

[Aus dem hygienischen Institut der Universität Königsberg i. Pr.]
(Direktor: Geheimrat Prof. R. Pfeiffer.)

Versuche über die Verwendbarkeit der amerikanischen Schnellfiltration (Filter der Jewell Filter Company) für die Königsberger Wasserversorgung.

Von

Prof. Dr. E. Friedberger,
I. Assistent am Königl. hygienischen Institut.

In dieser Zeitschrift im Festband für C. Flügge¹ haben in jüngster Zeit Bitter und Gottschlich ihre umfassenden und sorgfältigen Untersuchungen über die Erfolge der amerikanischen Schnellfiltration für die Trinkwasserversorgung von Alexandrien mitgeteilt.

Die günstigen Resultate, die von den beiden Autoren mit dem Nilwasser speziell bezüglich der Keimreduktion erzielt wurden, veranlassen mich, die Ergebnisse von Untersuchungen mitzuteilen, die ich mit dem gleichen Verfahren an dem Königsberger Rohwasser angestellt habe. Wenn diese Versuche auch bezüglich der Keimreduktion entsprechend der andersartigen Beschaffenheit des Wassers nicht zu gleich glänzenden Resultaten geführt haben, so lassen sie doch wieder in anderer Beziehung bezüglich Entfernung von „Farbe“ und Eisen das Alaunverfahren in besonders günstigem Lichte erscheinen. Meine Versuche wurden im Auftrag des Königsberger Magistrats bereits in den Jahren 1905 bis 1906 angestellt und Anfang 1907 als ein Bericht an die Stadtverordneten herausgegeben. Ich gebe im nachstehenden das betreffende Gutachten mit einigen Auslassungen und Zusätzen, die sich durch die Berücksichtigung der neueren Literatur ergeben.

¹ Diese Zeitschrift. Bd. LIX. S. 379 ff.

Die zentrale Wasserversorgung von Königsberg.

Die Wasserversorgung von Königsberg geschieht zurzeit ausschließlich durch Oberflächenwasser, das aus je einem westlich und nördlich der Stadt gelegenen Niederschlagsgebiet nach Ansammlung in künstlichen Stauteichen möglichst mit natürlichem Gefälle der Stadt zugeführt wird (s. Plan); das überschüssige Wasser geht nach dem im nördlichen Teile der Stadt gelegenen Oberteich, der indirekt einen Abfluß nach dem Pregel hat.

Die westlich von der Stadt im Samland gelegene „Landgrabenteichgruppe“ besteht aus einer Reihe von künstlichen Stauteichen, deren ältester der Wargener Kirchenteich bereits von den heidnischen Preußen angelegt sein soll. In dem nach Norden von diesem Teich ansteigenden Terrain haben dann die Deutschordensritter zur Verbesserung der Wasserversorgung von Königsberg eine Reihe von weiteren Stauteichen angelegt, die mit dem erstgenannten meist durch natürliche Flußläufe verbunden sind. Es sind das von Süden nach Norden der Wargener Mühlenteich, der Pilzenteich, mit dem seinerseits der große Karpfen- und Pojestieter-teich sowie der Wiegandsteich in Verbindung stehen.

In den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts wurde dann aus einem Niederschlagsgebiet westlich dieser Seengruppe am Fuße des Alkgebirges durch einen 10^m hohen Staudamm ein neuer Teich geschaffen, der Wiekauer Teich, der sein Wasser vermittelt eines besonderen Leitungsgrabens gleichfalls der erwähnten Teichgruppe zuführt.

Das Wasser aller dieser Teiche wird durch einen aus dem Südende des Wargener Kirchenteiches entspringenden offenen Graben von 17325^m Länge, 1.38^m Gefälle, den Landgraben, dessen Bau auf Kopernikus zurückgeführt wird, zur Stadt geleitet. Auf seinem Laufe nimmt der Landgraben noch das Wasser dreier kleinerer Stauteiche, des Trankwitzer, Philipps- und Fürstenteiches, auf.

Über die Größe der Teichanlage und die Wassermenge, die aus diesem Gebiete zur Verfügung steht, gibt die nachstehende Tabelle von Becker Aufschluß:

	Namen der Teiche	Stauhöhe über dem Fachbaum der Abzugs- schleuse m	Wasser- fläche ha	Nutzbarer Inhalt ebm	Nieder- schlagsgebiet ha
1	Wiegandscher Teich .	1.73	38.2	216 000	Land- graben- teiche 6200 3200
2	Pojestieter Teich . .	1.10	10.1	77 000	
3	Karpfenteich	2.35	9.8	74 000	
4	Pilzenteich	3.60	75.1	1 493 000	
5	Wargener Kirchenteich	1.83	45.0	665 000	
6	Wiekauer Teich . . .		68.0	1 860 000	

Diese Landgrabenleitung liefert die Hauptmasse des Wassers für die Königsberger Wasserversorgung.

Doch wird noch eine weitere nördlich von Königsberg gelegene Teichgruppe, bestehend aus Damnteich und Stobbenteich, die gleichfalls ihr Wasser durch einen besonderen Abzugsgraben, den Wirrgraben, in den Oberteich ergießt, zur Wasserversorgung herangezogen. Auch diese Anlage ist bereits von den Ordensrittern geschaffen.

Aus dem Niederschlagsgebiet dieser Teichgruppe und aus einem nördlich davon jenseits der Wasserscheide liegenden Quellengebiet wurde nach einem von Henoch ausgearbeiteten Projekte vermittelt eines Aufschlußkanals das Wasser in den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts der Stadt zu ihrer ersten zentralen Wasserversorgung in einer unterirdischen Leitung zugeführt.

Der hohe Eisengehalt des Aufschlußkanalwassers veranlaßte, daß trotz der sonst guten Beschaffenheit diese Wasserleitung wieder ganz aufgegeben wurde (es entstanden da ähnliche Kalamitäten wie bei der bekannten Tegeler Brunnenanlage in Berlin). Nur die oberirdische Ableitung des Damnteiches, der Wirrgraben mit einem geringeren Eisengehalt, wird neben dem Landgrabenwasser noch zeitweilig ausgenutzt. Da die so zur Verfügung stehenden Wassermengen für den wachsenden Bedarf der Stadt nicht mehr ausreichen, so geht das Bestreben dahin, neben der Erschließung neuer Wasserquellen auch die Wassermassen des Aufschlußkanals durch eine geeignete Behandlung nutzbar zu machen.

Die Beschaffenheit des Königsberger Rohwassers.

Das Rohwasser der Königsberger Leitung besitzt entsprechend seinem Ursprung gewisse Nachteile.

Das Kanalwasser ist zwar als Grundwasser, wenn es auch nur aus relativ geringer Tiefe stammt, i. R. keimarm und vor allem vor verunreinigenden Zuflüssen geschützt. Dagegen enthält dieses Wasser sehr erhebliche Mengen von Eisen, die es den Bodenformationen, aus denen es stammt, entzieht, und zwar enthält es dieses Eisen zum beträchtlichen Teil in organischer Bindung (an Huminsäuren), was für die Entfernung des Eisens nicht günstig ist, indem eine Enteisung durch das übliche Lüftungsverfahren nur unvollkommen erfolgt.

Ein weiterer Nachteil dieses Wassers besteht darin, daß es entsprechend seinem Ursprung aus Torf- und moorhaltigen Lagen jene braune Färbung zeigt, die für derartige Wasser charakteristisch ist, und auch einen modrigen Geschmack und Geruch hat.

Das oberflächlich abfließende Wasser der beiden Teichgruppen wies diese Nachteile bis in die letzte Zeit in noch höherem Grade auf. Infolge der Verwesung von Blättern, Wurzeln und anderen organischen Bestandteilen, die in die offenen Teiche bzw. deren Abzugsgräben hineingelangen, war seither die Farbe dieses Rohwassers zu manchen Zeiten direkt bräunlich. Ferner war dieses Rohwasser zuweilen stark lehmig getrübt, besonders zu Zeiten starker Regengüsse und der Schneeschmelze, wo reichliche Lehmengen aus der Umgebung der Stauteiche in diese hinabgespült werden.

Ein weiter sehr wesentlicher Nachteil der oberflächlichen Zuflüsse ist ihr relativ hoher Keimgehalt; der ist ja bei Oberflächenwasser ohne weiteres verständlich, doch liegen die Verhältnisse auch in dieser Richtung in Königsberg besonders ungünstig. In der Zeit, da die Landgraben-teichgruppe angelegt wurde, hatte man natürlich nicht das erforderliche Verständnis für hygienische Fragen, und so sind unsere älteren Stauteiche nicht, wie das den berechtigten Forderungen der Hygiene für derartige Anlagen entspricht, in von Menschen nicht bewohnten und bebauten Wald- oder Heidegegenden gelegen, sondern das Niederschlagsgebiet ringsum die Teiche besteht zum großen Teil aus Ackerland, das einer ständigen intensiven Kultur (Düngung) unterworfen ist. Beim Regen wurden dann immer nicht nur Bodenpartikel, sondern auch Verunreinigungen organischer Natur aus diesen Feldern in die Teiche gespült. Besonders machte sich der Übelstand zur Zeit der Schneeschmelze geltend und er ist dann von hygienischen Gesichtspunkten aus ganz besonders bedenklich. Zu diesen Zeiten ist der Boden der Felder noch gefroren; es findet so gut wie keine Bodenfiltration statt, und aller Schmutz mit den daran haftenden Keimen gelangt mit dem Schneeschmelzwasser direkt in die Teiche. Zu solchen Zeiten erfolgte ganz sprunghaft ein enormer Anstieg der Keimmengen im Rohwasser.

In den letzten beiden Jahren sind nun systematisch eine Reihe Meliorationen ausgeführt worden, die das bisher sehr schlechte Rohwasser bedeutend gebessert haben.

Durch gründliche Reinigung der Teiche und möglichste Entfernung der Pflanzen ist eine Ursache der braunen Farbe zwar nicht gänzlich beseitigt, aber doch wesentlich vermindert. Dem gleichen Zweck dient die teils in Ausführung begriffene, teils geplante Ausschaltung und Ableitung aller Zuflüsse, die aus moorigem Boden in die Landgrabenleitung gelangen.

Durch weitere Maßnahmen war man bestrebt, den Kalamitäten, die zur Zeit der Schneeschmelze unser Rohwasser so außerordentlich verschlechterten, zu begegnen. Durch sorgfältige Eruierung und Ausschaltung

aller direkten verschmutzenden Zuflüsse sowie durch Anlage von Parallelgräben an den Stauteichen und Abführungskanälen werden fortan die früher so unangenehmen Verunreinigungen sich vermeiden lassen. Auch die Aptierung der Teiche zu Klärbassins hat vieles dazu beigetragen, die plötzlichen Anstiege von Schmutz und Bakterienzahl im Rohwasser zu verhüten.

Auf diese Weise gelangt ein Rohwasser zur Stadt, welches eine wesentlich bessere Beschaffenheit aufweist als noch vor wenigen Jahren und das hier einer langsamen Sandfiltration unterworfen wird.

Vermag nun die langsame Sandfiltration speziell für die Verhältnisse in Königsberg allen Anforderungen zu genügen, d. h. wird durch sie das des näheren charakterisierte Rohwasser in ein in allen Beziehungen einwandfreies Trinkwasser verwandelt?

Der modrige Geschmack und Geruch unseres Wassers schwindet durch die langsame Sandfiltration vollständig.

Auch die Bakterienreduktion ist den größten Teil des Jahres hindurch vollkommen befriedigend, d. h. die Bakterienzahl im Kubikzentimeter Reinwasser bleibt weit unter der von Koch aufgestellten Maximalzahl von 100 Keimen.

Nach den grundlegenden Versuchen von Fränkel und Piefke ist aber die Leistungsfähigkeit eines Filters keine unbegrenzte und die maximale Reduktion bei 100^{mm} Geschwindigkeit beträgt nach Piefke nicht mehr als 1:3500 bei einem gut eingearbeiteten Filter.

Man muß bedenken, daß die von Piefke normierten Zahlen unter ganz besonders günstigen Bedingungen erzielt sind und die Reduktionsfähigkeit i. R. nicht soweit geht. Früher war das auch bei uns nicht der Fall.

Es machte sich der Umstand besonders störend bemerkbar, daß gerade zur Zeit der Schneeschmelze, in der, wie vorher auseinandergesetzt wurde, die Keimzahl des Rohwassers eine rapide Zunahme erfährt, die relative Leistungsfähigkeit der Filter nicht auf der Höhe stand, da dann das Rohwasser eine für die Filtration besonders ungünstige Beschaffenheit annahm. Die von den Feldern abgespülten Lehmartikel nämlich, die das Wasser sehr stark trüben und in ihm suspendiert bleiben, gelangten mit auf das Filter und setzten sich in den oberen Filterschichten fest. Infolgedessen verschlammten die Filter sehr schnell und arbeiteten sich häufig in drei bis vier Tagen tot, während sie sonst mehrere Wochen benutzungsfähig

bleiben. Die starke Verschlammung hatte eine ganz ungenügende Funktion der Filter zur Folge.

So sahen wir, daß die Filter gerade in der Zeit, in der die höchste Retention zu fordern war, nicht leistungsfähig waren; die Zahl der Keime, die das Filter passierten, ging in die Tausende.

Auch den Schwierigkeiten der Filtration und den zeitweiligen schlechten Resultaten bezüglich der Keimreduktion wird man in Zukunft nicht mehr machtlos gegenüber stehen.

Es sind in jüngster Zeit nach dem Vorbilde von Zürich auf dem Terrain des Wasserwerks in Hardershof eine Reihe von „Vorfiltern“ installiert, die das Wasser vor dem Eintritt auf das eigentliche Filter bereits soweit zu verbessern vermögen, daß die Filterperiode nunmehr statt wenige Tage Wochen bis Monate lang dauert.

Hand in Hand mit dieser wesentlichen Erleichterung des technischen Betriebes bedingen die Vorfilter eine Verbesserung der bakteriologischen Resultate, die, trotzdem zurzeit mit mehr als doppelter Geschwindigkeit filtriert wird (250^{mm} Geschwindigkeit statt 100^{mm} nach Piefke), sehr zufriedenstellend sind, da die Vorfilter schon bis 50 Prozent der Bakterien beseitigen. Es ist ohne weiteres ersichtlich, daß ein derartiger kombinierter Filterbetrieb auch ökonomisch ungemein rationell ist; die Kosten der Vorfilteranlage sind relativ geringe und erhöhen die Leistungsfähigkeit der weit kostspieligeren Sandfilter um mehr als das Doppelte.

Ein weiterer und sehr wesentlicher Mißstand, die durch Huminsäuren bedingte gelbe Färbung des Wassers, wird durch die seitherigen Rohwasserverbesserungen und durch den Prozeß der langsamen Sandfiltration nur unerheblich beseitigt.

Infolgedessen ist das Wasser der Königsberger Leitung stets leicht gelblich gefärbt, nimmt aber zu gewissen Zeiten einen direkt intensiven gelbbraunen Farbenton an. Dadurch wird das Wasser zwar nicht direkt gesundheitsschädlich, aber doch unappetitlich und dadurch ungeeignet für den Genuß.

Der Eisengehalt des Aufschlußkanalwassers, der, wie bereits erwähnt, zu so großen Kalamitäten und schließlich zur gänzlichen Aufgabe dieser kostspieligen Leitung geführt hatte, wird durch die Filtration kaum beeinflußt.

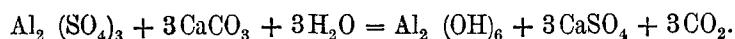
Wir sehen also, daß das bloße Verfahren der langsamen Sandfiltration nicht geeignet ist, das Königsberger Rohwasser in ein zu allen Zeiten tadelloses Trinkwasser zu verwandeln.

Es erschien deshalb geboten, nach weiteren das Rohwasser verbessernden Verfahren Umschau zu halten.

Die amerikanische Schnellfiltration.

In Amerika, wo viele Städte auf die Versorgung mit Flußwasser angewiesen sind, das wegen seines reichen Gehaltes an Ton in feinsten Suspension oder auch an Huminsubstanzen gleichfalls durch die einfache Sandfiltration nur unvollkommen gereinigt werden kann, hat seit nahezu drei Jahrzehnten ein Verfahren immer weitere Verbreitung gefunden, das man im Gegensatz zur englischen langsamen Filtration als amerikanische oder Schnellfiltration bezeichnet.¹

Das Prinzip dieser Methode beruht darauf, daß ein Fällungsmittel, Alaun oder schwefelsaure Tonerde oder auch Eisensalze, dem Rohwasser zugesetzt wird. In der Regel wird schwefelsaure Tonerde benutzt. Diese verbindet sich mit dem im Wasser vorhandenen kohlensauren Kalk oder Magnesium unter Bildung von Kohlensäure, Tonerdehydrat und Schwefelsäure, die ihrerseits wiederum mit dem Calcium oder Magnesium eine Verbindung eingeht. Der Prozeß verläuft etwa nach folgender Formel:



Das in gelatinösen Flocken von großem Volum ausfallende Aluminiumhydrat ist das eigentlich wirksame Prinzip für die Reinigung des Wassers. Die gelatinösen Flocken umhüllen beim Entstehen die feinsten Suspensionen und Bakterien, die im Wasser sich befinden, sowie die wahrscheinlich in colloidalen Form vorhandenen Huminsubstanzen. Zum Teil werden die Flocken in den dem Filter vorgeschalteten Sedimentierbottichen, in denen der Zusatz des Fällungsmittels erfolgt, zu Boden gerissen, zum Teil gelangen sie auf die Sandschicht des Filters und bilden hier gewissermaßen eine künstliche Filterdecke, die die Suspensionen und Bakterien, soweit sie nicht zu Boden gerissen sind, am Durchtritt hindert.

Wie beim natürlichen Sandfilter das eigentlich filtrierende Prinzip die Schlickschicht darstellt, so die Alaunschicht beim amerikanischen Filter. Auch hier dient der Sand des Filters im wesentlichen nur als Stützgerüst für die künstliche Filterhaut. Der Sand an sich übt auch bei dem amerikanischen Filter nur eine ganz minimale Wirkung aus. Die Keimreduktion beträgt nach den Untersuchungen von Alen Hazen durch den

¹ Ursprünglich war das Verfahren für die Papierfabrikation ausgearbeitet worden, bei der es darauf ankam, ohne Rücksicht auf die Keimverhältnisse, ein absolut von suspendierten Bestandteilen freies Wasser zu erzielen. Auch in anderen Industriezweigen: Färbereien, Brauereien usw. hat diese Filtration schnell Eingang gefunden. Erst später wurden diese Filter durch geeignete Verbesserungen auch für Trinkwasserversorgung dienstbar gemacht.

Sand allein nur 10 bis 50 Prozent, mit der Aluminiumhydratdecke jedoch 97 bis 99 Prozent.

Die Beseitigung eines großen Teiles der Verunreinigungen durch die Sedimentation bewirkt es, daß auf das Filter selbst schon ein relativ reines Wasser gelangt; dieser Umstand sowie die schnelle Bildung der besonders wirksamen homogenen künstlichen Filterschicht und die ganze Konstruktion des Filters, auf die wir sogleich zu sprechen kommen, ermöglicht einen von Grund auf anderen Betrieb als er beim englischen langsamen Filter angewandt wird. Während hier die Filtrationsgeschwindigkeit ohne Vorfilter nur 100 mm betragen darf, bei einem Filterdruck von 60 bis 70 mm (ein höherer Druck könnte leicht zur Zerreißen der Filterhaut führen), wird bei dem amerikanischen Filter bei einer Druckdifferenz von $2\frac{1}{2}$ bis 3 m und einer Geschwindigkeit, die die bei der langsamen Sandfiltration um das 40 bis 50fache übersteigt, zum Teil nach den vorliegenden Berichten eine gleich gute Reduktion der Bakterienzahl erzielt. Dazu kommt noch, daß durch diese Filter, im Gegensatz zu den englischen, Schwebestoffe und Huminsubstanzen vollständig beseitigt werden. Gerade diese letzteren Momente lassen die Filter an Stelle oder zusammen mit den Sandfiltern für die Königsberger Verhältnisse besonders geeignet erscheinen.

Hyatt hat im Jahre 1882 bis 1883 die ersten derartigen Filter gebaut. Eine eingehende Prüfung erfuhren sie durch Weston in Providence (Rhode-Island), durch Fuller in Louisville (Kentucky), durch Alen Hazen in Lorain (Ohio) und in Pittsburgh.

Die größte Alaunfilteranlage ist die von Little Falls, die täglich 121120 cbm Wasser des Passaikkflusses zur Versorgung der drei Städte: Paterson, Passaic und Montclair vermittelt 32 Filter filtriert. Da zu Zeiten des Wasserhochstandes im Fluß der Kalkgehalt des Wassers für die chemische Umsetzung mit Alaun ungenügend ist, so wird in dieser Zeit dem Wasser noch Kalk zugesetzt. Die Kosten dieser Anlage beliefen sich auf 499 000 Dollar.

Die Anlage in Wilkes Barre filtriert täglich 37850 cbm. Das verwandte Wasser wird jedoch nur zu Zeiten, in denen es stark getrübt ist, mit Alaun versetzt.

An den Filtern in East Providence, die das Wasser dem Pawtucketfluß entnehmen, sind besonders eingehende Versuche von Weston angestellt worden. Bei einer Filtrationsgeschwindigkeit von 120 cbm pro Quadratmeter Filterfläche und Tag betrug die Keimreduktion bei Zusatz von 20 mg Alaun pro Liter bis zu 98.6 Prozent, die Verminderung der Farbe 90 Proz. Allerdings trat ein Zuwachs der Härte um 20 Prozent ein.

Außer in Amerika sind derartige Filter bereits in größerer Zahl in Indien, Korea, Japan installiert worden. In Europa sind trotz der günstigen Berichte amerikanischer Wasserfachleute erst wenig Anlagen ausgeführt. Es existieren Alaunfilterwerke bisher nur in Ysselmonde (1135 cbm) in

Holland, in Triest (15 000 ^{cbm}), in York (23 836 ^{cbm}) und Wolverhampton (3785 ^{cbm}), ferner in Christiania (750 ^{cbm}) und einer Reihe russischer Städte u. a. in Nischni Nowgorod (1362 ^{cbm}), Tzaritzin an der Wolga (3405 ^{cbm}). Außerdem sind Versuchsfilter aufgestellt gewesen in Alexandrien und in Friedrichshagen bei Berlin. Eingehende Berichte über das Ergebnis der Versuche liegen hier vor von Bitter und Gottschlich, welche in Alexandrien Versuche mit Nilwasser machten, ferner von Schreiber¹, der seine Versuche mit dem Müggelseewasser in Friedrichshagen anstellte, sowie von Hilgermann², der gleichfalls über die Friedrichshagener Anlage berichtet. Wir werden auf die gründlichen Versuche dieser Autoren noch ausführlich zurückkommen.

In Alexandrien wurde bereits auf Grund der günstigen Erfolge, die besonders bezüglich der Keimreduktion erzielt wurden, eine Anlage errichtet, die drei Sedimentationsbassins von 4000 ^{cbm} Inhalt und 20 Filter, jedes von 5·18 ^m Durchmesser aufweist. Die täglich verarbeitete Wassermenge beträgt 40 000 ^{cbm} pro Tag, Alaunzusatz 20 ^{grm} pro Kubikmeter bei einer Filtrationsgeschwindigkeit von 100 ^m. Die Kosten belaufen sich auf rund zwei Millionen Franks.

Die einzige bedeutendere Anlage auf dem Kontinent ist die in Triest, die das bei Regenwetter getrübt Wasser des Karstgebirges klären soll. Die Anlage umfaßt drei Sedimentierbassins von zusammen 1800 ^{cbm} und sechs Filter von je 5·18 ^m Durchmesser. Die Filtrationsgeschwindigkeit beträgt 120 ^m, die täglich gefilterte Wassermenge 15 000 ^{cbm}.

Im Winter 1905 hat Herr Geheimrat Pfeiffer ausgedehnte Laboratoriumsversuche über die Brauchbarkeit des Alaunverfahrens für das Königsberger Rohwasser angestellt, die zu völlig befriedigenden Resultaten geführt hatten. Seine Vorschläge, das Alaunverfahren für Königsberg im großen zu versuchen, fanden von seiten des Direktors des städtischen Wasserwerks, Hrn. Regierungsbaumeister Kuck, die eifrigste Unterstützung.

Gelegentlich der Studienreise einer Königsberger Kommission, der Herr Geheimrat Pfeiffer, der Dezernent des Wasserwerks Herr Stadtrat Bieske, sowie der Direktor des städtischen Wasserwerks Herr Kuck angehörten, wurden die Anlagen in Triest besichtigt, und die günstigen Resultate sowie die Ergebnisse der damals zum Abschluß gelangten Versuche von Bitter und Gottschlich gaben die Veranlassung, auch in Königsberg entsprechende Versuche in größerem Maßstabe anzustellen, zumal wie bereits betont, die Königsberger Wasserverhältnisse ganz besonders geeignet erschienen, die Vorteile des amerikanischen Verfahrens gegenüber der langsamen Sandfiltration darzutun.

¹ *Mitteilungen der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung.* 1906.

² *Vierteljahresschrift f. gerichtl. Medizin.* 3. Folge. 1906. Bd. XXXII.

Durch das dankenswerte Entgegenkommen der Jewell export filter Company wurde durch deren Obergeringenieur Hrn. E. A. Gieseler im Herbst 1905 auf dem Terrain des Königsberger Wasserwerks in Hardershof eine Versuchsanlage aufgestellt.

Auf Veranlassung meines hochverehrten Chefs, des Hrn. Geheimrat R. Pfeiffer, wurde mir im November 1905 die Ausführung der Versuche übertragen. Ich bin Hrn. Geheimrat Pfeiffer für die Förderung und das Interesse, das er meinen Versuchen entgegengebracht hat, zu großem Danke verpflichtet.

Die Königsberger Versuchsanlage.

Die Versuchsanlage besteht, wie die amerikanische Filteranlage, überhaupt aus drei Hauptteilen:

1. das Sedimentierungsgefäß;
2. der Behälter für die Alaunlösung und
3. das eigentliche Filter.

Ferner ist 4. noch eine Reihe von Nebenapparaten vorhanden, deren äußerst sinnreiche Konstruktion erst die gute Funktion der Filter gewährleistet, und die weiter unten besprochen werden sollen. Die Versuchsanlage ist aus den Abbildungen Fig. 1 und 2, die das Werk im Auf- und Grundriß zeigen, verständlich. Das Wasser wird vermittelt eines elektrisch angetriebenen Pumpwerks in den ersten Sedimentierungsbottich gehoben, der durch eine Rohrleitung mit dem zweiten in Verbindung steht. Durch entsprechende Hahnstellung ist auch eine alleinige Füllung des zweiten Bottichs möglich. Das Wasser gelangt in den Bottichen mit der aus dem Alaunbehälter zufließenden Alaunlösung in Berührung und geht dann durch das Rohr *b* auf das tiefer stehende Filter, das es an seinem unteren Ende durch einen besonderen Kontrollapparat (s. u.) verläßt.

Die einzelnen Teile.

1. Die Bottiche.

Die Bottiche bestehen aus starkem Holz und sind auf einem Balkengerüst montiert. Sie haben einen Fassungsraum von je 10^{cbm}, einen Durchmesser von 2.3^m und eine Höhe von 2.6^m. Es sind in jeden Bottich drei vertikale Scheidewände eingelassen, die nur an der einen Seite jedoch alternierend einen Spalt zum Durchtritt des Wassers frei lassen. Durch diese Vorrichtung ist das Wasser gezwungen, auf einem möglichst großen Weg den Bottich zu durchlaufen, wodurch eine innige

Vermischung des Wassers mit dem zufließenden Fällungsmittel statthat, und die Sedimentation begünstigt wird. Doch weist Schreiber bereits darauf hin, daß bei dieser Einrichtung in den Bottichen eine Reihe von toten Winkeln entstehen, in denen ein Teil des Wassers stagniert, während ein anderer Teil viel kürzere Zeit, als man berechnet, in den Bottichen verweilt.

In praxi, wo diese Sedimentationsbehälter in Mauerwerk oder Beton ausgeführt werden, oder wo auch natürliche oder künstliche Teiche diesem Zweck dienstbar gemacht werden, dürfte sich ein derartiger Mißstand leicht vermeiden lassen; auch ließe sich durch geeignete mechanische Vorrichtungen eine gründlichere Durchmischung erzielen.¹

Die in den Bottich zuströmende maximale Wassermenge kann vermittelt eines in jeden Bottich in verschiedener Höhe einstellbaren Schwimmers, der mit einer Drosselklappe in Verbindung steht, reguliert werden. Dadurch und durch die Möglichkeit einen der beiden Bottiche ganz auszuschalten, sowie durch eine noch später zu besprechende Vorrichtung zur Regulierung der Filtrationsgeschwindigkeit, läßt sich eine mannigfache Variierung der Sedimentationszeit erzielen. Das ist besonders für Versuchsfilteranlagen von Bedeutung, da die Feststellung der kürzesten erforderlichen Sedimentationszeit für das nötige Maß der Sedimentationsbassins und damit für die Kosten der Anlage von großer Bedeutung ist. Die Sedimentationszeiten bei Variierung der erwähnten Faktoren zeigt die nachfolgende Tabelle.

Wasserstand			Sedimentationsdauer
2 Bottiche	2.6 m		4 Stunden
2	„ 2	„	3 1/2 „
2	„ 1.5	„	2 1/2 „
1 Bottich	2.6	„	2 „
1	„ 2.0	„	1 3/4 „

An der Eintrittsstelle des Wassers in die Bottiche ist je ein Rohr eingefügt und bis über Bottichhöhe geführt, durch das Bakterienaufschwemmungen dem Wasser künstlich beigemengt werden können.

Die Bottiche werden dann gereinigt, wenn der an den Wänden haftende Schlamm sich loszulösen beginnt und dadurch die Gefahr einer übermäßig schnellen Verstopfung der Filter bedingt. Die Reinigung der Bottiche erfolgt nach Entleerung derselben durch eine besondere Rohrleitung mittels eines starken Strahles der Wasserleitung.

¹ Bitter und Gottschlich haben in der definitiven Anlage für Alexandrien entsprechend konstruierte Klärbassins geschaffen, die eine möglichst gründliche Ausnutzung des Bassininhaltcs und damit eine maximale Dauer der Sedimentation gewährleisten. Die Keimreduktion durch die einfache Sedimentation ist bei ihrem Verfahren um 50 Prozent günstiger als in den Bottichen der Versuchsfilter.

2. Der Behälter für die Alaunlösung.

Er besteht (Fig. 1 u. 2) aus einem höher als das Niveau der Sedimentationsbassins stehenden kleinen Holzbottich, aus dem die 3 prozentige Alaunlösung (mit Reinwasser bereitet) in einen etwas tiefer gelegenen rechteckigen Holzbehälter *c* fließt, dessen Inhalt vermittelt eines Schwimmerventils auf konstantem Niveau gehalten wird. Von diesem Behälter führt eine Rohrleitung *d* über beide Bottiche hin, die über jedem Bottich zwei Ausflußstellen mit Hartgummihahn besitzt. Die aus diesen Hähnen ausfließende Alaunlösung läuft in kleine Metalltrichter, an die sich in das Innere des Bottichs hineinlaufende Bleiröhren anschließen (Fig. 1 *e*).

3. Das Filter.

Die Jewellfilterwerke bringen zwei Grundtypen von Filtern in den Handel: das offene (gravity) Filter und das geschlossene unter Druck arbeitende (pressure) Filter. Ein Filter der ersten Art stand uns zur Verfügung. Das Filter (Fig. 3) ist ein oben offenes zylindrisches Gefäß aus Eisen (es werden auch Filter in Holz oder Beton hergestellt) von 1.5^m Höhe und 1^m Durchmesser. Der Boden ist mit 50 Siebköpfen (*S*) versehen, die mit einem feinen Drahtnetz ausgekleidet sind, um einen Durchtritt von Sand in die Leitung zu verhüten. Auf dem Boden des Filters liegt eine 22^{cm} hohe Schicht von Kies und eine 88^{cm} hohe Schicht von Sand in folgender Anordnung:

Höhe	Korngröße	
12 ^{cm}	6 bis 12 ^{mm}	Kies
10 „	3 „ 2 „	
3 „	1 „ 2 „	grober Sand
12 „	1 „ 0.3 „	
76 „	1 „ 0.2 „	Feinsand

In seiner oberen Hälfte ist das Filter von einem nach unten abschließenden Mantel (*M*) von ca. 1.20^m Durchmesser umgeben, der mit dem Filter einen 10^{cm} breiten ringförmigen Raum (*R*) bildet. Der Mantel überragt den Filterzylinder um etwa 30^{cm}.

Das bei *a* in den äußeren Zylinder einströmende Wasser steigt in den ringförmigen Raum gleichmäßig empor und verbreitet sich über der Oberfläche des inneren Zylinders, der stets bis oben mit Wasser gefüllt ist. Dieses Niveau wird durch ein Schwimmerventil konstant erhalten.

Durch die ingeniöse Anordnung der Wasserzufuhr, bei der das Wasser, über eine große Fläche sich gleichmäßig verteilend, emporsteigt, wird jede Wirbelbildung und damit eine Verletzung der Filterdecke mit Sicherheit vermieden. Außerdem ist der Zustrom nicht, wie das bei den alten Sand-

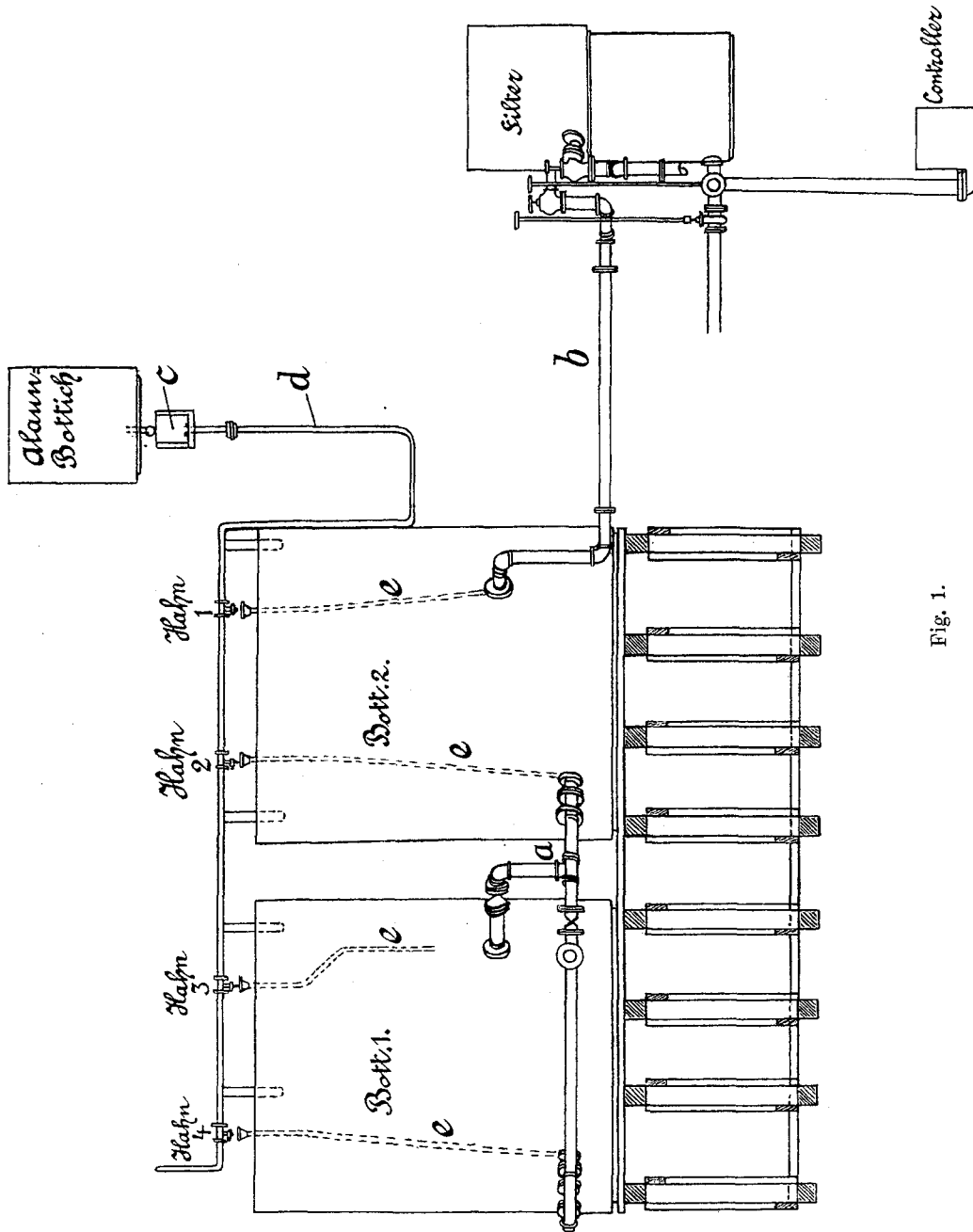


Fig. 1.

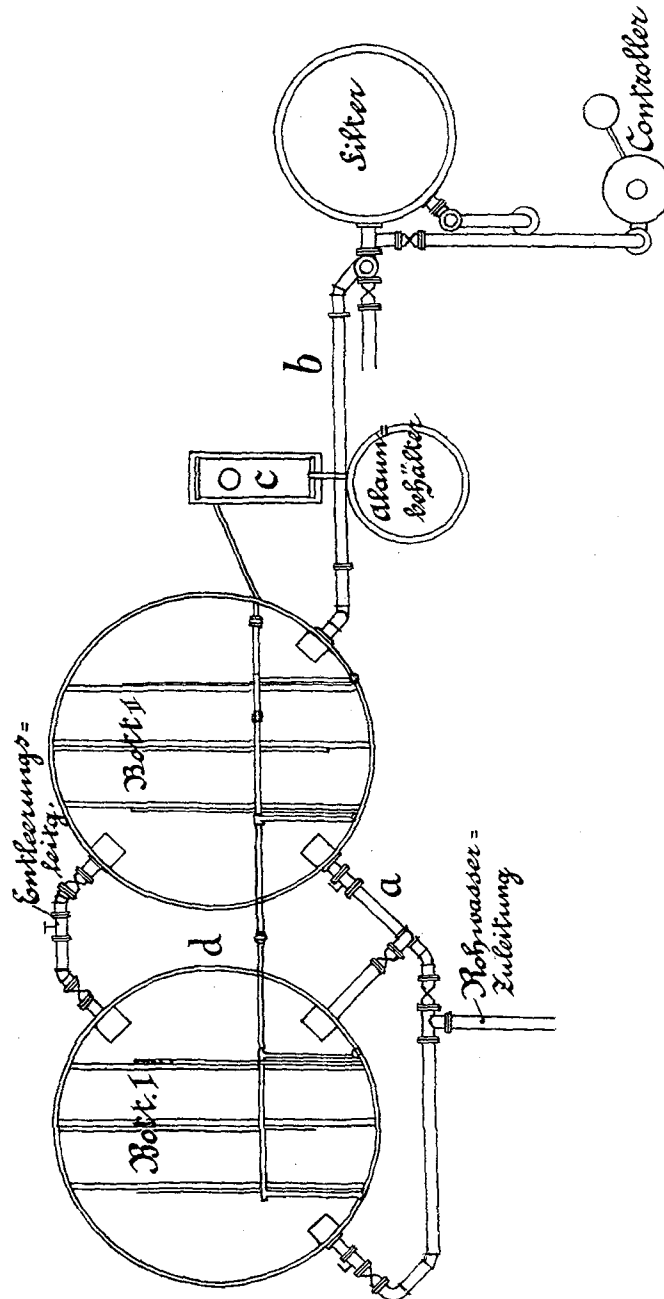


Fig. 2.

filtrern in der Regel der Fall ist¹, gegen die filternde Schicht gerichtet, sondern gegen das Wasser, und selbst wenn das zufließende Rohwasser

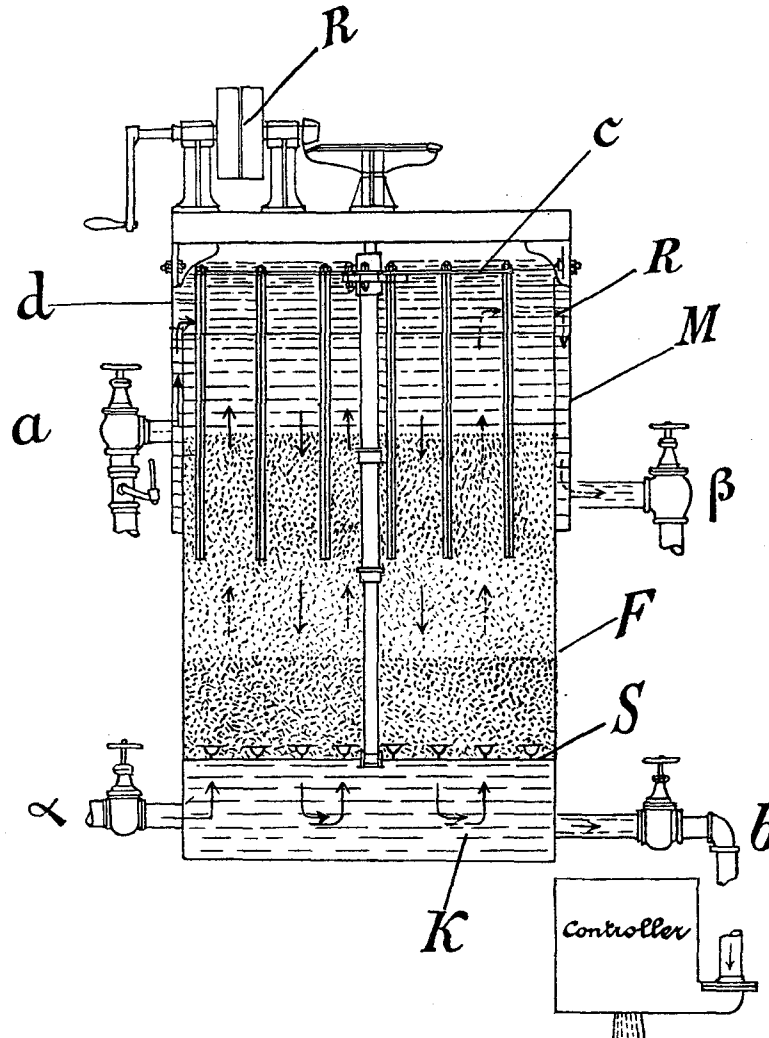


Fig. 3.

sich mit beträchtlicher Vehemenz aus dem ringförmigen Raum in den Innenzylinder ergießen würde, so ist die Filterdecke doch noch durch eine

¹ Das trifft allerdings nicht bei den Königsberger Filtern zu. Hier strömt das Wasser parallel mit der Filterschicht ein, und es besteht keine Möglichkeit der Wirbelbildung.

Wassersäule von ca. 30^{cm} Höhe (Entfernung der Sandlinie vom oberen Rande des inneren Zylinders) geschützt. Das Wasser geht von oben über das Filter hin und gelangt durch die Siebköpfe in die unter dem Filter liegende $\frac{1}{2}$ m hohe Reinwasserkammer *K*.

4. Der Kontroller.

Aus der Reinwasserkammer tritt das Wasser bei *b* aus und durchfließt noch einen Regulierapparat, den nach seinem Erfinder benannten „Weston“-Kontroller, dessen Funktionieren für den rationellen Filterbetrieb von allergrößter Bedeutung ist.

Schon Piefke hat auf die Wichtigkeit der Verhütung von Schwankungen der Filtrationsgeschwindigkeit hingewiesen, durch die nur zu leicht die Filterdecke verletzt wird. Zur Vermeidung derartiger Störungen dient dieser Apparat, indem er automatisch während der ganzen Filterperiode die Filtrationsgeschwindigkeit bzw. Wassermenge konstant erhält.

Es ist bereits oben beim Besprechen der Variationsmöglichkeit der Sedimentationszeit darauf hingewiesen worden, daß die ausfließende Wassermenge in diesem Apparat in geeigneter Weise reguliert werden kann. Es geschieht das durch Einsetzen von Metallscheiben in das Ausflußrohr des Kontrollers, die je nach ihrem Durchmesser eine größere oder kleinere ringförmige Öffnung entstehen und entsprechend größere oder kleinere Wassermengen austreten lassen. Für unsere Versuche standen zwei derartige Metallscheiben zur Verfügung, welche eine Filtrationsgeschwindigkeit von 95 bzw. 120^m ermöglichten. Die Konstanz der Zuflußmenge wird durch einen im Innern des Kontrollers befindlichen Schwimmer reguliert, welcher zwei Drosselklappen in Bewegung setzt. Tritt zuviel Wasser in den Kontroller, so steigt der Schwimmer, dessen Bewegung durch eine zentrale Führungstange geregelt ist, und schließt die den Zufluß regulierenden Drosselklappen entsprechend. Läßt der Wasserzufluß umgekehrt nach, so fällt der Schwimmer, und die Klappen öffnen sich entsprechend mehr.

Nicht minder wichtig beim Betrieb eines Filters als die Vermeidung von Änderungen der Filtrationsgeschwindigkeit ist die Verhütung von Schwankungen des Filterdrucks bzw. deren rechtzeitige Erkennung. Natürlich nimmt der Filterdruck in dem Maße, als das Filter bei seiner Tätigkeit verstopft wird, zu, indem ein proportional wachsender Widerstand dem Durchfluß des Wassers entgegentritt. Diese Druckzunahme erfolgt aber allmählich und konstant. Nur bei Störungen der Filtration, vor allem bei Eintritt von Verletzungen der Filterhaut findet plötzliche Druckabnahme statt. Für den Filtrationsprozeß sind aber nicht nur etwaige Schwank-

ungen der Druckkurve von Bedeutung, indem sie uns eine Betriebsstörung anzeigen, sondern es ist auch der Charakter der Kurve von großem Interesse. Je schneller nämlich der Druck zunimmt, d. h. je schneller das Filter sich totarbeitet, um so reicher ist das Wasser an suspendierten Bestandteilen, und es gibt uns also die Art der Druckzunahme innerhalb einer Filterperiode einen direkten Maßstab für den Gehalt des Wassers an Suspensionen speziell an Plankton, auf dessen Bedeutung für die Alaunfiltration zuerst Schreiber in seiner sorgfältigen Arbeit über die Jewellfilter-Versuchsanlage in Friedrichshagen eingehend hingewiesen hat.

Um Störungen im Filterbetrieb und den jeweiligen Gehalt des Wassers an suspendierten Bestandteilen kennen zu lernen, ist deshalb mit dem Filter ein Druckmesser verbunden. Er besteht aus einem an den „Weston“-kontroller angeschlossenen, also mit dem Filter kommunizierenden und mit diesem gleich hohen Rohr, in dem das Wasser mehr oder weniger hoch steht, je nachdem der Filterdruck niedriger oder höher ist. Auf der Wasseroberfläche dieses Rohres befindet sich ein Schwimmer. Dieser ist mittels eines Fadens mit daranhängendem Gewicht über eine Rolle geführt, mit deren Achse ein den jeweiligen Wasserstand im Steigrohr d. i. den Druck an einer Skala angegebender Zeiger verbunden ist.

Im Anfang der Filterperiode steht das Niveau im Rohr nur wenig tiefer als das des Filters; die Differenz nimmt aber proportional der Verstopfung des Filters zu. Wird diese je nach dem größeren oder geringeren Gehalt des Wassers an suspendierten Bestandteilen schnellere oder sich länger hinziehende Abnahme des Niveaus im Rohr durch einen plötzlichen Anstieg unterbrochen, so zeigt das eben mit Sicherheit eine Läsion der Filterdecken an. Es sind deshalb die Zahlen für den Filterdruck stets zu kontrollieren, wie es auch in der Königsberger Versuchsanlage geschehen ist.

Reinigung des Filters.

Entsprechend der starken Inanspruchnahme der Filterschicht ist eine bedeutend häufigere Reinigung beim Schnellfilter nötig als beim alten Sandfilter.

Diese scheinbare Unbequemlichkeit der Anlage wird jedoch gegenstandslos, wenn man die einfache und sinnreiche Art der Reinigung in Betracht zieht. Sie geschieht durch Spülung mit filtriertem Reinwasser, das auf dem umgekehrten Weg durch das Filter hindurchgeführt wird als das Reinwasser. (S. Fig. 3 gestrichelte Pfeile.)

Zu dem Zweck werden am Schlusse einer Filtrationsperiode die Hähne am Zufluß des Rohwassers und Abfluß des Reinwassers *a* und *b* geschlossen

und der dem Zufluß gegenüberliegende Hahn β wird geöffnet. Infolgedessen strömt alles Wasser, das über den inneren Zylinder und im ringförmigen Raume steht, ab, während der Zylinder bis oben gefüllt bleibt. Durch die der Ausflußöffnung des filtrierten Wassers gegenüberliegende Rohrleitung α wird nunmehr das zur Spülung bestimmte Wasser in die Reinwasserkammer des Filters unter ziemlichem Druck aus dem Reinwasserbehälter des Wasserwerks eingeleitet und steigt von unten durch die Siebköpfe empor, durchdringt gleichmäßig den Sand, hebt dessen obere feinste Schichten etwas und beginnt die Filterdecke abzulösen. Jetzt wird gleichzeitig ein Rührwerk¹ R in Bewegung gesetzt, bestehend aus zwei um eine in der Mitte des Filters verlaufende Achse drehbare horizontale Stangen (c), an denen sich je drei vertikale Eisenstäbe befinden (d), die 60 cm tief in den Filtersand hinabragen. Durch das unter hohem Druck gegen den Sand ausströmende Wasser, durch das Reiben der einzelnen Sandkörner aneinander und durch die Tätigkeit des Rührwerkes wird eine gründliche Abspülung des Schmutzes von den Sandkörnern erzielt. Das Spülwasser mit den abgeschwemmten Schmutzpartikeln fließt über den Oberrand des inneren Zylinders in den ringförmigen Raum und verläßt diesen bei β , um in den Abflußkanal zu fließen. Ein Verlust an Sand findet durch die Spülung kaum statt. Denn obwohl die Aufwirbelung des Sandes in den obersten Filterschichten eine ziemlich beträchtliche ist, so wird doch so gut wie nichts von dem ja spezifisch schwereren Material über den Rand des inneren Zylinders hinausgespült, zumal die Sandlinie vom Filterrand noch 30 cm entfernt ist. (Gottschlich nimmt daher an, daß man höchstens einmal pro Jahr einen Teil des Sandes zu ersetzen habe.) Ist das bei β ausfließende Wasser wieder völlig klar — das dauert stets nur wenige Minuten — so ist die Waschung beendet. Das Rührwerk wird arretiert, und die Hähne der Spülleitung werden beide geschlossen; jetzt setzt sich der Sand wieder in wenigen Augenblicken. Da die einzelnen Sandschichten entsprechend der verschiedenen Korngröße verschieden stark aufgewirbelt waren, so lagert sich der Sand, der gewissermaßen in dem Wasser des Filters wie Tribsand suspendiert ist, genau in der früheren Anordnung und eine Durchmischung der Sandschichten verschiedener Korngröße findet trotz der energischen Durchrührung nicht statt.

¹ Bei der Versuchsanlage wird der Rührer durch Handbetrieb in Bewegung gesetzt, bei größeren Anlagen natürlich durch Maschinenkraft. Bei manchen Konstruktionen fehlt das Rührwerk ganz, und der Sand wird durch Einblasen komprimierter Luft durcheinandergewirbelt (z. B. bei der vorerwähnten großen Anlage in Little Falls).

Zur Wiederinbetriebsetzung des Filters wird zunächst der Hahn des Rohwasserzuflusses *a* geöffnet, und sobald das Wasser das normale Niveau erreicht hat, auch der Hahn des Reinwasserzuflusses nach dem Controller (*b*); die neue Filterperiode beginnt. Das ausfließende Wasser ist etwa die ersten 10 Minuten noch trübe, von da an macht sich mehr und mehr der Einfluß der neuen in Bildung begriffenen Filterdecke bemerkbar und spätestens nach 30 Minuten ist das Wasser wieder vollkommen klar und kann von neuem der Reinwasserleitung zugeführt werden. Durch die Reinigung des Filters ist bei ca. 20 Minuten Dauer ein Verlust von 5 Prozent, durch die Periode bis zum Wiedereinarbeiten des Filters (ca. 30 Minuten) ein weiterer Verlust von etwa 4 Prozent der Wasserrförderung zu verzeichnen.

Sterilisation der Filter.

Ein nicht hoch genug anzuschlagender Vorteil gegenüber den langsamen Sandfiltern beruht in der Möglichkeit einer vollständigen Sterilisation des Filters. Welche Wichtigkeit das zu Zeiten von Epidemien hat, braucht nicht besonders hervorgehoben zu werden. Doch sollen auch im normalen Betrieb die Filter ein- bis zweimal im Jahre sterilisiert werden.

Es wird zu dem Zweck empfohlen Soda in Menge von $\frac{1}{2}$ kg pro Kubikmeter Filterfläche dem über dem Filter stehenden Wasser nach Abschluß aller Hähne zuzusetzen und 15 Stunden lang einwirken zu lassen. Danach erfolgt gründliche Waschung wie gewöhnlich. Eine genügende Sterilisation wird aber wohl bei diesem Verfahren nicht erzielt. Zweckmäßiger und gleichfalls sehr leicht durchführbar ist es, nach Sodazusatz eine Stunde lang von unten strömenden Dampf zutreten zu lassen, der die Sodaauslösung erhitzt und in die Röhren, Hähne usw. hineintreibt. Danach Waschung. Das in der ersten Stunde nach der Sterilisation gefilterte Wasser wird nicht der Reinwasserleitung zugeleitet.

Plan der Versuche.

Die gesamte Filteranlage war in einem großen heizbaren Holzschuppen auf dem Terrain der langsamen Sandfilter in Hardershof bei Königsberg aufgestellt.

Die Versuche wurden mit allen drei Zuflüssen der Königsberger Wasserversorgung ausgeführt. Eine Zeitlang wurde auch Wirr- und Land-

grabenwasser gemischt verarbeitet. Die Platten für die Keimzählung wurden an Ort und Stelle gegossen. Die Zählung selbst und die chemische Untersuchung des Wassers wurden im hygienischen Institut ausgeführt. Die Bestimmung der Farbe geschah im Wasserwerk.

Dem Direktor des Königsberger Wasserwerks, Hrn. Regierungsbaumeister Kuck, bin ich für die stets bereitwilligst erteilte Auskunft und sein sonstiges Enggegenkommen zu großem Dank verpflichtet.

Da im Königsberger Wasserwerk sieben große gedeckte Sandfilter mit 10500 ^{qm} Filterfläche zur Verfügung stehen, die namentlich seit der Anlage von Vorfiltern nach dem Züricher System dem wachsenden Bedürfnis noch für einige Zeit hinaus genügen dürften, so war eine eventuelle Alaunisierung nur dazu bestimmt, die Fehler des Wassers zu beseitigen, die die langsame Sandfiltration unbeeinflusst läßt, das ist bei allen drei Zuflüssen die Farbe, bei den nördlichen auch der Eisengehalt. Daneben war der Einfluß, den die Alaunfilter auf Trübung des Wassers und die Keimreduktion haben, für uns weniger wichtig, weil ja hierin die Sandfilter zumeist genügendes leisten. Da jedoch zu gewissen Jahreszeiten die enorm hohe Keimzahl unseres Landgrabenwassers eine Keimverminderung schon vor der langsamen Sandfiltration sehr erwünscht erscheinen läßt, weil alsdann die langsamen Sandfilter den Ansprüchen nicht mehr vollkommen zu genügen vermögen, so waren auch nach dieser Richtung hin Versuche mit dem Alaunfilter anzustellen. Ferner war auch zu untersuchen, inwieweit sich rein technisch das Königsberger Wasser zur Schnellfiltration eignete, d. h. es war unter Berücksichtigung des Gehalts an suspendierten Bestandteilen der Filterdruck und die maximale Filtrationsdauer bei den einzelnen Wässern unter dem Einfluß der wechselnden Alaunisierung zu prüfen.

Denn während bei der langsamen Sandfiltration gerade das Plankton als wesentliches Material für die Bildung der natürlichen Filterdecke uns hochwillkommen ist, wirken bei der Schnellfiltration, wo wir eben als Filterschicht ja nur die homogene Alaundecke haben wollen, in deren homogenem Aufbau die gute Funktion im wesentlichen begründet ist, das Plankton und andere Schwebestoffe direkt störend; sie würden zudem das Filter zu schnell verstopfen und erschöpfen. Deshalb erfordert die Fernhaltung der Schwebestoffe vom Filter durch Sedimentation, namentlich bei Schwankungen des Gehalts an Schwebestoffen eine stete Kontrolle und Rücksichtnahme.

Die Untersuchungen erstreckten sich also unter Benutzung der drei verschiedenen Wasser der Königsberger Leitung nach vier Richtungen. Sie behandeln den Einfluß des Alaunverfahrens:

1. auf die Schwebestoffe des Wassers,
2. auf die Farbe des Wassers,
3. auf die chemischen Eigenschaften, vor allem den Gehalt an Eisen,
4. auf die Bakterienreduktion.

Nun sind diese vier Mängel weder in den einzelnen Wässern noch auch in einem und demselben Wasser konstant, noch gehen sie auch nur parallel.

Der Gehalt an Eisen in den beiden nördlichen Zuflüssen ist zwar im großen konstant, doch wechseln z. B. Schwebestoffe und Farbe bei den oberflächlichen, der Bakteriengehalt bei allen drei Wässern in hohem Grade, ohne daß nun der stärksten Färbung immer auch der größte Planktongehalt und der höchste Keimgehalt zu entsprechen brauchte.

Andererseits beeinflußt wiederum das Alaun nicht alle vier Faktoren in gleicher Weise und infolge des wechselnden Gehalts des Wassers an Schwebestoffen und seines Einflusses auf die Schnellfiltration nicht einmal jeden einzelnen zu allen Zeiten gleichmäßig. Es kann z. B. bei einem Wasser durch eine bestimmte Menge und Art des Alaunzusatzes und durch eine bestimmte Dauer der Sedimentation die Farbe und das Plankton vollständig oder doch in einem praktisch durchaus hinreichenden Grade entfernt werden, ohne daß unter diesen Verhältnissen zu der gleichen Zeit eine genügende Reduktion der Keimzahl erzielt zu werden braucht. Handelt es sich aber um ein stark gefärbtes und zugleich sehr keimreiches Wasser, wie es das Landgrabenwasser nicht selten ist, so haben wir sowohl auf Beseitigung der Farbe wie der Bakterien Rücksicht zu nehmen, während bei einem keimarmen und an Schwebestoffen armen Grundwasser wie dem des Aufschlußkanals allein die Beseitigung der Farbe (zunächst vom Eisen abgesehen) unsere Aufgabe ist.

Das ist eine Fülle von Möglichkeiten, die an sich eine besondere Aufmerksamkeit und Regulierung des Betriebes erfordert, die aber für die Königsberger Verhältnisse weniger bedeutsam ist, da, wie hier gleich vorausgeschickt werden mag, die Entfernung von Eisen und Verbesserung der Farbe sich im allgemeinen leichter und einfacher bewerkstelligt als die Keimreduktion, für die als ultimum refugium uns immer die alten Sandfilter verbleiben, und, wie ich hier gleich vorweg bemerken will, verbleiben müssen, da sie bezüglich der Zuverlässigkeit der Bakterienzurückhaltung wenigstens für die Königsberger Wasserverhältnisse den amerikanischen Filtern überlegen sind.

In der Zeit, in der die Filteranlage mir für die Versuche zur Verfügung stand ($\frac{1}{2}$ Jahr), war es nicht möglich, alle Fragen für die drei Wässer unter allen in Betracht kommenden Verhältnissen zu lösen, zumal

zeitweilig wegen Störungen im Betrieb die Versuche eine Unterbrechung erfahren mußten. Doch gestatteten die Ergebnisse der zahlreichen Versuche ein völliges Urteil über die Brauchbarkeit des Verfahrens für die Königsberger Verhältnisse, wenn auch in manchen Einzelheiten die Resultate vielleicht bei einer praktischen Durchführung der Methode noch geringe Modifikationen erfahren dürften, wie das ja schon der Übergang von einer Versuchsanlage zu einer großen Nutzanlage ohne weiteres verständlich macht.

Die Resultate bezüglich Schwebestoffes, Farbe, chemische Verbesserung und Bakterienreduktion sollen getrennt und zwar für jedes Wasser besonders besprochen werden.

Dies geschieht der Übersichtlichkeit wegen — freilich werden sich dadurch Wiederholungen nicht ganz vermeiden lassen.

I. Die Erfahrungen beim Betriebe mit dem amerikanischen Filter, insbesondere der Einfluß der Schwebestoffe auf den Filtrationsprozeß.

Der technische Betrieb erfordert, wie bereits erwähnt, die möglichste Fernhaltung der Schwebestoffe vom Filterbett. Es war deshalb von Wichtigkeit, bei den drei Zuflüssen der Königsberger Wasserleitung den Gehalt an diesen und vor allen Dingen seine Schwankungen sowie den Einfluß des Alauns auf den Filterdruck genau kennen zu lernen.

Als Maßstab für den Gehalt an Schwebestoffen dient, wie bereits bei der Beschreibung des Druckmessers auseinandergesetzt wurde, die Schnelligkeit der Druckabnahme, die der Zeiger am Standrohr anzeigt und die sich in einer längeren oder kürzeren Dauer der Filtrationsperiode zu erkennen gibt. Natürlich ist für den Wert des Druckes nicht ausschließlich der Gehalt des Wassers an Schwebestoffen verantwortlich, sondern auch die Alaunmenge, die Art des Zusatzes und die Sedimentationszeit. Das Filter wird sich zum Beispiel bei konstantem Planktongehalt oder beim Fehlen des Planktons eher tot arbeiten, wenn große Alaunmengen bei kurzer Sedimentationszeit nahe dem Filter im Sedimentierungsbassin zugesetzt werden, so daß noch viel Aluminiumhydrat auf das Filter kommt und dieses verstopft. Umgekehrt wird unter sonst gleichen Verhältnissen der Filterdruck weniger schnell ansteigen, wenn die Alaunlösung möglichst weit ab vom Filter im Sedimentierungsgefäß einfließt und eine lange Sedimentationszeit gewählt wird.

Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß die Druckschwankungen durch verschiedene Anwendungen des Alauns nur geringe sind, und daß im wesentlichen das Verhalten des Druckes uns ein Bild über den Reichtum des Wassers an Schwebestoffen gibt. Das gilt natürlich

absolut dann, wenn die Bedingungen der Alaunisierung zu verschiedenen Zeiten dieselben sind.

Da das Filter bei längerem Gebrauch, auch wenn noch genügend Druck zur Verfügung steht, in seiner Leistungsfähigkeit, wie weiter unten noch gezeigt wird, herabgeht, so ist auch da, wo es die Verhältnisse gestatten, das Filter nicht so lange im Betrieb zu halten, bis es sich tot gearbeitet hat, sondern man beschränkt sich auf eine 11stündige Filterperiode, wobei sich bei zweimaliger Reinigung von je ca. $\frac{1}{2}$ Stunde bei vollem Tag- und Nachtbetrieb die Zeit am besten ausnützen läßt.

Der nach Abschluß dieser 11stündigen Filterperiode noch zur Verfügung stehende Druck, den wir im folgenden allgemein als Restdruck bezeichnen wollen, gibt dann einen Maßstab für den Gehalt unseres Rohwassers an Schwebestoffen, natürlich unter Berücksichtigung der Quote des Druckes, die auf die Alaunisierung zurückzuführen ist. Nur in einzelnen Fällen haben wir aus rein theoretischen Gründen über die Zeit von 11 Stunden hinaus filtriert und den gesamten verfügbaren Druck aufgebraucht.

Wir wollen nunmehr den Einfluß der einzelnen Wässer auf den Filterdruck besprechen.

1. Das Aufschlußkanalwasser.

Als Grundwasser hat das Aufschlußkanalwasser natürlich nur einen minimalen Gehalt an Plankton und anderen suspendierten Bestandteilen, der dazu keinen großen Schwankungen unterworfen ist. Dementsprechend sehen wir, daß der nach 11 Stunden zur Verfügung stehende Druck ein sehr hoher ist und in der Zeit, in der die Untersuchung mit Kanalwasser hauptsächlich ausgeführt wurde, 3/V. bis 1./VII., nur zwischen 8·5 bis 6·2 schwankt.

Diese Schwankungen sind hier im wesentlichen auf die Alaunisierung zurückzuführen, denn wir sehen, daß die niedersten Werte dann erzielt worden sind, wenn viel Alaun nahe dem Filter zugesetzt wird und die Sedimentationszeit eine kurze ist. (Der niederste Wert wurde erreicht bei 50 g^{rm} auf Hahn 2 und 2 Stunden Sedimentation am 15./16. V.)

Die höchsten Werte werden dann abgelesen, wenn bei langer Sedimentation der Alaunzusatz möglichst fern vom Filter erfolgt. (Höchster Wert am 1. Juni 4 Stunden Sedimentation, Zusatz bei Hahn 4.)

Die Beeinflussung der Druckkurve durch die Alaunisierung ist immerhin eine so geringe, daß es bei Wässern, wie dem Kanalwasser, nur wenig ausmacht, ob große oder kleine Alaunmengen nahe oder fern dem Filter zugesetzt werden, da in jedem Falle genügend Restdruck bei einer 11stündigen Filterperiode vorhanden ist.

Ähnliche Verhältnisse wie im Mai und Juni ergaben sich bei einer kurzen Filtrationsperiode im September 1905, also zu einer Zeit, wo das Oberflächenwasser der Land- und Wirtgrabenleitung erfahrungsgemäß nur eine besonders kurze Filtrationsperiode gestattete (s. u.). Der geringe Gehalt des Kanalwassers an Suspensionen und seine Konstanz, die in einer Konstanz und relativen Höhe der Druckwerte am Ende der Filterperiode ihren Ausdruck findet, läßt das Kanalwasser zunächst von technischem Gesichtspunkte aus als besonders geeignet für die Alaunfiltration erscheinen.

2. Das Landgrabenwasser.

Das Landgrabenwasser hat als oberflächliches Talsperrenwasser naturgemäß einen bedeutend höheren und schwankenden Gehalt an Schwebestoffen. Die Bestimmungen des Filterdruckes, die in der Zeit vom 31. VIII. bis 20. IV. mit einer kurzen Unterbrechung während der meist 11 stündigen Filtrationsperiode in 1 stündigen Intervallen angestellt wurden, ergaben sehr starke Schwankungen in einzelnen Zeitabschnitten, die im wesentlichen auf die Schwebestoffe zurückzuführen sind, da die Sedimentationszeit konstant gehalten wurde und auch bei gleichartigem und gleich starkem Alaunzusatz große Differenzen in der Stärke des nach 11 Stunden noch verfügbaren Druckes zu verschiedenen Zeiten zu verzeichnen sind. Besonders in der planktonreichen Herbstperiode, vom 31. August bis Ende September, war ein ungemein starker Alaunzusatz notwendig, d. h. eine gründliche Entfernung des Planktons, um am Schluß der 11 stündigen Filterperiode noch genügend Druck zur Verfügung zu haben. So betrug zum Beispiel in der Zeit vom 31. August bis 2. September bei einem Alaunzusatz von 37 bis 42 grm der Restdruck nach 10 Stunden:

	1.4,	1.6,	0.45,
bei 50 grm Alaun:			
	5.2		3.65
	3.9		4.05 usw.

Der Zusatz mußte möglichst entfernt vom Filter erfolgen (Hahn 4).

Am 11. September war zum Beispiel der Filterdruck bei 50 grm Alaun auf Hahn 4 am Ende der 11 stündigen Periode 2.5;

am folgenden Tage bei dem gleichen Alaunzusatz jedoch auf Hahn 1 + 4 verteilt (10 + 40) nur noch 0.75 nach 9 Stunden;

am folgenden Tage bei dem gleichen Alaunzusatz in dem gleichen Verhältnis auf Hahn 2 + 4 nur 0.5 in der 10. Stunde;

am anderen Tage aber wiederum bei 50 grm auf Hahn 4, 1.65 in der 11. Stunde.

Eine kurze Sedimentationszeit und jeder Zusatz von Alaun nahe dem Filter, der geeignet ist, den Filterdruck zu erhöhen, ist dann unbedingt zu vermeiden.

Unser Urteil über das Landgrabenwasser im speziellen geht dahin, daß in planktonarmen Zeiten man unter Umständen mit sehr geringen Mengen von Alaun (20^{grm}) bei 4stündiger Sedimentation auskommt, während bei kürzerer Sedimentation selbst 30^{grm} nicht immer genügen dürften.

Zu Zeiten höheren Planktongehalts wird man nur durch Zusatz sehr großer Alaunmengen (50^{grm}) eine 11stündige Arbeitszeit erzielen können. Außerdem ist der Alaunzusatz in diesen Fällen bezüglich des Ortes ein beschränkter, und es wird sich aus den weiteren Untersuchungen ergeben, inwieweit in bezug auf Keimreduktion und Farbenkorrektur ein Zusatz des Alauns in möglichst großer Entfernung vom Filter angebracht ist.

Man könnte daran denken, bei geringem Alaunzusatz eine häufige Reinigung vorzunehmen, etwa dreimal pro Tag, das aber erschwert natürlich wieder den technischen Betrieb in anderer Richtung und bedingt eine geringere Ergiebigkeit der ganzen Anlage.

Das Landgrabenwasser bietet also im Gegensatz zum Kanalwasser wegen seines hohen Gehaltes an Schwebestoffen zu manchen Zeiten für die ausschließliche Alaunfiltration schon technisch sehr große Schwierigkeiten. Bei einer eventuellen Alaunbehandlung mit nachheriger Filtration durch die englischen Filter wäre der Planktongehalt indessen nicht in gleichem Grade von störender Bedeutung.

Es wäre dann eine vollständige Entfernung des Planktons, wie sie zum Zwecke einer homogenen Alaundeckenbildung für die Keimreduktion beim Schnellfilter erwünscht ist, gar nicht erforderlich, ja vielleicht nicht einmal zweckmäßig, da ein Teil des Planktons dann für die Bildung der Filterdecke auf dem langsamen Sandfilter unerlässlich ist. Es fragt sich nur, ob bei geringen Alaunmengen die Farbe soweit wie möglich vollständig entfernt und die Bakterien zum Teil reduziert würden. Hierüber siehe weiter unten.

3. Das Wirrgrabenwasser.

Mit dem Wirrgrabenwasser wurden die ersten Versuche Ende August 1905 begonnen, zu einer Zeit, in der das Filter erst wenige Tage in Benutzung war und sich erst einarbeiten mußte. Das geht aber beim Alaunfilter entsprechend seiner ganzen Wirkungsweise sehr schnell, und deswegen lassen sich die Werte dieser Versuche sehr wohl in Rechnung ziehen. Das Wirrgrabenwasser verhält sich als Oberflächenwasser natürlich be-

zöglich seines Planktons ähnlich wie das Landgrabenwasser. Es ergab sich wie auch bei diesem zu jener Zeit, daß der Druck bei den zugesetzten Alaunmengen von 30 grm in der Regel in der 10. Stunde vollständig aufgebraucht ist. Im Juni, wo auch das Landgrabenwasser gute Resultate ergab, ist der nach 11 Stunden verfügbare Restdruck bei den Alaunzusätzen, die zwischen 10 + 20 und 10 + 40 schwankten, bei einer Sedimentationszeit von 4 bis 2 Stunden stets ausreichend, also auch hier wieder dieselben Verhältnisse wie beim Landgrabenwasser. Am geringsten (aber immerhin noch genügend) war der Restdruck entsprechend den obigen Auseinandersetzungen, wenn große Mengen von Alaun bei kurzer Sedimentation verwendet wurden. (2·5 Restdruck bei 10 + 40 grm Hahn 1 + 4 und 2 Stunden Sedimentation.) Die 2 stündige Sedimentation dürfte aber nur in allergünstigster Zeit genügen, und unser Urteil über das Wirrgrabenwasser geht im speziellen dahin, daß es von technischen Gesichtspunkten bezüglich der Alaunfiltration sich ebenso verhält wie das Landgrabenwasser. Sedimentationszeiten und Alaunzusatz wären entsprechend wie beim Landgrabenwasser zu regeln, d. h. zu Zeiten geringen Planktongehalts läßt sich mit kurzer Sedimentation und relativ geringen Alaunmengen auskommen, von denen ein Teil auch unbedenklich nahe der Eintrittsstelle des Wassers auf das Filter zugesetzt werden kann. Bei hohem Gehalt an Schwebestoffen bedarf das Wasser, sofern man nicht mit ganz kurzer Filtrationszeit arbeiten will, einer langen Sedimentation und eines sehr hohen Alaunzusatzes ausschließlich weit ab vom Filter.

4. Land- und Wirrgrabenwasser.

Die Versuche, in denen diese beiden Wässer gemischt der Alaunfiltration unterworfen wurden, waren im September angestellt worden, also zu einer Zeit, in der, wie die unmittelbar vor und nachher mit dem Landgrabenwasser angestellten Versuche dartun, das Wasser besonders reich an Plankton war. Die Verhältnisse lagen hier besonders ungünstig. Eine 11stündige Dauer der Filtration konnte selbst bei der großen Alaunmenge von 50 bis 55 grm auf Hahn 4 und 4 Stunden Sedimentation nicht immer erzielt werden; sofern überhaupt auch bei noch größeren Alaunmengen die Zeit ausgenutzt werden konnte, war der Restdruck minimal (der höchste Wert 2·65 wurde mit 70 grm Alaun und 4 Stunden Sedimentation erreicht). Kürzere Sedimentationszeit war nicht angebracht, denn bei 2 Stunden Sedimentation war bei 50 bzw. 45 grm das Filter in 7 bis 8 Stunden erschöpft. Fassen wir unser Urteil für die drei Zuflüsse zusammen, so erscheint das Kanalwasser bei weitem am geeignetsten für die Schnellfiltration. Land- und Wirrgrabenwasser erfordern eine ständige

sorgfältige Kontrolle des Gehalts an suspendierten Bestandteilen, und eine dem Wechsel desselben entsprechende sorgfältige Variation der Alaunisierung, ohne daß man auch unter diesen Umständen stets mit Sicherheit eine für die $\frac{1}{2}$ tägige Filterperiode ausreichende Entfernung der Schwebestoffe erzielen dürfte.

Eine Verbesserung für die Alaunfiltration, wie sie bei alleiniger Verwendung dieses Verfahrens unerläßlich wäre, ließe sich eventuell durch Vorschaltung von Filtertüchern zu Zeiten hohen Planktongehalts erzielen, wie das Schreiber nach dem Vorgang von Borchard empfiehlt. Wie die Untersuchungen mit dem Talsperrenwasser in Remscheid ergeben haben, läßt sich ein Teil des Planktons zurückhalten. Auch Schreiber hat in Gemeinschaft mit Kolkwitz bei seinen Versuchen mit Müggelseewasser durch Filtertücher bis zu 50 Prozent Plankton zurückzuhalten vermocht. Falls man in Königsberg unter Verzicht auf die langsame Nachfiltration zur ausschließlichen Schnellfiltration übergehen sollte, wären derartige oder andere Maßnahmen zur Beseitigung des Planktons unerläßlich.¹ Sie dürften aber auch für den Betrieb der langsamen Sandfilter sich als rationell erweisen, wie das die Untersuchungen in Remscheid dartun. Weit bessere Erfolge sind allerdings mit Vorfiltern zu erzielen.

Schon Schreiber hat darauf hingewiesen, daß bei hohem Gehalt des Wassers an Plankton fadenförmige Algen (vor allem *Melosira*) zuweilen auf der Filterdecke erscheinen, die, wie er annimmt, durch den Spülprozeß zu Kugeln zusammengerollt werden, die entsprechend ihrem hohen spezifischen Gewicht nicht mit dem Reinigungswasser abgeschwemmt werden. Sie sollen die Filter, besonders was die Bakterienretention anlangt, ungünstig beeinflussen. Schreiber hat diese störende Kugelbildung in größerem Umfang nur in den Zeiten beobachtet, in denen er mit geringen Alaunmengen (22 g^{rm}) arbeitete. Er nimmt an, daß sich der Übelstand durch die bei größeren Alaunmengen erfolgende ausgiebige Planktonzurückhaltung vermeiden lassen. Das trifft für das Land- und Wirrgrabenwasser nicht zu, denn wir beobachteten in der planktonreichen Zeit auch bei Zusätzen von 50 g^{rm} Alaun und 4 stündiger Sedimentation sehr reichlich das Auftreten dieser Algenkugeln, die zeitweilig manuell entfernt werden mußten.

Übelstände in technischer Beziehung haben sich im übrigen im Betrieb nicht ergeben. Das Filter und alle seine Nebenapparate funktio-

¹ Bitter und Gottschlich empfehlen zur Entfernung der Algen einen Zusatz von Kupfersulfat zum Wasser im Verhältnis 1:300 000 bis 1:1 000 000. Trotz der enormen Verdünnung wird man dem Zusatz von weiteren Chemikalien zum Wasser nicht bedingungslos zustimmen dürfen.

nierten stets tadellos, ebenso die Reinigungsvorrichtung. Es sei nur erwähnt, daß in den Fällen, in denen der Restdruck nach 11 Stunden unter 1.5^m betrug, die Reinwasserkammer infolge des ungenügenden Wasserzuflusses am Ende der Filterperiode nicht mehr ganz gefüllt war. Infolgedessen wurde von dem zur Reinigung benutzten rückläufigen Reinwasserstrom stets Luft in das Filter gerissen, die am Anfang der Reinigungsperiode in Blasen aufstieg. Es dürfte dieser Umstand jedoch den Reinigungseffekt nicht weiter beeinträchtigt haben, um so weniger, als ja auch die Reinigung durch komprimierte Luft für die Alaunfilter empfohlen wird.

II. Der Einfluß der Alaunbehandlung auf die Farbe des Wassers.

Es ist bereits oben darauf hingewiesen, daß die Sandfilter nicht imstande sind, die „Farbe“ des Wassers wesentlich zu beeinflussen; die gelbe Farbe ist eine Kalamität, die sich beim Königsberger Wasser stets geltend macht, besonders aber zu gewissen Jahreszeiten hervortritt, und die namentlich die Benutzung der stark braunen nördlichen Zuflüsse sehr erschwert. Die Farbe rührt von Huminsubstanzen her, die nach den vorliegenden Berichten aus dem Wasser durch das Alaun gänzlich entfernt werden sollen; sie sind daher wohl nicht, wie man das bis in die jüngste Zeit allgemein annahm, im Wasser gelöst, sondern in kolloidaler Form suspendiert (vgl. auch Schreiber).

Die vergleichende Messung des Farbgrades der verschiedenen Wässer geschieht kolorimetrisch mittels eines sehr einfachen und zweckmäßigen Apparates.

Eine beiderseits durch ein farbloses Glas geschlossene Aluminiumröhre von 20^{cm} Länge und 2^{cm} Durchmesser hat an einem Ende eine mit Feder versehene Klemme, in die verschieden intensiv gelb gefärbte Glasscheiben eingefügt werden können, deren Farbenintensität verschiedenen starken Verdünnungen einer bestimmten Platinkobaltverbindung entspricht. Durch Kombination der einzelnen Gläser, die einen Farbgrad von 6, 12, 25, 33, 39, 65 angeben, lassen sich die verschiedensten Farbenintensitäten herstellen.

Das auf seinen Farbgrad zu untersuchende Wasser wird in eine zweite gleich lange und gleich weite Röhre eingefüllt. Nunmehr wird in der Vergleichsröhre durch Einsetzen der gelben Gläser ein gleicher Farbton hergestellt und abgelesen.

Ist das Rohrwasser sehr stark gefärbt, so füllt man eine Röhre, die nur 10 bzw. 5^{cm} lang ist. Beim Vergleich mit der Kontrollröhre sind dann die gefundenen Werte mit 2 bzw. 4 zu multiplizieren.

Die Vergleichung erfolgt bei Tageslicht. Die beiden Zahlen in der Haupttabelle bezeichnen jeweils die stärker und die schwächer gefärbte Gläserkombination. Eine Abschätzung auf einen bestimmten Farbgrad innerhalb dieser Grenzwerte wurde nur in seltenen Fällen vorgenommen.

Einige Untersuchungen über die Reduktion der Farbe hat schon Schreiber angestellt, der bei Verwendung des fast farblosen Müggelseewassers durch künstlichen Zusatz von Torfauszug dem Wasser eine gelbliche Farbe bis zum maximalen Farbgrad von 75 verlieh und durch Zusatz von 15 g^{rm} Alaun ein Wasser erhielt, das unter 7 Farbgraden zurückblieb.

Auch mit einigen amerikanischen Flußwässern waren bereits Versuche in dieser Richtung angestellt worden, so mit dem Wasser des Passaic in der mehrfach erwähnten großen Anlage in Little Falls. Doch hatte dieses Wasser nur eine Färbung, die zwischen 32—52 Grad (im Oktober) schwankte. Durch 1.59 g^{rm} Alaun pro Gallone Wasser (13 g^{rm} pro Kubikmeter) erfolgte eine Reduktion des Farbgrades bis auf 7, was praktisch einem vollkommen farblosen Wasser entspricht.

Unsere Königsberger Rohwässer haben in allen Zeiten höheren, zu vielen Zeiten einen ganz enorm höheren Grad von Farbe aufzuweisen und sind deshalb für Versuche, die die Brauchbarkeit des Alaunverfahrens in dieser Richtung dartun sollen, vor allem geeignet.

Da ausführlichere Versuche über die Farbenreduktion unter ähnlichen Verhältnissen noch nicht vorlagen, auch diese Frage für die Königsberger Wasserversorgung von besonders einschneidender Bedeutung war, so sind namentlich in dieser Richtung zahlreiche Beobachtungen angestellt worden.

Es galt dabei den Einfluß der Sedimentationszeit, der Menge und Art des Alaunzusatzes zu untersuchen.

Die Filtrationsgeschwindigkeit mußte bei der Beseitigung der Farbe von sehr untergeordneter Bedeutung sein, da es sich ja hier nicht um die Wirkungen des Filtrationsprozesses, sondern in allererster Linie um die des Sedimentationsprozesses mit seinen chemischen Umsetzungen handelt.

Die Bestimmung der Farbe im Rohwasser geschah mindestens zweimal, am Anfang und Ende der elfstündigen Filtrationsperiode. Im filtrierten Wasser wurde die Farbe stündlich bestimmt, um über den Farbgrad in den einzelnen Zeitabschnitten der Filtrationsperiode ein Urteil zu gewinnen, d. h. über die Farbenkurve.

Denn da ja das filtrierte Wasser, welches dem Reinwasserbehälter zuströmt, natürlich ein Mischwasser aus einem längeren Zeitabschnitt darstellt, so kommt es weniger auf die maximale Farbenreduktion am Schluß oder gegen das Ende der Filtrationsperiode als auf den zeitlichen Verlauf der Farbenreduktion innerhalb der gesamten Filtrationsperiode an.

Im allgemeinen läßt sich die stärkste Farbenreduktion bereits nach einer Stunde konstatieren (um ca. 50 Grade), und ist dann noch von einer mehr oder weniger lange sich hinziehenden Abnahme bis zum Ende der Filtration gefolgt. Nur in seltenen Fällen wurde beim Landgrabenwasser gegen das Ende der elfstündigen Filtrationsperiode wieder eine geringe Farbenzunahme konstatiert; darauf kommen wir bei der speziellen Besprechung der Farbenverbesserung des Landgrabenwassers noch zurück.

Der Gesamteffekt ist bezüglich der Farbe dann der günstigste, wenn möglichst schon in der ersten Stunde eine hohe Farbenverbesserung erzielt wird und die Farbe schnell bis auf den minimalen Farbgrad abfällt.

Unser Bestreben muß dahin gehen, diejenige Alaunmenge, die Art des Zusatzes und die Zeit der Sedimentation zu ermitteln, die diese Wirkung am vollkommensten hervorruft und nicht nur eine gute Farbenreduktion erst gegen das Ende der Filtrationsperiode hin schafft. Deshalb sind für uns außer den Rohwasserwerten am Anfang und den Farbwerten am Ende der Filterperiode auch die Reduktionszahlen nach der ersten Stunde und der Grad der weiteren Verminderung der Farbe bis zum Schluß (II. Periode) der elfstündigen Filtration von Interesse.

Ferner sind für den schließlichen Effekt vor allem die Mittelwerte¹ für das filtrierte Wasser² und auch für das Rohwasser³ (da auch dieses innerhalb des einzelnen Versuches nicht immer konstante Farbe zeigte) von Bedeutung.

Da jedoch von einem Tage zum andern auch der mittlere Farbgrad des Rohwassers großen Schwankungen unterliegt, so ist auch der Quotient aus den Mittelzahlen von R und F, d. h. also die relative Farbenreduktion, während der ganzen Filtrationsperiode berechnet worden und ferner die prozentuale Reduktion.

Alle diese Zahlen sind für jeden der drei Zuflüsse in einer besonderen Tabelle (II) zusammengestellt, in der also außer Tonerdmenge, Art des Zusatzes, Sedimentationsdauer und Filtrationsgeschwindigkeit aufgenommen sind:

- Spalte 6 Werte von R am Anfang,
- Spalte 7 Wert von F am Ende,
- Spalte 8 Farbenreduktion zwischen R Anfang und F Ende,
- Spalte 9 Farbenreduktion nach einer Stunde = „F₁“,
- Spalte 10 Farbenreduktion zwischen F₁ und F Ende

¹ Natürlich mußten diesen Berechnungen die Mittelzahlen der Einzelablesungen zugrunde gelegt werden.

² Im folgenden bezeichnet kurz mit F.

³ Im folgenden bezeichnet kurz mit R.

Spalte 11 die Mittelwerte während der ganzen Filtrationsperiode und zwar Spalte a Mittelwerte im Rohwasser, Spalte b Mittelwerte im filtrierten Wasser,

Spalte 12 mittlere Differenz d. h. absolute Farbenreduktion im Mittel,

Spalte 13 Quotient aus Farbenwert von R und F d. i. relative Farbenreduktion,

Spalte 14 Farbenreduktion in Prozenten.

Einfluß des Alauns auf die Farbe in den einzelnen Zuflüssen.

1. Einfluß der Alaunisierung auf das Kanalwasser.

Versuche mit dem Kanalwasser wurden in zwei getrennten Perioden angestellt in der Zeit vom 27. September bis 2. Oktober 1905 und in der Zeit vom 7. Mai bis 1. Juli 1906.

In der ersten Periode hatte das Rohwasser einen Farbgrad, der zwischen 65 und 77 schwankte, in der zweiten Periode betrug das Maximum gleichfalls 65;

Mittelwerte = im Mai 76,

„ = im Juni 80.

In der ersten Zeit wurde aus anderen Gründen mit großen Alaunmengen gearbeitet, auch wurde die Sedimentationsdauer nicht variiert; ferner geschah die Farbenvergleiche nur einmal i. R. gegen das Ende der einzelnen Filtrationsperioden zu.

In der zweiten Versuchsreihe wurden die Versuche unter mannigfacher Variierung der Alaunmenge, des Ortes für den Zusatz und der Sedimentationszeit ausgeführt; dagegen blieb die Filtrationsgeschwindigkeit, die, wie oben erwähnt, ohne Bedeutung für die Farbenreduktion ist,¹ konstant (95^m).

Es ergibt sich, daß unter allen Bedingungen, einerlei ob mit 30 oder 50^{grm} Alaun gearbeitet wurde, ob der Zusatz an der Eintrittsstelle des Wassers oder zum Teil nahe dem Filter erfolgte, ob die Sedimentationszeit 1½ oder 4 Stunden betrug, eine ganz bedeutende Farbenreduktion erzielt wurde, die im Minimum 43 (28. Juni), im Maximum 99 (23. Juni) Farbgrade erreichte, d. h. Verbesserungen um das 2.5 bis 6.8fache des Rohwasserwertes (60 bis 85 Prozent); die so erzielten Mittelwerte für das filtrierte Wasser schwankten zwischen 30 und 13.

¹ Das haben übrigens auch die später zu besprechenden Versuche mit Landgrabenwasser ergeben, bei denen auch die Filtrationsgeschwindigkeit variiert wurde.

Wie schon erwähnt, ist die wesentliche Farbenreduktion schon nach einer Stunde erfolgt, dann kommen nach einem kurzen weitem Abfall, der sich auf 2 bis 3 Stunden erstreckt, selten sich länger hinzieht, konstante Werte bis zum Ende der Filterperiode. Die nachträgliche Farbenverbesserung nach der ersten Stunde des Versuchs bis zum Schluß beträgt meistens nur 3 bis 7 Grad. Maximalwert am 11. Mai 10 Grad.

Nur einmal sah ich bei den 38 Versuchsreihen mit Kanalwasser nach der 6. Stunde eine Zunahme um ca. 3 Grad, für die aber eine innerhalb dieses Tages eingetretene Verschlechterung des Rohwassers um ca. 6 Grad verantwortlich zu machen ist. (Der Wiederanstieg der Farbe, für den bei dem normalen Verlauf der Druckkurve kaum eine äußerliche Störung verantwortlich zu machen sein dürfte, zeigt, daß 30^{grm} Alaun bei 4 Stunden Sedimentation und einem Wert des Rohwassers von 74 Farbgraden nicht mehr als 60 Farbgrade an diesem Tage zu korrigieren imstande waren.)

Auffallend ist die Tatsache, daß die absolute Farbenreduktion ebenso wie die Farbenreduktion in der ersten Stunde, abgesehen von der Art der Alaunbehandlung relativ um so stärker sind, je intensiver die Farbe des Rohwassers an dem betreffenden Tage ist.

Am 23. Juni z. B. beträgt bei 40^{grm} Alaun auf Hahn 4 bei einem Rohwasser von 116 Grad die absolute Reduktion 99 (6.8fache), die Reduktion nach einer Stunde 104. Am 16. Mai unter den gleichen Alaunisierungsbedingungen wird bei einem Rohwasser von nur 71 Grad eine absolute Farbenreduktion nur um 59 und um 57 in der ersten Stunde erzielt (d. i. um das 5.5 fache). Dabei ist der mittlere Wert für das filtrierte Wasser im zweiten Fall nur wenig geringer (13:17).

Vergleicht man die Wässer annähernd gleicher Farbe miteinander, so ist ein Einfluß der Alaunmenge und der Sedimentationszeit unverkennbar derart, daß die Farbenverbesserung proportional zunimmt.

Bei großen Alaunmengen und langer Sedimentation ist die Farbenreduktion dabei nicht nur eine stärkere, sondern auch eine schnellere. (Geringe Farbwerte schon nach einer Stunde, schnelle Abnahme bis zu den konstanten Minimalwerten und entsprechend niedere mittlere Farbwerte.) Umgekehrt ist das Verhalten meist bei kurzer Sedimentation und geringen Alaunmengen. Die Farbgrade am Ende der Filterperiode sind dann höher, und die Abnahme der Farbe zieht sich über eine längere Zeit hin, so daß schlechtere Mittelwerte für die Farbe des filtrierten Wassers resultieren.

Sehr deutlich läßt sich der Einfluß der Sedimentationsdauer in den Resultaten von 12.—14./15. Mai im Vergleich mit dem 16. Mai erkennen. Bei annähernd gleicher Farbe des Rohwassers von 71—77 und bei gleichem Alaunzusatz (40^{grm}) werden hier mit zweistündiger Sedimentation durchgehend Wässer erzielt, die zwar am Ende der elfstündigen Periode ebensowenig

Farbe haben wie das Wasser mit vier Stunden Sedimentation, bei denen aber die Reduktion auf den Minimalwert sich doch über eine längere Zeit hinzieht, so daß das Gesamtwasser um etwa 4 Grad stärker gefärbt war. (Reduktion 76 Prozent gegen 82 Prozent.)

Den ausschließlichen Einfluß der Alaunmenge zeigen die Versuche vom 9.—14./15. Mai im Vergleich mit denen vom 15. und 15./16. Mai. Bei annähernd gleicher Rohwasserfarbe und gleicher Sedimentation von zwei Stunden, aber wechselndem Alaunsatz von 30—50 g^{rm} wurden mit Zunahme der Alaunmenge bessere Farbwerte im filtrierten Wasser erzielt.

Bei 30 g^{rm} 22 Farbengrade 70.7 Prozent

„ 35 „ 18	„	76.0	„
„ 40 „ 17	„	76.4	„
„ 40 „ 17	„	76.4	„
„ 40 „ 18	„	74.6	„
„ 50 „ 14	„	81.1	„
„ 50 „ 14	„	80.5	„

Ist so ein Einfluß von Farbe und Sedimentationsdauer unverkennbar, so ist er doch im allgemeinen nur so gering, daß er für das Kanalwasser kaum mehr als theoretische Bedeutung beanspruchen kann. Man kann wohl sagen, daß die Differenz zwischen den Werten, wie sie durch eine vierstündige Sedimentation gegenüber einer zweistündigen durch 50 g^{rm} Alaun im Vergleich mit 40 erzielt werden, doch so gering ist, daß sie für die Verwendung des Wassers kaum mehr in Betracht kommt. Ein Wasser, dessen Färbung 20 Grade beträgt, kann praktisch schon als farblos bezeichnet werden. Wir erreichen diesen Effekt mit 30 g^{rm} Alaun bei einer Sedimentation von zwei Stunden, ja annähernd sogar bei Rohwässern mit der kolossalen Färbung von 111 Grad (absolute Farbenreduktion 87 d. h. das 4.6fache des Rohwasserwertes). Da aber selbst eine Sedimentationszeit von $1\frac{1}{2}$ Stunden bei 30 g^{rm} Alaun eine Farbenreduktion um das dreifache des Rohwasserwertes herbeiführte, so dürfte auch unter weniger günstigen Bedingungen im allgemeinen eine Sedimentationsdauer von 2 bis $2\frac{1}{2}$ Stunden bei 30 g^{rm} Alaun genügen; damit wird man in der Regel auskommen. Ohne Rücksicht auf den Farbgrad des Rohwassers scheint aber doch zu gewissen Zeiten der Effekt des Alauns auf die Farbe zu wechseln. So sehen wir z. B. in der Zeit vom 27. Juni bis zum Ende der Filtrationsperiode, ohne daß die Farbe über 75 Grad hinausging, bei 30 g^{rm} Alaun und zwei Stunden Sedimentation schlechtere Werte als zu andern Zeiten unter gleichen Bedingungen, aber immerhin noch eine Farbenreduktion um das 2.5fache. In derartigen Zeiten wäre eine Erhöhung des Alaunzusatzes um 5 bis 10 g^{rm} geboten. Stärkere Zusätze von

Alaun haben zur Korrektion der Farbe keinen Zweck, da selbst Dosen von 60 ^{grm} pro Kubikmeter, wie sie in der ersten Zeit bei einer Sedimentationsdauer von 4 Stunden angewandt wurden, kaum einen günstigeren Erfolg hatten.

Nach den vorliegenden Versuchen ist es gleichgültig, ob die gesamte Alaunmenge an der Eintrittsstelle des Wassers in das Sedimentierungsbassin oder ein Teil näher dem Filter zugesetzt wird.

Wir haben im Vorgehenden gesehen, welchen hohen Einfluß derartige Variationen bei wechselndem Gehalt eines Wassers an Schwebstoffen haben. Das ist freilich für das konstant an derartigen Stoffen arme Grundwasser des Aufschlußkanals ohne Bedeutung. Es sei aber hier vorweg genommen, daß durch Alaunzusatz nahe dem Filter die Zurückhaltung der Bakterien begünstigt wird. Es wäre deshalb zu Zeiten von Epidemien, bei denen der Verdacht einer Verunreinigung des Wassers besteht, unter allen Umständen der letztere Modus der Alaunisierung zu wählen. Zu andern Zeiten wäre es wegen des geringen Keimgehaltes des Kanalrohwassers nicht unbedingt nötig.

2. Das Landgrabenwasser.

Das Landgrabenwasser hat gleich dem Kanalwasser ständig eine starke, zuweilen eine ganz exzessive Färbung, die durch die langsame Sandfiltration nicht beeinflußt wird und deren Beseitigung durch die Alaunisierung daher gleichfalls erwünscht war.

Da es den Hauptzufluß für die Königsberger Wasserversorgung darstellt, so wurde es besonders häufig untersucht und zwar mit kurzen Unterbrechungen während der Zeit vom 31. VIII. 05 bis 20. IV. 06.

Mit Rücksicht auf die gleichzeitigen bakteriologischen Versuche, die bei diesem Wasser eine längere Sedimentation angezeigt erscheinen ließen, wurde die Sedimentationszeit von 4 Stunden nur wenige Male auf 2 herabgesetzt. Weitere Versuche mit kürzerer Sedimentation waren für später geplant, doch konnten sie seinerzeit nicht mehr ausgeführt werden, da die Landgrabenleitung im Sommer 1906 wegen Erdarbeiten längere Zeit abgesperrt werden mußte. Nach der Wiederaufführung des Landgrabenwasser stand uns dann die Alaunfilteranlage leider nicht mehr zur Verfügung.

Ein um so deutlicheres Bild geben uns dafür diese Versuche von dem Einfluß der Alaunmenge auf die Farbenverbesserung.

Die Filtrationen mit dem Landgrabenwasser konnte aber noch nach einer weiteren Seite hin Aufklärung liefern. Bei dem Kanalwasser war der Restdruck nach 11 Stunden noch sehr hoch und zeigte im großen und ganzen nur geringe Schwankungen.

Bei dem bereits erwähnten wechselnden Gehalt des Landgrabenwassers an Schwebestoffen und den dadurch bedingten schwankenden Restdruckwerten war es möglich, einen etwaigen Einfluß des Druckes auf die Farbe zu beobachten, besonders mit Rücksicht auf die beim Landgrabenwasser, wie schon bemerkt, zuweilen auftretende Wiederrücknahme der Farbe gegen das Ende der Filterperiode. Die Farbe des Rohwassers war eine sehr wechselnde, sie schwankte im

September zwischen	51	und	110	Mittelwert	82.5
Oktober	„	60	„ 180	„	112.8
November	„	95	„ 122	„	104.5
Dezember	„	61	„ 74	„	66.3
Januar	„	110	„ 120	„	114.0
Februar	„	ca. 78	„ 74	„	76.0
März	„	61	„ 102	„	75.12
April	„	46	„ 71	„	63.93

Der Farbgrad des filtrierten Wassers wurde von Mitte November bis zum Ende der Versuche anfangs 2stündlich, später stündlich abgelesen.

Betrachten wir nun zunächst die Werte bei dem normalen Verlauf der Farbkurve, bei dem die Farbwerte eine stetige Abnahme bis zum Ende der Filterperiode zeigten.

Die Verhältnisse liegen ganz analog wie beim Kanalwasser und bestätigen und erweitern zum Teil die dort gefundenen Resultate.

Auch hier sehen wir, daß die Farbenreduktion in ihrem absoluten Wert unabhängig von der Alaunmenge um so größer ist, je stärker der Farbengrad des Rohwassers (Beispiel: 17. I. R. 112 Reduktion durch $10 + 20 \text{ grm}$ Alaun auf Hahn $1 + 4$, 99; relative Reduktion: $8.62 = 88.4$ Prozent; dagegen am 20./21. XII. R. 65. Reduktion durch gleichartige Alaunisierung 55; relative Reduktion $= 6.5$). Ferner 22./23. XII. R. 65 Reduktion durch $10 + 30 \text{ grm}$ Alaun 55 Grad relative Reduktion $6.5 = 84.6$ Prozent. 16./17. I. R. 114. Reduktion bei gleicher Alaunisierung 107° , relative Reduktion $16.28 = 93.8$ Prozent. Im übrigen zeigt sich auch hier die Abhängigkeit der Farbenreduktion und der gesamten Farbkurve von der Alaunmenge, derart, daß bei gleicher Farbe des Rohwassers die Farbenreduktion intensiver und meist schneller bei größeren Alaunmengen erfolgt, wodurch günstigere Mittelwerte für das filtrierte Wasser erzielt werden. Mit 20 grm Alaun gehen die Mittelwerte für das Filtrat nicht unter 28, betragen aber zuweilen (bei sehr stark gefärbtem Rohwasser) sogar 38 (18./19. I. R. 120) selbst 43 (17./18. XI. R. 122). Mit 30 grm Alaun wird eine mittlere Farbe im filtrierten Wasser erzielt, die nur in wenigen Fällen bei stark gefärbtem Rohwasser (114, 107 am

24./25. I. und 10./11. III.) über 20 Farbgrade beträgt, sonst meist nicht über 10 bis 20 hinausgeht.

Im Mittel betrug an den Tagen, in denen 30^{gmm} gegeben wurde, der Wert

für R 75.1.

für F 15.1.

Wir können daraus schließen, daß man beim Landgrabenwasser mit 30^{gmm} Alaun bei 4 stündiger Sedimentation eine vollkommen genügende Farbenreduktion erhält; doch dürfte man nach den Versuchen vom 27. und 28./29. II. auch mit 2 stündiger Sedimentation auskommen. Zu Zeiten, in denen das Rohwasser stark gefärbt ist, oder die Farbenreduktion gewisse Schwierigkeiten bereitet, wäre eine geringe Erhöhung des Alaunzusatzes vorzunehmen.

In den ersten Versuchen, die in dieser Tabelle aufgeführt sind, wurde nicht die 11 stündige Filtrationsperiode eingehalten, sondern stets bis zur völligen Erschöpfung des Filterdrucks filtriert. Da ergab es sich denn regelmäßig, daß nicht allzulange nach der 11. Stunde die Farbenreduktion von einem erneuten Anstieg der Farbwerte im filtrierten Wasser gefolgt war, der allmählich, aber stetig bei längerer Dauer der Filtration zunahm. Es lag nahe, diese Tatsache mit dem Druck in Verbindung zu bringen, der ja gleichfalls gegen das Ende der Filtrationsperiode hin eine beträchtliche Zunahme erfährt; doch erwies sich diese Annahme als irrig.

Der Wiederanstieg der Farbe zeigte sich vom Druck ganz unabhängig, er begann z. B. bei einem Druck von 6.65 am 4./5. XII. in der 12. Stunde; am 18./19. XII. bei einem Druck von 5.5 in der 15. Stunde, am folgenden Tage bei 4.8 in der 16. Stunde u. s. f.

Diese späten Wiederanstiege der Farbe sind für uns praktisch ohne jede Bedeutung, solange wir an einer 11 stündigen Filtrationsperiode festhalten, dagegen muß eine früher einsetzende Zunahme der Farbe natürlich die Qualität des Wassers verschlechtern, und zwar umsomehr, je früher sie erfolgt und je mehr sie bis zum Ende der Filtrationsperiode zunimmt. Eine Verschlechterung der Farbe in der 10. Stunde um einige Grad ist ohne besondere Bedeutung, unangenehm aber ist es, wenn sich bereits in der 9. Stunde wie am 12./13. XII. ein Farbenanstieg einstellt, der bis zur 11. Stunde das Minimum an Farbe wieder um 21° übersteigt.

Noch stärker macht sich die Störung am 18./19. I. geltend, wo bereits in der 4. Stunde die Zunahme beginnt und in der 11. Stunde die maximale Reduktion wieder um 20 überragt (in der Tabelle 2 durch das negative Vorzeichen zum Ausdruck gebracht, bei den Werten in der Spalte „Farbenreduktion“ in der II. Filterperiode.)

Derartige Verschlechterungen der Farbe in erheblicherem Grade scheinen aber doch nur sehr selten aufzutreten, und man kann sie einfach dadurch verhüten, daß man an solchen Tagen die Filtrationsperiode um 1 bis 2 Stunden verkürzt.

Der Wiederanstieg des Farbwerts scheint allgemein bei langer Filtrationsdauer aufzutreten. Eine Erklärung, vor allem eine Erklärung darüber, weshalb er zuweilen früher in Erscheinung tritt, vermag ich nicht zu geben.

Die Alaunmenge ist ohne Bedeutung, denn wir finden das Phänomen ebenso bei Verwendung großer Alaundosen (60^g am 14./15. XII.) wie kleiner (22^g am 18./19. I. 06).

In dem Versuche vom 31. VIII. bis 13. XI. war die Farbe meist nur einmal am Ende oder gegen das Ende der Filtrationsperiode bestimmt worden. Die Zahlen geben deshalb nur ein ungefähres Urteil über die Farbenreduktion.

Die Rohwasserfarbe betrug von Anfang September bis Mitte Oktober meist weit unter 100°.

Bei den damals zur Verwendung gelangten großen Alaunmengen von 37 bis 60^g wurde meist eine Farbenreduktion auf 6 bis 12 erzielt.

Vom 15. X. an nimmt die Rohwasserfarbe enorm zu und steigt bis 180. Aber auch diese kolossale Gelbfärbung von 150° wird durch nur 40^g Alaun auf 15, die von 180° auf 21.5 herabgesetzt.

3. Das Wirrgrabenwasser.

In der kurzen Zeit, in der das Wirrgrabenwasser untersucht wurde, stellte es sich bereits deutlich heraus, daß dieser stark gefärbte Zufluß nicht in gleicher Weise wie die beiden andern durch die Alaunbehandlung beeinflußt wurde, trotzdem der Farbgrad nicht über den häufig beim Landgraben- und Kanalwasser beobachteten hinausging. Bei 30^g Alaun werden sowohl bei 2 wie bei 4 Stunden Sedimentation nach der Filtration Farbgrade erzielt, die noch so stark sind, wie sie für gewöhnlich Landgrabenwasser zeigt (69 bis 76). Selbst bei 50^g Alaun und 4 Stunden Sedimentation erreichte das Rohwasser von 116° nach der Filtration nur einen Wert von 62°; bei 60^g Alaun und 3½ Stunden Sedimentation gelang es allerdings den Farbgrad von 110 auf 33 d. i. um das 3.34fache herabzudrücken, und ein annähernd gleicher Effekt wurde sogar am folgenden Tage mit 50^g Alaun nur bei 2 Stunden Sedimentation erreicht. Doch ist die Reduktion der Farbe im Vergleich zu den Alaunmengen so gering, daß eine Verwendung des Wirrgrabenwassers für das Alaunverfahren, wenigstens zur Verbesserung

der Farbe, nicht empfohlen werden kann, vorausgesetzt, daß zu anderen Jahreszeiten sich das Wasser nicht als besser geeignet erweist.

4. Land- und Wirrgrabenwasser.

Bei Verarbeitung dieser beiden Zuflüsse gemischt sind die Resultate entsprechend der hohen Eignung des Landgrabenwassers für die Farbreduktion durch Alaun etwas günstigere. Doch sind auch dann Alaunmengen von 55 bis 70^g nötig, um dem Wasser einen Farbgrad zu geben, wie er beim Landgrabenwasser allein meist durch weniger als die Hälfte des Alauns erzielt wird. Da die Wirrgrabenleitung aber nur eine unerhebliche Ergiebigkeit hat, so können wir auf sie ganz verzichten, wenn dafür die reichen Mengen das Aufschlußkanalwassers wieder nutzungsfähig gemacht werden können. Immerhin ist zu erwägen, daß eine gewisse Farbenverbesserung ja doch auch, namentlich bei größeren Alaunmengen, erzielt wird, und daß wir deshalb das Wasser bei seiner sonstigen guten Beschaffenheit, besonders zu Zeiten, in denen es nicht allzustarke Farbe aufweist bzw. der Farbreduktion leichter zugänglich ist, verwenden können. Wenn es dann mit den anderen Zuflüssen gemischt zur Reinwasserleitung abgegeben wird, so macht sich ja bei der Verdünnung mit den andern besser entfärbten Zuflüssen eine stärkere Farbe weniger geltend.

Zusammenfassend können wir also sagen, daß die Alaunisierung des Königsberger Rohwassers in ausgedehntem Maße einen Hauptübelstand unseres Wassers, die Farbe, beim Landgraben- und Kanalwasser verringert.

Seither hatte Königsberg ein fast das ganze Jahr hindurch leicht gelb aussehendes Wasser, das zuweilen sogar die Farbe eines dünnen Teeaufgusses annahm; den nur zu berechtigten Klagen der Konsumenten gegenüber diesem Zustand war keine Abhilfe mit dem seitherigen System zu verschaffen. Bei Einführung der Alaunisierung wird es möglich sein, an Stelle dieses häßlich gefärbten unappetitlich aussehenden ein fast kristallklares Wasser zu liefern.

Über den Einfluß der Schnellfiltration auf die Klarheit des Wassers.

Durch die langsame Sandfiltration wird zwar meist eine genügende Klarheit unseres Wassers erzielt. Die Alaunbehandlung und Schnellfiltration leistet jedoch in dieser Beziehung weit mehr. Auf eine exakte zahlenmäßige Bestimmung der Klarheit wurde verzichtet. Jedoch wurde

wiederholt das langsam gefilterte Wasser mit dem durch das amerikanische Filter gegangenen in der Weise verglichen, daß eine am unteren Ende durch ein Glas geschlossene 1^m lange Röhre mit Proben von beiden Wässern gefüllt und eine Druckschrift von bestimmter Höhe durch die gefüllte Röhre hindurch betrachtet wurde.

Die bedeutend größere Klarheit des mit Alaun behandelten Wassers war auch bei geringen Zusätzen stets deutlich zu erkennen.

Es sei sodann noch kurz ein weiterer Fehler unseres Rohwassers in seinem Zusammenhang mit der Alaunisierung besprochen.

Einfluß der Schnellfiltration auf Geruch und Geschmack des Rohwassers.

Die gesamten Rohwässer haben einen wechselnden, häufig starken, moderigen Geschmack und Geruch, der besonders beim leichten Erwärmen des Wassers zutage tritt.

Durch die Schnellfiltration wird dieser Übelstand zwar zum großen Teil, jedoch nicht vollkommen korrigiert, wohl aber durch die langsame Sandfiltration. Auch aus diesem Grunde erscheint uns eine Verbindung der Alaunisierung und englischen Sandfiltration gerade für die Königsberger Verhältnisse als besonders empfehlenswert.

Einfluß der Alaunbehandlung auf die chemische Beschaffenheit des Wassers.

In der Tabelle 3 sind Analysen des Rohwassers und des filtrierten Wassers der drei Zuflüsse aufgeführt.

Das filtrierte Wasser wurde stets zu verschiedenen Zeiten in der einzelnen Filtrationsperiode entnommen und untersucht. Die Zahlen bei F in der Tabelle bedeuten die Stunden der Entnahme des Wassers, also F $\frac{1}{2}$, F 6 usw. $\frac{1}{2}$, 6 Stunden nach dem Beginn des Versuchs entnommen.

Die drei Zuflüsse der Königsberger Wasserleitung sind in ihrer chemischen Zusammensetzung sehr ähnlich bis auf den Gehalt an Eisen, das im Kanalwasser sehr reichlich vorhanden ist, im Wirrgrabenwasser gleichfalls nicht fehlt, im Landgrabenwasser aber nur in minimalen Mengen nachweisbar ist. Der Härtegrad ist gleichfalls im Kanalwasser, der Gehalt an organischer Substanz dagegen in den beiden offenen Zuflüssen entsprechend den bei Wasser allgemein bekannten Verhältnissen ein höherer.

Wir besprechen den im wesentlichen gleichartigen Einfluß des Alauns auf die drei Wässer gemeinschaftlich. Da die chemische Beschaffenheit der Zuflüsse, abgesehen von dem Eisengehalt in den beiden nördlichen eine tadellose ist, so wurde vor allem der Einfluß des Alauns auf das Eisen studiert und diese Versuche in erster Linie mit dem eisenreichen Kanalwasser angestellt. Es ist bereits im Eingang darauf hingewiesen worden, daß das Eisen zum großen Teil im Kanalwasser nicht an Kohlensäure, sondern an Huminsubstanzen gebunden ist und daher durch die üblichen Lüftungsverfahren nicht genügend entfernt wird.

Ein Blick auf die in der Tabelle aufgeführten Analysen zeigt, daß es dagegen durch die Alaunisierung gelingt, die reichen Eisenmengen des Kanalwassers bis auf Spuren zu entfernen. 30^{grm} Alaun genügen bei 2 Stunden Sedimentation, um bereits das nach 20 bis 40 Minuten aus dem Filter austretende Wasser praktisch eisenfrei erscheinen zu lassen. Beim Eindampfen größerer Mengen auf dem Wasserbade und Aufnahme des Bodensatzes in eisenfreie Salzsäure gelang es freilich, noch Spuren von Eisen nachzuweisen, doch betrugen diese Mengen niemals mehr als 0.05^{mg} im Liter. Nun ist nach Proskauer, Fischer, Dunbar u. a. selbst ein Eisengehalt von 0.3^{mg} im Liter noch unbedenklich, da es bei diesen Mengen bereits nicht mehr zu Trübungen durch ausfallendes Eisenoxydhydrat kommt und auch bei so geringen Mengen die *Crenothrix polyspora* nicht mehr die Bedingungen für ihre Entwicklung im Wasser findet. Praktisch ist danach das mit Alaun behandelte Kanalwasser und entsprechend auch das Wirrgrabenwasser als eisenfrei zu bezeichnen.

Die Tatsache, daß es gelingt, neben der Farbe auch das Eisen durch die Alaunisierung aus dem Kanalwasser und Wirrgrabenwasser zu entfernen, ist für die Königsberger Wasserversorgung von einschneidender Bedeutung. Gerade der zeitweilig hohe Eisengehalt des Wassers, der dieses in gleicher Weise für Genußzwecke wie für viele technische Betriebe als ungeeignet erweist, war es, der seinerzeit die Stadtverwaltung dazu gezwungen hatte, die Aufschlußkanalleitung schon wenige Jahre nach ihrer Eröffnung wieder aufzugeben und die Grundwasserversorgung überhaupt zu verlassen, um zu der hygienisch weit bedenklicheren Oberflächenwasserversorgung Zuflucht zu nehmen. Früher zeigte das Wasser der Königsberger Kanalleitung an der Luft bald Bräunung und Niederschläge und Flocken von Eisenoxydhydrat und *Crenothrix polyspora*, die das Wasser unappetitlich und fast ungenießbar machten. Das mit Alaun behandelte und durch die Jewellfilter geschickte Kanalwasser bleibt dagegen auch in der Berührung mit Luft vollkommen klar. Noch heute, Ende September, zeigt das im Mai filtrierte Wasser keine Spur von Flockenbildung. Die Methode der Alaunbehandlung gestattet es uns also, eine

mit einem Kostenaufwand von über 2 Millionen errichtete, aber seit Jahrzehnten unbenutzte und, wie man bis in die jüngste Zeit annahm, für immer unbrauchbare Grundwasserleitung von durchschnittlich 4000 ^{cm} Ergiebigkeit pro Tag der Benutzung zu erschließen und mit ihr ein einwandfreies Trinkwasser zu erzielen.

Die Möglichkeit der uneingeschränkten Wiederverwendbarkeit des Kanalwassers ist abgesehen von der neu erschlossenen Wassermenge für Königsberg noch von weiterer Bedeutung. Das Oberflächenwasser der Stauteiche hat im Sommer, wie sich ja auch aus der Tabelle I ergibt, eine sehr hohe Temperatur, natürlich ein großer Übelstand für ein Trinkwasser, dessen Temperatur entsprechend den Forderungen der Hygiene auch im Sommer nicht über 12° hinausgehen soll. Seither war man nicht imstande, dieser Forderung zu genügen. Durch die Zufuhr des gleichmäßig und nieder temperierten Grundwassers des Aufschlußkanals wird es aber fortan möglich sein, auch in dieser Hinsicht das Königsberger Wasser bedeutend zu verbessern.

Die Alaunmethode ist nicht nur für unsere Königsberger Wasserleitung von Interesse, sondern überhaupt von prinzipieller Bedeutung für die Wasserversorgung gewisser Gegenden. Sie gestattet unter ähnlichen Bedingungen, wie sie bei uns vorliegen, die Benutzung der reichlichen Wassermengen im moorigen Boden. Mit der Erschließung derartigen Wassers und geeigneter Behandlung ist für Kommunen, die bisher ausschließlich auf die Oberflächenwasserversorgung angewiesen waren, die Möglichkeit einer hygienisch einwandfreien Grundwasserversorgung gegeben. Gerade durch das Alaunisierungsverfahren dürfte es in vielen Fällen gelingen, diejenigen Fehler, die bisher die Verwendung derartiger Wässer prinzipiell unmöglich machten, Eisengehalt und Farbe, für praktische Verhältnisse vollkommen zu beseitigen.

Es gilt dies freilich alles nur unter der Voraussetzung, daß das Alaunverfahren an sich nicht das Wasser, weder für Genußzwecke noch, soweit es für Betriebe Verwendung finden soll, in anderer Richtung ungünstig zu beeinflussen imstande ist. Dagegen spricht schon die Tatsache der weitergehenden Verbreitung des Alaunfiltersystems in Amerika. Dort hat zudem eine Umfrage bei 44 ausschließlich mit durch Alaun geklärtem Wasser versorgten Städten ergeben, daß der Genuß derartigen Wassers unbedenklich ist.

Wie bereits auf Seite 9 auseinandergesetzt wurde, geht die chemische Umsetzung des Alauns mit dem Wasser derart vor sich, daß unter Einwirkung des Aluminiumsulfats auf die Karbonate im Wasser sich Aluminiumhydrat bildet, Kohlensäure frei wird und die Schwefelsäure sich mit dem Calcium bzw. Magnesium im Wasser zu Calciumsulfat bzw. Magnesium-

sulfat verbindet. Dadurch erfahren die bereits im Wasser vorhandenen Sulfate und Hand in Hand damit die permanente Härte eine Vermehrung, die mit der verwandten Alaunmenge zunimmt. Aber diese Zunahme ist in unsern Wässern nur eine sehr geringe und eine Gesundheitsschädigung durch die geringe Vermehrung der Sulfate ist ausgeschlossen. Ist doch nach Lehmann noch ein Gehalt bis zu 100^{mg} SO₃ unbedenklich, und viele Trinkwässer enthalten von Haus aus derartige Mengen und mehr, ohne daß ihr Genuß Störungen der Gesundheit zur Folge hätte. Bei der geringen Härte unseres Wassers kommt die Vermehrung um kaum einen Grad praktisch nicht in Betracht; sie erscheint sogar bei dem sehr weichen Oberflächenwasser eher erwünscht. Sicher hat auch sie keine gesundheitsschädliche Bedeutung; genießen doch viele Städte ein 10 bis 20 mal härteres Wasser. In Würzburg z. B. beträgt die Härte des Leitungswassers 30 bis 40°, in Schwäbisch Hall sogar 105°.

Die geringe Vermehrung der freien Kohlensäure ist erst recht belanglos. Bleibt noch das Aluminiumhydrat, dessen Hineingelangen in das Trinkwasser allerdings nicht erwünscht ist. Man muß jedoch berücksichtigen, daß schon die Alaunmengen an sich sehr gering sind, sie betragen pro Kubikmeter in unsern Versuchen 20 bis 70^g, doch wird man in praxi auch bei uns nie über 50 hinausgehen und selten mehr als 30^g bedürfen. Das sind aber nur 3 bis 5 Teile in 100000 Teilen Wasser. Das Alaun besteht wiederum nur zu 20 Prozent aus Tonerde, also bleiben nur 0.4 bis 1 Teil in 100000. Das Aluminiumhydrat ist nun, wie wir bereits wissen, keineswegs im Wasser gelöst, sondern bekanntlich in Form von gelatinösen Flocken darin enthalten; diese werden teils sedimentiert, teils ganz auf dem Filter zurückgehalten und, soweit sie in das Filter gelangen, bleiben sie in den oberen Sandschichten haften.

Bitter sowie Schreiber konnten in den tieferen Sandschichten nur noch Spuren von Tonerde nachweisen.

Unzersetzter Alaun könnte nur dann in das Trinkwasser gelangen, wenn nicht genügende Menge von Karbonaten zur chemischen Umsetzung mit dem Aluminiumsulfat vorhanden sind. Nach den vorliegenden Angaben findet jedoch die Umsetzung stets noch statt, wenn pro deutschen Härtegrad bis zu 34^g Alaun im Kubikmeter zugesetzt werden.

Bei den Härteverhältnissen unserer Rohwässer (s. Tabelle) ist eine mangelnde Zersetzung des Alauns also für gewöhnlich nicht zu befürchten.

Es könnte allenfalls bei heftigen Regengüssen das Überschwemmungswasser, das infolge des kurzen Kontakts mit dem Boden nur wenig Calciumkarbonat enthält, die Härte des Wassers so verringern, daß nicht genügend Calciumkarbonat zur Umsetzung mit dem Alaun vorhanden ist,

dann käme freier Alaun in das Trinkwasser. Durch künstlichen Zusatz von Kalk läßt sich diese Gefahr umgehen.

Bei einem mangelnden Kalkgehalt kann übrigens das Wasser auch saure Reaktion annehmen, was unbedingt zu verhüten wäre. Auch hiergegen schützt natürlich der Zusatz von Kalk.

Wird an Stelle der schwefelsauren Tonerde $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ der eigentliche sogenannte Alaun das Doppelsalz des Aluminiumsulfats mit einem Alkalisulfat z. B. Kaliumsulfat ($\text{K. Al}(\text{SO}_4)_2$) benutzt, so bleibt das schwefelsaure Alkali im Wasser gelöst. Da es immerhin möglicherweise für den Organismus nicht ganz indifferent ist, so verwendet man zweckmäßig statt des Doppelsalzes das einfache Aluminiumsulfat.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß bei der chemischen Natur des Königsberger Wassers die für die Alaunfiltration zur Verbesserung der Farbe und Entfernung des Eisens notwendigen Aluminiumsulfatmengen keine Störungen der Gesundheit zu veranlassen vermögen. Es sei auch ausdrücklich bemerkt, daß ich am Geschmack des Wassers durch die in Frage kommenden Alaunmengen keine nachteilige Veränderung wahrnehmen konnte.

Die technische Verwertbarkeit der Königsberger Wasser erfährt gleichfalls durch die Alaunbehandlung keine Einschränkung.

Wir haben zwar eine Zunahme der temporären Härte, die als notwendige Folge der chemischen Umsetzungen eintritt; diese Zunahme ist aber selbst bei 50 g^{rm} Alaun (Wirrgrabenwasser vom 16. VI.) so gering, daß sie ebensowenig wie für den menschlichen Organismus für technische Betriebe eine Bedeutung hat und eine nennenswert erhöhte Neigung zur Kesselsteinbildung dem Wasser nicht verleiht.

Eine Verminderung der organischen Substanz, wie sie bei der langsamen Sandfiltration infolge Oxydation durch die Bakterien im Filter zustande kommt, ist bei der Schnellfiltration nur in geringem Grade nachzuweisen, und das ist ja auch bei der großen Geschwindigkeit der Filtration nicht weiter verwunderlich.

Einfluß der Alaunfiltration auf die Keimzahlen des Wassers.

Mit der Entfernung der Farbe und des Eisens wurde eine Verbesserung des Wassers mehr nach der ästhetischen Seite hin erzielt als nach der hygienischen. Von hygienischem Standpunkt ist mehr noch als ein appetitliches Wasser ein Wasser zu fordern, das frei ist von schädlichen Bestandteilen, vor allem frei von pathogenen Kleinlebewesen. Diese wichtigste Verbesserung des Rohwassers soll gleichfalls durch das amerikanische System in vollkommenerer Weise erzielt werden, und jedenfalls sollen

darin die Schnellfilter den langsamen Sandfiltern nicht nachstehen. Für uns war die Frage der Keimreduktion durch das Alaunfilter weniger wichtig, wegen der Möglichkeit einer nachträglichen Verwendung der langsamen Sandfilter. Selbst wenn das Alaunisierungsverfahren gar keinen Einfluß auf die Keimzahl des Wassers hätte, wäre seine Einführung in Königsberg doch wegen der übrigen Vorteile, die heute auf keine andere Weise zu erreichen sind, geboten. Doch mußte jede Verminderung der Keimzahl durch das neue Verfahren naturgemäß auch für unser Wasser von Bedeutung sein, da ja natürlich der Filtereffekt mit den langsameren Sandfiltern wesentlich durch eine bereits vorher erfolgte Keimreduktion begünstigt wird; vielleicht genügte indessen auch schon die alleinige Schnellfiltration.

In diesem Sinne sprechen sich uneingeschränkt die Gutachten von Bitter und Gottschlich aus, ebenso, wenn auch mit etwas mehr Reserve das von Schreiber.

Da für die Anlagen in Alexandrien die alleinige Schnellfiltration in Betracht kam, so haben die zitierten Autoren diese für ein Filtersystem ja auch wichtigste Frage besonders eingehend studiert und fast nur in dieser Richtung hin ihre Versuche angestellt. Auch die Versuche in Friedrichshagen wurden im wesentlichen von diesen Gesichtspunkten aus unternommen.

Es seien zunächst die Resultate dieser Forscher kurz besprochen. Bitter und Gottschlich setzten dem Nilwasser künstlich *Prodigiosus*-Kulturen zu; Schreiber experimentierte mit der gleichen Bakterienart, mit *B. coli* und *Vibrio Dunbar* und mit künstlicher Anreicherung der Rohwasserkeime.

Waren die Reduktion der Farbe und die Entfernung des Eisens aus dem Wasser mehr Folgen des chemischen Prozesses und der Sedimentation, so liegt die Keimreduktion in erster Linie dem Filtrationsprozesse ob. Doch auch durch die Sedimentation wird bereits eine Bakterienverminderung eingeleitet. Bei jeder Sedimentation eines Wassers setzen sich ja die suspendierten Bestandteile zu Boden, in erster Linie die gröberen anorganischen, dann aber auch organische, Plankton und zum Teil Bakterien. Durch die Bildung der voluminösen gelatineartigen Aluminiumhydratflocken wird die Bakteriensedimentation ganz besonders begünstigt. Die dadurch bedingte Reduktion der Keimzahl des Rohwassers ist nach den vorliegenden Angaben nicht unerheblich. Nach Bitter werden bei 9 stündiger Sedimentation bereits $\frac{3}{4}$ der Keime niedergerissen. Gottschlich berichtet, daß die Zahl der dem Wasser zugesetzten *Prodigiosus*-keime von durchschnittlich 8139 im Kubikzentimeter auf 1818 infolge der einfachen Sedimentation sank.

Natürlich geht die Reduktion durch Sedimentation proportional der Dauer dieses Prozesses und beträgt nach Schreiber

bei 3 Stunden 37.2 Prozent
 bei 1 Stunde 28 Minuten 20 Prozent,
 bei 1 Stunde 16 Minuten 14.3 Prozent.

Sie ist also bei kürzerer Sedimentationszeit nur von unerheblicher Bedeutung. Da wir der Sedimentation zur Ausscheidung der Schwebstoffe ohnehin bedürfen, so kann uns die Nebenwirkung auf die Bakterien nur willkommen sein. Freilich kann durch die Sedimentation in keinem Fall die nachherige Filtration überflüssig gemacht werden.

Die vorherige Bakterienreduktion durch Sedimentation ist aber für den Filtereffekt, besonders bei keimreichen Wässern, von hoher Bedeutung. Es ist allgemein bekannt, daß ein Filter die vom Reichsgesundheitsamt geforderte Keimreduktion auf 100 Keime im Kubikzentimeter nicht bei unbegrenzter Vermehrung der Rohwasserkeime zu leisten vermag — die optimale Leistung für das englische Sandfilter beträgt nach Piefke nur 1:3500 bei 100^{mm} Geschwindigkeit —, und von diesen Gesichtspunkten aus muß jede Keimverminderung vor der Filtration uns willkommen sein.

Der Filtrationsprozeß mit dem amerikanischen Filter selbst unterscheidet sich prinzipiell von dem der langsamen Sandfiltration in folgenden drei Punkten:

1. in bezug auf Filtrationsgeschwindigkeit und Filterdruck;
2. in bezug auf die Dauer der Einarbeitung des gereinigten Filters;
3. in bezug auf die Reinigung des Filters.

In diesen drei Richtungen wirft die Betriebsweise der Schnellfilter jene bei der langsamen Sandfiltration gewonnenen Lehren, die geradezu als Axiome galten, um.

Diese Abweichungen sind möglich durch die ausgiebige Sedimentation, durch die homogene dauerhafte Beschaffenheit der Filterdecke, durch ihre schnelle Bildung und durch die zweckmäßige Konstruktion des Filters.

ad 1. Während bei den langsamen Sandfiltern ohne Vorfiltration (s. vorn) eine Geschwindigkeit von 100^{mm} als Maximum gilt und ein Druck von ca. 60^{mm}, wird hier mit einer 40 bis 50 mal größeren Geschwindigkeit und bei einem Druck von bis zu drei Metern filtriert.

ad 2. Die Periode, in der das Filter sich einarbeitet, in der also das filtrierte Wasser nicht dem Reinwasserbehälter zugeführt wird, beträgt bei dem alten System je nach der Fähigkeit des Rohwassers eine Decke zu bilden 1 bis 2 Tage; bei dem Schnellfiltersystem kann i. d. R. bereits nach $\frac{1}{2}$ Stunde das Wasser wieder der Leitung zugeführt werden.

Nur zu Zeiten von Epidemien, in denen die Möglichkeit der Verunreinigung des Rohwassers mit pathogenen Keimen besteht, dehnt man diese Periode auf eine Stunde aus.

ad 3. Die Reinigung erfolgt in der Seite 371 näher angegebenen Weise durch Rückspülung unter gleichzeitiger energischer mechanischer Umrührung der oberen Sandpartien.

Das ist gleichfalls ein *modus procedendi*, der von der Reinigung der langsamen Sandfilter prinzipiell abweicht. Dort wird nur die Schlammdecke und die alleroberste Sandschicht vorsichtig abgehoben, die übrigen Sandschichten des Filterbettes aber gelten als *ein noli me tangere*; ihr Durcheinanderrühren ist streng verpönt.

Auch beim Schnellfilter sind es wie beim langsamen Filter nur die oberen Schichten, in denen Schmutz und Bakterien haften bleiben. Das ergibt sich sowohl aus den direkten Wägungen des Sandes, dem Gewichtsverlust durch Glühen und der Keimzählung der einzelnen Schichten als auch daraus, daß beim Spülen nur das erste Spülwasser besonders reich an Keimen ist, das später aus den tieferen Partien aufsteigende aber progressiv keimärmer wird.

A priori erscheint nun ja bei der energischen Durchrührung des Sandes die Gefahr zu bestehen, daß Schmutz und Sandpartikel mit den daran haftenden Keimen bei der Durcheinanderwälzung der oberen Sandschichten in die tieferen Partien des Filterbettes hinabgerissen werden und damit bei der nächsten Filterperiode ins Reinwasser geschwemmt werden. Wie die darauf gerichteten Untersuchungen von Bitter und Gottschlich dartun, ist diese Befürchtung grundlos.

Die Autoren haben den Sand der verschiedenen Tiefen nach Schluß einer Filterperiode und nach erfolgter Waschung verglichen und Gottschlich fand, daß nach Schluß der Filterperiode die zugesetzten Prodigiosus-Bakterien und Schmutzpartikel im Sand nach der Tiefe zu gradatim abnahmen und kaum über 30 cm hinausreichten; das lehrt auch der bloße Augenschein. Durch die Waschung werden nun, wie die Keimzählungen und Wägungen des Schmutzes nach dieser Prozedur ergaben, keine Verunreinigungen tieferer Filterschichten herbeigeführt. Schmutz und Bakterien nehmen wie vorher nach oben hin zu, sind aber natürlich absolut bedeutend in ihrer Menge verringert (etwa 20:1). Das, was die Vermischung der einzelnen Schichten hindert, ist der gleichmäßig emporsteigende Wasserstrom, der alle aufgewirbelten Bestandteile dem spezifischen Gewicht entsprechend aufrührt und wieder sich setzen läßt. Gegen eine Verunreinigung der tieferen Sandpartien beim Waschen spricht auch die Tatsache, daß bei Beginn einer neuen Filterperiode das zuerst ausfließende (aus den tieferen Filterschichten stammende) Wasser klar ist,

dann erst folgt das stärker getrübe Wasser, das bei der Spülung in den oberen Sandschichten und auf dem Sand stand. Entsprechend verhalten sich die Bakterienzahlen. In der ersten Minute sind bei Zusatz spezifischer Keime fast keine von diesen im Wasser vorhanden, dann erfolgt ein Anstieg, der durch die in den oberen Sandschichten noch befindlichen Keime der vorhergehenden Filtrationsperiode bedingt ist. In dem Maße als sich dann das Filter einarbeitet, geschieht der Wiederabfall der Keimzahl.

Von hygienischem Standpunkte verdient der Reinigungsmodus der Alaun-Sandfilter noch aus anderen Gründen vor dem der englischen Filter den unbedingten Vorzug. Bei diesen geschieht die Reinigung, die bei uns im Sommer früher etwa alle 14 Tage, im Frühjahr noch häufiger (s. vorn), im Winter in ca. 6 wöchentlichen Intervallen vorgenommen werden mußte, durch Abheben der obersten Sandschichten, gründliche Auswaschung und Wiederauffüllung.

Zu dem Zweck ist der längere Aufenthalt einer größeren Zahl von Arbeitern auf dem Filter nötig, die durch das Abheben und Wiederaufschütten des Sandes in Kontakt mit der Filterschicht kommen und so jedenfalls doch die Möglichkeit einer Infektion des Filters geben können. Man pflegt zwar zu derartigen Arbeiten nur einheimische gesunde Arbeiter zu verwenden, doch muß darauf hingewiesen werden, daß auch scheinbar gesunde Individuen hier eine gewisse Gefahr bringen können, da unter ihnen sehr wohl Bazillenträger oder die noch bedenklicheren Bazillenzwischenträger sich befinden können.

Das Ideal wäre es also, wenn Menschen überhaupt mit dem Filtersand nicht in Berührung kämen.

Bei den großen Schnellfilteranlagen, bei denen die Rührung maschinell vorgenommen wird, betritt auch der Arbeiter den Filterraum überhaupt nicht, sondern setzt durch entsprechende Hebelstellung in einem besonderen Raum sowohl die Spülung wie das Rührwerk in Betrieb.

Bei uns wird sich dagegen beim Landgraben- und namentlich beim Wirrgrabenwasser ein so rigoroses Fernhalten des Dienstpersonals vom Filter nicht durchführen lassen, und eine zeitweilige manuelle Reinigung wegen der aufs Filter gelangenden erwähnten Algenkugeln wird sich nicht vermeiden lassen. Das aber kann, da ja nicht alle Filter gleichzeitig vorgenommen zu werden brauchen, bequem eine Person ausführen; dadurch wird die Gefahr einer Verunreinigung schon verringert; auch ist die Berührung mit dem Filtersand keine so innige wie bei der Regeneration des englischen Sandfilters.

Auf den Vorteil, den die Möglichkeit einer völligen Sterilisation des amerikanischen Filters bietet (siehe S. 373), brauche ich wohl nicht weiter einzugehen.

Trotz des gänzlich abweichenden Betriebes sind die vorliegenden Resultate über die Keimreduktion bei ausschließlicher Schnellfiltration vielfach außerordentlich günstige.

Nach Bitter und Gottschlich sind sie den bei englischen Sandfiltern überlegen. („Malgré la grande vitesse de la filtration et la haute pression sous laquelle le filtre fonctionnait, la proportion de réduction des bactéries était donc de beaucoup supérieur au chiffre obtenu par Piefke pour les filtres de sable les mieux aménagés.“) (Bitter, Rapport S. A. p. 10.)

Schreiber konnte mit dem Müggelseewasser nicht gleich günstige Resultate erzielen, und er weist auf den Unterschied hin, den das Nilwasser gegenüber einem Seewasser wie dem Müggelseewasser aufweist. Immerhin sind auch seine Resultate befriedigend, und wie er mehrfach hervorhebt, „deckte sich hinsichtlich des bakteriologischen Leistungseffektes der Prozeß der langsamen völlig mit dem der Schnellfiltration“.

Bitter und Gottschlich setzten dem Nilwasser teils vor dem Zusatz des Alauns, teils erst vor dem Durchtritt durch das Filter leicht erkennbare Bakterien (*B. Prodigiosus*) zu und verglichen die Zahl der spezifischen Keime des Rohwassers und des Filtrates.

Für die Keimreduktion sind zwei getrennte Perioden zu unterscheiden: eine kurze Vorperiode, in der das Filter sich einarbeitet, das Wasser also nicht der Reinwasserleitung zugeführt wird, und die eigentliche Filterperiode.

Bitter beobachtete mit 25 g^m Alaun pro Kubikmeter, 6 Stunden Sedimentation und 96^m Filtrationsgeschwindigkeit bei Zusatz von großen *Prodigosus* mengen eine Minute nach Betriebseröffnung über dem Filter bereits nach 1/2 Stunde eine Reduktion von 1:2176, nach 1 1/2 bis 1 Stunde von 1:1000, nach 2 Stunden 1:20000. Wurden die *Prodigosus* keime erst nach vollkommener Bildung der Filterhaut hinzugefügt (2 1/2 Stunde nach Betriebseröffnung), so betrug die Reduktion 1:25000. Werden die Keime bereits dem Rohwasser beigelegt, so daß sich zu der Filtrationswirkung noch die der Sedimentation hinzuaddiert, so beträgt nach Gottschlich die Keimreduktion 1:45000, das wäre mehr als das Zehnfache dessen, was nach Piefke das langsame Sandfilter zu leisten imstande ist.

Zahlen von Gottschlich: Rohwasser im Mittel 8139 *Prodigosus* keime pro Kubikzentimeter

Wasser über dem Filter 1818 *Prodigosus* pro Kubikzentimeter

Filtriertes Wasser 1 *Prodigosus* keim pro 5 Kubikzentimeter.

Diese Reduktion leistet das Filter nach der Einarbeitung, selbst bei einer 26 stündigen Filtrationsdauer.

Schreiber beobachtete bei $1\frac{1}{2}$ Stunden Sedimentationsdauer und 96^m Filtrationsgeschwindigkeit und Alaunzusätzen, die zwischen 23 und 43^{cem} schwankten, stets eine Reduktion der Rohwasserkeime von über 90 Prozent (91.3 bis 95.4 Prozent).

Bei künstlicher Anreicherung wurde mit 43^{grm} Alaun eine Reduktion von 15080 auf 63 im Durchschnitt, das ist um 99.6 Prozent erreicht.

Versuche über die Keimreduktion im Königsberger Rohwasser unter dem Einfluß der Schnellfiltration.

Eine einfache vergleichende Zählung der Keime im Rohwasser und filtrierten Wasser gibt wohl ein klares Bild über die Leistung eines Filters, nicht aber über seine Leistungsfähigkeit, denn wir wissen bei einem Anstieg der Keime im filtrierten Wasser ja niemals, wie viele von diesen aus dem Rohwasser stammen, wie viele aus der Flora des Filterbetts selbst.

Um über die wirkliche Retentionsfähigkeit des Filters ein Urteil zu gewinnen, setzen wir nach Piefkes Vorgang dem Rohwasser künstliche Keime einer bestimmten Art zu, die

1. im Rohwasser nicht vorkommt,
2. leicht zu züchten ist,
3. leicht durch charakteristische Farbe der Kolonien kenntlich ist,
4. apathogen ist.

Der *B. violaceus*, mit dem Piefke seine Versuche anstellte, ist für uns wegen seines konstanten Vorkommens im Königsberger Rohwasser wenig geeignet.

Ich wählte deshalb den *B. prodigiosus*, mit dem auch Bitter und Gottschlich durchgehend, Schreiber teilweise experimentiert hatten.

Die Bakterien wurden stets mit dem Rohwasser gemischt, was am ehesten den natürlichen Verhältnissen gleichkam. Es geschah das unmittelbar an der Eintrittsstelle des Wassers in den Sedimentierungsbottich, wo bei der Wirbelbewegung des Wassers eine innige Durchmischung der in Reinwasser aufgeschwemmten spezifischen Keime mit dem Rohwasser am ehesten gewährleistet war. Der Bakterienzusatz war ein gleichmäßiger und kontinuierlicher während der ganzen Filtrationsperiode.

Zum Plattengießen wurde das Rohwasser vor der Eintrittsstelle in den Bottich durch einen kleinen Zapfhahn, das filtrierte Wasser beim Austritt aus dem Westonkontroller entnommen. Die Entnahme in den Bottichen und über dem Filter geschah möglichst immer an gleicher Stelle.

Die Platten wurden stets unmittelbar nach der Entnahme der Wasserproben an Ort und Stelle angelegt. Die Impfung geschah zuerst in Gelatine; Bebrütung bei 22°. Die Versuche hatten aber bald ergeben, daß man mit Gelatine nicht zum Ziele gelangt, und zwar aus folgendem Grunde: bis die *Prodigiosus*-kolonien auch in den tieferen Schichten der Platte deutliche Farbstoffbildung zeigen, vergehen durchschnittlich 4 bis 6 Tage. In dieser Zeit aber werden die Platten häufig schon durch andere verflüssigende Keime des Wassers für die Zählung unbrauchbar gemacht, ganz abgesehen davon, daß sich auch die verflüssigende Wirkung der *Prodigiosus*-keime selbst störend bemerkbar macht. Wir verwandten deshalb nachher ausschließlich schwachsauren Agar von stets gleichmäßiger Zusammensetzung und zählten die Keime am 6. und 7. Tag. Dadurch werden allerdings etwas andere Bedingungen herbeigeführt, als sie den üblichen Bestimmungen des Reichsgesundheitsamtes für Wasserzählung entsprechen. Doch stört das natürlich nicht die Vergleichung der gefundenen Werte untereinander.

Bei Bitter und Gottschlich haben die *Prodigiosus*-versuche ein für das Nilwasser vollkommen eindeutiges und zufriedenstellendes Resultat geliefert.

Aber schon Schreiber wie Hilgermann weisen auf gewisse Schwierigkeiten hin, die das Müggelseewasser für derartige Versuche bietet. Es zeigte sich, daß zuweilen andere im Rohwasser vorhandene Keime die Entwicklung des *B. prodigiosus* oder doch wenigstens die Farbstoffbildung durch die *Prodigiosus*-keime hemmten.

Der weitere Einwand von Schreiber gegen die *Prodigiosus*-versuche, daß in den tieferen Schichten der Platte die Keime nicht mehr zur Entwicklung kämen, scheint nur von untergeordneter Bedeutung, da es sich ja immer nur um Vergleichsversuche handelt und die Bedingungen für die *Prodigiosus*-farbstoffbildung auf allen Platten in dieser Richtung die gleichen sind.

Dagegen machte sich auch bei meinen *Prodigiosus*-versuchen die hemmende Wirkung anderer Bakterienarten ungemein störend bemerkbar. Offenbar enthält das Königsberger Wasser bei seinem hohen Keimgehalt gerade viele derartige die Entwicklung des *Prodigiosus* hemmende Arten. So kommt die paradoxe Erscheinung zustande, daß häufig während ganzer Versuchsreihen über dem Filter weit mehr *Prodigiosus* gefunden wird als in den Bottichen. Es sind eben auf dem Filter die hemmenden Keime zum großen Teil bereits ausgeschieden.

In einzelnen Fällen mag ja auch einmal an der Inkonstanz der Werte der Keimzahlen in den Bottichen die Unmöglichkeit, die zugefügten Bakterien gleichmäßig genug im Wasser zu verteilen, schuld sein. Diese

Erklärung kann aber im allgemeinen bei dem beobachteten häufigen Vorkommen der höheren Werte auf dem Filter zu den verschiedensten Zeiten nicht herangezogen werden.

Unter den erwähnten Umständen werden natürlich auch im filtrierten Wasser bei der sonstigen starken Keimreduktion stets relativ mehr Prodigiosuskeime zur Entwicklung gelangen als im Rohwasser der Bottiche. Auf diese Weise bleiben die Zahlen, die beim Bottichwasser gefunden werden, wohl stets beträchtlich hinter den tatsächlich vorhandenen Prodigiosuszahlen zurück, während andererseits im filtrierten Wasser die Zahlen für die Prodigiosuskolonien mehr oder weniger voll den tatsächlich zur Aussaat gelangten Keimmengen entsprechen. Derartige Ungenauigkeiten erschweren natürlich die Beurteilung der vorliegenden Zahlen, andererseits aber sind die Versuche, in denen bei hohen Prodigiosuswerten in den Bottichen wenig Prodigiosuskeime aus dem Filtrat gezüchtet wurden, um so beweisender.

Zuweilen war auch bei reichlichem Zusatz die Prodigiosusentwicklung, besonders wenn auch das filtrierte Wasser mehr Keime enthielt, durchgehend so minimal, daß ich auf die Prodigiosuszahlenbestimmung verzichtete und alle Keime zählte.

Bei der Verwendung des *B. Violaceus* an Stelle des *Prodigiosus* ergaben sich ähnliche Schwierigkeiten, ganz abgesehen davon, daß der *B. Violaceus* auch wegen seines ständigen Vorkommens im filtrierten Wasser für unsere Versuche wenig geeignet erschien.

In einer Reihe von Versuchen habe ich auch wegen dieser Schwierigkeiten den Zusatz spezifischer Keime gänzlich unterlassen und mich auf eine Zählung der im Wasser natürlich vorhandenen Keime beschränkt. In anderen Versuchen wurden die Prodigiosusbakterien und die übrigen getrennt bestimmt.

Einfluß der Schnellfiltration auf den Keimgehalt des Landgrabenwassers.

Das Landgrabenwasser hat auch in dieser Richtung für uns die größte Bedeutung, weil es als Oberflächenwasser besonders reich an Bakterien ist, deren Reduktion erwünscht erschien.

Ich habe zunächst, um einen sicheren Anhalt über die Retentionsfähigkeit des Filters zu erlangen, mit diesem Wasser Prodigiosusversuche angestellt.

Die Filtrationsgeschwindigkeit war bei diesen Versuchen konstant, die Sedimentationszeit ebenfalls (4 Stunden), so daß wir ein reines Bild

über die Wirkung des Hauptfaktors für die Keimreduktion, die Alaunmenge und die Art ihres Zusatzes, erhalten.

Die Tabelle I gibt uns die Keimzahlen zu den verschiedensten Zeiten eines Versuches, sowohl in den Bottichen wie über und hinter dem Filter. In der ersten halben Stunde (der „1. Periode“) wurden die Proben des filtrierten Wassers von 10 zu 10 Minuten entnommen, später allgemein stündlich.

Der Prodigiosuszusatz war ein reichlicher und kontinuierlicher von annähernd gleichen Prodigiosusaufschwemmungen in den einzelnen Versuchen. Trotzdem erscheint die Zahl der spezifischen Keime im Rohwasser nicht sehr groß. Dafür ist in erster Linie der bereits erwähnte Umstand wohl verantwortlich zu machen, daß durch die Konkurrenz der übrigen Wasserbakterien sicher ein nicht unbeträchtlicher Teil der roten Bakterien an der charakteristischen Entwicklung gehemmt wurde und dadurch dem Nachweis entging.

Da im filtrierten Wasser die Zahl der hemmenden Keime aus der Rohwasserflora geringer ist, so gelangen hier, wie bereits erwähnt, naturgemäß relativ mehr Prodigiosusbakterien zur Entwicklung. Die Keimreduktion stellt sich danach in Wirklichkeit in ihren absoluten wie relativen Werten wohl höher, als es den Zahlen der Tabelle entspricht.

Die in kürzeren Intervallen gewonnenen Werte der Haupttabelle geben uns ein Bild über den Verlauf der Keimreduktion während der ganzen Filterperiode. Wir betrachten diese Zahlen in zwei getrennten Abschnitten:

1. Der Abschnitt, in dem sich das Filter einarbeitet,
2. der Abschnitt des eigentlichen Filterbetriebes.

Es ist dabei die Voraussetzung gemacht, daß die erste Periode $\frac{1}{2}$ Stunde, die gesamte Dauer des Einzelversuchs 11 Stunden betragen soll.

Außer dem Verlauf der Keimkurve während des Einzelversuchs haben naturgemäß auch die Mittelwerte Interesse. In einer besonderen Tabelle IV sind deshalb die Mittelwerte des Wassers vor dem Filter an den einzelnen Stationen (I., II. Bottich, Filter oben) und die Mittelwerte des filtrierten Wassers aufgeführt.

Die XIII. Spalte enthält dann die Mittelzahl der Keime vor dem Filter überhaupt (für alle drei Stationen) in der II. $10\frac{1}{2}$ stündigen Periode. Die Werte der XIV. Spalte sind natürlich für uns von besonderer Wichtigkeit, erstens an sich als direkter Ausdruck der Güte des Reinwassers vom bakteriologischen Standpunkt, dann aber vor allem in Beziehung mit den Zahlen der vorhergehenden Spalte, Mittelwerte vor dem

Filter¹ als Ausdruck der Leistungsfähigkeit des Filters unter Berücksichtigung der zu leistenden Arbeit (Keimgehalt des Wassers vor dem Filter). Es wurde aus den Werten der mittleren Keimzahlen vor und hinter dem Filter berechnet:

1. die absolute Differenz (Spalte XV), die direkt ausdrückt, wieviel der Keime vor dem Filter im Filter zurückgehalten werden,
2. den Quotient der beiden Werte i. e. relative Keimreduktion (XVI),
3. die prozentuale Keimreduktion (XVII).

Es galt wie bei der Farbenreduktion wiederum, die minimale Alaunmenge ausfindig zu machen, unter Berücksichtigung des Ortes des Zusatzes, der Sedimentationsdauer und Filtrationsgeschwindigkeit, mit der innerhalb einer halben Stunde eine gute Keimreduktion erzielt war, die bis zu dem Ende der 11 stündigen Filterperiode anhielt.

Wie die Versuche mit 20^g Alaun pro Kubikmeter dartun (21. XI.), genügt diese Menge bei unserem Wasser in keiner Weise.

Trotz der relativ geringen Zahl von bestimmbar Prodigiosuskeimen im I. Bottich (618) (275 im Mittel vor dem Filter) beträgt der mittlere Gehalt im filtrierten Wasser 80 Keime, d. h. es ist durch die gemeinsame Wirkung von Sedimentation und Filtration nur eine Reduktion von $80/276 = 1:3.4$ erfolgt, d. i. um 71 Prozent.

Von den 30 zu verschiedenen Zeiten entnommenen Reinwasserproben (0.5^{ccm}) enthielten nur vier keine Prodigiosuskeime, meist waren die Zahlen beträchtlich. In gleicher Weise versagten 20^g Alaun vollständig in den später zu besprechenden Versuchen ohne Bakterienzusatz.

Auch 30^g Alaun auf Hahn 4 allein hatte einen nur wenig günstigeren Effekt (Keimreduktion 76.2 Prozent). Es sind das Alaunmengen, die in den Versuchen von Bitter und Gottschlich bereits die Reduktion um mehr als 1/10000 und um mehr als 99 Prozent bewirkten.

Diese günstigeren Resultate Bitters und Gottschlichs sind auf die für die Alaunfiltration offenbar weit geeignetere Beschaffenheit des Nilwassers zurückzuführen. Ich habe bereits an anderer Stelle auf die

¹ Für die Berechnung der eigentlichen Filtrationswirkung wären die Keimwerte des filtrierten Wassers nicht mit den Mittelwerten „vor dem Filter“ überhaupt, sondern nur mit denen von „Filter oben“ in Beziehung zu setzen gewesen. Da aber doch in erster Linie die totale Keimreduktion für uns von Bedeutung ist, die aus der gemeinsamen Wirkung von Filtration und Sedimentation resultiert, so wurde die Berechnung in der angegebenen Weise angestellt. Diese war um so eher gerechtfertigt, als die Keimverminderung durch die Sedimentation in unseren Versuchen wegen der bereits mehrfach erwähnten hemmenden Wirkung der Wasserbakterien nicht immer deutlich in Erscheinung tritt, obwohl sie sich der Natur der Sache nach sicher geltend macht.

Schwierigkeiten hingewiesen, die schon der hohe Gehalt an Schwebestoffen bei unserem Wasser in Vergleich zu jenem Wasser verursacht. Er dürfte für die geringe Keimreduktion durch derartig kleine Alaunmengen in unserem Wasser vor allem mit verantwortlich zu machen sein.

Dann aber weist bereits Schreiber darauf hin, daß das Nilwasser infolge seines Gehaltes an Ton, der ja gleichfalls eine Aluminiumverbindung (Aluminiumsilikat) ist, besonders zur Bildung der homogenen Alaundecke geeignet ist.

Wenn der Alaun zum Teil nahe dem Filter zugesetzt wird, so ist die Wirkung von 30 ^g Alaun auch bei uns eine ganz ungemein günstigere und steht nicht allzu sehr hinter den Resultaten von Bitter und Gottschlich zurück. Der günstige Einfluß, den der Zusatz eines Teiles des Alauns nahe dem Filter für die Bildung der künstlichen Filterschicht hat, ist ja ohne weiteres verständlich; es wird eben ein größerer Teil der sonst in den Bottichen auf dem weiten Weg bis zum Filter allmählich zu Boden sinkenden Aluminiumhydratflocken auf das Filter gelangen.

Bei 10 + 20 ^g Alaun auf Hahn 1 und 4 ist die absolute Reduktion in einem Fall 33 mal höher als im vorhergehenden Versuch bei 30 ^g Alaun auf Hahn 4 allein.

Am folgenden Tage ist bei gleicher Alaunisierung eine nur 9 mal höhere absolute Reduktion erzielt; wenn jedoch an Stelle der 10 1/2 stündigen II. Periode nur 9 1/2 Stunden von dieser berücksichtigt werden, so ändern sich die Werte ganz bedeutend, und wir erhalten eine fast 90 mal stärkere Reduktion.

Es stellte sich nämlich bei diesem und fast allen übrigen Versuchen die bemerkenswerte Tatsache heraus, daß es mit dem Landgrabenwasser nur in seltenen Fällen möglich ist, eine durch die 10 1/2 Stunden der II. Filtrationsperiode andauernde Keimreduktion zu erzielen. In dem erwähnten Versuch und auch in den folgenden, in denen zum Teil bedeutend größere Mengen von Alaun gegeben wurden, waren fast stets schon bald nach Beginn der zweiten Periode bei den meisten der häufigen Probeentnahmen keine *Prodigiosus*keime im Wasser nachweisbar. Aber fast regelmäßig treten in der 9. bis 10. Stunde von neuem meist über zehn Keime ins Reinwasser über, deren Zahl bei länger fortgesetzten Versuchen schnell in die Hunderte und Tausende steigt.

Mit der Vermehrung der Bakterien, zuweilen etwas früher, zuweilen auch später einsetzend, geht die schon besprochene Wiederaufnahme der Farbe einher, die der Bakterienvermehrung dann etwa parallel läuft.

Als Beispiel seien einige Zahlen aus dem Versuch vom 12. Dezember zusammengestellt (Alaunzusatz Hahn 1 und 4, 10 + 40 ^g).

		Bakterien	Farbe
In der II. Periode bis 6. Stunde		0-6	
7.	„	24	9
12.	„	54	39
13.	„	250	39
14.	„	4326	41

So ungünstig liegen die Verhältnisse nun keineswegs immer. Sie zeigen uns aber doch, daß man bei ausschließlicher Alaunfiltration eine 11 stündige Filterperiode mit Landgrabenwasser von hygienischen Gesichtspunkten aus nicht ohne weiteres rechtfertigen kann, da die Keimreduktion fast nie so lange anhält und man vor allem kein Kennzeichen für das Nachlassen der Filterwirkung hat. Diese Tatsache ist wiederum geeignet, uns die Überlegenheit des Nilwassers für die Schnellfiltration zu zeigen. Gottschlich berichtet, daß er mit dem Wasser des Mamoudiehkanals eine 26 stündige Filtration bequem durchführen konnte. Bei uns gelang es in keinem Fall, die Filtration über 12 Stunden auszudehnen, ohne daß ein erheblicher Wiederanstieg der Keimzahl eingetreten wäre. Im Filterdruck kann nicht die Ursache liegen, denn wir sehen stets noch relativ hohe Restdruckwerte am Ende der 11. Stunde. Offenbar, dafür spricht der Parallelismus der beiden Erscheinungen, sind Wiederanstieg der Farbe und der Keimzahl gegen das Ende der Filterperiode auf dieselbe Ursache zurückzuführen.

Vielleicht noch bedenklicher als der Anstieg der Keimzahl gegen Schluß der II. Filterperiode ist die von mir mehrmals beobachtete Tatsache, daß innerhalb der Periode vollkommener Reduktion zuweilen ohne ersichtlichen Grund größere Keimmengen im Filtrat auftreten. Am 6. Dezember zählte ich z. B. in der 4. Stunde 16 spezifische Keime, während in den $2\frac{1}{2}$ vorhergehenden Stunden bei sechs und in den beiden folgenden bei vier Zählungen nicht ein Keim zur Entwicklung gelangt war.

Ähnliche Beobachtungen wurden gemacht am 7./8. Dezember (22 bzw. 56 Keime in der 3. Stunde), am 18./19. Dezember (10 Keime in der 6. Stunde) und am 20./21. Dezember 42 bzw. 272 Keime (!) in der 4. Stunde. (Vorher 2 Stunden lang durchschnittlich 4-3, nachher 7 Stunden lang durchschnittlich 3-4.) Wir sehen aber diese Irregularitäten in der Keimreduktionskurve nur bei den kleineren Alaundosen, die an der Grenze der wirksamen Menge liegen ($10 + 20 \text{ grm}$), nicht bei höheren.

Bei diesen sind die durch das Filter gelangten Prodigiosusmengen sehr gering, und auch die Zahl der in der letzten Zeit bis zum Ablauf

der 11. Stunde das Filter passierenden Keime ist so minimal, daß dadurch der schließliche Effekt nur wenig beeinträchtigt wird; wir haben an diesen Tagen doch in toto Keimreduktionen von 97.4 bis 99.4 Prozent.

So ist die Möglichkeit, daß pathogene Keime, für die ja die Prodigiosusversuche ein Paradigma sind, bei der Schnellfiltration ins Reinwasser gelangen, bei kleinen Alaunmengen nicht ausgeschlossen. Bei der Verwendung größerer Alaunmengen (12./15. Dezember) ist — dafür sprechen auch die Resultate der Untersuchung auf Rohwasserkeime (30. März bis 7. April) — diese Gefahr in bedeutend höherem Maße eingeschränkt, da wir bei solchen Dosen einen interkurrenten Anstieg der Keimzahl nicht beobachteten. Wollte man die ausschließliche Alaunfiltration anwenden, so wäre ein Zusatz von 50 g^{rm} pro Kubikmeter zu fordern und eine Einschränkung der Filterperiode auf 9 Stunden. Unter diesen Umständen kann man sich auf die Anlage hinlänglich verlassen, ohne allerdings für das Königsberger Wasser wesentlich bessere Resultate zu erzielen, als bei der langsamen Sandfiltration. Bei der Verwendung geringerer Alaunmengen würden immerhin Beobachtungen wie die oben registrierten unbedingt zu größter Vorsicht und Reserve mahnen, wenn das Landgrabenwasser ausschließlich der Schnellfiltration unterworfen werden sollte. Da aber die nachträgliche langsame Sandfilterung geplant ist, so ist die Frage für uns eine weniger akute. Wir können dann selbst mit der Keimreduktion, wie sie durch 20 g^{rm} Alaun erzielt wird, vollkommen zufrieden sein und dürfen annehmen, daß bei 10 + 20 g^{rm} Alaun auf Hahn 1 und 4 mit einer primären Reduktion der spezifischen Keime von über 90 Prozent bei der nachherigen langsamen Sandfiltration die Möglichkeit einer Passage von pathogenen Keimen durch das zweite Filter praktisch jedenfalls ausgeschlossen ist.

Wir haben dann nach menschlicher Voraussicht jede Infektionsgefahr durch Trinkwasser infolge Verunreinigung des Rohwassers beseitigt. Die weitere Erfahrung bei der Kombination beider Systeme wird es uns erst lehren, ob wir dann wohl auch Druck und Filtrationsgeschwindigkeit beim langsamen Sandfilter unbedenklich erhöhen dürfen.

Es ist noch zu bemerken, daß das Wasser, das das Schnellfilter verläßt, natürlich weniger zur Bildung einer Filterdecke für das englische Filter geeignet ist, und man zweckmäßig das Wasser auf bereits eingearbeitete Filter leitet, für die man dann eine sehr lange Leistungsfähigkeit erwarten darf.

Es bleibt nun noch die Keimreduktion bei den Prodigiosusversuchen in der ersten Filterperiode (erste halbe Stunde nach Inbetriebsetzung) zu besprechen.

Von den Versuchen mit 20^{grm} Alaun sowie 30^{grm} auf Hahn 4 können wir hier gänzlich absehen, da auch während der II. Periode in diesen Versuchen keine befriedigende Keimreduktion zustande kam.

In den übrigen Versuchen war auch mit 10 + 20^{grm} Alaun und natürlich mit 10 + 40, 20 + 30 bereits nach $\frac{1}{2}$ Stunde, zuweilen schon nach 20 Minuten eine Keimreduktion soweit erfolgt, daß das Wasser unbedenklich der Reinwasserleitung zugeführt werden konnte (am 6. Dezember bei 30^{grm} Alaun waren z. B. nach 30 Minuten 2, nach 40 Minuten 0 spezifische Keime in F. gegen 2712 bzw. 1032 über dem Filter, am 12. Dezember 6 gegen 2164 über dem Filter. Schon in den nächsten 10 Minuten sank die Zahl auf 0).

Nur in einem Versuch am 20. Dezember dauerte die I. Periode bis zur vollkommenen Keimreduktion 1 Stunde. An diesem Tage war aber auch innerhalb der II. Filterperiode die Keimzahl im filtrierten Wasser durchschnittlich höher.

Es sei hier noch das Verhalten der spezifischen Keime bei der Spülung nach Schluß der Filtration besprochen.

Dem Umstand entsprechend, daß die Bakterien nur in den obersten Schichten des Filters haften bleiben, fand ich in Übereinstimmung mit den Resultaten der übrigen Autoren, daß der rückläufige Spülstrom nur in seinen ersten stark trüben Portionen große Mengen von *Prodigiosus*-keimen führt; ihre Zahl nimmt dann im Verlauf der Spülung fortschreitend ab und ist gegen das Ende der Spülung zu, wenn das Wasser wieder klar ist, nur noch sehr gering (vgl. z. B. die Zahlen am 4., 12. Dezember).

Bei der Spülung werden natürlich nur die zwischen und locker an den Sandkörnern sitzenden Schmutzteile und Bakterien entfernt; außerdem aber inkrustieren sich die Sandkörner im Laufe der Zeit mit einer Schicht aus Tonerde und organischen Substanzen, die sehr fest haftet und die schnelle Bildung der Filterschicht nach der Spülung wesentlich begünstigt.

Ich komme nunmehr zu den Versuchen, in denen spezifische Keime nicht zugesetzt, sondern alle Bakterien im Rohwasser und filtrierten Wasser gezählt wurden.

Aus der ersten größeren Versuchsreihe, die in dieser Richtung angestellt wurde (September/Oktober), ergab es sich, daß eine befriedigende Keimreduktion konstant erst bei Alaunmengen über 40^{grm} erzielt wurde. Die Wirkung war um so vollkommener, je höhere Alaundosen angewandt wurden. Bei 50^{grm} blieb sie mit 2 Ausnahmen stets unter 100; bei 60^{grm} war der Durchschnittswert etwa 30. Wir sehen also, daß wir mit

derartig großen Alaunmengen eine auch strengen Anforderungen genügende Keimreduktion zu erzielen vermögen.

Beim Beginn der zweiten Versuchsreihe im März war die Keimzahl unseres Rohwassers eine enorm hohe, zuweilen ∞ (bei der Berechnung durchgehend mit 100000 angesetzt). Zu jener Zeit wurde mit sehr geringen Alaunmengen begonnen. Wie man aus den Tabellen ersieht, genügen $10 + 10$, aber auch $10 + 20$ grm Alaun unter diesen exzeptionellen Verhältnissen nicht mehr, um eine auch nur annähernd genügende Reduktion herbeizuführen. Immerhin erfährt aber auch hier die Bakterienzahl eine Reduktion um ca. 70 Prozent. Wenn aber bereits durch die amerikanische Filtration bei kleinen Alaunmengen eine so bedeutende Reduktion erzielt ist, so können wir auch bei den ungünstigsten Zeiten mit wenig Alaun ein Wasser durch das kombinierte Verfahren erreichen, das den hygienischen Forderungen vollauf entspricht.

Wollte man sich auf das Schnellfilterverfahren allein beschränken, so wären bei diesen hohen Keimzahlen im Rohwasser bedeutend größere Alaunmengen nötig, um eine Keimreduktion auf 100 zu erzielen. Wir sehen, daß bei den bereits wieder bedeutend geringeren Keimmengen in den letzten Märztagen erst durch $20 + 30$ grm Mittelwerte von andauernd unter 50 erreicht werden.

Was den Einfluß der Filtrationsgeschwindigkeit anlangt, so macht er sich bei kleineren Alaunmengen (30 grm) deutlich bemerkbar (vgl. z. B. 26. März 30 grm Alaun Hahn 4, Filtrationsgeschwindigkeit 120; Reduktion 5.5 fach; 80.3 Prozent und 28. März Alaunisierung ebenso, Filtrationsgeschwindigkeit 95; Reduktion 10.5 fach; 90.5 Prozent).

Bei den höheren Alaundosen tritt der Unterschied weniger hervor.

Zweimal wurde mit 30 grm die Sedimentationszeit auf 2 Stunden abgekürzt (27. und 28/29. März), ohne daß der Filtrationseffekt ungünstig beeinflusst wurde. Es ist ja ohne weiteres klar, daß bei kurzer Sedimentationszeit der Ausfall der Keimreduktion durch Sedimentation bis zu einem gewissen Grad wieder parallelisiert wird durch die stärkere Alaundeckenbildung infolge geringerer Zurückhaltung der Aluminiumhydratflocken.

Zusammenfassend lautet mein Urteil betreffend die Keimreduktion für das Landgrabenwasser:

1. Für den Fall der ausschließlichen Alaunfiltration: In keinem Fall läßt sich mit geringeren Alaunmengen als 30 grm ein genügender Effekt erzielen; mit 30 grm Alaun wird man aber auch nur in den allergünstigsten Fällen auskommen und nur unter der Voraussetzung, daß ein Teil des Alauns möglichst nahe dem Filter zugesetzt wird; meistens werden größere Mengen, 50 grm , nötig sein. Dann kann auch Zusatz auf Hahn 4 allein erfolgen. Diese Mengen dürften bei 95 m Filtrationsgeschwindigkeit und

bei 2stündiger Sedimentation in der Regel genügen. Höhere Alaunzusätze wären nur zuweilen bei außergewöhnlich hohem Keimgehalt des Wassers nötig.

Auch bei den höchsten Alaunmengen übertrifft das System der Schnellfiltration für das Landgrabenwasser nicht das der langsamen Sandfiltration; durch die Notwendigkeit bei der wechselnden Beschaffenheit des Rohwassers das Verfahren fortwährend zu modifizieren, durch die Unmöglichkeit dies immer rechtzeitig genug durchzuführen, ist die Schnellfiltration gegenüber der langsamen Filtration im Nachteil.

2. Für den Fall des kombinierten Verfahrens mit der langsamen Filtration:

Es dürfte in allen Fällen eine Menge von $10 + 10^{\text{grm}}$ Alaun genügen, um eine Keimverminderung so weit zu erzielen, daß das langsame Filter die endgültige Reduktion zu leisten imstande ist. Nur in exzeptionellen Fällen (Epidemiegefahr usw.) könnte man die Alaunmenge auf $10 + 20$ erhöhen. Die Filtrationsgeschwindigkeit kann hier gewöhnlich 120 betragen.

Das Optimum der Sedimentation wäre in besonderen Versuchen bei der Anwendung des kombinierten Verfahrens zu ermitteln. Bei Verwendung bereits vollständig eingearbeiteter Sandfilter dürfte eine lange Sedimentation angezeigt sein und ein Zusatz des Alauns nur weit ab vom Filter, damit das englische Filter sich alsdann nicht zu schnell verstopft.

Einfluß der Alaunfiltration auf den Keimgehalt des Aufschlußkanalwassers.

Das Kanalwasser ist ein keimarmes Grundwasser, für das die in meinen Versuchen im Mai und Juni beobachtete Keimzahl von durchschnittlich 750 schon sehr beträchtlich ist. (Zu anderen Zeiten waren nur wenige Keime, selten mehr als 20 bis 30 im Kubikzentimeter.) Immerhin waren derartige Mengen doch zu gering, um bei Versuchen über die Keimreduktion in Rohwasser ein Bild für die Leistungsfähigkeit der Anlage zu geben. Schreiber hat aus diesen Gründen das übrige noch keimärmere Müggelseewasser künstlich angereichert.

In meinen Versuchen stellte sich eine Erscheinung heraus, die dieses Vorgehen überflüssig machte und doch gestattete, die Leistungsfähigkeit des Filters unter geradezu ungewöhnlich ungünstigen Bedingungen zu studieren.

Es zeigte sich nämlich, daß vielleicht unter dem Einfluß der höheren Außentemperatur (obwohl das Wasser in den tieferen Schichten stets nur

mäßige Temperatur zeigte) in den Bottichen eine geradezu kolossale Keimvermehrung statthatte, so daß die Keimmengen des Rohwassers zuweilen um das viel Tausendfache übertroffen wurden.

Eine Verschlämmung der Bottiche kann nicht verantwortlich gemacht werden, denn diese waren Ende April gründlich gereinigt worden; am 3. Mai wurden sie mit dem damals relativ keimarmen Wirrgrabenwasser gefüllt; es wurde ein Versuch angestellt und am Abend erfolgte die Füllung mit dem Kanalwasser. Am 4. wurde ein Vorversuch mit Kanalwasser angestellt; am 7. begannen die in der Tabelle angeführten Versuche. Gegen eine starke Verschlämmung während dieser ganzen Zeit spricht auch die Tatsache, daß der Filterdruck am Ende der 11 stündigen Periode während der ganzen Zeit stets nur ein geringer war, daß also auch noch nicht Flocken von dem an dem Bottich haftenden Tonerdehydratschlamm sich losgelöst hatten und in großer Menge auf das Filterbett gelangt waren. (Das ist ein Zeichen, daß die Reinigung der Bottiche nötig wird.)

Wie dem aber auch sei, jedenfalls ist der hohe Anstieg der Keime nicht eine Folge der Sedimentationsbildung und Verschlämmung in den Bottichen. In diesem Fall hätte die Keimzahl in den Bottichen im Verlauf der Versuche eine konstante Zunahme erfahren müssen; ich konnte aber im Gegenteil gerade gegen das Ende der Benutzungsperiode der Bottiche eine Abnahme der Keime in ihnen bemerken, so daß vielfach die Keimzahlen hinter denen des Rohwassers wieder zurückblieben.

Vergleichen wir dagegen in der Tabelle die Mittelzahlen vor dem Filter mit den Lufttemperaturen, so ist ein gewisser Zusammenhang unverkennbar. Wir sehen die höchsten Keimzahlen bei den höchsten Temperaturen und ein Steigen und Fallen der Keimmengen mit dem Steigen und Fallen der Luftwärme.

Beispiele:

	Temperatur	Keimzahl		Temperatur	Keimzahl
7. Mai	25	68 000	22. Mai	12	475
7. „	14.5	38 000	23. „	19.5	3 080
8. „	25	50 000	8./9. Juni	13.5	274
8./9. „	15.5	38 000	9. „	14	714
19. „	22	31 700	14./15. „	15	1 964
21./22. „	12	993			

Die Filterreinigung am 30. Mai fiel mit einer niederen Außentemperatur zusammen, so daß die niederen Keimzahlen nach der Reinigung im wesentlichen wohl dadurch zu erklären sind. Haben wir doch auch vorher schon bei niederer Temperatur in den bereits 4 Wochen in Betrieb gewesenen Bottichen ähnlich geringe Zahlen zu verzeichnen.

Wenn auch das Wasser, in der Mitte der Bottiche gemessen, eine relativ niedrigere Temperatur hatte, so näherte sich diese doch offenbar gegen die Wand zu der Außentemperatur, und es war dadurch zu einer kolossalen Keimvermehrung in den Sedimentierungsbottichen Gelegenheit gegeben.

Derartig abnorme Verhältnisse sind natürlich im wesentlichen durch die Mängel der Versuchsanlage bedingt. Die Aufstellung der Bottiche und des Filters in einem leichten Holzschuppen¹ und die Konstruktion der Bottiche selbst führte zu einer Beeinflussung durch die Außentemperatur, wie sie unter natürlichen Verhältnissen bei einer großen Anlage nicht statthaben.

Die gleichen Verhältnisse machten sich natürlich auch im Filter selbst geltend, und wir dürfen annehmen, daß die zahlreichen Bakterien des Reinwassers zum Teil wenigstens aus dem Filterbett stammen. Dafür spricht, von allen theoretischen Erwägungen abgesehen, schon die Tatsache, daß zuweilen im Reinwasser mehr Keime gefunden wurden, als dem mittleren Gehalt des Wassers vor dem Filter entsprach. Vielleicht hätte eine Sterilisation des inzwischen über 6 Monate in Benutzung gewesenen Filters hier eine Besserung bewirkt, doch fehlte uns leider die Einrichtung, um diese vorzunehmen. Die unter diesen abnormen Verhältnissen angestellten Versuche sind nicht besonders geeignet für eine Beurteilung des Filters und geben in manchen Beziehungen vielleicht ein falsches und zu ungünstiges Bild. Doch liefern auch sie uns gewisse Erfahrungen über die Bedingungen der Keimreduktion bei der Alaunfiltration, und das rechtfertigt die genauere Analysierung.

In den Versuchen mit Kanalwasser wurde bei konstanter Filtrationsgeschwindigkeit außer dem Alaunzusatz auch die Sedimentationsdauer in der mannigfachsten Weise variiert, so daß die Versuche auch über den Einfluß dieses wichtigen Faktors für die Keimreduktion uns weitere Aufschlüsse geben.

Die Zahl der Keime im filtrierten Wasser übersteigt mit wenigen Ausnahmen (relativ geringer Keimgehalt vor dem Filter) die von Piefke für die langsame Sandfiltration normierten Zahlen.

Allerdings sind die Verhältnisse bei diesen Versuchen insofern ungünstig für die Keimreduktion, als nur mit relativ geringen Alaunmengen und meist kurzen Sedimentationszeiten gearbeitet wurde.

Ich zweifle nicht, daß es mit größeren Alaunmengen — und dafür spricht auch das relativ günstige Resultat mit 50 g^{rm} Alaun auf Hahn 2

¹ Seitlich von den Bottichen war auch das Dach des Schuppens zum Teil abgehoben zur Installation einer Enteisungsanlage.

allein (15, 15/16. V.) — auch für ein derartig keimreiches Wasser gelingen wird, die gleichen Reduktionen zu erzielen, wie sie Schreiber mit geringeren und Bitter und Gottschlich mit weit kleineren Alaunmengen erreicht haben¹.

Immerhin ist trotz der hohen Keimzahlen des zu filtrierenden Wassers bei einer 4stündigen Sedimentation mit 10 + 20 ^{grm} Alaun eine Reduktion von 95.2 Prozent bis 98 Prozent zu erreichen. (7. Mai und folgende Tage.)

Auch hier zeigt sich wieder in eklatanter Weise der Einfluß, den der Ort des Alaunzusatzes hat. Am 8./9. Mai bei Zusatz der gleichen Alaunmenge auf Hahn 4 betrug die Reduktion nur 74.4 Prozent. 30 ^{grm} auf Hahn 1 und 4 verteilt wirken günstiger als 40 ^{grm} auf Hahn 4 allein (16. Mai). Sogar bei 2stündiger Sedimentation scheint es noch einen gewissen Unterschied zu machen, ob der Alaun auf Hahn 1 oder 1 + 2 zugesetzt wird.

Die Sedimentationsdauer ist nach dem, was schon aus den wenigen Versuchen mit kürzerer Sedimentationszeit beim Landgrabenwasser sich ergeben hatte, ohne wesentlichen Einfluß, da ihr keimreduzierender Einfluß und der der Keimretention durch eine bessere Hautbildung bei kürzerer Sedimentation sich paralysieren dürften. (Vgl. 7. Juni Reduktion 99.3 Proz. bei 10 + 30 Alaun nach 1 ³/₄ Stunden Sedimentation.)

Die relativ ungünstigen Resultate bezüglich der Reinwasserzahlen, die mit den mittleren Alaundosen, besonders bei Zusatz auf einen Hahn, erzielt wurden (z. B. 8./9. bis 12. Mai), sind darauf zurückzuführen, daß ein- bis zweimal in der Periode einer leidlichen Keimreduktion unendlich viele Keime im Filtrat auftraten — wohl infolge eines kurzen unerklärten Versagens der Filterdecke. Diese ∞ Keime wurden stets mit 100000 in Rechnung gesetzt und drückten die Werte für die Keimreduktion bedeutend herab. Ähnliche Anstiege haben wir auch bereits bei den Prodigiosusversuchen mit Landgrabenwasser gesehen, wo gleichfalls in der Periode einer absoluten Reduktion plötzlich ein Anstieg der Keimzahl folgte. Bei 50 ^{grm} Alaun bleiben diese Störungen aus, wodurch wesentlich bessere Resultate sich ergeben.

Diese Versuche mit angereichertem Kanalwasser führten also zu dem Ergebnis, daß es auch bei enorm keimreichen Wässern gelingt, eine relativ sehr starke Keimreduktion zu erzielen, schon mit geringen Alaunmengen (30 bis 40 ^{grm}) und kurzer Sedimentation. Ein Teil des Alauns ist dabei unbedingt nahe dem Filter zuzusetzen. Eine absolut genügend geringe Keimzahl wird jedoch für das filtrierte Wasser nicht erzielt.

¹ Das ergibt sich auch aus Analogie mit den Landgrabenversuchen.
Zeitschr. f. Hygiene. LXI.

Will man unter diesen Verhältnissen sich mit der ausschließlichen Alaunfiltration begnügen, so wären erheblich höhere Alaunzusätze bei einem derartig keimreichen Wasser erforderlich, um eine befriedigende Reduktion herbeizuführen.

In der Zeit vom 18. Mai bis zum Ende dieser Versuchsreihe wurden dem Rohwasser gleichzeitig wieder größere Mengen von *Prodigiosus*-aufschwemmungen zugesetzt, da die vorausgegangenen Versuche wegen der Möglichkeit, daß ein großer Teil der Keime des Reinwassers aus dem Filter stammte, keine einheitliche Deutung zuließen. Gerade aber bei dem Kanalwasser zeigt sich der Antagonismus zwischen den spezifischen Bakterien und den Wasserkeimen besonders eklatant. Ein Vergleich der Zahlen des in Frage kommenden Zeitabschnittes ergibt, daß dann immer viel rote Kolonien gezählt wurden, wenn das Rohwasser keimarm war, entsprechend finden sich auch hier im ersten Bottich (viel Wasserbakterien) fast stets bedeutend weniger *Prodigiosus*keime als über dem Filter (weniger Wasserkeime). Aus den erwähnten Gründen dürften auch bei diesen Versuchen die tatsächlichen Reduktionsverhältnisse günstiger liegen, als es meinen Tabellen zunächst entspricht.

Doch auch in diesen sind die Resultate im großen und ganzen als günstige zu bezeichnen.

Auffallend ist nur, daß unter relativ so günstigen Alaunisierungsbedingungen wie Zusatz von 10 + 25 ^{grm} (Hahn 1 und 4) am 25./26. Mai und 10 + 30 ^{grm} (Hahn 1 und 2) am 9. Juni eine Reduktion von nur 84 Prozent erzielt wurde. Die kurze Sedimentationszeit von 2½ bzw. 1½ Stunden ist dafür nicht verantwortlich zu machen, denn wir sehen auch bezüglich der *Prodigiosus*werte für gewöhnlich bei 4 Stunden Sedimentation (30. Mai bis 1. Juni) keine stärkere Reduktion als bei 2 Stunden (6. bis 15. Juni).

Auffallend ist, daß eine Filtrationsgeschwindigkeit von 120 in zwei Versuchen in keiner Weise die Reduktion ungünstig beeinflusste.

Auch die *Prodigiosus*versuche beim Kanalwasser lehren uns also in Übereinstimmung mit den früheren Ergebnissen, daß man mit mittleren Alaunmengen (20 bis 40 ^{grm}) zwar eine beträchtliche Reduktion erzielt; daß diese aber nicht so konstant in der II. Filterperiode zutage tritt, um vom hygienischen Standpunkt die ausschließliche Verwendung des Verfahrens bei keimreichen Wässern zu empfehlen.

Hier würden nur größere Mengen Alaun zu einem befriedigenden Ergebnis führen.

Einfluß der Alaunfiltration auf den Keimgehalt des Wirrgrabenwassers.

Die Versuche, die mit Wirrgrabenwasser angestellt wurden, ergeben keine neuen bemerkenswerten Gesichtspunkte; das Wasser verhält sich ähnlich wie das Landgrabenwasser und wir können daher auf eine genauere Besprechung verzichten.

Zusammenfassung.

Nach den Ergebnissen der vorliegenden Versuche scheint die Alaunbehandlung des Königsberger Wassers besonders geeignet zu sein. Die Alaunisierung beseitigt besser wie irgend ein anderes Verfahren eine Reihe wesentlicher Mängel unseres Rohwassers, die Trübung, die gelbe Farbe und den Eisengehalt. Dagegen garantiert die nachherige Schnellfiltration bei keimreichen Wässern wie dem Land- und Wirrgrabenwasser, sofern man nicht sehr große Mengen von Alaun benutzt, keine so genügende Keimreduktion, daß man sich mit der ausschließlichen Schnellfiltration begnügen dürfte. Dazu kommt noch, daß der hohe Gehalt an Schwebestoffen in diesen Wässern den technischen Betrieb sehr erschwert und ferner die häufig wechselnde Beschaffenheit dieser Rohwässer eine entsprechend häufige Variierung in der Alaunbehandlung notwendig macht, die im Einzelfalle nur schwer rechtzeitig den jeweiligen Verhältnissen angepaßt werden kann. Doch erscheint das Verfahren der Schnellfiltration in Kombination mit der langsamen Sandfiltration (als Vorfiltration) als besonders für unsere Verhältnisse geeignet. Man wird unter diesen Bedingungen mit kurzer Sedimentationsdauer und kleineren Alaunmengen (20 bis 30 g^m) auskommen.

Das Aufschlußkanalwasser eignet sich im Gegensatz zu den anderen Zuflüssen wegen seines geringen Gehaltes an Bakterien, wegen seines geringen Gehaltes an Schwebestoffen und seiner konstanteren Beschaffenheit an sich sehr wohl für die Schnellfiltration, jedoch wird auch hier wegen der ungenügenden Beseitigung des modrigen Geschmacks und Geruches eine nachherige langsame Filtration notwendig.

Tabelle I. (Übersichtstabelle.)
A. Landgrabenwasser.

Zeit	Druck- messer	Farbe	Tempe- ratur °	I. Bott.	II. Bott.	Filter oben	Filter unten	Bemerkungen
24. XI. nachm. 1 ^h 00	9.60	R. ¹ 96	W. ³ 3½ L. ⁴ 7	50	82		30	
1 10		R. 99 F. ² 25—31					10	
1 15					44			Prodigosuszusatz
1 20						48	136	Alaun Hahn 4
1 30				10			88	30 grm.
1 40						28	132	
1 50							82	
2 00	9.50			196		70	120	
2 10							86	
2 15					62			
2 20						38	84	
2 30				380			62	
2 40						42	378	
2 50							48	
3 00	9.40			160		12	122	
3 10					20			
3 15						98		
3 20							114	
3 30						40		
3 40								
3 50								
4 00	9.30	R. 96 F. 25—31		910		30	64	
4 30							88	
5 00	9.15			300		484	96	
5 15					530			
6 00	9.00					380	258	
7 00	8.85			920		128	14	
7 15					130			
8 00	8.70	R. 96 F. 25—31	W. 3¼ L. 7			318	158	
9 00	8.50			730		642	20	
9 15					850			
10 00	8.30					182	10	
11 00	8.05			1780		182	4	
11 15					690			
12 00	7.80	R. 96 F. 25—31				54	2	
25. XI. vorm. 1 ^h 00	7.55			280	580	244	12	
2 00	7.30					190	14	
3 00	7.00			760		850	4	
3 15					0			
4 00	6.75	R. 96 F. 25—31	W. 3¼ L. 7			60		
5 00	6.50					600	0	
5 15					0			
6 00	6.20					0	200	
7 00	5.95			2280		42	400	

¹ R. = Farbe des Rohwassers.² F. = Farbe des filtrierten Wassers.³ W. = Temperatur des Wassers. ⁴ L. = Temperatur der Luft.

Zeit	Druck- messer	Farbe	Tempe- ratur °	I. Bott.	II. Bott.	Filter oben	Filter unten	Bemerkungen
25. XI.								
vorm. 7 ^h 15'					2340			
8 00	5.70	R. 90-96 F. 25-31	W. 3 ¹ / ₄ L. 6			294	86	
9 00	5.45					228	212	
9 15					960			
10 00	5.05						138	
11 00	4.85			3580		590	232	
11 15					940			
12 00	4.65	R. 90-96 F. 25-31	W. 3 ¹ / ₄ L. 6			470	0	
nachm. 1 00	4.40			1430		628	268	
1 15					2490			
2 00	4.05					68	206	
3 00	3.70			1700		64	166	
3 15					0			
4 00	3.40					52	76	
5 00	3.00			2520		58	288	
5 15					2040			
6 00	2.65	R. 90-96 F. 25-31		460			232	
6 15							0	6 ^h abgestellt.
6 20							2050	Gespült v. 6 ^h 15-6 ^h 35
6 25							320	29 Std.
6 30							300	
6 35							150	
4. XII.								
vorm 11 ^h 00'	9.70			0	10	14	4	
11 10							2	
11 15					2			Prodigosuszusatz
11 20						34	4	Alaunzusatz
11 30				0			0	Hahn 1+4
11 40						18	0	10+20 g ^{rm} .
11 50							0	
12 00	9.70	R. 71-77 F. 12-18	W. 2 ¹ / ₂ L. 6	1292		12	0	
nachm. 12 10							0	
12 15					768			
12 20						394	0	
12 30				1152			0	
12 40						72	0	
12 50							0	
1 00	9.55					0	4	
1 15					574			
1 20						0		
1 30							2	
1 40						0		
2 00	9.40	R. 71-77 F. 12				242	0	
2 30							0	
3 00	9.25			224		622	0	
3 15					72			
4 00	9.10	R. 71-77 F. 12		360		434	0	
5 00	8.95			1100		66	0	
5 15					1654			

Zeit	Druck- messer	Farbe	Tempe- ratur °	I. Bott.	II. Bott.	Filter oben	Filter unten	Bemerkungen
4. XII. nachm. 6 ^h 00'	8.70	R. 71-77 F. 6-12		882		870	4	
7 00	8.45			422		2	0	
7 15					22			
8 00	8.15	R. 71-77 F. 6-12	W. 3 $\frac{1}{2}$ L. 6 $\frac{1}{2}$	616		2956	2	
9 00	8.80			1370		1292	0	
9 15					2268			
10 00	7.50	R. 71-77 F. 6-12		3776		1048	0	
11 00	7.25			2688		2316	24	
11 15					2546			
5. XII. 12 ^h 00'	7.00	R. 71-77 F. 12-18		2240		2328	76	
vorm. 1 00	6.65			2240		4416	232	
1 15					3558			
2 00	6.30	R. 71-77 F. 18		1446		2120	318	
3 00	6.00			1392		622	612	
3 15					2638			
4 00	5.65	R. 71-77 F. 25	W. 2 L. 5			2828	1088	
5 00	5.35			2048		2120	1536	
5 15					2048			
6 00	5.05	R. 71-77 F. 33-37	W. 2 $\frac{1}{4}$ L. 4 $\frac{1}{2}$	2294		2828	1472	
7 00	4.70			2438		1176	1176	
7 15					2572			
8 00	4.35	R. 71-77 F. 33-37		1612		1990	946	
9 00	4.00			3184		1814	1446	
9 15					3404			
10 00	3.60	R. 71-77 F. 39	W. 2 $\frac{1}{4}$ L. 4 $\frac{1}{2}$	1134		2098	1626	
11 00	3.25			1394		1664	1396	
11 15					3638			
nachm. 12 00	2.90	R. 71-77 F. 39		742		2068	1190	
1 00	2.45			1152		2752	2930	
1 15					2816			
2 00	2.15	F. 39	W. 2 $\frac{1}{4}$ L. 4 $\frac{1}{2}$	696		1016	3042	
4 00							0	2 ^h 00' abgestellt. Gespült v. 4 ^h 00-4 ^h 20 27 Std.
4 05							1748	
4 10							1676	
4 15							526	
4 20							422	
6. XII. vorm. 10 ^h 00'	9.75			894	1420	1676	28	
10 10							2	
10 15					1170			Prodigosuszusatz.
10 20						2712	12	Alaunzusatz
10 30				436			2	Hahn 1+4
10 40						1032	0	10+20 ^{gram.}

Zeit	Druck- messer	Farbe	Tempe- ratur °	I. Bott.	II. Bott.	Filter oben	Filter unten	Bemerkungen
6. XII. vorm. 10 ^h 50'								
11 00	9.55	R. 65 F. 12	W. 2 L. 6½	458		2080	0	
11 10					1652		2	
11 15						2842	2	
11 20				432			4	
11 30						2880	0	
11 40							0	
11 50							0	
12 00	9.25	R. 65 F. 6—12		400		2370	0	
12 15					488			
12 20						280		
12 30							0	
12 40						418		
1 00	9.00			582		1292	0	
1 30							0	
2 00	8.75	R. 65 F. 6—12		344		4456	16	
2 15					1112			
2 30							0	
3 00	8.45			1894		1676	0	
4 00	8.15	R. 65 F. 6—12	W. 2 L. 6½	3188		1170	0	
4 15					412			
5 00	7.90			696		1498	0	
6 00	7.60	R. 65 F. 6		1010		2096	28	
6 15					412			
7 00	7.25			1640		1248	20	
8 00	6.90	R. 65 F. 6				448	140	
8 15					554			
9 00	6.60	R. 65 F. 18				1434	420	
10 00	6.35	R. 65 F. 25	W. 2 L. 7	2598		908	496	10 ^h 00' abgestellt. Gesp. v. 10 ^h 20—10 ^h 40 12 Std.
10 15					794			
7. XII. vorm. 9 ^h 00'	9.75	R. 65—71 F. 12	W. 2 L. 6	1408	780	530	106	
9 10							202	
9 15					2100			
9 20						580	14	
9 30				2167			6	
9 40						896		Prodigosuszusatz Alaun Hahn 1+4 10+30 grm.
10 00	9.70					1074	8	
10 10				1754			2	
10 15					424			
10 20						1368	0	
10 30				1890			4	
10 40						1620	0	
11 00	9.50	F. 6—12		1574		1472	0	
11 15					570			

Zeit	Druck- messer	Farbe	Tempe- ratur °	I. Bott.	II. Bott.	Filter oben	Filter unten	Bemerkungen
7. XII.								
vorm. 11 ^h 20'						578		
11 30							22	
11 40						1626		
12 00	9.25	F. 6—12		742		772	56	
nachm. 12 30							0	
1 00	8.95	F. 6—12		3802		780	0	
1 15					2688			
1 30							0	
2 00	8.60	R. 65--71 F. 6—12		2946		1856	0	
2 30							0	
3 00	8.25	F. 6—12		2542		2134	0	
3 15					1866			
3 30							6	
3 40							0	
3 50							0	
4 00	7.85	F. 6—12	W. 2 L. 6	692		1740	4	
4 30							4	
5 00	7.55	F. 6—12		1460		188	23	
5 15					896			
6 00	7.20	F. 6—12		1126		1288	58	
7 00	6.95	R. 65—71 F. 18		756		212	52	
7 15					1332			
8 00	6.75	F. 18	W. 2 L. 6½	682		312	234	
9 00	6.40	F. 18—25		1344		946	212	
9 15					1152			
8 20							580	8 ^h 00 abgestellt.
8 25							8060	23 Std.
8 30							1340	Gespült 8 ^h 20—8 ^h 40
8 35							520	
8 40							1280	
12. XII.								
vorm. 11 ^h 00'	9.85	R. 57 F. 10	W. 2½ L. 7	540	964	1562	168	
11 10							268	
11 15					2600			
11 20							8	Prodigiousus.
11 30						2164	6	Alaun Hahn 1+4
11 40							0	10+40 8 ^h 20.
11 50							2	
nachm. 12 00	9.55			1626		1332	0	
12 10							8	
12 15					1118			
12 20							0	
12 30				1428		1182	0	
12 40							0	
12 50							0	
1 00	9.30	F. 12	W. 2½ L. 7	1420		2488	0	
1 15					2436			
1 30						1546	0	
2 00	9.05	12				480	0	

Zeit	Druck- messer	Farbe	Tempe- ratur °	I. Bott.	II. Bott.	Filter oben	Filter unten	Bemerkungen
12. XII. nachm. 2 ^h 30'								
3 00	8.80	F. 6—12		1720		1174	0	
3 15					2224		0	
3 30							0	
4 00	8.45	6—12	2 ¹ / ₂ 6 ¹ / ₂	2484		1740		
5 00	8.15	6—12		180		896	0	
6 00	7.75	6—12		628		312	24	
6 15					88			
7 00	7.35	6—12					22	
8 00	7.00	R. 63 F. 12—18		1740			22	
9 00	6.65	25	2 ¹ / ₂ 7	538		0	10	
9 15					80			
10 00	6.35	31					42	
11 00	6.10	39					54	
12 00	5.85	39	12 ¹ / ₂ 7	246	402	304	74	
13. XII. vorm. 1 ^h 00'	5.55					2344	252	
3 00	5.00			2496		1844	4326	
3 15					2560			
4 00	4.70	39—45	2 ¹ / ₂ 7 ¹ / ₄				820	
5 00	4.45	R. 74 F. 45					910	
6 00	4.20	45		2100		1680	1036	
6 15					2100			
7 00	3.95	45					898	
8 00	3.60		2 ¹ / ₂ 7				1012	
9 00	3.25	39—45		1208		1906	1510	
9 15					2314			
10 00	2.95	39—45					1488	
11 00	2.55						1344	
12 00	2.10	R. 71—77 F. 39—45	2 ³ / ₄ 6 ³ / ₄	1332	1124	1254	1268	26 Stunden. 12 ^h 00 abgestellt u. gespült v. 1 ^h 30—1 ^h 50
1 30							0	
1 35							6720	
1 40							1060	
1 45							580	
1 50							160	
20. XII. vorm. 11 ^h 00'	9.60			934		4198	422	
11 10				1216			558	
11 20							252	
11 30						1562	100	
11 40							8	Prodigiosus
11 50							100	Alaun Hahn 1+4
nachm. 12 00	9.45	R. 65 F. 12	W. 1 ¹ / ₂ L 2	1258		1425	116	10+20 grm.
12 10							198	
12 20							4	
12 30				1612		4492	2	

Zeit	Druck- messer	Farbe	Tempe- ratur °	I. Bott.	II. Bott.	Filter oben	Filter unten	Bemerkungen
20. XII. nachm. 12 ^h 40'							4	
12 50							4	
1 00	9.35	F. 12		990				
1 15						1064		
1 30							6	
2 00	9.10	F. 12		1768		1796	6	
2 30							42	
3 00	8.90	6—12		1280		2478	272	
3 15					612			
4 00	8.60	6—12		1134		1868	8	
4 30							2	
5 00	8.30	6—12				1076	0	
5 15					742			
5 30							6	
6 00	8.00	6—12				768	0	
6 30							0	
7 00	7.70	6—12	W. 1½ L. 3			2010	0	
7 15					800			
8 00	7.40	6—12				908	2	
9 00	7.10	6—12		1790		1308	12	
9 15					462			
10 00	6.80	6—12		0		1223	4	
11 00	6.50	65 6—12		0		1994	8	
11 15					1162			
12 00	6.20	6—12		0		1784	148	
18. I. vorm. 11 ^h 00'	9.55			50	576	110	8	
11 10							16	
11 15					110			
11 20							18	Prodigiosus.
11 30				80		106	16	Alaun Hahn 1+4
11 40							12	10+12 ^{grm.}
11 50							22	
12 00	9.30	R. 120 F 25	W. 2 L. 6	106		234	8	
nachm. 12 10							16	
12 15					240			
12 20							2	
12 30				108		180	12	
12 40							6	
12 50							0	
1 00	9.05	F. 25		96		20	16	
1 15					534			
1 30						108	6	
2 00	8.80	F. 25		42		160	4	
2 30							58	
3 00	8.30	F. 39—45		138		136	18	
3 15					800			
3 30							22	
4 00	8.10	F. 39—45	W. 2 L. 7½	208		94	6	
4 30							2	
5 00	7.85	F. 39—45		144		146	10	
5 15					498			
5 30							8	

Zeit	Druck- messer	Farbe	Tempe- ratur °	I. Bott.	II. Bott.	Filter oben	Filter unten	Bemerkungen
18. I. nachm. 6 ^h 00'	7.60	F. 39—45		214		74	4	
6 30							10	
7 00	7.25	F. 39—45		230		90	24	
7 15					1086			
8 00	6.90	F. 45		92		128	8	
9 00	6.40	F. 45		180		240	12	
9 15					360			
10 00	5.90	R. 120 F. 45	W. 2 L. 8	236		24	10	
11 00	5.45	F. 45		270		100	10	
11 15					700			
12 00	5.00	F. 45		230		28	0	
13. II. nachm. 3 ^h 10'				350	1500			
3 20				2050	2450			
3 30				2200	1520			
3 40				1230	2400			
3 50				2950	1080			
4 00		R. 71		2030	790	0		Prodigious.
4 10	8.80	F. 6—12		1140	550	144	0	Alaun Hahn 2+4 10+50 grm.
4 20							0	
4 30							2	
4 40							2	
4 50			W. 1 ³ / ₄ L. 6 ¹ / ₄				4	
5 00							2	
5 10	8.35	F. 6—12				1	0	
5 20							2	
5 30							0	
5 40						0	2	
5 50	8.10	F. 6					0	
8 20				6400	2070			
8 30				5700	2010			
8 40				6350	2700			
8 50				9980	3970			
9 00				7680	1250			
9 10				3840	670			
9 20	8.10	R. 71 F. 6		5623	1450		0	
9 30							0	
9 40						34	0	
9 50			W. 1 ¹ / ₂ L. 7				0	
10 00						30	0	
10 20	7.65	F. 6					0	
10 30							0	
10 40							4	
10 50						8	4	
11 00	7.40	F. 6						
1. III. nachm. 4 ^h 00'	9.75			4432	4816	4612	1220	Prodigiouszusatz;
4 10							2560	jedoch alle Keime
4 20							2400	gezählt.
4 30				8156		6010	4020	Alaun Hahn 1+4
4 40							2660	10+10 grm.
4 50							∞	

Zeit	Druck- messer	Farbe	Tempe- ratur °	I. Bott.	II. Bott.	Filter oben	Filter unten	Bemerkungen
1. III. nachm. 5 ^h 00'	9.45	R. 58-64 F. 31	W. 2 L. 5½	unzhlb.	5310	9916	2560	
5 10							2600	
5 20							2324	
5 30						1234	2620	
5 40							3216	
5 50							2408	
6 00	9.25	F. 31		unzhlb.	8946	unzhlb.	1310	
6 30						1950	1180	
7 00	8.95	F. 25		4560	14456	2008	1290	
7 30							1086	
8 00	8.50	F. 12-18		6312		unzhlb.	1600	
8 30							3000	
9 00	8.10	F. 12-18		8505	unzhlb.	„	3670	
9 30							unzhlb.	
10 00	7.70	F. 12-18		unzhlb.		4504	4110	
10 30							3800	
11 00	7.30	F. 12-18	W. 2 L. 5	9334	„	unzhlb.	2640	
11 30							2000	
12 00	6.90	F. 12-18 R. 58-64		10086		„	3100	
2. III. vorm. 1 ^h 00'	6.40	F. 12-18		7110	3706	6670	3400	
2 00	5.90	F. 12-18		6604	5980	5800	3400	
3 00	5.50	F. 12-18	W. 1½ L. 5	8614		6840	2000	
4 00	5.10	F. 12-18		unzhlb.		7000	2350	
5 00	4.60	F. 25		„	3520	5920	2400	
9. III. vorm. 6 ^h 00'	9.75			8350	7316	8464	1940	Alaun Hahn 1 + 4
6 30				8706		8664	4002	10 + 10 ^{gmm} .
6 40							3996	
7 00	9.45	R. 102 F. 37	W. 3½ L. 7	7298		8220	5310	
7 30				8860	8100	7612	4790	
7 40							5280	
8 00	9.00	F. 37		8634	7928	7190	4212	
8 30						6904	2976	
9 00	8.35	F. 31-37		unzhlb.	unzhlb.	unzhlb.	3634	
9 30							unzhlb.	
10 00	7.90	F. 31		9564		8996	5980	
10 30							5350	
11 00	7.15	F. 31		unzhlb.	„	unzhlb.	4208	
11 30							5840	
12 00	6.55	F. 31-37		„		9008	10856	
nachm. 1 00	5.80	F. 37	W. 3½ L. 7	„	9708	8856	4120	
1 30							5902	
2 00	5.20	F. 37 R. 102		9402		8676	9988	
3 00	4.60	F. 37-41		9000	unzhlb.	8212	15632	
4 00	4.00	F. 37-41		unzhlb.		unzhlb.	18212	
5 00	3.40	F. 37-41	W. 3½ L. 7	„	„	„	8004	
6 00	2.75	F. 37-41				9996	6500	13 Stunden
7 00	2.05	F. 37-41		„	„	unzhlb.	5998	abgestellt und ge- spült v. 7 ^h 20-7 ^h 40.

Zeit	Druck- messer	Farbe	Tempe- ratur °	I. Bott.	II. Bott.	Filter oben	Filter unten	Bemerkungen
26. III. vorm. 10 ^h 00'	8.95			2680	970	2160	1280	Alaun Hahn 4
10 20							1220	30 grm.
10 30						1270		Geschwindigkeit
10 40		R. 57	W. 2½ L. 7				540	120.
11 00	8.80	F. 45		1280		640	0	Rohwasser 980
11 20							20	Keime.
11 30						500		
11 40							90	
12 00	8.70	F. 39—45		1220	910	1260	280	
nachm. 12 30							360	
1 00	8.50	F. 39		680		980	190	
1 30		R. 65					180	
2 00	8.15	F. 25		1800	1820	760	330	
3 00	7.75	F. 12—18		1240		930	440	
4 00	7.10	F. 12—18	W. 2½ L. 5½	1020	1500	820	210	
5 00	6.45	R. 71		980		1280	80	
6 00	5.85	F. 12—18		1060	1920	680	230	
7 00	5.20	F. 12—18		990		590	200	
8 00	4.50	F. 12—18		970	940	550	120	
9 00	3.80	F. 12—18	W. 2½ L. 6	1130		480	230	
10 00	3.10	F. 12—18 R. 71—77		1210	1260	980	140	12 St. abgest. u. ge- spült 10 ^h 25—10 ^h 45.
27. III. vorm. 12 ^h 00'	8.90			1884	1792	1000	340	Alaun Hahn 2
nachm. 12 20							120	30 grm.
12 30						768		Rohwasser 1374.
12 40		R. 65	W. 3 L. 6½				170	Geschwindigkeit
1 00	8.50	F. 25		1920		890	20	120.
1 20							70	
1 30						920		
1 40							50	
2 00	7.85	F. 12—18		1142	1064	850	60	
2 30							80	
3 00	7.10	F. 6—12		1240		620	100	
3 30							40	
Abgestellt 4 00	6.30	F. 6—12		988	590	866	60	
Angestellt 5 00	6.30	F. 6—12	W. 3 L. 6	1216		832	70	
6 00	5.30	F. 6—12		1108	740	972	100	
7 00	4.70	F. 6—12		1170		960	50	
8 00	3.90	F. 6—12		1024	1490	1408	70	
9 00	3.00	R. 65	W. 3 L. 6	824		560	44	
10 00	2.10	F. 6—12		960	1216	704	40	
28. III. nachm. 10 ^h 00'	9.80			1408	1286	1344	170	Alaun Hahn 2
10 20							20	30 grm.
10 30						1228		Rohwasser 2560.
10 40		R. 57	W. 3 L. 5½				60	Geschwindigkeit
11 00	9.40	F. 18		1260		988	110	95.
11 20							90	

Zeit	Druck- messer	Farbe	Tempe- ratur °	I. Bott.	II. Bott.	Filter oben	Filter unten	Bemerkungen
28. III. nachm. 11 ^h 30'						1180		
11 40							70	
12 00	8.80	F. 6—12		1344	1116	988	60	
29. III. vorm. 12 ^h 30'							80	
1 00	8.10	F. 6—12		1484		920	40	
1 30							50	
2 00	7.40	F. 6—12		1086	1162	864	130	
3 00	6.70	F. 6—12		1240		1166	110	
4 00	6.00	R. 57	W. 3 L. 5	924	796	1216	120	
5 00	5.30	F. 6—12		1046		1010	90	
6 00	4.65	F. 6—12		1008	922	1020	68	
7 00	4.00	F. 6—12		1160		918	53	
8 00	3.20	F. 6—12	W. 3 L. 5	894	880	924	40	
9 00	2.50	F. 6—12		1200		904	28	
10 00	1.85	F. 6—12		1154	680	836	40	12 St. gespült 10 ^h 30—10 ^h 50.
30. III. vorm. 11 ^h 00'	9.80			780	682	714	50	Alaun Hahn 1+4
11 20							10	20+30 ^{gsm} .
11 30						714		Rohwasser 684.
11 40		R. 58—64	W. 3 L. 7				0	Geschwindigkeit 95.
12 00	9.30	F. 6—12		826		732	10	
12 20							0	
12 30						686		
12 40							0	
1 00	8.75	F. 6—12		1188	1280	646	10	
1 30							0	
2 00	8.25	F. 6—12		986		788	20	
2 30							10	
3 00	7.70	F. 6—12		1090	1048	728	10	
4 00	7.20	F. 6		1020		964	50	
5 00	6.70	F. 6		986	1200	1146	10	
6 00	6.10	F. 6	W. 3 L. 6½	860		1086	60	
7 00	5.55	F. 6—12		1082	940	828	36	
8 00	5.00	F. 6—12		900		896	20	
9 00	4.45	R. 65 F. 6—12		764	866	964	30	10 St. gespült 9 ^h 15—9 ^h 30.
31. III. vorm. 10 ^h 00'	9.80			424	1200	582	90	Alaun Hahn 1+4
10 20							140	20+30 ^{gsm} .
10 30						600		Geschwindigkeit 95.
10 40		R. 65—71	W. 3 L. 5				130	Rohwasser 620.
11 00	9.40	F. 12		640		748	30	
11 20							20	
11 30						710		
11 40							50	
12 00	8.90	F. 6—12		716	480	640	20	
nachm. 12 30							0	
1 00	8.40	F. 6—12		800		590	10	

Zeit	Druck- messer	Farbe	Tempe- ratur °	I. Bott.	II. Bott.	Filter oben	Filter unten	Bemerkungen
31. III. nachm. 1 ^h 30'								
2 00	7.90	F. 6-12		1020	800	548	50	
3 00	7.35	F. 6-12		962		840	0	
4 00	6.70	F. 6-12		1100	1024	1064	30	
5 00	6.10	F. 6-12		840		982	10	
6 00	5.55	F. 6-12		864	766	700	10	
7 00	5.00	F. 6-12		710		640	28	
		R. 71						
8 00	4.40	F. 6-12		864	882	820	8	11 Std. gespült
9 00	3.80	F. 6-12		640		700	16	9 ^h 20-9 ^h 40.
10 00	9.75			1200	1030	834	216	Alaun Hahn 1+4
10 20							180	20+30 ^{gmm} .
10 30		R. 71	W. 3 ¹ / ₂			926		Geschwindigkeit
10 40			L. 5 ¹ / ₂				60	95.
		F. 12		980		900	30	Rohwasser 1346.
11 20						780	10	
11 30							0	
11 40							0	
12 00	8.80	F. 12		1184	980	980	0	
1. IV. vorm. 12 ^h 30'								
1 00	8.20	F. 6-12		800		860	10	
1 30							10	
2 00	7.55	F. 6-12		860	940	748	20	
3 00	7.00	F. 6-12		826		700	10	
4 00	6.35	F. 6-12		746	878	640	0	
5 00	5.75	F. 6-12		640		610	10	
6 00	5.15	F. 6-12	W. 4	640	568	584	21	
			L. 7					
7 00	4.45	R. 71		760		640	26	
8 00	3.90	F. 6-12		600	762	560	11	11 Std. gespült
9 00	3.20	F. 6-12		640		584	7	9 ^h 20-9 ^h 40.
10 00	9.00			544	1220	916	210	Alaun Hahn 1+4
10 20							110	20+30 ^{gmm} .
10 30		R. 71	W. 4			800		Rohwasser 1284.
10 40			L. 6 ¹ / ₂				60	Geschwindigkeit
		F. 18		760		940	40	120.
11 20						866	30	
11 30							0	
11 40							10	
12 00	8.05	F. 12-18		942	920	800	10	
nachm. 12 30							10	
1 00	7.35	F. 6-12		910		940	30	
1 30							0	
2 00	6.65	F. 6-12		800	800	820	70	
3 00	5.85	F. 6-12		870		1010	10	
4 00	4.90	F. 6-12		1030	1216	1064	30	
5 00	3.85	F. 6-12	W. 6	900		940	24	
			L. 6					
6 00	2.90	F. 6-12		1300	900	1248	27	9 Stunden.
7 00	1.80	F. 6-12		1120		816	13	7 ^h 00 abgestellt und
		R. 71						gespült v. 7 ^h 40-8 ^h 00.

Zeit	Druck- messer	Farbe	Tempe- ratur °	I. Bott.	II. Bott.	Filter oben	Filter unten	Bemerkungen
2. IV. vorm. 10 ^h 00'	8.90			910	640	640	50	Alaun Hahn 1+4
10 20							30	20+30 ^{gram} .
10 30						768		Rohwasser 1164.
10 40		R. 71	W. 3½ L. 9				60	Geschwindigkeit 120.
11 00	8.60	F. 12—18		1214		600	50	
11 20							40	
11 30						824		
11 40							30	
12 00	8.00	F. 6—12		746	640	1040	110	
nachm. 12 30							50	
1 00	7.45	F. 6—12		960		1040	170	
1 30							60	
2 00	6.55	F. 6—12		1224	1248	1290	90	
3 00	5.95	F. 6—12		1160		1200	103	
4 00	5.05	R. 71		1100	1200	920	80	
5 00	4.40	F. 12		964		816	70	
6 00	3.60	F. 12	W. 3½ L. 6	1140	1180	980	112	
7 00	2.75	F. 12		908		766	61	10 Stunden.
8 00	1.85	F. 12		844	1008	890	40	8 ^h 00abgestellt u. ge- spült v. 8 ^h 45—9 ^h 15.
3. IV. nachm. 10 ^h 00'	9.80			950	810	920	174	Alaun Hahn 1+4
10 20							142	10+40 ^{gram} .
10 30						1070		Rohwasser 2560.
10 40		R. 71	W. 4½ L. 7				70	Geschwindigkeit 95.
11 00	9.60	F. 12		1280		900	38	
11 20							22	
11 30						840		
11 40							18	
12 00	9.25	F. 12		1920	1176	1280	37	
4. IV. vorm. 12 ^h 30'							16	
1 00	8.90	F. 12		1700		1100	48	
1 30							20	
2 00	8.50	F. 6—12		640	1200	1130	52	
3 00	8.20	F. 6—12		960		800	30	
4 00	7.85	F. 6—12		870	900	960	27	
5 00	7.40	F. 6—12		1440		640	31	
6 00	7.10	F. 12	W. 4½ L. 7½	1300	1040	866	40	
7 00	6.75	F. 12		1040		990	23	11 Stunden.
8 00	6.35	R. 71		960	848	784	21	9 ^h 00abgestellt u. ge-
9 00	6.00	F. 12		1324		720	19	spült v. 9 ^h 30—9 ^h 50.
5. IV. nachm. 10 ^h 00'	9.00			1600	1290	1380	320	Alaun Hahn 1+4
10 20							108	10+40 ^{gram} .
10 30						1170		Rohwasser 3200.
10 40		R. 65—71	W. 6 L. 10				142	Geschwindigkeit 120.
11 00	8.70	F. 12		1218		948	96	
11 20							80	
11 30						960		
11 40							47	
12 00	8.20	F. 12		650	740	588	35	

Zeit	Druck- messer	Farbe	Tempe- ratur °	I. Bott.	II. Bott.	Filter oben	Filter unten	Bemerkungen
6. IV. vorm. 12 ^h 30'								
1 00	7.65	F. 6-12		900		640	38	
1 30							27	
2 00	7.00	F. 6-12		1400	1312	1200	33	
3 00	6.35	F. 6-12		810		850	62	
		R. 65-71					53	
4 00	5.70	F. 6-12		678	1180	986	66	
5 00	5.00	F. 6-12		1200		1130	48	
6 00	4.30	F. 6-12	W. 6 L. 9	780	570	910	50	
7 00	3.60	F. 6-12		950		1200	70	11 Stunden.
8 00	2.80	F. 6-12		1218	1400	1314	71	9 ^h 00 abgestellt u. ge-
9 00	2.00	F. 6-12		900		1010	52	spült v. 9 ^h 20-9 ^h 40.
19. IV. vorm. 10 ^h 00'	10.05			496	526	640	84	Alaun Hahn 1+4
10 20							58	10+20 ^{grm.}
10 30						736		Rohwasser 1600.
10 40		R. 45-51	W. 12 ¹ / ₂ L. 19				71	Geschwindigkeit
								95.
11 00	9.90	F. 6-12		560		700	66	
11 20							54	
11 30						822		
11 40							45	
12 00	9.65	F. 6-12		600	480	774	36	
nachm. 12 30							28	
1 00	9.30	F. 6-12		710		720	31	
1 30							20	
2 00	8.85	F. 6-12		778	688	800	23	
3 00	8.35	F. 6-12		744		840	31	
4 00	7.70	F. 6-12		718	800	744	20	
5 00	7.05	F. 6-12		822		720	18	
6 00	6.35	F. 6-12	W. 13 ¹ / ₂ L. 16	900	744	682	18	
7 00	5.75	F. 6-12		840		710	24	
8 00	4.90	F. 6-12		880	782	694	27	11 Stunden.
9 00	3.90	R. 45-51		800		682	25	9 ^h 00 abgestellt u. ge-
		F. 6-12						spült v. 9 ^h 10-9 ^h 30.
20. IV. vorm. 10 ^h 00'	10.00			640	420	720	210	Alaun Hahn 1+4
10 20							182	10+25 ^{grm.}
10 30						744		Rohwasser 1410.
10 40		R. 45	W. 14 L. 20 ¹ / ₂				130	Geschwindigkeit
								95.
11 00	9.75	F. 6-12		970		800	134	
11 20							106	
11 30						824		
11 40							90	
12 00	9.25	F. 12		1210	810	764	84	
nachm. 12 30							51	
1 00	8.60	F. 6-12		1100		810	48	
1 30							57	
2 00	7.95	F. 6-12		1174	1140	940	64	
3 00	7.25	F. 6-12		1084		900	50	
4 00	6.40	F. 6-12		960	900	822	56	
5 00	5.70	F. 6-12	W. 13 ¹ / ₂ L. 7 ¹ / ₂	960		910	44	

Zeit	Druck- messer	Farbe	Tempe- ratur °	I. Bott.	II. Bott.	Filter oben	Filter unten	Bemerkungen
20. IV. nachm. 6 ^h 00'	4.85	F. 6—12		924	924	860	32	
7 00	4.00	F. 6—12 R. 45—51		900		878	36	11 Stunden.
8 00	3.15	F. 6—12		924	868	860	30	9 ^h 00 abgestellt u. ge- spült v. 5 ^h 50—6 ^h 10.
9 00	2.30	F. 6—12				920	34	(21. IV. 06.)

B. Wirrgrabenwasser.

Zeit	Druck- messer	Farbe	Tempe- ratur °	I. Bott.	II. Bott.	Filter oben	Filter unten	Bemerkungen
3. V. vorm. 10 ^h 00'	10.00				1280	1246	286	Alaun Hahn 1+2
10 20							210	10+20 ^{gmm} .
10 30						1220		Rohwasser 1284.
10 40		R. 90	W. 11 $\frac{1}{2}$ L. 9 $\frac{1}{2}$				180	Geschwindigkeit 95.
11 00	9.85	F. 65			1300	1120	142	
11 20							100	
11 30						980		
11 40							110	
12 00	9.60	F. 65			1090	1120	64	
nachm. 12 30							50	
1 00	9.40	F. 65			980	1200	72	
1 30							46	
2 00	9.25	F. 65			1276	940	30	
3 00	9.10	F. 65			1146	1166	36	
4 00	8.95	F. 65			1082	1090	42	
5 00	8.75	F. 65			1100	980	30	
6 00	8.55	F. 65 R. 96	W. 11 $\frac{1}{2}$ L. 9 $\frac{1}{2}$		1200	1100	24	
7 00	8.35	F. 65			1146	1140	22	9 Stunden. 7 ^h 00 abgestellt u. ge- spült v. 7 ^h 10—7 ^h 30.

C. Kanalwasser.

Zeit	Druck- messer	Farbe	Tempe- ratur °	I. Bott.	II. Bott.	Filter oben	Filter unten	Bemerkungen
7. V. vorm. 10 ^h 00'	10.00			36217	20987	16271	2281	Alaun Hahn 1+4
10 20							957	10+20 ^{gmm} .
10 40		R. 71—77	W. 10 L. 25				2734	Rohwasser 415.
11 00	9.90	F. 12—18					4402	Geschwindigkeit 95.
12 00	9.75	F. 12—18 R. 77		∞		∞	3819	
nachm. 1 00	9.50	F. 12—18		∞	∞		5338	
2 00	9.35	F. 12—18				22065	3955	
3 00	9.10	F. 12—18					2905	

Zeit	Druck- messer	Farbe	Tempe- ratur °	I. Bott.	II. Bott.	Filter oben	Filter unten	Bemerkungen
7. V. nachm. 4 ^h 00'	8.90	F. 18 R. 77—83		∞	37385	18935	2995	
5 00	8.70	F. 18					936	
6 00	8.45	F. 18	W. 9 L. 21	42783		14796	3226	
7 00	8.15	F. 18			∞		2643	
8 00	7.85	F. 18		∞		23200	3000	
9 00	7.55	F. 18					3274	11 Stunden. 9 ^h 00 abgestellt u. ge- spült v. 9 ^h 10—9 ^h 30.
8. V. vorm. 10 ^h 00'	10.05						1000	Alaun Hahn 1+4
10 20							1477	10+20 ^{erm} .
10 40		R. 65	W. 8½ L. 23				1368	Rohwasser 273. Geschwindigkeit 95.
11 00	9.90	F. 25					1140	
12 00	9.75	F. 18—25		∞	1664	216	1475	
nachm. 1 00	9.60	F. 18		∞	7238	838	1250	
2 00	9.40	F. 18		32124		1627	679	
3 00	9.15	F. 18					488	
4 00	8.90	F. 18		10004	∞	1427	624	
5 00	8.60	F. 18					703	
		R. 65—71						
6 00	8.30	F. 18	W. 8½ L. 24½	∞		∞	449	
7 00	8.05	F. 18			∞		69	
8 00	7.80	F. 18		27540		∞	432	
9 00	7.50	F. 18					310	
9. V. nachm. 8 ^h 00'	10.05				1208	5346	813	Alaun Hahn 2
8 20							742	30 ^{erm} .
8 40		R. 77—83	W. 9 L. 15½				668	Geschwindigkeit 95.
9 00	9.95	F. 25					851	
10 00	9.85	F. 25			19082	8872	841	
11 00	9.70	F. 25					1000	
12 00	9.55	F. 25			∞	9210	757	
10. V. vorm. 1 ^h 00'	9.40	F. 25		a u ß e r B e t r i e b			10000	
2 00	9.25	F. 25			16634	7180	415	
3 00	9.10	F. 18—25					617	
4 00	8.90	F. 18	W. 8½ L. 17½		12896	∞	376	
		R. 71						
5 00	8.65	F. 18					341	
6 00	8.35	F. 18			∞	538	259	11 Stunden.
7 00	8.05	F. 18					238	7 ^h 00 abgestellt u. ge- spült v. 7 ^h 20—7 ^h 33.
14. V. vorm. 10 ^h 00'	10.05					753	231	Alaun Hahn 2
10 20							397	40 ^{erm} .
10 40		R. 71	W. 9½ L. 20				385	Rohwasser 268. Geschwindigkeit 95.
11 00	9.95	F. 18—25					320	
12 00	9.85	F. 18—25			1483	13240	418	
nachm. 1 00	9.75	F. 18					198	
2 00	9.55	F. 18				15086	243	

Zeit	Druck- messer	Farbe	Tempe- ratur °	I. Bott.	II. Bott.	Filter oben	Filter unten	Bemerkungen
14. V. nachm. 3 ^h 00'	9.35	F. 12-18					318	
4 00	9.15	F. 12-18				9696	396	
5 00	8.95	F. 12-18					452	
6 00	8.65	F. 12-18	W. 9 L. 16			216	380	
7 00	8.35	F. 12-18					510	
8 00	8.10	F. 12-18			17740	∞	476	
9 00	7.80	F. 12-18					150	11 Stunden. 9 ^h 00 abgestellt u. ge- spült v. 9 ^h 15-9 ^h 30.
22. V. vorm. 8 ^h 00'	9.00						24 ¹	Prodigiousus.
8 20							234	Alaun Hahn 4
8 40		R. 65-71	W. 9 L. 12				7	30 grm.
9 00	8.90	F. 25					20	Wasserstand 1.50 m.
10 00	8.80	F. 18-25		840 ¹		1108	31	Geschwindigkeit
11 00	8.60	F. 18		200		500	111	95.
12 00	8.45	F. 18		768	1592	1136	24	
nachm. 1 00	8.30	F. 18		256	118	380	86	
2 00	8.15	F. 18		614	1118	820	26	
3 00	8.00	F. 18		1254	800	476	125	
4 00	7.80	F. 18	W. 9 L. 12	936		1354	1288	
5 00	7.50	F. 18		528		170	160	
6 00	7.20	F. 18		1087	850	1148	952	
7 00	6.95	F. 18		214	912	112	236	
1. VI. vorm. 10 ^h 00'	10.10			1018	1018	116	214	
10 00				1488	1040	1330	1	Prodigiousus.
10 40		R. 83	W. 10 ¹ / ₂ L. 12 ¹ / ₂				386	Alaun Hahn 4
11 00	9.95	F. 25					4	35 grm.
							120	Rohwasser 64.
							0	Geschwindigkeit
							320	95.
							2	
							346	

¹ Die erstere Zahl bezeichnet die Werte für die Prodigioususkeime, die zweite die für die gesamten zur Entwicklung gelangten Wasserkkeime.

Zeit	Druck- messer	Farbe	Tempe- ratur °	I. Bott.	II. Bott.	Filter oben	Filter unten	Bemerkungen
1. VI. vorm. 12 ^h 00'	9.90	F. 25		192 1508		422 986	0 212	
nachm. 1 00	9.85	F. 25			1300 3060		18 254	
2 00	9.80	F. 18—25		46 3722		574 934	2 140	
3 00	9.70	F. 18					22 168	
4 00	9.60	F. 18		410 ∞	2214 234	992 568	6 116	
5 00	9.40	F. 18					14 108	
6 00	9.20	F. 18 R. 71—77	W. 10 L. 11½	68 1996		878 524	34 82	
7 00	8.95	F. 18			2006 830		14 126	
8 00	8.70	F. 18		576 1432		940 432	10 132	
9 00	8.50	F. 18					4 24	11 Stunden.
6. VI. vorm. 10 ^h 00'	10.00				1056 172	2 1864	2 30	Prodigious.
10 20							164 72	Alaun Hahn 1+4 10+30 grm.
10 40		R. 77	W. 11½ L. 15				10 78	Vorm. Rohwasser 854.
11 00	9.90	F. 18—25					4 246	Geschwindigkeit 95.
12 00	9.85	F. 18				1026 438	2 68	
nachm. 1 00	9.70	F. 18			868 324		0 56	
2 00	9.50	F. 18				920 952	4 924	
3 00	9.25	F. 18					4 132	
4 00	9.05	F. 18			602 536	978 742	16 128	
5 00	8.80	F. 18					16 88	
6 00	8.50	F. 18	W. 10 L. 12			1166 682	6 52	
7 00	8.20	F. 18			120 612		16 104	
8 00	7.90	F. 18 R. 77—83				2 470	8 50	
9 00	7.50	F. 18					2 42	11 Stunden. 9 ^h 00 abgestellt u. ge- spült v. 9 ^h 30—9 ^h 45.

Tabelle II.
Aufschlußkanal-

I	II	III	IV	V	VI	VII
D a t u m	Menge des Alauns	Ort des Zusatzes (Hahn)	Sedimen- tationszeit in Stunden	Filtrations- Geschwin- digkeit	Farbe des Roh- wassers	Farbe des filtrierten Wassers am Schlusse der Filterperiode
Mai, 7. . .	10+20	1+4	4	95 ^m	71—77	18
7.—8. . .	10+20	1+4	4	"	77—83	18
8. . .	10+20	1+4	4	"	65	18
8.—9. . .	30	4	4	"	71	18
9.—10. . .	30	2	2	"	77—83	18
11. . .	35	2	2	"	77	12—18
12. . .	40	2	2	"	77	12—18
14. . .	40	2	2	"	71	12—18
14.—15. . .	40	2	2	"	71—77	12—18
15. . .	50	2	2	"	71—77	12
15.—16. . .	50	2	2	"	71—77	12
16. . .	40	4	4	"	71	12—18
18. . .	10+20	1+4	3 ¹ / ₂	"	65—71	12—18
18.—19. . .	40	4	3 ¹ / ₂	"	65—71	12
19. . .	40	4	3 ¹ / ₂	"	65	12—18
21. . .	35	2	1 ³ / ₄	"	110—116	18
21.—22. . .	30	4	3 ¹ / ₂	"	77—83	18
22. . .	30	4	2 ¹ / ₂	"	65—71	18
22.—23. . .	35	2	2	"	77	18
23. . .	10+30	1+4	2 ¹ / ₂	"	65	18
25. . .	30	2	2	"	116	18—25
25.—26. . .	10+25	1+4	2 ¹ / ₂	"	107	18
26.—27. . .	30	2	2	"	71—67	18
29. . .	35	2	2	"	96	18
30.—31. . .	30	4	4	"	90	18
31. . .	35	4	4	"	83	18
Juni 1. . .	35	4	4	"	83	18
6. . .	10+30	1+2	2	"	77	18
7. . .	10+30	1+2	1 ³ / ₄	"	77—83	18—25
8.—9. . .	10+20	1+2	1 ¹ / ₂	"	77—83	25
9. . .	10+30	1+2	1 ¹ / ₂	"	77	18—25
14.—15. . .	10+20	1+2	1 ¹ / ₂	"	83	25
23. . .	40	4	4	"	122	12—18
27. . .	30	2	2	"	71—77	25—31
28. . .	10+20	1+4	4	"	71	25—31
29. . .	10+20	1+2	2	"	77	25—31
30. . .	10+20	1+2	2	"	71—77	25—31
30. VI. bis 1. VII. .	10+20	1+4	2	"	77	25—31

Farbenwerte.

Wasser.

VIII	IX	X	XI		XII	XIII	XIV
Differenz der Farbe zwischen Anfang und Ende	Farben- reduktion nach der ersten Stunde	Farben- reduktion in der zweiten Filterperiode (2. Stunde bis Schluß)	Mittlere Farbenwerte		Differenz der Farbe zwischen den Mittelwerten von R.- und F.-Wasser	Relative Farben- reduktion	Farben- reduktion in Prozent.
a	b		Roh- wasser	filtriertes Wasser			
56	59	—3	77	17	60	4.53	77.9
62	58	4	70	19	51	3.69	72.8
47	40	7	66	19	47	3.48	71.2
53	46	7	69	20	49	3.45	71.0
62	55	7	75	22	53	3.41	70.7
62	52	10	75	18	57	4.17	76.0
62	55	7	72	17	55	4.24	76.4
56	49	7	72	17	55	4.24	76.4
59	52	7	71	18	53	3.95	74.6
62	56	6	74	14	60	5.29	81.1
62	56	6	72	14	58	5.14	80.5
56	53	3	72	13	59	5.54	81.9
53	46	7	68	16	52	4.25	76.5
56	53	3	66	14	52	3.72	78.8
50	43	7	68	17	51	4.00	75.0
95	91	4	98	18	80	5.45	81.6
62	58	4	70	19	51	2.69	72.8
50	43	7	68	19	49	3.58	72.0
59	52	7	71	20	51	3.55	71.8
47	40	7	69	19	50	3.63	72.5
94	91	3	111	24	87	4.63	78.4
89	82	7	87	19	68	4.58	78.2
56	49	7	69	19	50	3.63	72.5
78	71	7	93	20	73	4.65	78.5
72	65	7	86	22	64	3.91	74.4
65	58	7	83	22	61	3.78	73.5
65	58	7	78	20	58	3.90	74.3
59	55	4	78	18	60	4.34	76.9
58	55	3	85	23	62	3.70	72.9
55	49	6	78	26	52	3.00	66.7
55	46	9	74	24	50	3.09	67.6
58	52	6	78	27	51	2.89	65.4
107	104	3	116	17	99	6.83	85.3
46	43	3	74	29	45	2.55	60.8
43	43	—	71	28	43	2.54	60.6
49	46	3	74	30	44	2.47	59.4
46	43	3	75	29	46	2.59	61.3
49	46	3	77	28	49	2.75	63.6

Landgraben-

I	II	III	IV	V	VI	VII
D a t u m	Menge des Alauns	Ort des Zusatzes (Hahn)	Sedimen- tationszeit	Filtrations- Geschwin- digkeit	Farbe des Roh- wassers	Farbe des filtrierten Wassers am Schlusse der Filterperiode
November 13.-14.-15.	20	4	4 Std.	95 ^m	95	25
17.-18.	20	4	"	"	122	35
21.-22.	20	4	"	"	102-108	25-31
24.-25.	30	4	"	"	96	28
Dezember, 4.-5.	10+20	1+4	"	"	71-77	6-12
6.	10+20	1+4	"	"	65	18
7.-8.	10+20	1+4	"	"	65-71	18
11.-12.	20+30	1+4	"	"	58-64	12
12.-13.	10+40	1+4	"	"	57	31
14.-15.	10+50	1+4	"	"	65	25
18.-19.	10+20	1+4	"	"	71-77	6-12
20.-21.	10+20	1+4	"	"	65	6-12
22.-23.	10+30	1+4	"	"	65	6-12
Januar, 16.-17.	10+30	1+4	"	"	114	6
17.	10+20	1+4	"	"	108-114	12
18.-19.	10+12	1+4	"	"	120	45
24.-25.	10+30	1+4	"	"	114	12
Februar, 6.-7.	10+30	1+4	"	"	77-81	6
7.	10+30	1+4	"	"	71-77	6
März, 1.-2.	10+10	1+4	"	"	58-64	12-18
9.	10+10	1+4	"	"	102	37-41
10.-11.	10+20	1+4	"	"	107	12-18
11.-12.	20	1+4	"	"	102	25-31
24.	10+20	1+4	"	"	65	6-12
24.-25.	10+20	1+4	"	"	71	6-12
25.	10+20	1+4	"	"	71	12
25.-26.	20+10	1+4	"	"	77-83	12
26.	30	4	"	120 ^m	57	12-18
26.-27.	30	4	"	"	77	12-18
27.	30	2	"	"	65	6-12
28.	30	4	"	95 ^m	57	12
28.-29.	30	2	"	"	57	6-12
30.	20+30	1+4	"	"	58-64	6-12
30.-31.	20+30	1+4	"	"	65	6-12
31.	20+30	1+4	"	"	65-71	6-12
31. III. bis 1. IV.	20+30	1+4	"	"	71	6-12
April, 1.	20+30	1+4	"	120 ^m	71	6-12
2.	20+30	1+4	"	"	71	12
2.-3.	20+30	1+4	"	"	65-71	6-12
3.	10+40	1+4	"	95 ^m	71	6-12

Wasser.

VIII	IX	X	XI		XII	XIII	XIV
Differenz der Farbe zwischen Anfang und Ende	Farben- reduktion nach der ersten Stunde	Farben- reduktion in der zweiten Filterperiode (2. Stunde bis Schluß)	Mittlere Farbenwerte		Differenz der Farbe zwischen den Mittelwerten von R.- und F.-Wasser	Relative Farben- reduktion	Farben- reduktion in Prozent.
			a Roh- wasser	b filtriertes Wasser			
70	30	40	95	42	53	2.27	55.8
87	74	13	122	43	79	2.84	64.7
77	77	0	105	28	77	3.75	73.3
68	68	0	96	28	68	3.43	70.8
65	59	6	74	11	63	6.73	85.1
47	53	— 6	65	9	56	7.22	86.1
50	56	— 6	68	11	57	6.18	83.8
46	46	0	61	11	51	5.55	83.6
26	47	—21	60	14	46	4.29	76.7
40	56	—16	65	12	53	5.42	81.5
65	65	0	74	9	65	8.22	87.8
56	53	3	65	10	55	6.50	84.6
56	53	3	65	10	55	6.50	84.6
108	105	3	114	7	107	16.28	93.8
99	99	0	112	13	99	8.62	88.4
75	95	—20	120	38	82	3.16	68.3
102	66	36	110	28	82	3.93	74.5
73	64	9	78	7	71	11.14	91.0
68	65	3	74	7	67	10.57	90.5
46	30	16	61	19	42	3.21	68.8
63	65	2	102	36	66	2.84	64.7
92	66	26	106	24	82	4.42	77.3
74	61	13	102	28	74	3.65	72.5
56	47	9	66	11	55	6.00	83.3
62	56	6	71	10	61	7.10	85.9
59	56	3	74	13	61	5.69	82.4
68	68	0	78	12	66	6.50	84.6
42	12	30	96	34	62	2.83	64.6
62	55	7	74	17	57	4.35	77.0
56	40	16	65	19	46	3.42	70.8
45	39	6	57	15	42	3.80	73.7
48	39	9	57	10	47	5.70	82.4
52	52	0	63	8	55	7.87	87.3
56	53	3	65	9	56	7.22	86.1
59	56	3	69	9	60	7.67	89.9
62	59	3	71	10	61	7.10	85.9
62	53	9	71	11	60	6.45	84.5
59	56	3	71	11	60	6.45	84.5
59	56	3	69	9	60	7.67	86.9
62	56	6	71	10	61	7.10	85.9

Landgraben-

I		II	III	IV	V	VI	VII
D a t u m		Menge des Alauns	Ort des Zusatzes (Hahn)	Sedimen- tationszeit	Filtrations- Geschwin- digkeit	Farbe des Roh- wassers	Farbe des filtrierten Wassers am Schlusse der Filterperiode
April,	3.—4.	10+40	1+4	4 Std.	95 m	71	12
	4.	10+40	1+4	"	"	71	6—12
	4.—5.	10+40	1+4	"	"	65—71	6—12
	5.	10+40	1+4	"	120 m	65—71	6—12
	5.—6.	10+40	1+4	"	"	65—71	6—12
	6.	10+40	1+4	"	"	65—71	6—12
	6.—7.	10+40	1+4	"	"	65	6—12
	7.	10+40	1+4	"	95 m	51	6—12
	19.	10+20	1+4	"	"	45—51	6—12
	20.	10+20	1+4	"	"	45	6—12

Land- und Wirr-

September,	13.	55	4	4 Std.	95 m	100	12
	13.—14.	40	4	4 "	"	110	51
	14.	50	2	2 "	"	104	12—18
	14.—15.	45	2	2 "	"	104—110	25—31
	16.	50	4	4 "	"	110	25—31
	16.—17.	50	4	4 "	"	116	31
	17.	55	4	4 "	"	110	12—18
	17.—18.	55	4	4 "	"	110	12—18
	19.	55	4	4 "	"	96	12
	19.—20.	55	4	4 "	"	104	14
	20.	58	4	4 "	"	98	16
	20.—21.	70	1+4	4 "	"	110	9
	21.	70	1+4	4 "	"	96	9
	21.—22.	70	1+4	4 "	"	71	9

Wirrgraben-

Mai, Juni,	3.	10+20	1+2	2 Std.	95 m	90	65
	15.	10+20	1+4	4 "	"	116	65—71
	16.	10+40	1+4	4 "	"	116	41
	18.	10+50	1+4	3 1/2 "	"	110	18—25
	18.—19.	10+40	1+2	2 "	"	110	31
	19.	10+20	1+2	2 "	"	104	77
	19.—20.	10+80	1+2	2 "	"	110	57

Wasser.

VIII	IX	X	XI		XII	XIII	XIV
Differenz der Farbe zwischen Anfang und Ende	Farben- reduktion nach der ersten Stunde	Farben- reduktion in der zweiten Filterperiode (2. Stunde bis Schluß)	Mittlere Farbenwerte		Differenz der Farbe zwischen den Mittelwerten von R.- und F.-Wasser	Relative Farben- reduktion	Farben- reduktion in Prozent.
			a Roh- wasser	b filtriertes Wasser			
59	59	0	71	11	60	6.45	84.5
62	59	3	69	10	59	6.90	85.5
59	56	3	68	10	58	6.80	85.3
59	56	3	68	9	59	7.55	86.8
59	56	3	68	10	58	6.80	85.3
59	56	3	66	10	56	6.60	84.8
56	53	3	58	10	48	5.80	82.7
42	42	0	51	9	42	5.67	82.3
39	39	0	48	9	39	5.33	81.2
36	33	3	46	10	36	4.60	78.3

graben-Wasser.

98							
59							
89							
79							
82							
85							
95							
95							
84							
90							
82							
101							
87							
62							

Wasser.

25	25	0	93	65	28	1.43	30.1
48	45	3	116	69	47	1.69	40.5
75	45	30	116	62	54	1.88	46.5
88	45	43	110	33	77	3.34	70.0
79	73	6	107	34	73	3.15	68.2
27	33	-6	107	76	31	1.41	29.0
53	33	20	107	39	68	2.75	63.5

Tabelle III.

	Chlor	Schwefelsäure	Salpetersäure	Salpetrige Säure	Gesamthärte
	mg pro Liter				in deut-
Wirrgrabenwasser Alaun 30 ^{grm} Hahn					
R ¹	10	36.8	0	0	5.8
F 1/2 ²	9	52	0	0	6.2
F 3			0	0	6.1
F 5	9	58	0	0	
F 8	9		0	0	6.1
Wirrgrabenwasser Alaun 50 ^{grm} Hahn					
R	10	24	0	0	5.6
F 1	10	64	0	0	6.3
F 3					6.2
F 5	10		0	0	6.3
F 8		78	0	0	6.2
Kanalwasser Alaun 30 ^{grm} Hahn					
R	11	44	0	0	10.8
F 1/3	12		0	0	10.8
F 2/3					11.1
F 1		58	0	0	
F 2	12				11.7
F 4		64	0	0	
F 6	12				11.4
F 8					
Kanalwasser Alaun 30 ^{grm} Hahn					
R	11	47	0	0	11.1
F 1/2	11	58	0	0	11.4
F 3					11.4
F 5	12		0	0	
F 8		70			11.4
Landgrabenwasser Alaun 30 ^{grm} ;					
R	10	44	6	0	6.5
F	10	52	0	0	7.7
Landgrabenwasser Alaun 40 ^{grm} ;					
F	10	58	6	6	7.6

¹ R = Rohwasser.² F 1/2 = filtriertes Wasser, entnommen nach 1/2 Stunde.

Chemische Analysen.

Permanente Härte	Temporäre Härte	Ammoniak	Eisen	Organische Substanz (mg O pro Liter)	Abdampf- rückstand	Glüh- verlust
schen Härtegraden		mg pro Liter			mg pro Liter	
1 + 2; Sedimentation 2 Stunden.						
3.5	2.3	0	0.5	13.46	160	60
4.3	1.9			8.71		
3.8	2.3	0	0		165	80
				12.47	140	
4.8	1.3	0	0		140	50
1 + 4; Sedimentation 4 Stunden						
4.3	1.3	0	0.5	13.6	185	100
				13.4	200	90
5.6	0.6	0	0			
				11.0	180	90
5.1	1.1	0	0			
2; Sedimentation 2 Stunden.						
6.8	4.0	0	6	7.6	290	120
		0	Spur			
7.2	3.9	0	„	7.6	310	110
	0	0	„			
7.2	4.5		„	7.6	320	130
		0	„			
8.0	3.4		„	8.2		
1 + 4; Sedimentation 4 Stunden.						
5.3	5.8	0	5	7.8	320	130
5.7	5.7	0	Spur			
		0	„	8.0	310	110
		0	„			
5.7			„	7.8	310	110
Sedimentation 3 Stunden.						
5.6	0.9	Spur	0.15	7.4	290	160
6.4	1.3	„	Spur	6.0	310	150
Sedimentation 3 Stunden.						
6.4	1.2	Spur	Spur	5.4	320	100

Tabelle IV.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
D a t u m	Menge des Alauns	O r t des Zusatzes (Hahn)	Sedimen- tations- zeit	Filtrations- geschwin- digkeit	Mittlere Keimzahlen in der I. Periode			
					I. Bott.	II. Bott.	Filter oben	Filter unten
1905					Landgraben-			
August, 31.	37	4	4 Std.	95 m				
31. VIII. bis 1. IX.	37	4	"	"				
September, 1.	37	4	"	"				
2.	45	4	"	"				
3.	50	4	"	"				
3.—4.	50	4	"	"				
4.	50	4	"	"				
4.—5.	50	4	"	"				
5.	49	4	"	"				
5.—6.	50	4	"	"				
6.	50	4	"	"				
6.—7.	50	4	"	"				
7.—8.	50	4	"	"				
8.—9.	48	4	"	"				
9.	50	4	"	"				
9.—10.	50	4	"	"				
10.	49	4	"	"				
11.	50	4	"	"				
11.—12.	50	1+4	"	"				
12.	50	2+4	"	"				
22.	60	1+4	"	"				
22.—23.	50	4	"	"				
23.	50	4	"	"				
23.—24.	50	4	"	"				
24.	50	4	"	"				
24.—25.	51	4	"	"				
26.	60	1+4	"	"				
Oktober, 2.—3.	60	1+4	"	"				
3.	60	1+4	"	"				
3.—4.	59	1+4	"	"				
4.	60	1+4	"	"				
4.—5.	59	1+4	"	"				
5.—6.	48	4	"	"				
6.	52	4	"	"				
7.	51	4	"	"				
8.—9.	50	4	"	"				
9.	51	4	"	"				
9.—10.	58	4	"	"				
10.—11.	50	4	"	"				
11.	50	4	"	"				
11.—12.	49	4	"	"				
12.	49	4	"	"				
12.—13.	49	4	"	"				

¹ W. = alle Wasserkeime. — Pr. = Prodigiosuskeime.

Keimzahlen.

X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII
Mittlere Keimzahlen in der II. Periode			Mittelzahlen vor dem Filter in der II. Periode bzw. Keimzahl des Rohwassers	Mittlere Keimzahlen hinter dem Filter in der II. Periode	Differenz der Keimzahl vor u. hinter dem Filter bzw. Rohwasser — „hinter dem Filter“	Quotient der Keimzahlen vor u. hinter dem Filter bzw. Rohwasser: hinter dem Filter	Keimreduktion in Proz. zwischen, vor u. hinter dem Filter bzw. Rohwasser und hinter dem Filter	Art der gezählten Keime
I. Bott.	II. Bott.	Filter oben						
Wasser.								
			1280	46	1234	27.8	96.4	W. ¹
			1280	25	1255	51.2	98.0	"
			1536	32	1504	48.0	97.9	"
			1088	29	1059	37.5	97.3	"
			1536	13	1523	118.1	99.1	"
			1344	14	1330	96.0	98.9	"
			1344	7	1337	192.0	99.5	"
			1472	59	1413	24.9	96.0	"
			1472	48	1424	30.7	96.7	"
			1320	47	1273	28.1	96.4	"
			1320	131	1189	10.1	90.1	"
			1536	44	1492	34.9	97.1	"
			1568	45	1523	34.8	97.1	"
			1152	59	1093	19.5	94.9	"
			1152	50	1102	23.0	95.6	"
			1408	26	1382	54.1	98.1	"
			1408	29	1379	48.5	97.9	"
			1216	24	1292	50.7	106.2	"
			1152	45	1107	25.6	96.1	"
			1152	53	1099	21.7	95.4	"
			1120	39	1081	28.7	96.5	"
			1088	48	1040	22.7	95.6	"
			1184	169	1015	7.0	85.7	"
			1152	28	1124	41.1	97.6	"
			992	49	943	20.2	95.1	"
			1024	32	992	32.0	96.9	"
			901	3	898	300.3	99.7	"
			768	15	753	51.2	90.6	"
			800	14	786	57.1	98.2	"
			832	78	754	10.7	90.6	"
			800	63	737	12.7	92.1	"
			768	61	707	15.9	92.0	"
			896	132	764	67.8	85.3	"
			832	104	728	8.0	87.5	"
			864	21	843	41.1	97.6	"
			960	52	908	18.5	94.5	"
			928	20	908	46.4	97.8	"
			896	84	812	10.7	90.6	"
			1024	60	964	17.1	94.1	"
			960	67	893	14.3	93.0	"
			896	32	864	28.0	96.4	"
			896	48	848	18.7	94.6	"
			896	28	868	32.0	96.9	"

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
D a t u m	Menge des Alauns	O r t des Zusatzes (Hahn)	Sedimen- tations- zeit	Filtrations- geschwin- digkeit	Mittlere Keimzahlen in der I. Periode			
					I. Bott.	II. Bott.	Filter oben	Filter unten

Landgraben-

Oktoker,	13.	48	4	4 Std.	95 m				
	13.—14.	50	4	"	"				
	14.	50	4	"	"				
	14.—15.	52	4	"	"				
	15.	47	4	"	"				
	15.—16.	46	4	"	"				
	16.	45	4	"	"				
	16.—17.	45	4	"	"				
	17.	45	4	"	"				
	17.—18.	46	4	"	"				
	18.	45	4	"	"				
	18.—19.	45	4	"	"				
	19.	45	4	"	"				
	19.—20.	45	4	"	"				
	20.	40	4	"	"				
	21.	40	4	"	"				
	21.—22.	40	4	"	"				
	22.	40	4	"	"				
	22.—23.	40	4	"	"				
	23.	40	4	"	"				
	23.—24.	40	4	"	"				
	24.	35	4	"	"				
	24.—25.	35	4	"	"				
	25.	35	4	"	"				
November,	21.—22.	20	4	"	"	—	—	—	—
	24.—25.	30	4	"	"	30	63	48	88
Dezember,	4.—5.	10+20	1+4	"	"	—	6	24	2
	6.	10+20	1+4	"	"	665	1295	2194	11
	7.—8.	10+20	1+4	"	"	1787	1440	555	82
	11.—12.	20+30	1+4	"	"	4	6	41	23
	12.—13.	10+40	1+4	"	"	540	1782	1863	112
	14.—15.	10+50	1+4	"	"	127	3	23	7
	18.—19.	10+20	1+4	"	"	201	278	138	13
	20.—21.	10+20	1+4	"	"	1075	—	2880	333
1906									
Januar,	18.—19.	10+12	1+4	"	"	65	343	108	29
	24.—25.	10+20	1+4	"	"	38	37	34	7
März,	1.—2.	10+10	1+4	"	"	6294	4816	5311	2550
	9.	10+10	1+4	"	"	8527	7316	8564	2971
	10.—11.	10+20	1+4	"	"	1080	100000	5031	2440
	11.—12.	20	1+4	"	"	42880	16200	42880	3149
	25.	10+20	1+4	"	120	1020	1360	1240	140
	25.—26.	20+10	1+4	"	"	1200	1530	980	125
	26.	30	4	"	"	2680	970	1715	1250
	26.—27.	30	4	"	"	2560	970	970	210
	27.	30	2	"	"	1884	1792	884	230

X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII
Mittlere Keimzahlen in der II. Periode			Mittelzahlen vor dem Filter in der II. Periode bzw. Keimzahl des Rohwassers	Mittlere Keimzahlen hinter dem Filter in der II. Periode	Differenz der Keimzahl vor u. hinter dem Filter bzw. Rohwasser — „hinter dem Filter“	Quotient der Keimzahlen vor u. hinter dem Filter bzw. Rohwasser hinter dem Filter	Keimreduktion in Proz. zwischen, vor u. hinter dem Filter bzw. Rohwasser und hinter dem Filter	Art der gezählten Keime
I. Bott.	II. Bott.	Filter oben						

Wasser.

			960	82	878	11.7	91.4	W.
			832	112	720	7.4	86.5	„
			931	76	855	12.2	91.8	„
			1024	25	999	41.0	97.5	„
			1056	23	1033	45.9	97.8	„
			1088	63	1025	17.3	94.2	„
			1166	26	1140	44.8	97.8	„
			1244	236	1008	5.3	81.0	„
			2030	348	1682	5.8	82.8	„
			2816	320	2496	8.8	88.6	„
			3072	377	2695	8.1	87.7	„
			3200	384	2816	8.3	88.0	„
			3328	468	2860	7.1	85.9	„
			3072	448	2624	6.8	85.4	„
			3584	477	3107	7.5	86.7	„
			3456	509	2947	6.8	85.3	„
			3200	356	2844	9.0	88.9	„
			3328	428	2900	7.8	87.1	„
			2560	320	2240	8.0	87.5	„
			2396	358	2038	6.7	85.0	„
			2460	288	2172	8.5	88.3	„
			2268	428	1840	5.3	81.1	„
			2176	418	1758	5.2	80.8	„
			2368	441	1927	5.4	81.4	„
618	100	112	276	80	196	3.4	71.0	Pr.
672	680	171	407	97	310	4.2	76.2	„
1119	893	502	838	0.6	837.4	139.7	99.9	„
1064	771	1701	1178	4	1174	294.5	99.7	„
1664	1296	1120	1360	21	1339	64.8	98.4	„
205	115	48	122	18	104	6.8	85.2	„
1307	1193	1115	1205	7	1198	172.1	99.4	„
281	16	35	110	6	104	18.3	94.5	„
681	529	233	481	3	478	160.3	99.4	„
820	654	1702	1058	36	1022	29.4	96.6	„
150	586	126	287	13	274	22.1	95.5	„
83	86	86	86	9	77	9.5	89.5	„
32829	34057	41448	36111	10666	25445	3.4	70.5	„
54397	60819	36437	100000	11805	88195	8.5	88.2	W.
67736	58701	46498	100000	38089	61911	2.6	61.9	„
59035	51149	63750	100000	16014	83986	6.2	84.0	„
1288	1400	1166	2560	234	2326	10.9	90.8	„
1807	2155	1718	3100	229	2871	13.5	92.6	„
1125	1422	789	980	219	761	4.5	77.6	„
1228	1174	1093	1438	211	1227	6.8	85.3	„
1159	1020	871	1374	68	1306	20.2	95.0	„

I		II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
D a t u m		Menge des Alauns	O r t des Zusatzes (Hahn)	Sedimen- tations- zeit	Filtrations- geschwin- digkeit	Mittlere Keimzahlen in der I. Periode			
						I. Bott.	II. Bott.	Filter oben	Filter unten
Landgraben-									
März,	28.	30	4	4 Std.	95 m	992	988	1048	85
	28.—29.	30	2	"	"	1408	1286	1286	95
	30.	20+30	1+4	"	"	780	682	714	30
	30.—31.	20+30	1+4	"	"	1124	728	789	195
	31.	20+30	1+4	"	"	424	1200	591	115
	31.—1./4.	20+30	1+4	"	"	1200	1030	880	190
April,	1.	20+30	1+4	"	120 m	544	1220	858	175
	2.	20+30	1+4	"	"	910	640	704	40
	2.—3.	20+30	1+4	"	"	868	946	712	135
	3.	10+40	1+4	"	95 m	640	850	795	90
	3.—4.	10+40	1+4	"	"	950	810	995	158
	4.	10+40	1+4	"	"	1280	1280	760	139
	4.—5.	10+40	1+4	"	"	560	936	1502	134
	5.	10+40	1+4	"	120 m	420	420	690	251
	5.—6.	10+40	1+4	"	"	1600	1290	1275	214
	6.	10+40	1+4	"	"	864	820	1022	86
	6.—7.	10+40	1+4	"	"	1200	1190	1188	78
	7.	10+40	1+4	"	95 m	680	786	785	57
	19.	10+20	1+4	"	"	496	526	688	71
	20.	10+20	1+4	"	"	640	420	732	196
Kanal-									
Mai,	7.	10+20	1+4	4 Std.	95 m	36217	20987	16271	1990
	7.—8.	10+20	1+4	4 "	"	32066	12318	2113	492
	8.	10+20	1+4	4 "	"	—	—	—	1281
	8.—9.	30	4	4 "	"	—	—	—	300
	9.—10.	30	2	2 "	"	—	1208	5346	741
	11.	35	2	2 "	"	—	17122	5718	5291
	12.	40	2	2 "	"	—	27240	30182	49789
	14.	40	2	2 "	"	—	—	753	337
	14.—15.	40	2	2 "	"	—	—	—	337
	15.	50	2	2 "	"	—	—	—	928
	15.—16.	50	2	2 "	"	—	—	—	475
	16.	40	4	4 "	"	—	—	—	150
						110	0	128	0
	18.	10+20	1+4	3 1/2 "	"	12966	10174	6590	68069
						—	—	—	0
	18.—19.	40	4	3 1/2 "	"	—	—	—	100000
						—	—	—	12
	19.	40	4	3 1/2 "	"	—	—	—	33994

¹ Die Ziffern über dem Strich bedeuten Zahlen für Prodigiosus. — Die Ziffern unter

X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII
Mittlere Keimzahlen in der II. Periode			Mittelzahlen vor dem Filter in der II. Periode bzw. Keimzahl des Rohwassers	Mittlere Keimzahlen hinter dem Filter in der II. Periode	Differenz der Keimzahl vor u. hinter dem Filter bzw. Rohwasser — „hinter dem Filter“	Quotient der Keimzahlen vor u. hinter dem Filter bzw. Rohwasser: hinter dem Filter	Keimreduktion in Proz. zwischen, vor u. hinter dem Filter bzw. Rohwasser und hinter dem Filter	Art der gezählten Keime
I. Bott.	II. Bott.	Filter oben						

Wasser.

1122	1035	1027	1920	101	1819	19.0	94.7	W.
1158	975	1008	2560	75	2485	34.1	97.1	„
970	1066	860	684	18	666	38.0	97.4	„
828	793	766	1920	30	1890	64.0	98.4	„
832	790	749	620	26	594	23.8	95.8	„
788	825	716	1346	14	1332	96.1	98.9	„
959	959	944	1284	25	1259	51.4	98.0	„
1026	1055	942	1164	75	1089	15.5	93.5	„
532	492	465	72	24	696	30.0	96.7	„
962	956	853	1246	20	1226	62.3	98.4	„
1221	1032	909	2560	32	2528	80.0	98.7	„
1171	1170	1043	1984	28	1956	70.0	98.6	„
778	1121	1068	1110	46	1064	24.1	95.8	„
1159	1015	863	1080	46	1034	23.5	95.7	„
973	1040	978	3200	60	3140	53.3	98.1	„
820	671	758	2432	29	2403	83.9	98.8	„
783	800	779	960	27	933	35.5	97.2	„
941	890	889	898	20	878	45.0	97.8	„
759	698	741	1600	34	1566	47.0	97.9	„
1008	928	857	1400	66	1344	21.4	95.3	„

Wasser.

88556	79127	35799	67827	3269	64558	20.7	95.2	W.
57231	35161	22117	38169	1222	36947	31.2	96.8	„
64944	52225	34018	50395	693	49702	72.7	98.6	„
38015	38539	37539	38031	9728	28303	3.9	74.4	„
—	49722	25160	37441	9608	27833	3.9	74.3	„
—	11459	34772	23115	37712	—	—	—	„
—	41120	51724	46422	50838	—	—	—	„
—	9611	27647	18629	351	18278	52.1	98.1	„
—	56104	23559	39831	9665	30166	4.1	75.7	„
—	32265	27739	30002	912	29090	32.9	97.0	„
—	25682	21937	23509	567	22942	41.5	97.6	„
40014	53804	29428	41082	19079	22003	2.1	53.5	„
249	200	660	369	26	343	14.2	92.9 ¹	„
6966	11128	3389	7161	15867	—	—	—	„
0	0	44	14	4	10	3.5	71.4	„
33967	54552	6962	31827	36412	—	—	—	„
0	0	2	0	0	0	0	0	„
42170	30924	21923	31672	13283	—	2.4	58.1	„

dem Strich bedeuten Zahlen für die übrigen Wasserkeime.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX		
D a t u m	Menge des Alauns	O r t des Zusatzes (Hahn)	Sedimen- tations- zeit	Filtrations- geschwin- digkeit	Mittlere Keimzahlen in der I. Periode					
					I. Bott.	II. Bott.	Filter oben	Filter unten		
Kanal-										
Mai,	21.—22.	30	4	3 1/2 Std.	95 m	1622 236	384 1070	137 913	0 556 20	
	22.	30	4	2 1/2 "	"	—	—	—	121 0	
	23.	10+30	1+4	2 1/2 "	"	0 20525	—	6 1417	0 303	
	25.—26.	10+25	1+4	2 1/2 "	"	916 856	120 1470	—	0 320	
	30.—31.	30	4	4 "	"	832 246	836 1080	818 372	0 99	
	31.	35	4	4 "	"	2006 674	1712 48	956 180	9 55	
	Juni,	1.	35	4	4 "	"	1018 1488	1018 1040	116 1330	8 275
		6.	10+30	1+2	2 "	"	—	1056	2	58
		7.	10+30	1+2	1 3/4 "	"	—	172 9922	1864 510	60 137
		8.—9.	10+20	1+2	1 1/2 "	"	—	510 1840	814 862	74 0
9.		10+30	1+2	1 1/2 "	"	—	216 820	210 848	136 24	
14.—15.		10+20	1+2	1 1/2 "	"	—	1204	206 10	79 0	
28.		10+20	1+4	4 "	*	0 7244	0 2040	0 1754	0 855	
29.		10+20	1+2	2 "	"	—	1548 456	368 430	25 72	
Wirrgraben-										
Juni,	15.	10+20	1+4	4 Std.	95 m	4008	4008	2000	1502	
	16.	10+40	1+4	"	"	22168	4422	3290	283	
	18.	10+50	1+4	"	"	15250	3200	16200	356	
	18.—19.	10+40	1+2	"	"	—	28446	8464	1739	
	19.	10+20	1+2	"	"	—	—	—	484	
	19.—20.	10+30	1+2	"	"	—	—	—	870	

¹ Zusatz von Prodigiosusbakterien, jedoch wurden alle Keime gezählt.

X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII
Mittlere Keimzahlen in der II. Periode			Mittelzahlen vor dem Filter in der II. Periode bzw. Keimzahl des Rohwassers	Mittlere Keimzahlen hinter dem Filter in der II. Periode	Differenz der Keimzahl vor u. hinter dem Filter bzw. Rohwasser — „hinter dem Filter“	Quotient der Keimzahlen vor u. hinter dem Filter bzw. Rohwasser: hinter dem Filter	Keimreduktion in Proz. zwischen, vor u. hinter dem Filter bzw. Rohwasser und hinter dem Filter	Art der gezählten Keime
I. Bott.	II. Bott.	Filter oben						
Wasser.								
917	1063	384	788	43	745	18.3	94.5	
799	352	1829	993	720	273	1.4	27.5	
849	1186	1113	1049	130	919	8.1	87.6	
490	610	327	475	429	46	1.1	9.7	
244	0	82	108	9	99	12.0	91.7	
5160	3046	1034	3080	789	2291	3.9	74.4	
924	338	1105	789	125	664	6.3	84.1	
1129	2788	1072	1663	779	884	2.1	53.1	
1511	1450	1480	1481	70	1411	21.1	95.3	
442	630	284	452	178	274	2.5	60.6	
4578	1900	1353	2610	53	2557	49.2	98.0	
506	100	335	313	35	278	8.9	88.8	
258	1840	761	953	11	942	86.6	98.8	
21531	1374	688	7864	155	7709	50.7	98.0	
—	530	818	674	7	667	96.3	99.0	
—	490	656	573	173	400	3.3	69.8	
—	209	161	185	18	167	10.3	90.3	
—	1018	25955	13533	93	13440	145.5	99.3	
—	1259	1287	1273	73	1200	17.4	94.3	
—	288	260	274	84	190	3.3	69.3	
—	458	547	502	83	419	6.0	83.5	
—	1029	410	719	50	669	14.4	93.0	
—	51	760	405	31	374	13.1	92.3	
—	3511	427	1969	223	1746	8.8	88.7	
546	644	354	514	8	506	64.2	98.4	
2250	1106	785	1380	474	906	2.9	65.6	
—	25892	889	13390	7	13383	1912.8	100.0	
—	25216	285	12750	158	12592	80.7	98.8	

Wasser.								
5639	5772	3271	4894	1364	3530	3.6	72.1	W. + Pr. ¹
14847	7853	27504	16734	755	15979	22.2	95.5	„
9800	21514	5389	12234	692	11542	17.7	94.3	„
—	17733	11714	14723	1226	13497	12.0	91.7	„
—	14511	16240	15375	1164	14211	13.2	92.4	„
—	44272	18612	31442	1574	29868	20.0	95.0	„