch. 39, 421 [1926].