

Mikrobiologische Untersuchungen über einige japanische Wasserleitungen.

Von

Hirotaro HATTORI,

Rigakushi, Rigakuhakushi.

Mit 6 Tafeln.

I. Einleitung.

Betreffs Beurteilung des Trink- und Nutzwassers sind seit langem Untersuchungen vieler Forscher veröffentlicht worden. Vor allem haben ZIMMERMANN,⁽⁵⁹⁾ LUSTIG,⁽³⁶⁾ FRANKLAND⁽¹⁵⁾ u. a. vom botanischen und hygienischen Standpunkt bakteriologische Untersuchungen angestellt. Andererseits hat die allmähliche Vervollkommnung des Wasserleitungssystems die Aufmerksamkeit der Forscher auf die Verbesserung des Leitungswassers durch Filteranlagen gelenkt. PIEFKE⁽⁴¹⁾ hat schon seit langem bezüglich der Wirksamkeit von Filtersandschichten Untersuchungen angestellt und behauptet, dass die auf der Oberfläche derselben geformte sogenannte Schlammsschicht ein wichtiger, die Wirksamkeit der Sandschicht stark beeinflussender Faktor sei. Seitdem sind auf den europäischen und amerikanischen Wasseruntersuchungsstationen von vielen Bakteriologen und Biologen derartige Untersuchungen fortgesetzt worden, und die Resultate derselben haben Wissenschaft und Technik in nicht unbedeutendem Masse gefördert.

Gegenüber der ungeheuren Literatur betreffs der bakteriologischen Untersuchung des Wassers, gibt es nur wenige Arbeiten über

die anderen Mikroorganismen desselben, insbesondere über ihre Arten, Entwicklung, u. s. w.. Unter ihnen sind die Arbeiten von LEMMERMANN,⁽³⁸⁾ WHIPPLE,⁽⁵⁸⁾ und neuerdings von KOLKWITZ und MAARSSON⁽²⁶⁾ nennenswert; aber keine dieser Arbeiten ist als eine vollkommene zu bezeichnen.

Ich habe während mehrerer Jahre bei den hauptsächlichsten japanischen Wasserleitungen, besonders bei der in Yokohama, vergleichende Untersuchungen angestellt, wie die verschiedenen Arten und die Entwicklung der Bakterien die Qualität des Wassers beeinflussen. Meine Untersuchungen beabsichtigten festzustellen, in welchem Masse die bisher verhältnissmässig ausser Acht gelassene Schmutzdeckenflora bei der Wasserbeurteilung von Wichtigkeit ist. Ein anderer Zweck meiner Untersuchungen war zu ermitteln, ob die Mittel-Schnelligkeit bei der Filtration des Wassers in unseren Wasserleitungen, welche nur auf europäische Erfahrungen basiert sind, nicht beschleunigt werden könne, da das Rohwasser in unseren Wasserleitungen vom Rohwasser europäischer Wasserleitungen abweichende Eigenschaften hat. Dies ist nicht nur für die Neuerrichtung von Wasserleitungen oder bei der Erweiterung von schon bestehenden von grosser Bedeutung, sondern auch für den täglichen Betrieb derselben.

Es ist mir eine angenehme Pflicht an dieser Stelle, Herrn Prof. Dr. M. MIYOSHI, und dem verstorbenen Prof. Dr. R. HARA, Oberingenieur an der Yokohamaer Wasserleitung, die mir bei diesen Untersuchungen ihre Hilfe angedeihen liessen, meinen herzlichen Dank auszusprechen. Bei den chemischen Analysen haben mich die Ingenieure H. IWASAKI und M. KOMORI häufig unterstützt, und viele Herren an verschiedenen Plätzen haben mir gütigst Unter-

suchungsmaterial zugesandt. Ihnen allen spreche ich hier gleichfalls meinen wärmsten Dank aus.

II. Zur Geschichte der japanischen Wasserleitungen.

Die japanischen Wasserleitungen alter Zeiten kommen kaum in Betracht, sondern nur diejenigen, welche die TOKUGAWA Regierung gründete, beanspruchen einige Beachtung. Als TOKUGAWA IYEWASU im 18 Jahre der Tenshō Aera (1590) seine Residenz nach Yedo (heute Tokyo) verlegte, sorgte er zunächst für Trinkwasser und machte den Plan für eine Wasserleitung. Im Verlaufe der Jahre entstanden die folgenden sechs Systeme, nämlich: Kanda, Tamagawa, Mita, Senkawa, Aoyama und Kameari. Die drei letzten bestehen nicht mehr und nur die drei ersten lieferten bis in die Neuzeit den Stadtbewohnern ihr Trinkwasser. Im 36 Jahre der Meiji Aera (1903) wurden dann auch die beiden Systeme Kanda und Senkawa abgeschafft und der Tamagawa allein blieb übrig die Stadtbewohner mit Wasser zu versorgen. Sein Lauf wurde jedoch nicht verändert und das „Tamagawa System“ liegt der heutigen verbesserten Wasserleitung zu Grunde.

Was die Tamagawa-Wasserleitung anbetrifft, so wurde sie folgenderweise errichtet. Bei Hamura, dem Mittelpunkt des Tama-Flusses, wurde ein Damm angelegt und so eine Sammelstelle für Rohwasser gebildet. Von hier wurde dann ein offener Kanal, dessen Länge sich auf ca 52 km beläuft, gegraben, bis er den westlichen Teil der Stadt Tokyo erreichte. Von dort wurde das Wasser, ohne filtriert zu werden, mittelst hölzerner Röhrennetze der ganzen Stadt zugeführt.

Wir kommen nunmehr zur Besprechung der heutigen verbesserten Wasserleitung in Tokyo. Das Rohwasser derselben, wird wie einst auch heute vom Tama Fluss durch den alten Wasser-

gang wie auch durch einen neu gegrabenen offenen Kanal in die Absatzbehälter zu Yodobashi abgeleitet. Dann wird das Wasser in die Filtern geleitet und filtriert. Das so gereinigte Wasser wird in Klärwasserbassins gesammelt und dann erst über die Stadt verteilt, teils durch Gravitation, und teils durch Pumpwerke vermittelt einer Hochdruckleitung mit 3 Atmosphären Druck. Dieses Wasserwerk wurde im 33 Jahre Meiji (1900) vollendet.

Ehe ich nun die Wasserleitung in Yokohama einer eingehenden Betrachtung unterziehe, möchte ich darauf hinweisen, dass das Sand-Filtrationssystem bei derselben zum ersten Mal in Japan zur Anwendung gebracht wurde. Die Wasserleitung in Yokohama wurde im 4 Jahre Meiji (1871) nach dem Plan einiger Bürger, errichtet; damals wurde das Wasser noch vom Tama-Fluss abgeleitet. Nachdem aber die Regierung die Verwaltung der Wasserleitung übernommen hatte, wurde im Jahre 1886 der Dōshi-Fluss, ein Nebenfluss des Sagami, die Wasserquelle, und der Wasserbehälter in Aoyama wurde angelegt. Von hier aus wird das Wasser durch Eisenrohre in einer Länge von etwa 48 km in die Filteranlage in Yokohama geleitet. Das gereinigte Wasser wird vermittelt Gravitation über die ganze Stadt verteilt. Dieses Werk wurde im September 1888 vollendet. Weil aber wegen der starken Zunahme der Stadtbevölkerung grosser Wassermangel herrscht, ist man jetzt aufs neue bei der Ausführung eines grossen Erweiterungsbaues.

Auch in Hakodate und in Nagasaki wurden Wasserleitungen angelegt, einem Beispiel, dem im Laufe der Jahre Osaka, Hiroshima und andere Städte folgten. Die Zahl der Wasserleitungen in Japan, von denen die einen schon fertig sind, die anderen ihrer Vollendung entgegen gehen, beläuft sich auf mehr als 70.

Bei den japanischen Wasserleitungen wird im allgemeinen die

„Langsame Sand-Filtration“ angewandt, in Kyoto und in Riusan (Korea) kommt jedoch das mechanische Filtrationssystem zur Anwendung. Die Verbrauchswassermengen der japanischen Wasserwerke berechnet man pro Tag und pro Kopf durchschnittlich auf 3-4 cb Fuss, was der Verbrauchsmenge von Berlin fast gleich kommt, und $\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{3}$ derselben in Frankreich und England beträgt. Wenn man die Wasserverbrauchsmengen aber mit denen der Wasserleitungen in den Vereinigten Staaten von Nord Amerika vergleicht, so betragen sie nur $\frac{1}{5}$ - $\frac{1}{14}$.

III. Die chemische Beschaffenheit des Rohwassers in den japanischen Wasserleitungen.

Bei den japanischen Wasserleitungen wird meist Flusswasser, d. h. das Oberflächenwasser, wie schon im obigen Kapitel erwähnt, benutzt; nur in Tamsui (Formosa) wird Quellwasser direkt aufgenommen, ohne filtriert zu werden. Was die Wasserleitung in Kyoto anbetrifft, so wird das Wasser vom Biwa-See abgeleitet und darauf filtriert. Die Eigenschaft des Wassers hängt natürlich von der Beschaffenheit des Bodens ab, aus dem es quillt, oder durch den es fließt. Es ist für das Flusswasser auch nicht gleichgültig, ob das Niederschlagsgebiet stark bevölkert ist oder nicht. Von Bedeutung ist auch, ob das Wasser durch Wald, oder ob es durch gepflügte Felder fließt.

Um die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen, die seit ein paar Jahren bezüglich der japanischen Wasserleitungen angestellt worden sind, mit einander zu vergleichen, habe ich die folgende Tabelle aufgestellt.

TABELLE I.*

CHEMISCHE BESCHAFFENHEIT DES ROHWASSERS VON EINIGEN
JAPANISCHEN WASSERLEITUNGEN. mg in L.

Ort	Reaktion	Chlor	Schwefelsäure	Salpetersäure	Salpetrige Säure	Ammoniak	Härtegrade	Abdampf- rück- stand	Organ. Subst. K ₂ M _n 2 O ₅ Ver- brauch
Tokyo	schwach alkalisch	1.244	Spur	Spur	0	0	1.163	67.364	1.337
Yokohama	do	1.374	do	do	0	0	1.485	68.168	1.453
Osaka	do	5.257	do	do	0	0	—	77.607	5.464
Kobe	do	5.540	do	do	0	0	—	78.083	5.186
Okayama	do	6.519	do	0	0	0	1.036	53.885	2.121
Hiroshima	do	5.176	do	spur.	0	0	0.774	55.244	3.640
Nagasaki	do	9.238	do	do	0	0	1.876	65.262	6.683
Hakodate	neutral	3.760	do	do	0	0	—	90.197	4.079
Taihoku	schwach alkalisch	4.495	do	do	0	0	0.959	85.215	1.011
Keelung	do	8.827	do	do	0	0	0.254	53.283	0.823
Tamsui	do	11.010	do	do	0	0	2.013	140.110	0.307
Shōka	neutral	8.654	do	0	0	0	3.960	211.000	4.148

* Diese Angaben (ausschl. derjenigen von der Yokohamaer Wasserleitung) verdanke ich den Wasseruntersuchungsämtern der verschiedenen Städte.

Werfen wir nun einen Blick auf diese Tabelle, so sehen wir, dass das Rohwasser der japanischen Wasserleitungen schwach alkalisch reagiert, dass der Gehalt an Chlor nur 1.2–11.0 beträgt, und dass es sowohl Spuren von Schwefel-als auch Salpetersäure enthält. Was aber Salpetrige Säure und Ammoniak betrifft, so sind sie niemals nachgewiesen worden. Die Härtegrade schwanken nach deutscher Regel zwischen 0.25–3.96, und der Abdampfrückstand beträgt 211.0, wenn es hoch kommt. Organische Substanzen durch die Kaliumpermanganat-Methode bestimmt, waren bei der Probe aus Tamsui (Formosa) am wenigsten und bei derjenigen aus Nagasaki am reichsten vorhanden (6.683 mg in 1 L Wasser.).

Im allgemeinen kann auf Grund der Ergebnisse der chemischen Analyse behauptet werden, dass die Beschaffenheit des Rohwassers japanischer Wasserleitungen verhältnismässig rein ist.

IV. Kulturmethode für Wasserkeime.

Wie man die bakteriologischen sowie chemischen Untersuchungen des Wassers im allgemeinen nach der vom staatlichen Komitee für japanische Wasserleitungen bestimmten Methode anzustellen pflegt, so kam dieselbe auch bei meinen Betrachtungen vorwiegend zur Anwendung, wenn es sich um biologische Untersuchungen handelte. Ich machte bei der Entnahme sämtlicher Wasserproben auf Bakterien hin von dem modifizierten HEYROTHSchen Apparat Gebrauch: bei der Yokohamaer Wasserleitung entnahm ich die Wasserprobe zwei Stellen nämlich dem Wasser am Rohwassereinlauf, und demjenigen am Reinwasserauslauf des Filters. Bei der Tokyoer Wasserleitung benutzte ich für meine Untersuchungen das Rohwasser an der Einlaufsstelle, die bei Hamura liegt, und das Rohwasser bei Sakai, das fast in der Mitte des Kanals liegt, und ausserdem noch das Wasser am Einlauf des Absatzbehälters in Yodobashi. Das gereinigte Wasser entnahm ich dem Ausfluss aus den Filtern.

Was die Kultur der Wasserproben betrifft, so untersuchte ich das Wasser möglichst bald nach der Entnahme und in Fällen, wo das nicht möglich war, bewahrte ich die Proben in Eis verpackt auf und untersuchte sie später. Handelte es sich um die Zählung der Keime in einer Wasserprobe, so verfuhr ich wie folgt: mit einer 1 cc in 100 Striche teilenden, sterilisirten Pipette, brachte ich das Wasser im Verhältniss von 0.1 und 0.5 cc in eine vorher sterilisirte PETRISCHE Schale; dann wurde Nährgelatine hinzugefügt und das Wasser durch Neigen und Drehen der Schale mit dem-

selben sorgfältig gemischt, und die Mischung wurde in ein kaltes Zimmer gestellt, bis sie völlig erstarrte. Darauf wurde diese Schale in ein Thermostat von 18–20° C getan, um sie zu kultivieren. Die definitive Zählung der entstandenen Kolonie wurde immer am vierten Tage vorgenommen. Um die biologischen Eigenschaften der entwickelten Keime weiter zu untersuchen, nahm ich eine Ueberimpfung derselben auf verschiedene Nährböden vor. Insbesondere bei den Untersuchungen der Coli-arten wandte ich als Vorversuch die „Presumptive Test“ der amerikanischen Forscher und die BULIRSche Methode neben einander an, um die Gasbildung zu bestimmen; und um die genannten Arten aus den Gasentwickelndem Gärungsröhrchen zu isolieren, züchtete ich die Rohkulturen weiter auf ENDOSchem Agar. Die rötgefärbten Kolonien, die auf den ENDO-agar Platten gediehen, wurden noch einmal auf die anderen Nährböden übergeimpft, um die biologischen Eigenschaften derselben näher zu bestimmen.

Ich benutzte bei sämtlichen Versuchen die folgenden Arten von Nährböden:

1. Bouillon.

LIEBIGScher Fleischextrakt.....	10.0 g.
Kochsalz.....	5.0 g.
Pepton siccum.....	10.0 g.
Wasser.....	1000.0 cc.

(Nach sorgfältiger Neutralisierung mit normal Natronlauge, dem 1.5 g reines Natroncarbonatkristall zugesetzt wurde, wurde das Ganze schwach alkalisch gemacht.)
2. Dextrose-haltige Bouillon.

Bouillon (Siehe 1.) mit 1% Dextrose.
3. Mannit-haltige Bouillon.

Bouillon (Siehe 1.) mit 1% Mannit.

4. Bouillongelatine.

Bouillon (Siehe 1.) 1000.0 cc.
 Gelatine 120.0–150.0 g.

5. Bouillonagar.

Bouillon (Siehe 1.) 1000.0 cc.
 Agar 15.0–20.0 g.

6. Kaliumnitrat Gelatine.

Bouillongelatine (Siehe 4.) mit 1 % Kaliumnitrat.

7. ENDO-agar.¹⁾

Neutral reagierenden 3 % Bouillonagar (Siehe
 5.) 1000.0 cc.
 10 % Natriumcarbonatlösung 10.0 cc.
 Concentrische alcoholische Fuchsinlösung 5.0 cc.
 Frisch hergestellte 10 % Natriumsulfitlösung 25.0 cc.
 Reiner Milchzucker 10.0 g.

(Er ist vor Licht geschützt aufzubewahren.)

8. Soja-lösung.²⁾

Japanische Soja 10.0 cc.
 Wasser 900.0 cc.

(durch Normal-Natronlauge sorgfältig neutralisiert und 1 g
 Natroncarbonat Kristall zugesetzt.)

9. Soja-Gelatine.

Soja-Lösung (Siehe 8.) 1000.0 cc.
 Pepton 5.0 g.
 Gelatine 100.0–120.0 g.

1) ENDO, Ueber ein Verfahren zum Nachweis der Typhusbacillen.—Centrabl. f. Bakteriologie etc., Abt. I, Bd. 35, 1904.

2) HATTORI, Ueber die Brauchbarkeit japan. Soja als Kulturmedium f. d. bakteriolog. Untersuchungen.—The Bot. Magazine, Tokyo, Vol. 25, 1911.

10. Milch.

Frische Kuhmilch, nach diskontinuierlicher Sterilisation als Nährlösung verwendet.

11. Kartoffeln.

Gekochte Kartoffeln in Stücke geschnitten, die in ihrer Form den Reagenzgläsern angepasst waren.

V. Ueber die Wirksamkeit und über die Geschwindigkeit der Sandfiltration.

Wie bereits erwähnt, kam bei den japanischen Wasserleitungen, mit Ausnahme derjenigen von Kyoto, allgemein das langsame Sandfiltrationssystem zur Anwendung. Dieses System wurde bekanntlich im Jahre 1829 nach dem Entwurf von J. SIMPTON bei der Chelsea Water Co. in London zuerst angewandt. Seitdem haben WANKLYN und P. FRANKLAND festzustellen versucht, ob die im Wasser vorhandenen organischen Substanzen auf diese Weise wirklich entfernt werden könnten, aber sie gelangten zur Ueberzeugung, dass dieses System den erwünschten Zweck nur mangelhaft erfüllte. Nachdem die Untersuchungen des Wassers auf Bakterien hin in Mode gekommen waren, und infolgedessen die hygienischen Ansichten bezüglich derselben sich mehr geklärt hatten, stellten PLAGGE et PROSKAUER⁽⁴²⁾ und P. FRANKLAND⁽⁴⁵⁾ fest, dass sich die Bakterien nach der Filtration bedeutend verminderten. Man erkannte dann erst die biologische Bedeutung des Filtrationsprozesses.

Bei der Wasserreinigung durch Sandfiltration sind nach PIEFKE⁽⁴¹⁾ dreierlei Wirkungen zu unterscheiden nämlich: die mechanische, die physiologische und die chemische. Die Wirksamkeit der Sandfiltration ist von der Korngrösse des Sandes abhängig. Je kleiner die Korngrösse, desto grösser ist die Wirksamkeit. Aber wie kleine Sandkörner man auch anwenden mag, so können die

Zwischenräume zwischen den Körnern doch nicht so dicht sein, dass sie das Durchsickern von Bakterien ganz verhinderten, und durch die Versuche von FRAENKEL und PIEFKE⁽¹⁶⁾ wurde festgestellt, dass Bakterien durch die Zwischenräume der Sandpartikeln hindurch ins filtrierte Wasser gelangen. Es bleibt nun die Frage zu beantworten, wo und wie die Bakterien in der Filter gehemmt werden. Wie schon von PIEFKE⁽¹⁷⁾ darauf hingewiesen, wird das hauptsächlich durch die Schmutzdecke bewirkt, die sich oberhalb der Sandschicht bildet, d. h. wenn das Wasser in die Filter kommt, so gedeihen die Bakterien in den Sandschichten, so dass sie klebrig werden, und zwar häufen sich über die Oberfläche des Sandes Schlamm und verschiedene Substanzen, in denen viele Bakterien zum üppigen Wachstum gelangen. Dazu kommt, dass auch andere Mikroorganismen—*Chlorophyceen*, *Conjugateen*, *Diatomeen* u. s. w. zurückgehalten werden und hier gewaltig heranwachsen; alle diese vereinen sich mit einander, so dass sie unter Verschleimung des Filtersandes als Anhängepunkt für anderere Bakterien dienen.

Die Wirksamkeit der Filteranlagen, abgesehen von der Eigenschaft des Rohwassers, ist natürlich mit der Korngrösse des Sandes und der Dicke der Schichten desselben eng verknüpft, und ferner auch von der Filtrationsgeschwindigkeit abhängig. Je grösser die Geschwindigkeit ist, desto leichter gehen Bakterien ins filtrierte Wasser über. Aber die Filtrationserscheinungen sind so kompliziert, dass diese Tatsache oft abgeleugnet wird. Bei der Züricher Wasserleitung z. B. ist nach dem städtischen Bericht⁽¹⁸⁾ die Höhe der Wirksamkeit infolge der guten Beschaffenheit des Rohwassers nicht von der Geschwindigkeit der Filtration abhängig. Wenn der Erfolg der Filtration hauptsächlich der Schmutzdecke zuzuschreiben ist, ist es selbstverständlich, dass die Zurückhaltung der Bakterien durch den Filter, welcher mit frischem oder gewaschenem Sand

gefüllt ist, verhältnissmässig niedriger ist, weil sich die Schleimhaut noch nicht vollständig und genügend gebildet hat. In dieser Beziehung machte PIEFKE⁽⁴¹⁾ mehrere Versuche und zeigte, dass die Wirkung des Filters erst im Verlauf von mindestens einer Woche nach dem Gebrauch vollkommen wird, und dass nachher die Wirksamkeit eine gewisse Zeit fort dauert.

Ich stellte daher besonders einige Versuche bei der Yokohamaer Wasserleitung an, um das festzustellen. Was den Bau des Filtrierungssystems der Yokohamaer Wasserleitung anbetrifft, so besteht die unterste Schichte der Filteranlagen aus Backstein, die je zwei und zwei auf einander gelegt sind, darüber befindet sich eine Kies-schicht, deren Korngrösse 2–3 cm beträgt, und die ca 10 cm dick ist. Daran schliessen sich Kies-schichten von 5–7 cm Dicke bei einem Korndurchmesser von 0.3–1.0 cm, von 45 cm Dicke bei einer Korngrösse von ca 2 mm, und von 20–25 cm Dicke bei einer Korngrösse von ca 1 mm stufenweise an. Die oberste Sandlage, ca 10 cm dick, besteht aus Sand, dessen „effektive Korngrösse“ 0.38 und dessen „Gleichförmigkeitskoeffizient“ 2.15 messen. Die Wasserschicht überschreitet einen Meter nicht. Wie schon erwähnt, wird das Rohwasser, vom Behälter des Dōshi-Flusses aus durch ein Eisenrohr, dessen Länge auf ca 52 km geschätzt wird, sogleich in die Filtern geleitet, um gereinigt zu werden. Es ist gewöhnlich klar und durchsichtig, aber nach starkem Regen pflegt es in der Regel getrübt auszusehen. Die Versuchsergebnisse fasse ich in den folgenden Tabellen zusammen.

TABELLE II.

DIE WIRKSAMKEIT DES FILTERS VON DER YOKOHAMAER
WASSERLEITUNG. 1.

A. - Beginn des Versuches am Oct. 3. 1908.

Betriebs- dauer des Filters	Wasserarten	Klarheit des Wasser	Wetter		Temperatur		Zahl der Bakterien in 1cc Wasser	Wirksam- keit der Filter in %
			Gestrig	Heutig	Luft	Wasser		
3 Std.	Rohwasser.	klar.	klar	trüb	17.0	16.5	157.5	4.8
	Filtr. Wasser.	„	klar	„	„	„	150.0	
3 Tage.	Rohwasser.	klar.	trüb	klar	21.0	16.2	177.0	21.5
	Filtr. Wasser.	„	„	„	„	„	138.8	
6 Tage.	Rohwasser.	klar.	Regen	„	19.5	15.5	193.3	82.9
	Filtr. Wasser.	„	„	„	„	„	33.0	
10 Tage.	Rohwasser.	klar.	klar	„	16.0	14.0	95.0	63.8
	Filtr. Wasser.	„	„	„	„	„	34.4	
21 Tage.	Rohwasser.	klar.	„	trüb	19.5	15.0	128.6	68.9
	Filtr. Wasser.	„	„	„	„	„	40.0	

B. Beginn des Versuches am Nov. 19. 1908.

2 Tage.	Rohwasser.	klar.	klar	klar	14.0	9.5	167.0	10.1
	Filtr. Wasser.	„	„	„	„	„	150.0	
7 Tage.	Rohwasser.	klar.	„	Regen	8.0	9.5	99.4	29.8
	Filtr. Wasser.	„	„	„	„	„	70.8	
12 Tage.	Rohwasser.	klar.	„	klar	10.0	8.5	84.4	57.0
	Filtr. Wasser.	„	„	„	„	„	36.3	
19 Tage.	Rohwasser.	klar.	„	trüb	12.2	7.8	102.9	88.5
	Filtr. Wasser.	„	„	„	„	„	11.6	
29 Tage.	Rohwasser.	klar.	Regen	Regen	8.0	7.2	172.7	90.5
	Filtr. Wasser.	„	„	„	„	„	16.4	

C. Beginn des Versuches am Jan. 15. 1909.

3 Tage.	Rohwasser.	klar.	Regen	klar	5.0	4.0	172.6	39.5
	Filtr. Wasser.	„	„	„	„	„	104.4	
7 Tage.	Rohwasser.	klar.	„	Regen	7.2	3.5	148.2	52.0
	Filtr. Wasser.	„	„	„	„	„	73.1	
12 Tage.	Rohwasser.	klar.	klar	klar	8.5	6.0	248.0	54.0
	Filtr. Wasser.	„	„	„	„	„	114.0	
21 Tage.	Rohwasser.	klar.	„	trüb etwas Regen	8.0	4.5	227.0	72.2
	Filtr. Wasser.	„	„	„	„	„	63.0	

Den ersten Versuch habe ich am 3 Oktober 1908 und den zweiten am 19 November desselben Jahres beginnend angestellt. Beide machte ich zu einer Zeit, als die oberste Sandschicht mit frisch gewaschenem Sand gewechselt worden war. Es erforderte 7–10 Tage, bis die Wirksamkeit des Filters mehr als 50 % betrug. Es war mir nicht klar, warum sich beim ersten Versuch die Wirksamkeit nach 6 Tagen verminderte. Beim zweiten Versuch steigerte sich die Wirksamkeit täglich, aber leider konnte ich die Dauer derselben nicht länger beobachten, da die Trübung des Rohwassers bald ein Abkratzen der Schlammschicht nötig machte. Soweit im Herbst und Winter das Rohwasser keine grosse Aenderung erleidet, erforderte es wenigstens eine Woche, bis die Wirksamkeit des Filters sicher wurde, wenn der alte Sand durch gewaschenen neuen ersetzt worden war.¹⁾ Im Frühling und Sommer steigert sich aber die Wassertemperatur und infolge dessen werden die Mikroorganismen zum üppigen Wachstum angeregt. Wenn man zu dieser Zeit die oberste einige cm dicke Sandschicht abkratzt und sofort, ohne sie durch neuen Sand zu ersetzen, gebraucht, geht die Schleimschichtbildung schneller vor sich und steigert demgemäss die Wirksamkeit des Filters in kürzerer Zeit. Beispiele dafür sind in den folgenden Tabellen angeführt.

1) Nach dem Bericht des Wasseruntersuchungsamts aus Taihoku auf Formosa soll es 5 Tage dauern, bis die volle Wirksamkeit eintritt.

TABELLE III.

DIE WIRKSAMKEIT DES FILTERS VON DER YOKOHAMAER
WASSERLEITUNG. 2.

A. Beginn des Versuchs am April 28. 1909.

Betriebs- dauer des Filters	Wasserarten	Klarheit des Wassers	Temperatur		Wetter		Zahl der Bakterien in 1cc Wasser	Wirksam- keit der Filter %
			Luft	Wasser	Gestrig	Heutig		
24 Std.	Rohwasser.	klar.	20.0	14.5	klar	klar	168.0	70.2
	Filtr. Wasser.	„					50.0	
7 Tage.	Rohwasser.	klar.	18.5	18.5	trüb	trüb	158.0	82.0
	Filtr. Wasser.	„					28.3	
9 Tage.	Rohwasser.	klar.	19.5	14.5	etwas Regen	Regen	168.0	79.6
	Filtr. Wasser.	„					34.2	

B. Beginn des Versuches am Mai 4. 1909.

9 Std.	Rohwasser.	klar.	18.5	18.5	trüb	trüb	158.0	77.6
	Filtr. Wasser.	„					35.4	
2 Tage.	Rohwasser.	klar.	19.5	14.5	trüb etwas Regen	Regen	168.0	82.1
	Filtr. Wasser.	„					30.0	
7 Tage.	Rohwasser.	klar	18.5	15.0	trüb	trüb	154.0	80.5
	Filtr. Wasser.	„					30.0	

C. Beginn des Versuches am Sept. 20. 1909.

24 Std.	Rohwasser.	klar.	23.5	19.5	Regen	Regen	54.4	59.6
	Filtr. Wasser.	„					22.0	
8 Tage.	Rohwasser.	stark getrübt.	20.0	18.5	stark Regen	trüb	1133.3	97.5
	Filtr. Wasser.	klar.					28.0	
16 Tage.	Rohwasser.	klar.	18.5	16.2	Regen	„	297.0	91.9
	Filtr. Wasser.	„					24.0	

In der Tabelle sind mehr als 1100 Bakterienkeime pro 1cc berechnet; aber das gilt nur als Maximumzahl, und sie war dadurch verursacht, dass sich das Wasser wegen starken Regengusses, der während mehrerer Tage andauerte, sehr getrübt hatte.

Was den Filtrationsbetrieb anbetrifft, so ist die Wahl des Sandes natürlich von grosser Bedeutung; aber die Geschwindigkeit der Filtration darf niemals ausser acht gelassen werden. Nach

einer von KIRKWOOD⁽²⁴⁾ im Jahre 1869 aufgestellten Regel soll Rohwasser in einer Schicht von 12 Fuss im Verlauf von 24 Stunden (od. 3.9 Millionen Gallonen pro. Acre pro. Tag) filtriert werden. Diese Regel ist seitdem bei jeder Wasserleitung zur Anwendung gebracht worden, bis R. KOCH⁽²⁵⁾ eine Geschwindigkeit von 2.4 m in 24 Stunden die Regel machte, eine Regel, die auch heute noch bei den Filtrationssystemen beobachtet wird. Es ist eine bekannte Tatsache, dass die Zahl der Bakterienkeime, die ins gereinigte Wasser übergehen, von der Eigenschaft des Rohwassers und der Geschwindigkeit der Filtration abhängt, vorausgesetzt, dass die Zusammensetzung der Filteranlage vollkommen ist.

Wie schon FRAENKEL und PIEFKE⁽¹⁶⁾ durch probeweise eingerichtete Filter bewiesen haben, lässt eine schnelle Filtration zahlreiche Bakterien ins Filtrat übergehen. Nach den Mitteilungen der Lawrence-Wasserwerke, vermehrt sich die Zahl der Bakterienkeime im Filtrat beinahe im selben Verhältnis mit der Steigerung der Geschwindigkeit. Bekanntlich hat die Ab- und Zunahme der Filtrationsgeschwindigkeit einen wesentlichen Einfluss nicht nur auf den Betrieb der Wasserwerke sondern auch auf die Gesundheit der Bevölkerung.

Die Frage, ob die oben erwähnte Regel der Geschwindigkeit nicht auch bei den japanischen Wasserleitungen überschritten werden könne, möchte ich hier eingehender erörtern. Wenn die Zusammensetzung der Filteranlage vollkommen ist, dürfte die Geschwindigkeit, je nachdem die Beschaffenheit des Rohwassers gut oder nicht gut ist, ab oder zunehmen:—mit anderen Worten, wenn das Rohwasser gut ist, so dürfte auch die Geschwindigkeit eine grössere sein. Die Einrichtungen der langsamen Sandfiltrationen der japanischen und ausländischen Wasserleitungen sind meist nach den von KOCH bestimmten Vorschriften gemacht, unter

TABELLE IV.

KEMMGEHALT DES WASSERS UND GESCHWINDIGKEIT DER SANDFILTRATION
DER YOKOHAMAER WASSERLEITUNG.

Jahre		1909										1910					Mittel
Monat	Jahre	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Mittel	
		Rohwasser Filtrirtes Wasser Keimgehalt in 1cc Wasser.	Max. Min. Mittel Max. Min. Mittel Wirksamkeit der Filtration in % Mittlere Filtrations-Geschwindigkeit in 24 Stunden in m	218.8	326.0	144.3	225.0	166.0	1133.3	625.0	154.0	115.0	1027.0	304.5	211.5		1581.0
		168.0	112.0	50.0	70.0	81.0	54.4	52.0	36.0	73.0	102.0	94.5	101.5	96.0	101.0		
		193.4	177.7	105.6	127.7	108.9	398.4	295.0	105.4	101.0	482.2	255.5	151.9	161.3	396.8		
		62.0	142.0	44.0	110.0	44.3	28.0	30.0	12.0	13.0	53.3	50.0	31.0	179.0			
		50.0	28.3	2.0	2.0	16.3	12.0	4.0	3.0	3.0	3.5	5.5	0.0	3.0			
		56.0	47.1	10.0	37.0	30.3	20.7	14.3	6.8	7.0	23.7	17.6	7.4	42.8	24.5		
		71.0	73.5	95.3	71.0	72.2	94.8	95.2	93.7	93.1	95.1	93.1	95.4	89.2	88.0		
		4.6	4.7	4.7	4.8	4.9	4.7	4.6	4.1	4.1	5.8	5.8	6.4	7.1	6.5		

ihnen bildet aber bei uns die Yokohamaer und in Europa die Züricher Wasserleitung eine Ausnahme. Die Filtrationsgeschwindigkeit der letzteren beträgt 26–28 cm pro Stunde—ja oft werden 13 m in 24 Stunden berechnet;¹⁾ trotz solcher grossen Geschwindigkeit ist die Wirksamkeit befriedigend. Das ist eine Folge der guten Beschaffenheit des Rohwassers und der ziemlich vollkommenen Einrichtung der Filteranlage.

In Tabelle IV sind die Ergebnisse der vom April 1909 bis Mai 1910 angestellten Untersuchungen an der Yokohamaer Wasserleitung, welche die grösste Geschwindigkeit in Japan besitzt, angeführt.

Diese Tabelle zeigt, dass die Geschwindigkeit sich auf 4.1–7.1 m, durchschnittlich auf 5.2 m beläuft, und dass die Wirksamkeit im Durchschnitt 88% beträgt. In der Tabelle fällt einem auf, dass der Keimgehalt des Rohwassers gewöhnlich zwischen 101.0 und 482.2 schwankt. Im September 1909 und im Januar und Mai 1910 belief sich, wie ersichtlich, die Keimzahl auf mehr als 1000. Solche Fälle treten nur selten auf, wenn das Rohwasser wegen strömenden Regengusses stark getrübt ist; aber die Filtration ist auch in diesem Falle immer vollkommen und die Wirksamkeit beträgt über 90%, wie die folgende Tabelle zeigt:

Datum	Keimgehalt im 1cc		Wirksamkeit der Filtration in %
	Rohwasser.	Filtr. Wasser.	
Sept. 28, 1909.	1133.3	28.0	97.5
Jan. 10, 1910.	1027.0	3.5	99.5
Mai 30, 1910.	1581.0	17.5	98.9

1) Siehe FRANKLAND (15) und auch BERTSCHINGER (4).

Bei den am 28 September entnommenen Proben wurden im Rohwasser viele Coli-arten nachgewiesen—dies bildet bei meinen Versuchen einen Ausnahmefall—da ich diese Bakterien nur selten in besonders trübem Wasser gefunden habe, während sie beim filtrierten Wasser niemals gefunden worden sind.

Ogleich die Geschwindigkeit der Filtration die ganze Periode hindurch doppelt so gross wie die vorgeschriebene war, blieben die Ergebnisse der chemischen sowie bakteriologischen Analyse vollkommen einwandfrei. Demnach scheint die vorgeschriebene Geschwindigkeit von 2.4 m in 24 Stunde nicht immer befolgt zu werden brauchen, wenn die Beschaffenheit des Rohwassers gut ist; und ich glaube, es ist keine Gefahr vorhanden, selbst wenn das Wasser unter dieser Voraussetzung verhältnismässig schnell filtriert wird. Dies ist für die Reinigung des Wassers, besonders für japanische Wasserleitungen, welche verhältnismässig gute Wasserquellen haben, von grosser Bedeutung.¹⁾

VI. Die im Wasser aufgefundenen Bakterienarten nebst anderen Mikroorganismen.

Die im Rohwasser der Tokyoer- und Yokohamaer-Wasserleitungen aufgefundenen Bakterienarten sind verhältnismässig wenige und sie gehören meistens zu den nichtpathogenen Arten. Jeden Monat sind fast die gleichen Arten vertreten.

Die Resultate der 1907–1908 bei der Tokyoer-Wasserleitung angestellten Untersuchungen sind aus der folgenden Tabelle ersichtlich.

1) Nach den Berichten der Taihoku-Wasserleitung in Formosa wird das Rohwasser dort stets mit einer Geschwindigkeit von 10 Fuss in 24 Stunden filtriert, und selbst wenn es mit einer Schnelligkeit von 30 Fuss behandelt wird, ist die Wirksamkeit der Filtration noch ausreichend.

TABELLE V.
 BAKTERIENGEHALT DES ROHWASSERS DER TOKYOER
 WASSERLEITUNG.

Ort	Datum	Wetter		Temperatur		Klarkeit des Wassers	Mittlere Keimzahl in 1cc Wasser
		Gestrig	Heutig	Luft	Wasser		
Hamura Sakai	15 Apr. '07	trüb	klar, Wind stark	18.0	16.5	schwach getrübt	110
	„			„	14.5		245
Hamura Sakai	28 Apr. '07	trüb	trüb klar	25.5	17.0	„	90
	„			19.5	13.0		270
Yodobashi	7 Mai '07	trüb etwas Regen	Regen	17.5	18.0	mässig stark getr.	580
Hamura Sakai	12 Mai '07	klar	trüb, etwas Regen klar	18.0	15.5	schwach getrübt	240
				18.5	14.0		„
Yodobashi	25 Mai '07	trüb	trüb	20.2	18.2	mässig stark getr.	450
Hamura Sakai	2 Juni '07	trüb	klar trüb	27.0	21.0	klar	248
				25.0	18.0		„
Yodobashi	18 Juni '07	trüb	trüb	24.0	18.0	„	367
Hamura	2 Juli '07	trüb	klar	25.0	20.0	„	333
Hamura Sakai	17 Juli '07	klar	Regen	24.0	21.5	„ stark getrübt	567
				29.0	21.8		2388
Yodobashi	26 Juli '07	trüb	trüb	25.0	21.0	klar	390
Hamura Sakai	19 Aug. '07	klar	klar	25.0	20.0	stark getrübt	177
				28.0	19.0		„
Yodobashi	2 Sept. '07	trüb	trüb	27.0	22.0	schwach getrübt	110
Hamura Sakai	24 Sept. '07	trüb	klar	20.0	16.0	„	547
				21.0	16.0		„
Yodobashi	26 Oct. '07	klar	klar, Wind stark	16.2	15.0	mässig str. getrübt	1387
Hamura Sakai	1 Nov. '07	klar	„	17.0	11.0	„	317
				12.0	11.0		„
Yodobashi	19 Nov. '07	klar	trüb	13.0	12.0	„	1130
Hamura Sakai	8 Dec. '07	trüb	„	6.5	7.0	klar schwach getrübt	163
				4.5	6.0		310
Yodobashi	23 Dec. '07	trüb	klar, Wind stark	5.0	5.0	„	857

Ort	Datum	Wetter		Temperatur		Klarkeit des Wasser	Mittlere Keimzahl in 1cc Wasser
		Gestrig	Heutig	Luft	Wasser		
Hamura	14. Jan. '08	klar	trüb	10.0	7.5	klar	190
Hamura	11. Feb. '08	klar	klar	9.0	7.0	„	78
Sakai	„	„	„	8.0	3.0	schwach getrübt	272
Hamura	22. März '08	trüb	klar, Wind stark	12.0	10.0	„	187
Sakai	„	„	„	8.0	6.0	„	430

Nach der obigen Tabelle zeigt sich ein merklicher Unterschied an den verschiedenen Orten bezüglich der Zahlen der aufgefundenen Keime: die Wasserprobe, welche bei Hamura (der Mündung des Tama-flusses in den Kanal) entnommen wurde, enthielt die wenigsten Keime; diejenige, welche bei Sakai entnommen war, zeigte mehr Keime, und die meisten Keime enthielt die Wasserprobe bei Yodobashi (Ende des Kanals und 52 km von der Mündungsstelle entfernt). Je mehr sich also das Gewässer dem Unterlauf nähert, um so grösser wird die Zahl der Keime.

Der Keimgehalt des Wassers ist überhaupt im Winter ein armer und im Sommer ein reicher; aber infolge Regengusses oder infolge anderer Ursachen finden oft Schwankungen statt. Davon wird in einem späteren Abschnitt die Rede sein.

Die im Rohwasser der Tokyoer-Wasserleitung häufiger aufgefundenen Keimarten sind die folgenden:

TABELLE VI.

DIE IM ROHWASSER DER TOKYOER WASSERLEITUNG AUFGEFUNDENEN BAKTERIENARTEN.
 +++ = reichlich vorhanden ++ = mässig + = selten — = nicht gefunden

Arten	1907							1908				
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	März
<i>Bacillus aërophilus</i> LEBORUS	++	++	—	—	++	++	++	++	—	++	—	++
<i>B. disciformis</i> GRAFENHAHN	++	—	++	—	—	—	++	++	—	—	—	—
<i>B. fluorescens putidus</i> FLÜGGE	—	—	++	+	—	—	++	++	—	—	—	—
<i>B. fluor. tenuis</i> ZIMMERMANN	+	+	—	—	—	—	++	+	+	—	—	++
<i>B. fluor. mesentericus</i> TATAROFF	—	—	—	—	++	++	++	++	+	++	—	—
<i>B. fluor. liquefaciens</i> FLÜGGE	++	++	++	++	++	++	++	++	+	++	++	++
<i>B. fluor. non liquefaciens</i> EISENBERG	—	—	++	++	++	—	+	—	+	—	—	++
<i>B. subtilis</i> COHN	++	++	++	+++	++	++	++	—	+++	++	++	++
<i>B. aquatilis villosus</i> TATAROFF	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	+
<i>B. kermesinus</i> TATAROFF	—	—	—	—	—	+	+	—	—	—	—	+
<i>B. implexus</i> ZIMMERMANN	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>B. brunneus</i> ADAMEZ	+	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	—
<i>B. mycoides</i> FLÜGGE	—	—	—	++	++	++	++	—	—	—	++	++
<i>B. aurantiacus</i> FLANKLAND	—	++	++	—	++	—	—	—	++	—	—	—
<i>B. iridens</i> TATAROFF	—	—	++	++	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>B. violaceus</i> ZOFT	—	++	+	—	—	—	—	—	—	+	—	+
<i>B. stellatus</i> ZIMMERMANN	—	—	++	++	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>B. vermicurosus</i> ZIMMERMANN	—	—	—	++	++	—	—	—	—	—	—	—

Was die Yokohamaer Wasserleitung betrifft, so habe ich dort mehrere Versuche angestellt. Nach meinen Untersuchungen zeigt der Keimgehalt des Rohwassers hier im allgemeinen keine wesentlichen Schwankungen im Jahre. Infolge von Regengüssen erfährt das Wasser aber eine grössere Veränderung. Auf die einzelnen Monate verteilt, stellt sich das Resultat der Untersuchungen wie folgt:

TABELLE VII.

BAKTERIENGEHALT DES ROHWASSERS DER YOKOHAMAER
WASSERLEITUNG.

Datum			Temperatur		Wetter		Klarheit des Wassers	Keimzahl in 1cc Wasser	
Monat	Jahr	Tag	Luft.	Wasser	Gestrig	Heutig			
Januar	1909	15	5.0	4.0	trüb	klar	klar	172.6	
		19	7.2	3.5	Schnee	etwas Regen	"	148.2	
		24	8.5	6.0	klar	trüb	"	248.0	
	1910	4	10.0	6.0	klar	klar	klar	216.0	
		10	10.0	7.2	"	Regen	schwach getrübt	1027.0	
		14	6.6	6.0	Regen	trüb	klar	946.7	
		17	5.0	5.0	Schnee	trüb	"	102.0	
		21	4.5	5.0	trüb	Schnee	"	320.0	
		24	5.5	6.2	trüb	klar	"	404.5	
		31	6.0	6.5	Regen	"	schwach getrübt	647.0	
		2	8.0	4.5	trüb	trüb	klar	227.0	
	Februar	1910	4	5.9	5.0	klar	klar	klar	573.0
			7	6.2	5.0	"	"	"	168.0
			14	5.5	2.2	"	"	"	94.0
21			5.0	5.0	Schnee	"	"	89.0	
28			5.5	6.5	Regen	trüb	"	304.0	

Datum			Temperatur		Wetter		Klarheit des Wassers	Keimzahl in 100 Wasser
Monat	Jahr	Tag	Luft	Wasser	Gestrig	Heutig		
März	1909	9	11.0	8.0	Regen	trüb	klar	164.0
		15	8.0	8.5	klar	"	schwach getrübt	310.0
		23	7.5	7.3	"	Regen	"	370.0
		26	10.5	8.0	trüb	Schnee	klar	386.0
		27	8.0	8.5	Schnee	klar	"	102.0
	1910	4	3.3	3.0	trüb	klar	klar	157.0
		7	5.5	5.2	klar	"	"	109.0
		14	6.5	5.0	"	"	"	101.5
		22	5.5	8.3	trüb	Schnee	"	143.0
		28	14.0	9.4	Regen	Regen	schwach getrübt	249.0
April	1909	2	11.0	8.5	klar	klar	schwach getrübt	218.8
		29	20.0	14.5	trüb	"	stark getrübt	168.0
	1910	4	12.0	8.0	klar	trüb	klar	149.0
		11	16.0	9.5	"	"	"	188.5
		18	17.0	11.9	trüb	"	"	96.0
		25	18.0	13.2	Regen	Regen	"	211.5
		Mai	1909	4	18.5	18.5	trüb	trüb
6	19.5	14.5		etwas Regen	etwas Regen	"	168.0	
11	18.5	15.0		trüb	trüb	"	154.0	
18	19.5	15.0		klar	etwas Regen	mässig getrübt	326.0	
25	22.2	16.0		"	klar	klar	112.0	
1910	2	16.0	14.5	klar	Regen	klar	101.0	
	9	18.5	15.0	"	"	"	103.5	
	16	18.0	15.5	trüb	trüb	schwach getrübt	341.0	
	18	18.0	15.0	"	Regen	klar	107.3	
	23	18.0	15.0	"	klar	"	147.0	
	30	18.0	15.0	Regen	"	schwach getrübt	1581.0	

Datum			Temperatur		Wetter		Klarheit des Wassers	Keimzahl in 1cc Wasser	
Monat	Jahr	Tag	Luft	Wasser	Gestrig	Heutig			
Juni	1909	15	22.0	17.5	trüb	trüb	klar	50.0	
		19	19.0	17.0	klar	Regen	„	122.5	
		23	22.0	17.0	„	trüb	„	144.3	
	1910	6	20.5	17.7	Regen	Regen	klar	238.5	
		7	20.7	18.0	„	klar	schwach getrübt	280.0	
		13	22.5	18.4	klar	trüb	klar	101.0	
		20	26.0	17.6	trüb	„	„	150.5	
		27	22.0	17.6	Regen	„	„	97.5	
		28	22.0	18.0	trüb	„	„	180.0	
	Juli	1909	9	20.5	17.5	Regen	Regen	klar	225.0
			13	25.5	17.5	trüb	trüb	„	106.6
			20	27.0	22.2	klar	„	„	70.0
27			29.5	23.5	„	klar	„	109.0	
1910		4	19.9	19.2	Regen	Regen	klar	380.0	
		11	23.0	20.0	„	„	„	291.5	
		18	21.5	19.5	„	„	„	138.5	
		24	24.9	22.5	„	„	„	33.5	
August		1909	3	26.1	21.8	klar	klar	klar	84.0
			7	27.4	23.1	trüb	„	„	131.4
	10		25.5	23.0	klar	„	„	96.0	
	17		29.9	23.1	trüb	„	„	92.0	
	24		25.0	23.2	„	Regen	„	166.0	
	31		26.5	22.5	klar	klar	„	84.0	
	1910	1	27.5	20.0	klar	Regen	klar	132.5	
		8	24.0	20.0	Regen	„	schwach getrübt	2999.0	
		22	23.5	17.5	klar	klar	„	142.0	
		29	27.0	19.5	Regen	Regen	„	264.0	

Datum			Temperatur		Wetter		Klarheit des Wassers	Keimzahl in 1cc Wasser
Monat	Jahr	Tag	Luft	Wasser	Gestrig	Heutig		
September	1909	9	28.5	22.0	klar	klar	klar	55.0
		14	23.5	21.0	Regen	Regen	schwach getrüb	316.0
		21	23.5	19.5	„	„	„	54.4
		28	20.0	18.5	„	klar	sehr stark getrüb	1133.3
	1910	5	28.9	21.5	klar	klar	klar	66.5
		12	23.5	18.5	trüb	trüb	schwach getrüb	239.0
		19	19.0	17.0	klar	klar	„	137.0
		26	21.0	17.1	„	Regen	klar	155.0
October	1909	5	18.0	17.0	trüb	trüb	schwach getrüb	297.0
		12	18.5	14.5	Regen	klar	klar	206.0
		19	14.5	15.2	klar	Regen	„	625.0
		26	15.5	13.5	„	klar	„	52.0
	1910	3	16.5	16.2	trüb	Regen	klar	256.0
		10	20.0	16.4	Regen	„	„	431.0
		18	17.0	16.0	„	„	„	166.0
		24	16.5	15.0	klar	klar	„	144.0
		31	15.8	14.5	Regen	„	„	327.0
		November	1909	2	14.0	13.0	klar	trüb
9	14.5	12.0		Regen	„	„	141.0	
16	12.5	10.1		trüb	klar	„	83.0	
22	12.9	9.5		klar	„	„	36.0	
30	13.5	9.2		Regen	„	„	154.0	
1910	7	13.0	13.2	klar	klar	klar	35.5	
	14	14.2	12.5	„	„	„	78.5	
	21	10.2	10.0	„	„	„	32.5	
	28	11.5	9.4	„	„	„	16.5	
	30	11.4	10.0	„	Regen	„	227.5	

Datum			Temperatur		Wetter		Klarheit des Wassers	Keimzahl in 1cc Wasser
Monat	Jahr	Tag	Luft	Wasser	Gestrig	Heutig		
December	1909	7	9.5	7.0	klar	klar	klar	73.0
		13	8.2	6.5	"	trüb	"	115.0
		20	4.9	5.0	"	"	"	115.0
	1910	2	11.2	11.0	Regen	trüb	klar	737.0
		5	9.0	9.2	klar	klar	"	45.0
		12	4.9	6.3	"	"	"	42.5
		16	6.0	6.2	"	"	"	51.0
		19	5.0	4.9	"	"	"	23.0
		23	3.0	4.0	trüb	"	"	59.0

Die Bakterienarten, welche im Laufe der Versuche häufig nachgewiesen wurden, sind aus der folgenden Tabelle ersichtlich.

Ein Blick auf die obige Tabelle lässt uns erkennen, dass im Rohwasser der Yokohamaer Wasserleitung im Winter in der Regel nur wenige und im Sommer zahlreichere Bakterienarten gefunden werden. Auch ist ersichtlich, dass die Differenz zwischen den beiden Jahreszeiten, ausser im Falle von Regengüssen, nicht besonders auffallend ist. (Darüber weiteres später!)

Wenn man die obigen Ergebnisse der Untersuchungen bei der Tokyoer- und Yokohamaer Wasserleitung mit einander vergleicht, so ersieht man, dass die Keimzahl der ersteren bei weitem grösser ist als die der letzteren. Dieser Unterschied beruht hauptsächlich auf der Verschiedenheit des Niederschlagsgebietes des Rohwassers beider Wasserleitungen. Das Rohwasser der Yokohamaer-Wasserleitung wird nur selten verunreinigt, weil es durch eine Berggegend, die arm an bestellten Feldern und Dörfern ist, fliesst, und weil es von der Mündungsstelle bis zur Filteranlage durch ein Eisenrohr (ca. 50 km lang), durch welches keine Verunreinigungen von aussen eindringen können, geleitet wird. Dagegen ist es unvermeidlich, dass das Rohwasser der Tokyoer-Wasserleitung leicht verunreinigt wird, da nicht nur der Flusslauf des Rohwassers viel länger als der des Rohwassers der Yokohamaer Wasserleitung ist, sondern da das Wasser von der Mündungsstelle bis zur Filteranlage durch einen offenen Kanal geleitet wird, dessen Länge sich ebenfalls auf 50 km beläuft.

Was die Schimmelpilze betrifft, so sind die Arten von *Aspergillus albus*, *Asp. nidulans*, *Asp. glaucus*, *Asp. niger*, *Penicillium glaucum*, *Pen. leucocephalum*, *Mucor mucedo*, *M. racemosus*, *Verticillium glaucum*, *Cladosporium herbarum*, *Stysanus microsporus*, *Macrosporium sp.*, *Monilia sp.*, *Botrytis sp.* am meisten vertreten, von denen die Arten von *Cladosporium*, *Monilia*, *Stysanus*, *Botrytis* meistens im Sommer und die übrigen Arten während des

ganzen Jahres ohne merkliche Schwankungen aufgefunden werden. Im übrigen kommen einige Arten von Saccharomyceten, von Rosa-Hefe und von Wasserpilzen besonders *Saprolegnia* und bisweilen *Leptomitus* vor.

Dass die Filterwirksamkeit hauptsächlich auf der Tätigkeit der Schleimhaut, die sich auf der Oberfläche der Sandkörner bildet, beruht, ist bekannt, und die Zusammensetzung dieser Haut hängt von der Beschaffenheit des Rohwassers, der Temperatur desselben und der Menge der im Wasser vorhandenen Mikroorganismen ab. Die von mir bei einigen Wasserleitungen in Japan festgestellten Bestandteile der Flora der Schmutzdecke, mit Ausnahme der Bakterien und der Pilze, setzen sich wie folgt zusammen.

TABELLE IX.

SCHMUTZDECKENFLORA VON EINIGEN JAPANISCHEN WASSERLEITUNGEN.

d-dominierend, h-häufig, s-selten.

Art	Wasserleitung von					
	Tokyo	Taihoku	Keelung	Kobe	Nagasaki	Hiroshima
<i>Anabaena Flos-aquae</i> (LYNGBYE) BRÉB....				Juli, d.		
<i>Calothrix Braunii</i> BORN. et FL.....		Juli, s.				
<i>Chroococcus turgidus</i> NÄG.		Juli, s.				
<i>Coelosphaerium Kützingianum</i> NÄG.....					Sept.-Oct., d.	
<i>Lyngbya Hieronymusii</i> LEMM.		Juli, s.				
<i>Merismopedia glauca</i> NÄG.	Juni-Juli, h.					
<i>Amphora ovalis</i> KG. ..						März, h.
<i>Ceratoneis arcus</i> KG. var.....	Juni, h.					
<i>Cymbella parva</i> W. SM.....	"				Sept, s.	
<i>C. ventricosa</i> (KG.) CL. var. <i>lunula</i> MEISTER.						März, d.

Art.	Wasserleitung von					
	Tokyo	Taihoku	Keelung	Kobe	Nagasaki	Hiroshima
<i>Fragilaria capucina</i> DESM.	Juni-Juli, h.				Sept., s.	
<i>F. crotonensis</i> (ERDW.) KITZ.				Juli, s.		
<i>Melosira granulata</i> PR. var. <i>australiensis</i> MEISTER				{ Aug., d. Sept., d. Juli, s. Sept., d.		
<i>M. varians</i> AG.	Juni, h.	Juli, h.			Oct., s.	{ März, h. Juli, h.
<i>Microneis gracillima</i> MEISTER	"					
<i>M. microcephala</i> CL.	Juni, d.					
<i>Navicula contenta</i> GRUN.	Juni, d.					
<i>N. gibba</i> DONK.						März, h.
<i>N. lanceolata</i> KG.	Juni, h.				Sept., s.	"
<i>Neidium bisulcatum</i> CL. var. <i>turgidulum</i> MEISTER						März, h.
<i>N. Iridis</i> (EHR.) CL.	"					
<i>Nitzschia communis</i> RABH.	"					
<i>N. linearis</i> W. SM.	"			Sept., h.		
<i>Surirella linearis</i> W. SM.	"					
<i>S. splendida</i> KG.	"	Juli, h.	Juli, s.			
<i>Synedra rostrata</i> MEISTER	"					
<i>Tabellaria flocculosa</i> KG.	"			Juli, h.		
<i>Closterium moniliferum</i> (Bory) EHR.		Juli, h.				
<i>Cosmarium vexatum</i> WEST		"				
<i>C. impressum</i> ELFV.		"				März, s.
<i>C. undulatum</i> CORDA	Juni, h.					
<i>Desmidium Swartzii</i> AG.		Juli, h.				
<i>Mougeotia parvula</i> (HASS.) KIRCHNER	Juni, h.	Juli, h.				
<i>M. scalaris</i> HASS.	"	"				
<i>Spirogyra majuscula</i> KG.	"	"				
<i>S. Hantzschii</i> RAB.	"	"	Juli, d.		Aug., d.	
<i>S. jugaris</i> KG.	"	"	"	Juli, h.		
<i>S. longata</i> (KG.) KIRCHNER					"	
<i>S. porticalis</i> (MÜLLER) CL.		"	"			
<i>S. Weberi</i> (KG.) KIRCHNER		"	"			
<i>Staurastrum gracile</i> RALFS					Oct., s.	
<i>St. spongiosum</i> BRÉB.					"	

Art	Wasserleitung von					
	Tokyo	Taihoku	Keelung	Kobe	Nagasaki	Hiroshima
<i>St. trapezicum</i> BOLDT..	Juni, s.					
<i>Zygnema insigne</i> KG..			Juli, h.	Juli, d.		
<i>Z. pectinatum</i> (VAUCH.) AGARDH.....		Juli, d.				
<i>Z. stellinum</i> (AG.) KIR- CHNER.				"		
<i>Hormospora mutabilis</i> NAEG.....				Juli, h.		
<i>Conferva tenuissima</i> GAY.....				Juli, d.		
<i>Oedogonium undulatum</i> BRÉB.....			Juli, d.			
<i>Oed. princeps</i> WOLLE..			"			
<i>Pediastrum duplex</i> MEYEN		Juli, s.				
<i>P. duplex</i> MEYEN var. <i>asperum</i> A. BR.	Juni, h.					März, s.
<i>P. Tetras</i> (EHR.) RALFS.	"					
<i>Polyedrium lobulatum</i> NAEG.....		Juli, s.				
<i>Scenedesmus obliquus</i> (PURP.) KG.	Juni, s.					
<i>S. quadricauda</i> (TURP.) BRÉB.....		"				
<i>Ulothrix oscillarina</i> KG.		"				
<i>U. zonata</i> KG.		"	Juli, s.	Juli, h.		
<i>Chantransia pygmaea</i> KG.....		"				

Die Ergebnisse der Untersuchungen, welche besonders bei den Filtern der Yokohamaer Wasserleitung vom Frühling 1909 bis zum Sommer des nächsten Jahres angestellt wurden, sind in der folgende Tabelle gezeigt.

TABELLE X. SCHMUTZDECKENFLORA DER YOKOHAMAER WASSERLEITUNG.

d-dominierend, h-häufig, s-selten.

Arten	1910															
	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	
<i>Amphora ovalis</i> Kg.	h	s	h	h								s	h	h	h	h
<i>A. ovalis</i> Kg. var. <i>pediculus</i> V. H. ...		h		h			h	s	s	d	h		h			
<i>Ceratoneis Arcus</i> Kg. var. <i>Hattoriana</i> MERTER.	h	h	h	h			h	h	h	d	h	h	h	h	s	h
<i>Cymbella tumida</i> V. H.		h	h	d	s	d	h	h	d		h	h	h	h	h	h
<i>Cocconeis placentura</i> Ehrh. var. <i>lineata</i> V. H.		h	h	s		s	s	s	d		h	h	h	h	h	h
<i>Diatoma hiemale</i> HERB.		h	h	s	s	s			d	d	h	d	h	h	h	h
<i>Fragilaria virescens</i> RALES.		d	h		s	d		s	d	d	h	h	h	h	h	h
<i>F. capucina</i> DESM.		h		h		s			h	d	h	h	h	h	h	h
<i>Gomphonema olivaceum</i> Kg. var. <i>tenellum</i> CL.													s	h	s	
<i>Gyrosigma attenuatum</i> RABH.																
<i>Melosira varians</i> Ag.	h	h	d	d	h	d	s	d	d	d	h	d	d	d	d	d
<i>Navicula diocephala</i> W. SM.			h	h		h								h	h	h
<i>N. lanceolata</i> Kg.	d	d	h	d		d	h						h	d	h	h
<i>Nitzschia acicularis</i> W. SM.	d	d		h		d	h						d	d	d	d
<i>Nit. communis</i> RABH.	d	d	h	d		d	h						d	d	d	d

Arten	1909						1910								
	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni
<i>Rhoicosphenia curvata</i> GRUN.															
<i>Stauroneis anceps</i> EHR. var. <i>elongata</i> CL.		h		d		h						s			
<i>Suriella biseriata</i> BRÉB.			h	h		s		s							s
<i>Synedra dorsiventralis</i> MEISTER				d		s	h		d	h	h	h	h	h	h
<i>Sy. rostrata</i> MEISTER.		h	h	d					d	d					
<i>Sy. Ulna</i> F.H.B. var. <i>splendens</i> BRUN		d	h	d	s	d	h	h	d	d	h	h	h	h	h
<i>Closterium moniferum</i> (Bory) EHR.								s		s					
<i>Cosmarium obtusatum</i> SCHMIDLE.		s	s	h		s	h		s	s			s	s	s
<i>C. contractum</i> KIRCHN. var. <i>ellip-</i> <i>soidesum</i> WEST.									s	s			s		
<i>C. undulatum</i> CORDA.								s	s	s				h	
<i>Spirogyra Hasselii</i> JENNER.															
<i>S. longata</i> (Kg.) KIRCHNER.				lr											
<i>S. mirabilis</i> (HASS.) Kg.			d												
<i>Cladophora Kützingiana</i> GRUN.														h	
<i>Ulothrix zonata</i> Kg.													d		

Aus den obigen Tabellen kann man ersehen, dass die vertretenen Arten der Flora der Schmutzdecke bei einigen japanischen Wasserleitungen aus Diatomeen, Chlorophyceen, Conjugateen, und Schizophyceen bestehen, und zwar am häufigsten aus denjenigen, die den Conjugateen und Diatomeen angehören. Ein fast gleiches Resultat hat KEMNA⁽²³⁾ bei Untersuchung der Antwerpener Wasserleitung erzielt.

VII. Ueber die periodischen Schwankungen des Bakteriengehaltes im Rohwasser.

Es wurde schon von MIQUEL⁽³⁸⁾ nachgewiesen, dass der Keimgehalt in der Luft infolge meteorologischer Verhältnisse merkliche Schwankungen erleidet. Neuerdings hat SATTO⁽⁴⁷⁾ diese Tatsache bestätigt. Es ist durchaus verständlich, dass die Bakterienkeime im Wasser durch die Temperatur oder durch die Regenmenge beeinflusst werden. In welcher Weise aber der Keimgehalt in den verschiedenen Jahreszeiten beeinflusst wird, darüber herrschen widersprechende Ansichten. Nach den Untersuchungen von MIQUEL⁽³⁹⁾ und FRANKLAND⁽⁴⁵⁾ sind die Bakterienkeime im Flusswasser reichlicher im Winter als im Sommer zu finden. Hingegen erhielt TILS⁽⁵⁵⁾ bei Untersuchungen der Freiburger Wasserleitung ein entgegengesetztes Resultat und er hat ferner darauf hingewiesen, dass die Schwankungen im Vorkommen der Keime in den Gewittermonaten bedeutend grösser und plötzlicher sind als in den Monaten der kälteren Jahreszeit.

Was nun den Einfluss des Regens und Schnees auf den Keimgehalt anbelangt, so ermittelte SCHLATTER⁽⁴⁹⁾, dass der Keimgehalt nach einem Regen- und Schneefall auffallend zunimmt. Auch LIBBERTZ⁽³⁴⁾ gelangte bei der Frankfurter Wasserleitung

zum gleichen Resultat. Nach MIQUEL⁽³⁹⁾ ist der Einfluss des Regens auf die Wasserkeime im Winter sehr gross, nach der Ansicht von KISSKALT⁽²⁵⁾ ist aber der Bakteriengehalt von Flusswasser im Frühling und im Winter am grössten; die Schwankungen hängen bei mässig gutem Wasser aber stets vom Regenfall ab. Ferner bestätigte TÖYAMA⁽⁵⁶⁾, dass der Keimgehalt im Wasser der Tokyoer Wasserleitung in Proportion zur monatlichen Regenmenge steht, und dass er sich nur im August zur Lufttemperatur proportional verhält.

Dass der Bakteriengehalt im Wasser mit den meteorologischen Faktoren, insbesondere mit dem Regenfall, in enger Beziehung steht, ist nicht zu leugnen; aber es lässt sich auch vermuten, dass edaphische Faktoren des Niederschlaggebietes einen grossen Einfluss auf die Schwankungen in der Zahl der Wasserkeime ausüben.

Die von mir im Jahre 1907 an der Tokyoer Wasserleitung angestellten Versuche zeigten, dass Keime im Wasser vom Ende der Regenzeit im Sommer bis zum Früherbst in überraschender Menge auftraten, wie das aus der obigen Tabelle VI zu ersehen ist. Dass die am 17 Juli sowohl bei Hamura als auch bei Sakai entnommenen Wasserproben verhältnissmässig zahlreiche Bakterienkeime enthielten, findet seinen Grund wohl darin, dass es an diesem Tage in jener Gegend regnete, und obgleich das Rohwasser damals bei Hamura noch keine merkliche Trübung zeigte, war es bei Sakai schon ziemlich stark getrübt. Bei einem anderen Versuch am 24 September wurden auch zahlreiche Bakterienkeime und zwar gleichmässig in beiden Wasserproben von Hamura und Sakai aufgefunden. An jenem Tage war das Wetter ganz klar, aber das Wasser war infolge häufiger Regengüsse in diesem Monat mehrmals etwas getrübt.

Vergleichen wir die Ergebnisse der bei Hamura und bei Sakai angestellten Versuche, so sehen wir, dass die aufgefundene Keimzahl an letzterer Stelle grösser war als an der ersteren. Das ist hauptsächlich eine Folge der benachbarten Bodenverhältnisse. Mehr oder minder dringen allmählich Verunreinigungen in das Wasser, was natürlicherweise eine Vermehrung von Wasserkeimen am Unterlauf des Kanals, der durch Dörfer und bebauten Felder fliesst, hervorruft.

Was die jährlichen Schwankungen des Keimgehaltes bei der Yokohamaer Wasserleitung anbelangt, so sind sie erheblich geringer als bei der Tokyoer Wasserleitung. Aus der Tabelle VIII ist ersichtlich, dass in einem Fall der Keimgehalt im Sommer grösser und im Frühling weniger gross war, dass im Winter die Zahl der Keime gewöhnlich am geringsten, und dass für die Schwankungen in der Keimzahl hauptsächlich der Regenfall verantwortlich war. Der monatliche Durchschnitt der Keimzahl erfährt eine grosse Veränderung, wenn das Rohwasser wegen Regens mehr oder weniger getrübt ist; dies ist in besonders hohem Grade der Fall, wenn plötzlich nach langem klaren Wetter starker Regen einsetzt. Es ist bemerkenswert, dass die Bakterienzahl im Wasser während der Regenperiode verhältnismässig gering ist. In der Regel fängt in Zentral-Japan die „Bai-u“ oder „Pflaumenregenzeit“ Anfang Juni an und dauert bis Mitte Juli, während welcher Zeit ein fast beständiger sanfter Regen fällt.

Der Keimgehalt des Rohwassers während der Regenzeit in der Yokohamaer Wasserleitung ist aus der folgenden Tabelle ersichtlich:

TABELLE XI.

DER KEIMGEHALT DES ROHWASSERS DER YOKOHAMAER
WASSERLEITUNG WÄHREND DER REGENZEIT.

Monat	Regenmenge	Regendauer	Regen- intensität	Keimgehalt im 1cc Rohwasser			
				Max.	Min.	Mittels	
1909	Juni	222.8	18	12.4	144.3	50.0	105.6
	Juli	166.2	14	11.9	225.0	70.0	127.7
	August	157.3	10	15.7	166.0	84.0	108.9
	September	308.9	24	12.9	1133.3	54.4	397.2
1910	Juni	127.6	14	9.1	280.0	97.5	174.6
	Juli	253.6	13	19.5	380.0	33.5	210.9
	August	897.2	21	42.7	2999.0	132.5	884.4
	September	289.6	17	17.0	239.0	66.5	149.4

Die obige Tabelle zeigt, dass der Keimgehalt im Juni und Juli verhältnismässig gering war; im August, wenn die Regenzeit schon längst vorüber ist und meistens heisses, klares Wetter herrscht, kommen gleichzeitig oft starke Regenfälle vor. Im August 1910 regnete es vom 1. bis 10. sehr stark, so dass die Regenmenge 653.0 mm über die mittlere Jahresmenge stieg. Am 8. dieses Monats von mir ausgeführte Versuche zeigten, dass das Rohwasser ziemlich stark getrübt war, und dass 2999 Keime in 1cc Wasser gezählt wurden. Im August des vorhergehenden Jahres regnete es dagegen nur wenig, und infolgedessen wurden auch nur wenige Bakterienkeime gefunden. Im September regnete es fast täglich, und am 27. dieses Monats setzte ein heftiger Regen ein, so dass das Rohwasser am nächsten Tage stark getrübt war. Der Keimgehalt desselben steigerte sich plötzlich und betrug durchschnittlich 1133.3 (monatlicher Durchschnitt ca. 400). Wie

erwähnt, zeigen sich die Wasserkeime in verhältnismässig nur geringer Menge bei feinem sanften Regen, wie er während der Regenzeit gewöhnlich herrscht, weil der anhaltende sanfte Regen den Boden des Niederschlagsgebietes gleichmässig durchdringt, und daher denselben nicht in einem solchen Grade wegpült, dass eine auffallende Verunreinigung des Wassers stattfinden könnte. Ferner werden die Luftkeime von einem anhaltenden Regen niedergeschlagen und erfahren eine bedeutende Verminderung. Wenn aber ein starker Regenfall nach anhaltend schönem Wetter plötzlich eintritt, so wird das Rohwasser schnell verunreinigt, und die Wasserkeime nehmen bedeutend zu, indem der Schlamm des schon ausgetrockneten Niederschlagsgebietes und gleichzeitig andere schmutzige Substanzen durch das Regenwasser in den Fluss geschwemmt werden. Es ist auch klar, dass die Luftkeime, die sich während des schönen Wetters reichlich in der Luft ansammeln, durch den Regen ins Wasser gelangen.

Das Resultat an der Tokyoer Wasserleitung, dass nämlich der Keimgehalt im Rohwasser im Sommer gross und im Winter verhältnismässig gering ist, steht im Gegensatz zu den Angaben von FRANKLAND und MIQUEL, und stimmt mit dem Resultat von TILS überein. Was aber die Yokohamaer Wasserleitung betrifft, so erreicht die Zahl der Wasserbakterien in der ersten Hälfte des Winters ihr Minimum und zeigt später nicht regelmässige Schwankungen. Zu der Intensität des monatlichen Regenfalls verhalten die Bakterien sich aber fast im gleichen Verhältnis.

Vergleichen wir die Bakterienchwankungen gemäss den Versuchsergebnissen, die von 1906 bis 1910 an den hauptsächlichsten Wasserleitungen in Japan angestellt wurden (Tabelle XII) mit einander, so sehen wir, dass der Keimgehalt bei der Yokohamaer Wasserleitung im November und Dezember sein Minimum, und

im August sein Maximum erreicht. Bei der Wasserleitung in Kobe sowie bei der in Hiroshima ergibt sich das Minimum Anfang des Frühlings, ähnlich wie bei der Tokyoer Wasserleitung; das Maximum wird aber bei der ersteren im Oktober und bei der letzteren im September, d.h. am Ende des Herbstes, erreicht. Bei der Wasserleitung in Keelung sowie in Okayama tritt das Maximum des Bakteriengehaltes im November und bei der in Osaka im Januar ein, aber bei diesen Wasserleitungen wird das Minimum im Sommer, d.h. im Juli und August erreicht; diese Tatsache stimmt mit den früher von MIQUEL, FRANKLAND und KISSKALT an anderen Orten berichteten Ergebnissen fast überein.

In der Umgebung von Keelung, das im Norden der Insel Formosa liegt, dauert die Regenzeit von Oktober bis März; während auf den Hauptinseln Japans, wo die oben geschilderten Wasserleitungen gelegen sind, die Regenzeit, wie schon erwähnt, meist Ende Mai oder Anfang Juni beginnt und bis Mitte Juli dauert, worauf die trockene Jahreszeit beginnt. Im August treten dann aber plötzlich starke Regenfälle ein und die Oberfläche des Bodens wird in einer Weise weggespült und weggerissen, wie das bei dem anhaltenden Regen der Regenperiode selten der Fall ist. Will man feststellen, in welchem Verhältnis die Keimzahl zur Regenmenge steht, so muss man erst die Regenintensität (d.h. die tägliche mittlere Regenmenge) ermitteln und dann das erhaltene Resultat mit der aufgefundenen Keimzahl vergleichen. Wenn wir so die Schwankungen der Regenintensität und der Keimzahl, wie sie in den obigen Tabellen aufgezeichnet sind, vergleichen, sehen wir, dass die beiden im selben Verhältnis zu einander stehen. (vergl. auch Tafeln V und VI.)

Wenn wir nochmals die monatliche Keimzahl in den Wasser-

leitungen in Tokyo, Yokohama, Okayama und Hiroshima betrachten, so sehen wir, dass der Keimgehalt zwischen März und April (meist zu Anfang dieser Periode) bedeutend zunimmt. In diesen Monaten war das Rohwasser oft merklich getrübt, obgleich kein grosser Regen im Niederschlaggebiet der Wasserläufe gefallen war. Nach Beobachtungen, die ich an der Quelle der Tokyoer- und der Yokohamaer Wasserleitung anstellte, liegt der Grund wohl darin, dass um diese Zeit der Schnee auf den Bergen des Quellengebietes schmilzt. Der lange auf dem Boden liegende und der freien Luft ausgesetzte Schnee nimmt im Laufe der Zeit viele Keime auf, welche in der Luft sowie auf dem Boden vorhanden sind. Wenn dann der Schnee schmilzt, gelangen diese Keime in mehr oder weniger grösserem Grade in die Flüsse und Seen. Auf diese Tatsache haben auch FRANK⁽⁴⁴⁾, SCHMELCK⁽⁵⁰⁾, BERTSCHINGER⁽⁴⁾ und KRUSE⁽²⁹⁾ schon hingewiesen.

In den Gebirgsgegenden des Niederschlaggebietes des Wassers für die Wasserleitungen der oben genannten Städte, fällt im Winter Schnee, schmilzt aber nicht gleich, weil die Lufttemperatur dazu zu niedrig ist. Ende März steigert sich allmählich die Lufttemperatur, der Schnee schmilzt und das Schneewasser ergiesst sich schliesslich in die Flussläufe und Seen. Die Zeit der Schneeschmelze schwankt je nach dem Jahre, aber in den Quellengegenden der Okayamaer- und Hiroshimaer Wasserleitung dauert sie in der Regel bis Mitte März, und auch in den Quellengebieten des Wassers für die Tokyoer- und Yokohamaer Wasserleitung tritt sie gewöhnlich Ende März bisweilen Anfang April ein. In der Quellengegend der Wasserleitung in Nagasaki schneit es infolge der klimatologischen Verhältnisse äusserst selten, und Schnee, der dort eine auffallende Erscheinung ist, fiel während fünf Jahren nur dreimal: den 4. Februar 1906, den 30. Januar 1907 und den 11.

Februar desselben Jahres. Beim ersten Falle betrug die Menge des Schnees nur 89 mm, beim zweiten 46 mm und beim dritten 49 mm. Jedesmal war der Schnee am nächsten Tage schon vollkommen geschmolzen und verschwunden. Auch in dem nur kleinen Niederschlaggebiet der Kobe Wasserleitung fällt sehr selten Schnee. Die Schneeschmelze kann also auf das Rohwasser dieser beiden Wasserleitungen keinen merklichen Einfluss ausüben. Der Yodo Fluss der das Rohwasser für die Osakaer Wasserleitung liefert, kommt aus einer weit entfernt liegenden Berggegend und fliesst dann ca. 80 oder 120 km durch eine Ebene. Viele Dörfer und auch einige Städte liegen an seinen Ufern. In den Yodo-Fluss münden die Nebenflüsse Kamo, Uji, Kitsu und Hotsu nebst zahlreichen anderen Zuflüssen. Daher kann die Schneeschmelze auf das Rohwasser der Osakaer-Wasserleitung keinen merklichen Einfluss ausüben. Das Niederschlaggebiet der Keelung-Wasserleitung liegt den klimatischen Verhältnissen nach dicht an der Nordgrenze der Tropen. Dort fällt während des ganzen Jahres weder Schnee noch Reif, und die Winterregenzeit dauert von October bis Anfang April. Die Regenmenge ist sehr gross, so dass sich der jährliche Durchschnitt auf 5096 mm beläuft. Ja es ist vorgekommen, dass die tägliche Regenmenge 351.2 mm betragen hat. Der Durchschnitt der Regentage stellt sich auf 203,4. Der Keimgehalt nimmt in der Regel zu Anfang der Regenzeit zu und nach derselben ab, wenn auch gelegentlich Ausnahmen eintreten.

Aus der Tabelle XII (auch aus den Kurven der Tafeln V u. VI.) lässt sich erkennen, dass der Keimgehalt aller Wasserleitungen, mit Ausnahme derjenigen in Keelung, im Januar und Februar, also zur Zeit der grössten Kälte, eine Tendenz der Vermehrung zeigt. In Zentral-Japan ist die Regenmenge im Winter, in dem meist trockenem, klares Wetter herrscht, so dass die Oberfläche des

Bodens ganz austrocknet, am geringsten. Es ist verständlich, dass die Schwankungen in der Keimzahl des Rohwassers nicht nur von den meteorologischen Verhältnissen beeinflusst werden, sondern dass auch die edaphischen Faktoren des Niederschlagsgebietes der Wasserleitungen einen merklichen Einfluss ausüben. Die Hauptursache der oben erwähnten Erscheinung, nämlich der Zunahme der Bakterienkeime im Rohwasser während des Winters, ist wohl darin zu finden, dass die Niederschläge, die in dieser Zeit stattfinden, leicht die trockene schmutzige Landoberfläche, den Staub etc., in den Flusslauf schwemmen. So wurde am 19. Januar 1909 der Keimgehalt in einer Rohwasserprobe aus der Yokohamaer Wasserleitung auf durchschnittlich 148.2 in 1 cc berechnet, als das Wetter an den beiden vorhergehenden Tagen sehr schön gewesen war; am 24. desselben Monats aber, als es ebenfalls an den beiden vorhergehenden Tagen im Niederschlagsgebiet etwas geregnet hatte, betrug der Keimgehalt durchschnittlich 248.0. Die am 17. Januar und am 21. Februar gewonnenen Resultate zeigten, dass die Keimzahl, trotzdem am Tage vorher Schnee gefallen war, im ersten Falle nur 102.0 in 1 cc und im zweiten nur 89.0 in 1 cc betrug, da es so kalt war, dass der Schnee noch nicht schmelzen konnte. Am 31. Januar war das Rohwasser durch Regen am Tage vorher schwach getrübt, und die Keimzahl stieg auf 647.0; am 28. Februar betrug sie 304.5. Hieraus kann man wohl schliessen, dass Schnee bei gleichzeitiger strenger Kälte keinen grossen Einfluss auf die Schwankungen des Baktériengehaltes im Rohwasser ausübt, weil er nicht gleich schmilzt, dass aber ein selbst nicht starker Regen in der trockenen Winterzeit sofort eine Vermehrung der Wasserkeime hervorruft.

VIII. Ueber die jährlichen Variationen der Flora der Schmutzdecke.

Die Wirksamkeit des Filters hängt hauptsächlich von der Tätigkeit der Schmutzdecke ab und dabei sind die Mikroorganismen verschiedener Arten, die in der Decke üppig gedeihen, von grosser Bedeutung. Unter ihnen kommen, ausser den Bakterien, Diatomeen und anderen grüne Algen in Betracht.

Die jährlichen Variationen dieser grünen Mikroorganismen sind bisher nur mangelhaft beobachtet worden. Nach KEMNA⁽²³⁾ kommen in der Antwerpener Wasserleitung die Diatomeenarten, besonders *Melosia varians* und *Fragillaria capucina*, vielfach vor, und auch *Spirogyra tenuissima* ist häufig. *Hydrodictyon* kommt auch bisweilen und zwar in überraschender Menge vor. Wie Tabelle X zeigt, kommen in dem Filter der Yokohamaer Wasserleitung die Diatomeen am häufigsten vor. Unter ihnen nimmt *Melosia varians* die Hauptstelle ein. Sie entwickelt sich das ganze Jahr hindurch und es scheint, dass klimatische Verhältnisse keinen merklichen Einfluss auf ihre Entwicklung ausüben. Ihre Entwicklung ist bisweilen so üppig, dass die fadenartigen Verkettungen den Filtersand so dicht bedecken, dass die Sandlücken verstopft werden und infolgedessen die Betriebsdauer des Filters sich sehr verkürzt. Die demnächst am zahlreichsten vertretenen Arten sind: *Synedra ulna* var. *splendens*, *S. rostrata*, *Cymbella tumida*; aber diese Arten üben kein merkliches Hindernis auf den Filterbetrieb aus. *Diatoma hiemale* beginnen sich im Dezember und im Januar zu entwickeln und erreichen am Anfang des Sommers ihr Maximum; dann vermindern sie sich, bis sie Ende des Herbstes ihr Minimum zu erreichen pflegen. *Navicula lanceolata* und *Nitzschia acicularis* entwickelten sich üppig

gegen Ende des Frühlings bis Mitte des Herbstes und verschwanden im Winter völlig. Beide Arten entfalten eine grosse Ueppigkeit und bildeten auf der Sandoberfläche grünliche schlammartige Ueberzüge, die bei ihrer Dichtigkeit dem Filterbetrieb oft hinderlich waren. Im übrigen kamen *Fragillaria capucina*, *Amphora ovalis* und *Cocconeis placentura* während aller Jahreszeiten spärlich vor.

Was die Conjugaten-arten anbetrifft, so kommen in erster Linie *Cosmarium* vor, wenn auch nur spärlich; unter ihnen wurde *C. obtusatum* fast das ganze Jahr hindurch gefunden. Die *Spirogyra* Arten entfalteteten sich nur mangelhaft, und unter ihnen entwickelten sich *S. mirabilis* und *S. Hasselii* vom Ende des Frühlings bis zur Mitte des Sommers am besten, ohne aber die ganze Filteranlage zu überziehen.

Bei der Wasserleitung in Taihoku kamen aber die *Spirogyra* Arten im Sommer in erstaunlicher Menge vor; überdies entwickelten sich *Mougeotia scalaris* in reichem Masse. Diatomeen und andere Grünalgen zeigten sich aber nur in geringer Zahl. Die ersteren Arten waren durch *Melosira* und *Synedra* vertreten, und die letzteren durch *Closterium*, *Polyedrium* und *Pediastrum*. Vereinzelt kamen auch Kolonien von *Calothrix Braunii* vor.

In der Filteranlage der Stadt Keelung bei Taihoku, entwickelten sich nur Fadenalgen üppig, und Diatomeen traten sehr spärlich auf. Unter den Arten der ersteren entwickelten sich *Spirogyra jugaris*, *S. Hantzschii* und *S. porticalis* am üppigsten; die *Zygnema*-Arten waren aber auch oft zu finden. Ausserdem entwickelten sich *Oedogonium princeps* und *Oe. undulatum* sehr kräftig. *Ulothrix zonata* kam nur selten vor und die Cyanophyceen Arten wurden niemals gefunden. Obgleich die grünen Algen im Sommer in grosser Zahl gediehen, gingen sie am Anfang des

Winters fast gänzlich zu grunde, und nur einige Diatomeen-Arten blieben in geringer Zahl übrig. Wir sehen also, dass in den beiden Wasserleitungen, welche den gleichen klimatischen Verhältnissen ausgesetzt sind, zu bestimmten Jahreszeiten fast die gleichen Organismen gefunden werden, und obgleich die Fadenalgen so reichlich gedeihen, so verhindern sie doch nicht den Betrieb des Filters.

Bei der Wasserleitung in Hiroshima kamen die Fadenalgen im Frühling und Herbst fast gar nicht vor, und unter den Diatomeen entfalteten sich *Melosira varians*, *Navicula lanceolata*, *N. gibba* und *Cymbella ventricosa* in ziemlich grosser Menge. *Pediastrum dupulex* var. *asperum* und *Cosmarium* Arten traten nur selten auf. Bei der Wasserleitung in Kobe entwickelten sich die Fadenalgen im Sommer sehr üppig und zwar hauptsächlich *Conferva tenuissima*, *Zygnema stellinum*, *Z. insigne* und *Spirogyra jugalis*. Auch die Ketten von *Anabaena Flos aquae*, welche vielleicht durch die Talsperre in die Filter geleitet werden, wurden oft in ziemlich reicher Menge gefunden. Im übrigen kamen oft Kolonien von *Hormospora* und *Gleocystis* Arten zahlreich vor. Unter Diatomeen war *Melosira varians* verhältnismässig selten aber *M. granulata* var. *australiensis* im August und September reichlich vorhanden.

Es ist klar, dass die Mikroflora eines Rohwassers, welches, wie bei der Wasserleitung in Kobe, aus einer Talsperre abgeleitet wird, sich von der Flora eines Rohwassers, das unmittelbar aus Flüssen abgeleitet wird, wie das z. B. bei der Tokyoer, der Yokohamaer und anderen Leitungen der Fall ist, mehr oder minder unterscheiden muss.

In der Tokyoer Wasserleitung finden sich in der Schmutzdeckenflora der Filteranlagen, verhältnismässig nur wenige Algenarten. Vom Frühling bis zum Sommer waren hauptsächlich

Fadenalgen wie *Mougeotia parvula* und einige *Spirogyra* Arten zu finden, und ich konnte auch beobachten, dass Diatomeen wie *Melosira varians*, *Fragilaria*, *Ceratoneis* und *Navicula* Arten sich zu jeder Zeit ziemlich kräftig und zahlreich entwickelten.

Das Rohwasser der Wasserleitung in Nagasaki wird aus drei Talsperren in die Filter geleitet. In den dortigen Filter entwickelten sich die grünen Algen wie z. B. *Spirogyra* Arten in beträchtlicher Menge, und Diatomeen wie *Melosira varians*, *Cymbella parva*, *Fragilaria capucina* und *Navicula* Arten, entwickelten sich nur sehr schwach. Im Jahre 1910 entwickelte sich vom Spätsommer bis zum Ende des Herbstes *Coelosphaerium Kützingerianum* sehr üppig; so dass ihre massenhafte Entwicklung eine Verfärbung des Wassers verursachte und die Betriebskraft des Filters stark beeinträchtigt wurde. Auch einige Arten von Desmidiiden und Diatomeen wurden aufgefunden; diese übten aber keinen merklichen Einfluss auf die Betriebsfähigkeit des Filters aus.

Bei allen Wasserleitungen in Korea sind die Filter mit einer dicken Mauer überdeckt, um zu verhindern, dass das Wasser bei strenger Kälte zufriert. Die Sonnenstrahlen können daher nicht ins Innere des Filters dringen und verhindern so das Gedeihen grüner Algen, die dort niemals gefunden werden: ausnahmsweise kommen einige Diatomeen bisweilen vor.

IX. Allgemeines und Biologisches.

Wie schon im vorgehenden Kapitel erwähnt worden ist, so wird die Zahl der sich im Wasser befindlichen Bakterienkeime in erster Linie durch meteorologische Faktoren bedingt; es ist aber sicher dass ihre Zahl auch von den Verhältnissen der Luft und des Bodens in nicht geringem Grade abhängt. Wenn wir die

Bakterienarten der Tabellen VI und VIII mit den bereits von einigen Forschern in der Luft und im Boden aufgefundenen Arten vergleichen, so lässt sich feststellen, dass unter ihnen die eigentlichen Wasserbewohner nur einen verhältnissmässig kleinen Teil ausmachen. Will man daher eingehende Untersuchungen über die Wasserkeime anstellen, so darf man nicht unterlassen den Verhältnissen des Bodens, aus dem das Rohwasser hervorquillt oder durch den es fliesst, seine besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Neuerdings hat CONN⁽¹⁾ bewiesen, dass sich im gefrorenen Boden besonders zahlreiche Bakterienkeime befinden. Daraus lässt sich schliessen, dass Wasser, welches ein derartiges Gebiet durchläuft, reich an Keimen sein muss. Wie schön erwähnt, zeigen die Keime im Rohwasser einiger japanischen Wasserleitungen im Winter die Neigung zur Vermehrung; dies lässt sich wohl auf die von CONN festgestellte Tatsache zurückführen.¹⁾

Die Isolierung des Coli-bacillus aus den Faeces von Cholera-Kranken durch ESCHERICH veranlasste die Hygiene dieser Tatsache besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Dieser Bacillus ist nicht bloss im Darm der Menschen, sondern auch im Exkrement von Vögeln und vom Vieh—ja sogar in dem von Kaltblütern vorhanden. Er kommt natürlich auch in den verschiedenen Wasserarten vor (Quelle, Brunnen, Flüssen etc.), sei es dass das Wasser durch die Faekalien kontaminiert ist oder auf andere Weise. KABRHEL⁽²⁾ wies darauf hin, dass der Nachweis von Coli-Bacillen als Indikator für den Filtrationseffekt des Trinkwassers grossen Wert besitzt, und FROMME⁽¹⁷⁾ dass die quantitative Feststellung des Vorhandenseins dieser Bakterien für die Wasserbeurteilung unentbehrlich ist.

1) Nach dieser Richtung hin will ich im Niederschlagsgebiet der japanischen Wasserleitungen einige weitere Versuche anstellen.

Es ist sehr wohl möglich, dass das Vorhandensein des Coli-Bazillus als ein Merkmal dafür angesehen werden kann, ob das Rohwasser einer Verunreinigung ausgesetzt ist oder nicht. Es lassen sich aber zahlreiche Varietäten dieser Bakterien unterscheiden, welche in ihren biologischen Eigenschaften mehr oder weniger von einander abweichen, so dass es keine leichte Aufgabe ist die Art genau festzustellen. SMITH⁽²¹⁾ teilte diese Organismen nach ihren physiologischen Verschiedenheiten gegen Saccharose in 2 Subtypen ein, und neuerdings hat JACKSON⁽²¹⁾ sie in 4 Typen eingeteilt. Zum praktischen Gebrauch muss man in erster Linie bestimmen können, ob Coli-Arten im Wasser auftreten oder nicht. Dazu benutzte ich die Methode von EIKMANN⁽¹²⁾ und von BULIR⁽⁸⁾, sowie auch die von englischen und amerikanischen Forschern empfohlene „Presumptive Test.“ Bei der letzteren benutzt man Dextrose-Bouillon und das Laktose-Bile-Medium. Wie IRONS⁽¹⁹⁾ hervorhebt, ist die Dextrose-Bouillon selbst bei einer verhältnissmässig reinen Wasserprobe anwendbar, während die anderen Medien nach SAWIN⁽⁴⁸⁾ nur in Fällen, wo das Rohwasser verunreinigt ist, zur Anwendung geeignet sind.

Bei meinen Untersuchungen an der Yokohamaer Wasserleitung, deren Rohwasser nur selten verunreinigt wird, benutzte ich für die Differenzierung des Coli-Bazillus Dextrose-Bouillon sowie auch den BULIR'schen Nährboden. Nachdem ich auf diese Weise die Stärke der Gasbildung beobachtet hatte, versuchte ich aus den Röhren, in denen sich lebhafte Gase entwickelt hatten, durch besondere Nährböden¹⁾ die in Frage kommenden Bakterien zu isolieren. Die Resultate zeigen die folgende Zusammenstellung.

1) Ich gebrauchte stets ENDO-agar, welcher sich nach SCHÜRER's Versuchen besonders zum Nachweis von Coli-Bazillus eignet.

Aus dieser Tabelle ersehen wir, dass in einigen Gärungsröhrchen des öfteren eine nicht unerhebliche Gasbildung beobachtet wird, meistens ist das aber auf eine Einwirkung von Hefe oder von Dextrose gährenden Bakterien zurückzuführen. Es kommt nur selten vor, dass bei der Entwicklung des Coli-Bazillus eine eigene Gasbildung verursacht wird. Nach der Tabelle sind solche Fälle eigener Gasbildung bei Coli-Arten nur dreimal, und zwar am 3. März, am 20. Juni, und am 17. Juli in den entnommenen Wasserproben gefunden worden. In jedem Falle war das Rohwasser durch Regengüsse mehr oder weniger getrübt, besonders am 20. Juni war es wegen eines heftigen Stürmes am vorhergehenden Tage so stark verunreinigt worden, dass selbst das filtrierte Wasser in diesem Falle noch schwach getrübt war.

Soweit das Vorkommen des *Bacillus Coli* als Beweis für die Verunreinigung des Wassers gilt, kann behauptet werden, dass das Rohwasser der Yokohamaer Wasserleitung bei seinem Durchlauf durch die Niederschlagsgegenden nur selten verunreinigt wird. Obwohl in einigen Fällen Coli-Bakterien im Rohwasser gefunden wurden, so kamen sie doch (ausgenommen einen Fall am 20. Juni) in dem durch die Sandschicht passierten Wasser nicht vor. Das beweist, dass der Filtrierungsbetrieb der Yokohamaer Wasserleitung fast vollkommen ist.

Um das Vorhandensein von Anaeroben-Keimen festzustellen, benutzte ich einen etwas modifizierten Novyschen Apparat, in den einige Plattenkulturen eingestellt wurden; und das Luft enthaltende Gefäß wurde mit gereinigtem Wasserstoffgas gefüllt. Nach Verlauf einer bestimmten Zeit konnte ich feststellen, dass die auf der Plattenkultur gewachsenen Kolonien meistens den in der Tabelle VI und VIII beschriebenen Arten angehörten, nämlich den fakultativen Anaeroben, und dass die eigentlich obligatorischen Anaeroben nicht

vorhanden waren. Wir können so die Tatsache feststellen, dass, um eine gewöhnliche Wasseruntersuchung vorzunehmen, dieses am besten vermittelt der aeroben Kultur geschehen kann.

Wie schon erwähnt dient die biologische Beschaffenheit der Flora der Schmutzdecke wesentlich zur Erhöhung der Filterwirksamkeit. Nach der Ansicht von LEMMERMANN⁽³³⁾ und später auch von STROHMEYER⁽⁵⁴⁾ übt eine üppige Algenvegetation (hauptsächlich: Diatomeen und Chlorophyceen) bei Tage eine auffallend hemmende Wirkung auf die Entwicklung von Bakterien aus. RUTTNER⁽⁴⁶⁾ gab bei der Prager Wasserleitung für die relativ niedrige Zahl von Bakterienkeimen im Frühling und Sommer auch dieselbe Ursache an. Es ist noch eine offene Frage, aus welcher physiologischen Einwirkung der Algen diese hemmende Erscheinung herbeigeführt wird. Der durch die Assimilationstätigkeit der grünen Organismen entwickelte Sauerstoff hat keine keimtötende Wirkung, wie das Ozongas; aber es ist wohl möglich, dass ein durch die üppige Entwicklung der Algenvegetation herbeigeführter Nährstoffmangel im Wasser die Vermehrung der Bakterien mehr oder minder verhindert. Nach meinen Untersuchungen fällt bei der Yokohamaer Wasserleitung die Zeit der üppigsten Entwicklung der Algenvegetation von April bis Juli; aber selbst in dieser Periode stehen die Schwankungen des im Rohwasser aufgefundenen Keimgehaltes in keinem besonderen Zusammenhang damit.

Ohne Zweifel verhindert die Schmutzdeckenflora in merkwürdiger Weise das Passieren der im Rohwasser vorhandenen Mikroorganismen durch die Filtersandschicht, so dass die Zahl der im filtrierten Wasser gefundenen Keime sehr vermindert ist. Aber sie ist auch im stande, die Menge der im Rohwasser gefundenen organischen Substanzen zu verringern, indem sie auf sie einen

chemischen Einfluss ausübt, PIEFKE⁽⁴¹⁾ betrachtete dies erst als eine durch den im Wasser gelösten Sauerstoff hervorgerufene Oxydation; später aber wies er nach, dass der Sauerstoff keine Oxydation bewirkt, sondern dass die organischen Stoffe, soweit dieselben vergärbare sind, von den Bakterien aufgenommen werden. Auch PLAGGE und PROSKAUER⁽⁴²⁾ finden, dass die chemische Wirkung der Flora im Verhältnis zu der sogenannten physiologischen nur eine geringe ist, und dass beide keinerlei Beziehung zu einander zeigen. BERTSCHINGER⁽⁴³⁾ glaubt jedoch auf Grund eingehender Untersuchungen des in den Züricher Wasserwerken filtrierten Seewassers, den Sandfiltern eine chemische Wirkung zuschreiben zu müssen und er fand im Durchschnitt von 3 Jahren, dass nicht nur eine Verminderung der organischen Stoffe sondern auch eine solche des Ammoniakgehaltes sowie der Menge von Albuminoidammoniak bemerklich ist. Auch KURTH⁽³²⁾ hat in den Bremer Wasserwerken eine Abnahme an Kaliumpermanganat festgestellt, glaubt dieselbe aber nicht allein auf eine Bakterieneinwirkung zurückführen zu müssen.

Wenn die Menge der im Wasser vorhandenen organischen Substanzen in der Wasserleitung in Yokohama vor und nach der Filtration mit der verbrauchten Menge von Kaliumpermanganat verglichen wird, so findet man, dass sie im Durchschnitt von 3 Jahren 0.26 mg abnahm. (Die Resultate sind aus Tabelle XIV ersichtlich.) Vergleichen wir die monatlichen Schwankungen in der Menge organischer Substanzen, so sehen wir, dass sie von Mai bis zum September verhältnismässig gross dagegen in den anderen Monaten nicht gross waren. Ziehen wir nun zum Vergleich die Zahlen von anderen japanischen Wasserleitungen an, so ergibt sich ein Bild wie die Tabelle XV es zeigt.

TABELLE XIV. DIE VERMINDERUNG DER ORGANISCHEN SUBSTANZ
IN 1L WASSER DER YOKOHAMAER WASSERLEITUNG
NACH DER FILTRATION.

Monat	Jahr	Rohwasser	Filtriertes- Wasser	Verminderte Menge nach Filtration
I	1910	1.75	1.50	0.25
	1911	1.46	1.32	0.14
	1912	1.32	1.20	0.12
II	1910	1.47	1.19	0.28
	1911	1.49	1.32	0.17
	1912	1.53	1.45	0.08
III	1910	1.66	1.41	0.25
	1911	1.88	1.58	0.30
	1912	1.42	1.35	0.07
IV	1910	1.78	1.44	0.34
	1911	1.80	1.50	0.30
	1912	1.50	1.40	0.10
V	1910	2.18	1.40	0.78
	1911	1.38	1.32	0.06
	1912	1.67	1.54	0.13
VI	1910	1.42	1.28	0.14
	1911	1.52	1.34	0.18
	1912	1.88	1.48	0.40
VII	1910	1.60	1.39	0.21
	1911	2.09	1.43	0.66
	1912	1.83	1.62	0.21
VIII	1910	2.07	1.41	0.66
	1911	1.65	1.45	0.20
	1912	1.58	1.56	0.02
IX	1910	1.51	1.22	0.29
	1911	1.56	1.31	0.25
	1912	4.11	2.31	1.80
X	1910	1.61	1.47	0.14
	1911	1.51	1.37	0.14
	1912	1.61	1.63	+ 0.02
XI	1910	1.47	1.36	0.11
	1911	1.48	1.38	0.10
	1912	1.80	1.88	+ 0.08
XII	1910	1.36	1.30	0.06
	1911	1.44	1.34	0.10
	1912	1.48	1.34	0.14
Mittel		1.69	1.43	0.26

TABELLE XV. MITTLERE MENGE DER ORGANISCHEN SUBSTANZ IN
1L WASSER DER TOKYOER UND ANDERER JAPANISCHEN
WASSERLEITUNGEN.*

Ort	Jahr	Organ. Substanz in mg bei der Reduktion von $K_2Mn_2O_4$.			
		Rohwasser	Filtriertes Wasser	Vermin- derte Menge	Mittel
Tokyo	1909	1.33	0.58	0.75	0.80
	1910	1.23	0.53	0.70	
	1911	1.47	0.49	0.98	
	1912	1.30	0.54	0.76	
Osaka	1909	4.74	2.80	1.94	2.15
	1910	4.82	2.46	2.36	
	1911	4.66	2.49	2.17	
	1912	4.91	2.80	2.11	
Kobe	1909	5.49	1.80	3.69	3.66
	1910	5.72	1.55	4.17	
	1911	4.66	1.49	3.17	
	1912	5.03	1.42	3.61	
Okayama	1909	2.00	1.07	0.93	1.13
	1910	2.14	1.08	1.06	
	1911	2.33	1.11	1.22	
	1912	2.39	1.07	1.32	
Hiroshima	1909	3.35	1.79	1.56	1.25
	1910	2.75	1.53	1.22	
	1911	2.73	1.62	1.11	
	1912	2.41	1.30	1.11	
Nagasaki	1909	4.99	3.03	1.96	1.86
	1910	4.69	2.89	1.80	
	1911	5.18	3.21	1.97	
	1912	4.22	2.53	1.69	
Taihoku	1909	0.61	0.42	0.19	0.21
	1910	0.37	0.30	0.07	
	1911	0.59	0.36	0.23	
	1912	0.92	0.58	0.34	

* Diese Zahlen sind aus den Messungen, welche die Ingenieure der Wasserversuchsstation von Tokyo und andere Städten für mich freundlichst ausgeführt haben; entnommen worden.

Es ist auffallend, dass die organischen Substanzen in den japanischen Wasserleitungen nach der Filtration bedeutend abnehmen; besonders zeigt sich bei den Wasserleitungen in Kobe, Osaka und Nagasaki vor und nach der Filtration ein grosser Unterschied. Dass die organischen Substanzen sich infolge einer chemischen Zersetzung vermindern, während das Rohwasser durch die Sandschicht der Filteranlagen passirt, will man nicht der mechanischen Wirkung des Sandes zuschreiben, sondern man will dies auf die Lebenstätigkeit der Mikroorganismen, besonders auf die der Bakterien und Algen zurückführen.

Wenn wir die Zahl der Bakterien, welche je nach der Tiefe der Sandsichten in den Filter der Yokohamaer Wasserleitung üppig gedeihen, berechnen, so gelangen wir zu den folgenden Zahlen:

TABELLE XVI. BAKTERIENGEHALT IN DER FILTERSANDSCHICHT DER YOKOHAMAER-WASSERLEITUNG.

Filter	Kulturreihe	Keimzahl in 1 cc Filtersand				
		Tiefe der Sandschicht in cm.				
		Oberfläche	10-15	20-25	35-40	70-80
I	No 1	720 000	160 000	160 000	300 000	—
	„ 2	580 000	200 000	160 000	340 000	—
	„ 3	340 000	100 000	220 000	280 000	—
	„ 4	390 000	500 000	140 000	350 000	—
	„ 5	210 000	510 000	240 000	370 000	—
	Mittel	448 000	294 000	184 000	328 000	—
II	No 1	1 480 000	—	420 000	380 000	—
	„ 2	2 120 000	—	320 000	360 000	—
	„ 3	1 640 000	—	320 000	320 000	—
	„ 4	860 000	—	260 000	300 000	—
	„ 5	1 700 000	—	210 000	430 000	—
	Mittel	1 560 000	—	306 000	358 000	—

Filter	Kulturreihe	Keimzahl in 1 cc Filtersand				
		Tiefe der Sandschicht in cm.				
		Oberfläche	10-15	20-25	35-40	70-80
III	No 1	880 000	1 220 000	—	1 000 000	6 460 000
	„ 2	1 200 000	—	—	800 000	7 340 000
	„ 3	620 000	—	—	—	6 670 000
	„ 4	790 000	890 000	—	1 100 000	6 570 000
	„ 5	1 050 000	880 000	—	1 100 000	—
	Mittel	908 000	996 700	—	1 000 000	6 760 000
IV	No 1	320 000	400 000	140 000	120 000	—
	„ 2	1 260 000	500 000	200 000	40 000	—
	„ 3	900 000	460 000	80 000	60 000	—
	„ 4	2 100 000	370 000	90 000	60 000	—
	„ 5	2 590 000	310 000	120 000	100 000	—
	Mittel	1 434 000	403 000	126 000	76 000	—
V	No 1	—	940 000	500 000	120 000	—
	„ 2	380 000	860 000	460 000	280 000	—
	„ 3	360 000	760 000	360 000	120 000	—
	„ 4	240 000	520 000	370 000	60 000	—
	„ 5	360 000	540 000	390 000	160 000	—
	Mittel	335 000	724 000	416 000	148 000	—

Die vorliegenden Ziffern beweisen, dass in der obersten Sandschicht (mit Ausnahme der Fälle in den Filter III und V) die Keime am reichlichsten sind, und dass sie in den tieferen Sandschichten weniger werden. Vor allem ist die Verminderung in den Filtern I, II und IV auffallend. Die Keimzahl beträgt gewöhnlich bei einer Tiefe von 20-25 cm nur ca. 1/3-1/10 derjenigen, die sich in der obersten Schicht befindet. Nach KÜMMEL⁽³⁰⁾ und PIEFKE⁽⁴¹⁾ nimmt die Keimzahl auch schon bei einer Tiefe von nur 5-10 cm unter der Oberfläche bedeutend ab und ist bei einer Tiefe von 20-25 cm nach PIEFKE nur ca. 1/5 so gross wie die Keimzahl an der Oberfläche, und nach KÜMMEL, nur ca. 1/40. Bei meinen Untersuchungen verminderte sich die Keimzahl in den Filter I und IV.

in einer Tiefe von 10–15 cm ganz bedeutend. In den Filtern III und V war sie aber nicht immer gleich—sogar oft umgekehrt in den tieferen Schichten grösser. Erst vor 3 Jahren sind die Filtersandschichten der Filter IV und V erneuert worden, während bei den Filter I, II und III mehr als zehn Jahre seit der Erneuerung des Filtersandes vergangen sind. Die Schwankungen der Bakterienzahlen treten je nach dem Alter der Sandschichten an der Oberfläche bis zu 25 cm Tiefe nicht so bedeutend hervor, während sie über 35–40 cm tief bei solchen Sandschichten, welche schon lange benutzt worden sind, sehr viel grösser sind. Bei neueren Sandschichten, wie z. B. bei Filter IV und V, sind die Schwankungen verhältnismässig geringer. Das zeigt, dass mit der Zeit die unteren Sandschichten schmutzig werden.

Jedenfalls steht es fest, dass die Keimzahl um so geringer wird, je tiefer die Sandschicht, aber die Zahl vegetierender Bakterienkeime, die man in einer Filteranlage berechnen kann, ist erstaunlich gross. Diese Bakterien verrichten den Bau- und Betriebsstoffwechsel, so dass sie die Veranlassung zum Abbau der im Wasser gelösten organischen Stoffe werden. Nach TōYAMA⁽⁵⁶⁾ steht in der Tokyoer Wasserleitung der Gehalt der organischen Substanzen des Wassers im umgekehrten Verhältniss zur im Wasser vorhandenen Keimzahl.

Von den dominierenden Bakterienarten, welche in den Sandschichten der Filter der Yokohamaer Wasserwerke vorkommen, sind ausser den *Proteus* und *Mesentericus* Arten, *Bacillus subtilis*, *Bac. auratiacus*, *Bac. villosus*, *Bac. fluorescens liquefaciens*, *Bac. fluor. nonliquefaciens*, *Bac. mycoides*, einige *Micrococcus* Arten und *Streptothrix chromogena* in erster Linie vertreten. Es ist bekannt, dass von diesen Arten *Bac. subtilis*, *Bac. mycoides* und *Bac. fluorescens* mit den organischen Verbindungen eine kräftige Ammoniakbildung verursachen. (MARCHAL⁽⁵⁷⁾, BUTKEWITSCH⁽⁹⁾,

BAIL⁽²⁾, STERN⁽⁵²⁾). Nach M. MÜLLER⁽⁴⁰⁾ geht dieser Vorgang sogar auch bei einer niedrigen Temperatur kräftig vor sich. Auch *Mesentericus* sowie *Proteus* Arten und Heubacillen besitzen die Fähigkeit aus den N-haltigen organischen Stoffen Stickstoff zu entbinden. Es unterliegt daher keinem Zweifel, dass das Gedeihen dieser Mikroorganismen im Wasser die organischen Verbindungen in demselben sehr vermindert. Dazu kommt noch die denitrifizierende Wirkung im eigentlichen Sinne. Dieselbe findet bis zur Tiefe von 30 cm unter der Oberfläche statt—und bei alten Sandschichten sogar bis zur Tiefe von 70–80 cm,—und die Erreger für diesen Vorgang sind nach meinen Versuchen meist die *Bacillus fluorescens* Arten. Dass diese Bakterien eine denitrifizierende Wirkung ausüben, haben bereits KÜNNERMANN⁽³¹⁾ und CHRISTENSEN⁽¹⁰⁾ bewiesen. Wie schon ITERSON⁽²⁰⁾, STOCKLASA und VITEK⁽⁵³⁾ behaupteten, sind die denitrifizierenden Bakterien für die Selbstreinigung des Bodens und natürlicher Gewässer von erheblicher Bedeutung. BRANDT⁽⁷⁾ meint, dass das relativ geringe Auftreten des Planktons in tropischen und subtropischen Meeren auf das üppige Gedeihen von Fäulnisserregern und denitrifizierenden Bakterien und infolge des fast gänzlichen Verbrauchs von Nährmaterial durch Bakterien beruht: Nach den von verschiedenen Forschern angestellten Untersuchungen kann man nicht mehr daran zweifeln, dass die Bakterienflora von Filteranlagen einen merklichen Einfluss auf die Verminderung organischer Substanzen im filtrierten Wasser ausüben kann. Auch darf nicht übersehen werden, dass nicht nur die Bakterien, sondern auch die Algenvegetation diese Verminderung verursachen sollen.

EMICH⁽¹³⁾ bewies seinerzeit, dass die Selbstreinigung verunreinigten Wassers ohne die Entwicklung von Organismen unmöglich ist. BELJERINCK⁽³⁾ und TREBOUX⁽⁶⁷⁾ berichteten, dass die Chlorophyteen

Arten organische Nahrung aufnehmen können. Bei BOKORNY^(5,6) findet sich die Angabe, dass die grünen Algen wie *Spirogyra*, *Zygnema* und verschiedene Arten von Diatomeen sich wahrscheinlich lebhaft an der Reinigung gelöster organischer Substanzen in Flüssen beteiligen. Er fügte noch hinzu, dass *Nitzschia acicularis* an stark verunreinigten Stellen zahlreich auftritt. RICHTER⁽⁴⁵⁾ erklärt, dass die Diatomeen Arten, wie *Nitzschia* und *Navicula*, die Fähigkeit besitzen, Kohlenhydrate sowie N- haltige organische Substanzen zu assimilieren. Neuerdings fand ARTARI⁽¹⁾ nach genauen Untersuchungen, dass die Chlamydomonaden am besten in Substraten wachsen, welche organische Verbindungen enthalten, und dass sie als ein Gradmesser für die Verunreinigung von Gewässern anzusehen sind. PRINGSHEIM⁽⁴³⁾ behauptete dass die Cyanophyceen ihren Stickstoffbedarf aus den verschiedenartigsten organischen Verbindungen zu decken imstande sind, ohne dass aber diesen ein Vorzug vor anorganischen Stoffen eingeräumt wäre.

So sehen wir, dass die heterotrophische Nährbedingung, nicht nur bei chlorophyllosen Mikroorganismen, sondern auch bei gewissen grünen Algen oft zu erkennen ist; und es liegt nahe, dass die Algenflora der Schmutzdecke die Filtrationswirksamkeit einerseits erhöhen kann, andererseits aber auch eine Selbstreinigung des Wassers mehr oder minder herbeiführen kann. Ob solche Organismen als Plankton oder als Schlamm-schichtbildner massenhaft oder spärlich auftreten, kann wohl für die Beurteilung der Natur des Wassers als Richtschnur dienen.¹⁾

KOLKWITZ und MARSSON⁽²⁶⁾ unterscheiden zur Charakterisierung

1) Ich möchte darauf hinweisen, dass bei den vorliegenden Untersuchungen hauptsächlich die biologischen Einwirkungen mikroskopischer Pflänzchen auf die Wirksamkeit von Filteranlagen berücksichtigt wurden, während die physiko-chemischen Erscheinungen bei dem Filtrationssystem, z. B. die Adsorptionserscheinung der Filtersandsicht, ausser Acht gelassen worden sind.

der Gewässer nach der Oekologie der Leitbiocoenosen drei Hauptzonen, nämlich die polysaprobien-, die mesosaprobien- und die oligosaprobien-Zone. Aus der verschiedenartigen Zusammensetzung der Schmutzdeckenflora, die in den Filteranlagen der Yokohamaer sowie der anderen japanischen Wasserleitungen vorkommen (Tabelle IX und X), ist ersichtlich, dass unter den dominierenden Organismen die Diatomeen an erster und die Conjugateen an zweiter Stelle stehen. Von Diatomeen kommen *Melosira varians* in der Filter jeder japanischen Wasserleitung vor, besonders bei der Filteranlage der Yokohamaer Wasserleitung gedeiht *Melosira varians* vom Frühling bis zum Sommer recht üppig. In der Okayamaer Wasserleitung sind die Diatomeen im Sommer oft durch *Fragilaria* Arten vertreten. In der von Kobe sind Conjugateen vorherrschend; unter diesen gedeihen Fadenalgen, wie *Spirogyra*, *Zygnema* und *Mougeotia* hauptsächlich im Sommer und die kleinen Formen, wie *Cosmarium* und *Closterium*, entwickeln sich das ganze Jahr hindurch. Ferner können Schizophyceen, wie *Anabaena* und *Merismopedia* u. s. w. in einigen japanischen Wasserleitungen beobachtet werden, obgleich sie immer sehr spärlich sind. In den Filter von Nagasaki entwickelte sich im Sommer oft *Coelosphaerium Kützingianum* sehr reichlich. Eine Art von *Conferva* kam auch bisweilen vor; nur einmal wurde in den Filter der Kobe-Wasserleitung ein üppiges Gedeihen derselben beobachtet. Bezüglich der in den oben genannten Gewässern aufgefundenen, pflanzlichen Leitbiocoenosen erkennen wir, dass die nach dem KOLKWITZschen und MARSSONSchen Saprobiensystem zu den Mesosaprobien gehörenden Arten verhältnismässig spärlich sind, und dass die zu den Oligosaprobien gehörenden Arten die Hauptmasse bilden. Es steht fest, dass die Gegenwart dieser Leitbiocoenosen in den Gewässern bis zu einem gewissen Grade bei der Bestim-

mung der Beschaffenheit des Wassers als ein Merkmal dienen kann, und wir können daraus den Schluss ziehen, dass das Rohwasser unserer japanischen Wasserleitungen in biologischer Hinsicht verhältnismässig rein und nur selten verunreinigt ist. Diese Tatsache stimmt auch mit den Resultaten der chemischen und bakteriologischen Untersuchungen, wie schon erwähnt, überein.

Bei den vorliegenden Untersuchungen habe ich meine Angabe nur auf die biologischen Erscheinungen der im Wasser häufig vorkommenden Pflänzchen beschränkt. Bekanntlich wird aber der Betrieb der Reinigungsanlagen einer Wasserleitung von der unerwarteten Vermehrung verschiedener Tierchen nicht minder beeinflusst.

Ein passendes Beispiel fand ich in der Okayamaer Wasserleitung; wo Bryozoen (*Plumatella repens*, *Paludicella articulata*) und eine Art von *Spongilla* in den Leitungsröhren für Rohwasser dicke Häute, die die Geschwindigkeit und das Quantum des Wasserstromes stark beeinträchtigen, gebildet haben; ferner beobachtete ich häufig im Sommer die Larven von *Chironomus* und einige Arten von Oligochaeten (z. B. *Aelosoma* sp.) in grosser Zahl auf der Filtersandschicht in der Yokohamaer und in anderen Wasserleitungen.

Es würde eine dankbare Aufgabe sein, zur Kenntnis der Biologie der in japanischen Wasserleitungen vorkommenden Tierchen beizutragen.

X. Schlussfolgerungen.

1. Die im Wasser vorhandenen Bakterien sowie andere Mikroorganismen (Chlorophyceen, Conjugateen, Diatomeen u. s. w.) gedeihen in den Sandschichten der Filter und sie alle vereinigen

sich derartig, dass sie unter Verschleimung des Filtersandes als Stütz- und Anhängepunkt für andere Bakterien dienen.

2. Soweit im Herbst und Winter das Rohwasser keine grosse Aenderung erleidet, erfordert es wenigstens eine Woche, bis die Wirksamkeit des Filters gesichert ist; im Frühling und Sommer steigert sich aber die Wassertemperatur; infolge dessen werden die Mikroorganismen zu üppigem Wachstum angeregt und die Schleimschichtbildung geht daher schneller vor sich, so dass die Wirksamkeit des Filters in kürzerer Zeit eintritt.

3. Die Zahl der Bakterienkeime, die ins gereinigte Wasser übergehen, hängt von der Eigenschaft des Rohwassers und der Geschwindigkeit der Filtration ab. Die Geschwindigkeit der langsamen Sandfiltrationen japanischer Wasserleitungen entspricht meistens den von KOCH bestimmten Vorschriften. Sie scheint aber in Japan, selbst wenn das Wasser verhältnismässig schnell filtriert wird, nicht immer befolgt zu werden brauchen, weil die Beschaffenheit des Rohwassers in bakteriologischer sowie chemischer Hinsicht gut ist.

4. Die Keimzahl des Rohwassers der Tokyoer Wasserleitung ist bei weitem grösser als die der Yokohamaer Wasserleitung. Dieser Unterschied beruht hauptsächlich auf der Verschiedenheit des Niederschlaggebietes des Rohwassers beider Wasserleitungen. Je mehr sich das Gewässer dem Unterlauf nähert, um so grösser wird die Keimzahl.

5. Die Bakterienarten, welche im Laufe der Versuche häufig nachgewiesen wurden, sind bei der Tokyoer Wasserleitung: *Bucillus aërophilus*, *B. fluorescens liquefaciens*, *B. fluor. non liquefaciens*, *B. subtilis*, *B. aquatilis villosus*, *B. mycoides*, *B. ochraceus*, *B. vulgatus*, *Micrococcus aurantiacus*, *M. flavus liquefaciens*, *Sarcina flava*, *S. lutea*, *Streptococcus albicans*, *Streptothrix chromogena*.—

bei der Yokohamaer Wasserleitung: *Bacillus helvolus*, *B. subtilis*, *B. dermoides*, *B. disciformis*, *B. fluorescens mesentericus*, *B. fluor. liquefaciens*, *B. ochraceus*, *B. citrinus*, *B. aureus*, *B. liquefaciens*, *B. fuscus*, *B. mycoides*, *B. vulgatus*, *B. proteus Zopfii*, *B. aquatilis villosus*, *Micrococcus aerogenes*, *Sarcina rosea*, *S. lutea*, *S. aurantiaca*, *Streptothrix chromogena*.

6. Die im Wasser häufig gefundenen Schimmelpilze sind Arten von *Aspergillus albus*, *A. nidulans*, *A. glaucus*, *A. niger*, *Penicillium glaucum*, *P. leucocephalum*, *Mucor mucedo*, *M. racemosus*, *Verticillium glaucum*, *Cladosporium herbarum*, *Stysanus microsporus*, *Macrosporium* sp., *Monilia* sp. und *Botrytis* sp., von denen die Arten von *Cladosporium*, *Monilia*, *Stysanus*, *Botrytis* gewöhnlich nur im Sommer und die übrigen Arten während des ganzen Jahres gefunden werden.

7. Die vorkommenden Arten der Schmutzdeckenflora bestehen bei einigen japanischen Wasserleitungen aus Diatomeen, Chlorophyceen, Conjugateen und Schizophyceen und zwar am häufigsten aus denjenigen, die den Conjugateen und Diatomeen angehören.

8. Die Keimzahl der Bakterien im Wasser ist im Winter geringer und im Sommer grösser, und der monatliche Durchschnitt derselben verhält sich mit der Regenintensität fast im gleichen Verhältnis.

9. Bei einigen japanischen Wasserleitungen wie in Tokyo, Yokohama, Hiroshima und Okayama bemerkten wir, dass der Keimgehalt zwischen März und April bedeutend zunimmt. Der Grund ist wohl darin zu finden, dass um diese Zeit der Schnee auf den Bergen des Quellengebietes schmilzt, und dass die zahlreichen Keime, welche in dem lange auf dem Boden liegenden und der freien Luft ausgesetzten Schnee vorhanden sind, in mehr oder weniger grösserem Grade, in die Flüsse und Seen gelangen.

10. Der Gehalt an Bakterienkeimen bei allen Wasserleitungen,

mit Ausnahme derjenigen in Keelung, zeigt im Januar und Februar, also zur Zeit der grössten Kälte, eine Tendenz der Vermehrung, und die Hauptursache dieser Erscheinung ist wohl darin zu finden, dass verhältnismässig zahlreiche Bakterienkeime im gefrorenen Boden der Niederschlagsgebiete vorhanden sind, und dass die Niederschläge, die in dieser Zeit stattfinden, leicht die trockenen bakterienreichen Bodenpartikelchen in den Flusslauf schwemmen, und infolgedessen tritt eine Verunreinigung des Rohwassers in mehr oder weniger hohem Grade ein.

11. Die jährlichen Variationen der vertretenen Arten von grünen Mikroorganismen, die in der Schmutzdecke üppig gedeihen und für die Tätigkeit des Filters von grosser Bedeutung sind, sind:

bei der Yokohamaer Wasserleitung

Diatomeen—vom Ende des Frühlings bis zur Mitte des Herbstes: Spirogyren—vom Frühling bis zur Ende des Sommers.

bei der Tokyoer Wasserleitung

Diatomeen—das ganze Jahr hindurch: *Spirogyra* und *Mougeotia*—vom Frühling bis zum Sommer.

bei der Wasserleitung in Kobe

Conferva, *Zygnema*, *Spirogyra* und *Anabaena*—in grosser Menge im Sommer: Diatomeen—vom Spätsommer bis zum Herbst.

bei der Hiroshimaer Wasserleitung

Diatomeen—in grosser Menge im Sommer: Conjugateen—nur spärlich das ganze Jahr hindurch.

bei der Taihokuer sowie der Keelunger Wasserleitung

Conjugateen—in erstaunlicher Menge im Sommer.

bei der Wasserleitung in Nagasaki

Spirogyren—maximum im Sommer. Diatomeen—nur spärlich das ganze Jahr hindurch: *Coelosphaerium* gedeihen

üppig vom Spätsommer bis zum Ende des Herbstes.

12. Das Vorkommen des *Bacillus Coli* gilt als Beweis für die Verunreinigung des Wassers, und der Nachweis desselben besitzt als Indikator für den Filtrationseffekt des Trinkwassers grossen Wert. Zur Orientierung des Vorkommens des Coli-Bacillus im Wasser empfehlen wir die „Presumptive Test“ sowie auch die BULIRSche Methode; ENDO-agar eignet sich dazu die in Frage kommenden Bakterien zu isolieren.

13. Die üppige Algenvegetation in der Schmutzdecke dient zur Erhöhung der Filtrationswirksamkeit, aber sie übt keine hemmende Wirkung auf die Entwicklung von Bakterien im Wasser aus.

14. Das filtrierte Wasser enthält im Gegensatz zum Rohwasser eine weit geringere Menge organischer Substanzen und diese Verminderung der letzteren ist wohl auf die Lebenstätigkeit der Mikroorganismen in den Sandschichten, besonders auf die der Bakterien und der Algen zurückzuführen.

15. Die Zahl der Bakterien in der Filteranlage vermindert sich je nach der Tiefe der Sandschichten und sie beträgt gewöhnlich in einer Tiefe von 20–25 cm nur ca. $\frac{1}{3}$ – $\frac{1}{10}$ derjenigen, die sich in der obersten Schicht befindet. Die Schwankungen der Bakterienzahlen treten, je nach dem Alter der Sandschichten, an der Oberfläche bis zu 25 cm Tiefe nicht so bedeutend hervor, während sie über 35–40 cm tief bei solchen Sandschichten, welche schon lange benützt worden sind, sehr viel grösser sind.

16. Ueber die pflanzlichen Leitbiocoenosen des Rohwassers von einigen japanischen Wasserleitungen sind die nach dem KOLKWITZ und MAARSSON-schen Saprobiensystem zu den Mesosaprobien gehörenden Arten verhältnismässig spärlich, und die zu den Oligosaprobien gehörenden bilden die Hauptmasse.

Tokyo, Ende Juli, 1916.

Literaturverzeichnis.

1. ARTARI, A., Zur Physiologie der Chlamydomonaden. Versuche und Beobachtungen an *Chlamydomonas Ehrenbergii*, GOROSCH und verwandten Formen. PRINGSH. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. LIII, 1913.
2. BAIL, O., Untersuchung einiger bei der Verwesung pflanzlicher Stoffe tätiger Sprosspilze. Centralb. f. Bakt., Abt. II, Bd. VIII, 1902.— Versuche über die Verwesung pflanzlicher Stoffe. ebenda, Bd. IX, 1902.
3. BEIJERINCK, M. W., Kulturversuche mit Zoochlorellen, Lichenengonidien und anderen niederen Algen. Bot. Ztg., Jahrg. 48, 1890.
4. BERTSCHINGER, A., Untersuchungen über die Wirkung der Sandfilter des städtischen Wasserwerkes in Zürich. Vierteljahrsschr. d. naturforsch. Gesells. in Zürich 1889, Heft 2.
5. BOKORNY, T., Untersuchung der Beteiligung chlorophyllführende Pflanzen bei der Selbstreinigung der Flüsse. Archiv f. Hyg., Bd. XX, 1894.
6. ebenda, Ueber die organische Ernährung grüner Pflanzen und ihre Bedeutung in der Natur. Biolog. Centralb., Bd. XVII, 1897.
7. BRANDT, K., Ueber die Stoffwechsel im Meere. ref. Bot. Ztg., Bd. LX, Abt. 2.
8. BULIR, J., Bedeutung und Nachweis des *Bacterium Coli* im Wasser und eine neue Modifikation der ELJKMANSchen Methode. Archiv f. Hyg., Bd. LXII, 1907.
9. BUTKEWITSCH, W., Umwandlung der Eiweissstoffe durch die niederen Pilze im Zusammenhange mit einigen Bedingungen ihrer Entwicklung. PRINGSH. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XXXVIII, 1903.
10. CHRISTENSEN, H. R., Zwei fluoreszierende Denitrifikationsbakterien. Centralb. f. Bakt., Abt. II, Bd. XI, 1904.
11. CONN, H. J., Bacteria of Frozen Soil. Centralb. f. Bakt., Abt. II, Bd. XXVIII und XXXII, 1910-1912.
12. EIKMANN, C., Die Gärungsprobe bei 46° als Hilfsmittel bei der

- Trinkwasseruntersuchung. *Centralb. f. Bakt.*, Abt. II, Bd. XXXIX, 1914.
13. EMICH, F., Zur Selbstreinigung natürlicher Wasser. *Sitzungsb. d. mathem. naturw. Klasse d. Kais. Akad. d. Wiss. z. Wien* 1885, Bd. XCI, Abt. II.
 14. FRANK, G., Die Veränderungen des Spreewassers innerhalb und unterhalb Berlin in bakteriologischer und chemischer Beziehung. *Zeits. f. Hyg.*, Bd. III, 1899.
 15. FRANKLAND, P., *Micro-organisms in Water*. 1894.
 16. FRÄNKEL, C. und PIEFKE, C., Versuche über die Leistungen der Sandfiltration. *Zeits. f. Hyg.*, Bd. VIII, 1890.
 17. FROMME, G., Bakteriologische Trinkwasseruntersuchungen und Colibacillen. *Zeits. f. Hyg.*, Bd. LXXIV, 1913.
 18. Geschäftsbericht des Stadtrates der Stadt Zürich. 1908.
 19. IRONS, E. E., Some Observations on Methods for the Detection of *Bac. Coli communis* in Water. *Trans. of the Americ. Public Health Association*, 1900 Meeting, Vol. XXVI, 1901.
 20. ITERSON, G. van, Anhäufungsversuche mit denitrifizierende Bakterien. *Centralb. f. Bakt.*, Abt. II, Bd. XII.
 21. JACKSON, D. D., Classification of *Bacillus Coli* Group. *Journ. Infect. Diseases*, Vol. VIII, 1911.
 22. KABRHEL, G., Zur Frage der Bedeutung des *Bacterium Coli* in Trinkwässern. *Archiv. f. Hyg.*, Bd. LXXVI, 1912.
 23. KEMNA, *Bull. Soc. Belge de Géol.*, Bd. XIII, 1900.
 24. KIRKWOOD, *Filtrations of River-waters. A Report upon european Filters for the St. Louis Water Board in 1866, 1869.*
 25. KISSKALT, X., Die Verunreinigung der Lahn und der Wieseck durch die Abwässer der Stadt Giessen u. s. w.. *Zeits. f. Hyg. u. Infektionskrankheiten*, Bd. LIII, 1906.
 26. KOLKWITZ, R. und MARSSON, M., Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. *Mitt. aus d. königl. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung u. Abwässerbeseitigung zu Berlin*, Heft 1, 1902.

27. ebenda, Oekologie der pflanzlichen Saprobien. Ber. d. Deutsch. Bot. Gesells., Bd. XXVI, a, 1908.
28. KOCH, R., Wasserfiltration und Cholera, Zeits. f. Hyg., Bd. XIV, 1893.
29. KRUSE, W., Beiträge zur Hygiene des Wassers. Zeits. f. Hyg., Bd. LIX, 1908.
30. KÜMMEL, W., Versuche und Beobachtungen über die Wirkungen von Sandfiltration. Journ. f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung, Bd. XXXVI, 1893.
31. KÜNNERMANN, O., Ueber denitrifizierende Mikroorganismen. Landwirt. Versuchsst., Bd. L., 1898.
32. KURTH, Die Tätigkeit der Filteranlage des Wasserwerkes zu Bremen vom Juni 1893 bis August 1894. Arbeiten an d. kais. Gesundheitsamt, Bd. XI, 1895.
33. LEMMERMANN, E., Die Algenflora der Filter des bremischen Wasserwerkes. Abhandl. d. naturwiss. Verein zu Bremen.
34. LIBBERTZ, TIEMANN und GÄRTNER's Handbuch der Untersuchungen und Beurteilung der Wässer. Auf. IV, 1895.
35. LOEW, O., Zur Frage der Selbstreinigung der Flüsse. Archiv f. Hyg., Bd. XII, 1891.
36. LUSTIG, A., Diagnostik der Bakterien des Wassers. 1893.
37. MARCHAL, E., The Production of Ammonia in the Soil by Microbes. Agricult. Science, Vol. VIII, 1894.
38. MIQUEL, Les organismes vivant de l'atmosphère. 1883.
39. ebenda, Manuel pratique d'analyse bacteriologique des eaux, 1891.
40. MÜLLER, M., Ueber das Wachstum und die Lebenstätigkeit von Bakterien, sowie den Ablauf fermentativer Prozesse bei niederer Temperatur unter spezieller Berücksichtigung des Fleisches als Nahrungsmittel. Archiv f. Hyg., Bd. XLVII, 1903.
41. PIEFKE, C., Principien der Reinwassergewinnung mittelst Filtration. Journ. f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung, Bd. XXX, 1887.
42. PLAGGE und PROSKAUER, B., Bericht über die Untersuchung des Berliner Leitungswassers in der Zeit vom 1 Juni 1885 bis 1 April 1886. Zeits. f. Hyg., Bd. II, 1887.

43. PRINGSHEIM, E. G., Kulturversuche mit chlorophyllführenden Mikroorganismen. III Mitteilung. Zur Physiologie der Schizophyceen. Beiträge z. Biol. d. Pfl., Bd. XII, 1913.
44. QUANTZ, E., Ueber die Bedeutung des *Bact. coli* für die Wasserbeurteilung. Zeits. f. Hyg., Bd. LXXVIII.
45. RICHTER, O., Reinkultur von Diatomeen. Ber. d. Deutsch. Bot. Gesells., Bd. XXI, 1903.
46. RUTTNER, F., Die Mikroflora der Prager Wasserleitung. Archiv d. naturw. Landdurchforschung v. Bröhmen, Bd. XIII, 1906.
47. SAITO, K., Untersuchungen über die atomosphärischen Pilzkeime. II Mitteilung. Journ. Coll. Science, Imp. University, Tokyo, Japan, Vol. XXIII, 1908.
48. SAWIN, L. R., Experience with Lactose-Bile-Medium for the Detection of *Bac. coli* in Water. Journ. Infect. Diseases, Supplément No. 3, 1907.
49. SCHLATTER, C., Der Einfluss des Abwassers der Stadt Zürich auf den Bakteriengehalt der Limmat. Zeits. f. Hyg., Bd. IX, 1890.
50. SCHMELCK, Bakteriologische Untersuchung des Trinkwassers in Christiania. Centralb. f. Bakt., Abt. I, Bd. IV, 1888 und Bd. VIII, 1890.
51. SMITH, T., A New Method for Determining Quantitatively the Pollution of Water by Faecal Bacteria. 13th Annual Report of the State Board of Health of New York for 1892, 1893.
52. STERN, W., Die Ammoniakbildung durch aërobe und anaërobe Mikroorganismen des Dungers und des Bodens. 1910.
53. STOCKLASA, J. und VITEK, E., Die Stickstoffassimilation durch die lebende Bakterienzelle. Centralb. f. Bakt., Abt. II, Bd. VII.
54. STROHMEYER, O., Die Algenflora des Hamburger Wasserwerkes. Bot. Centralb., 1898.
55. TILS, J., Bakteriologische Untersuchung der Freiburger Leitungswasser, 1890.
56. TÖYAMA, C., Hygienische Studien über die Wasserleitung der Stadt Tokyo, 1905. (japanisch)

57. TREBOUX, O., Organische Säuren als Kohlenstoffquelle bei Algen. Ber. d. Deutsch. Bot. Gesells., Bd. XXIII, 1905.
58. WHIPPLE, G. C., The Microscopy of Drinking Water, 1906.
59. ZIMMERMANN, O. E. R., Die Bakterien unserer Trink- und Nützwasser insbesondere des Wassers der Chemnitzer Wasserleitung, Reihe I, II, III, 1890-1900.

Inhaltverzeichnis.

I. Einleitung	1
II. Zur Geschichte der japanischen Wasserleitungen	3
III. Die chemische Beschaffenheit des Rohwassers in den japanischen Wasserleitungen	5
IV. Kulturmethode für Wasserkeime	7
V. Ueber die Wirksamkeit und über die Geschwindigkeit der Sandfiltration	10
VI. Die im Wasser aufgefundenen Bakterienarten nebst anderen Mikroorganismen	19
VII. Ueber die periodischen Schwankungen des Bakteriengehaltes im Rohwasser	37
VIII. Ueber die jährlichen Variationen der Flora der Schmutzdecke	46
IX. Allgemeines und Biologisches	49
X. Schlussfolgerungen	64
Literaturverzeichnis	69

Erklärung der Tafeln.

Tafel I und **II** zeigen die graphische Darstellung der monatlichen Schwankungen in der Zahl der Bakterienkeime im Rohwasser von einigen japanischen Wasserleitungen, daneben sind die Regenmenge und die Regenintensität in jedem Monate vermerkt.

- Kurve I. Monatsmittel der Keimzahl im Rohwasser.
 „ II. Die Regenmenge.
 „ III. Die Regenintensität.

Tafel III.

- Fig. 1. *Melosira varians* AG. 4 × D. ZEISS
 Fig. 2. *Diatoma hiemale* HEIBERG var. *mesodon* GRUN. 4 × D. ZEISS
 Fig. 3. *Microneis gracillima* MEISTER. 5 × D. ZEISS
 Fig. 4. *Melosira granulata* PR. var. *australiensis* MEISTER. 5 × D. ZEISS
 Fig. 5. *Nitzschia acicularis* W. SM. 4 × D. ZEISS
 Fig. 6. *Cymbella helvetica* KG. var. *curta* CL. 5 × D. ZEISS
 Fig. 7. *Cocconeis placentula* EHR. 4 × D. ZEISS
 Fig. 8. *Cymbella ventricosa* CL. var. *lunula* MEISTER. 5 × D. ZEISS
 Fig. 9. *Fragilaria virescens* RALFS. 5 × D. ZEISS
 Fig. 10. *Synedra Ulna* EHR. var. *aqualis* BRUN. 4 × D. ZEISS
 Fig. 11. *Synedra dorsiventralis* MEISTER. 5 × D. ZEISS
 Fig. 12. *Amphora ovalis* KG. var. *pediculus* V. H. 5 × D. ZEISS
 Fig. 13. *Cyclotella Meneghiniana* Ktz. 5 × D. ZEISS
 Fig. 14. *Gomphonema olivaceum* KG. var. *tenellum* CL. 5 × D. ZEISS
 Fig. 15. *Tabellaria flocculosa* KG. var. *gemina* KIRCHN. 5 × D. ZEISS
 Fig. 16. *Surirella splendida* KG. 5 × D. ZEISS
 Fig. 17. *Fragilaria capucina* DESM. 5 × D. ZEISS
 Fig. 18. *Fragilaria crotonensis* KITTON. 5 × D. ZEISS
 Fig. 19. *Rhoicosphenia curvata* GRUN. 5 × D. ZEISS
 Fig. 20. *Surirella apiculata* W. SM. 4 × D. ZEISS
 Fig. 21. *Cymbella parva* W. SM. 5 × D. ZEISS

- Fig. 22. *Navicula lanceolata* KG. var. *genuina* MEISTER. 5 × D. ZEISS
 Fig. 23. *Neidium bisulcatum* CL. var. *turgidulum* MEISTER. 5 × D. ZEISS
 Fig. 24. *Nitzschia linearis* W. SM. 4 × D. ZEISS
 Fig. 25. *Surirella linearis* W. SM. var. *elliptica* MEISTER. 4 × D. ZEISS
 Fig. 26. *Synedra rostrata* MEISTER. 4 × D. ZEISS
 Fig. 27. *Stauroneis anceps* EHR. var. *elongata* CL. 5 × D. ZEISS
 Fig. 28. *Synedra vitrea* KG. 5 × D. ZEISS

Tafel IV.

- Fig. 1. *Neidium Iridis* (EHR.) CL. 5 × D. ZEISS
 Fig. 2. *Cymbella tumida* V. H. 5 × D. ZEISS
 Fig. 3. *Gyrosigma acuminatum* RABH. 5 × D. ZEISS
 Fig. 4. *Cosmarium impressulum* ELFV. 5 × D. ZEISS
 Fig. 5. *Cosmarium vexatum* WEST. 5 × D. ZEISS
 Fig. 6. *Staurastrum spongiosum* BRÉB. 5 × D. ZEISS
 Fig. 7. *Scenedesmus quadricauda* BRÉB. 5 × D. ZEISS
 Fig. 8. *Polyedrium lobulatum* NAEG. 4 × D. ZEISS
 Fig. 9. *Chroococcus turgidus* NAEG. 4 × D. ZEISS
 Fig. 10. *Ceratoneis Arcus* KG. var. *Hattoriana* MEISTER. 5 × D. ZEISS
 Fig. 11. *Pediastrum tetras* RALFS. 5 × D. ZEISS
 Fig. 12. *Arthrodesmus incus* HASS. 5 × D. ZEISS
 Fig. 13. *Pediastrum duplex* MEYEN. 4 × D. ZEISS
 Fig. 14. *Pediastrum duplex* MEYEN var. *asperum* A. Br. 4 × D. ZEISS
 Fig. 15. *Mougeotia scalaris* HASS. 2 × D. ZEISS
 Fig. 16. *Cosmarium obtusatum* SCHMIDLE. 5 × D. ZEISS
 Fig. 17. *Cosmarium contractum* KIRCHN var. *ellipsoideum*. 5 × D. ZEISS
 Fig. 18. *Staurastrum trapezicum* BOLDT. 5 × D. ZEISS
 Fig. 19. *Cosmarium undulatum* CORDA. 5 × D. ZEISS
 Fig. 20. *Staurastrum gracile* RALFS. 5 × D. ZEISS
 Fig. 21. *Closterium moniliferum* (BORY) EHR. 5 × D. ZEISS
 Fig. 22. *Spirogyra poticalis* (MÜLLER) CL. 2 × D. ZEISS
 Fig. 23. *Spirogyra Hantzschii* RAB. 2 × D. ZEISS

Fig. 24. *Mougeotia parvula* KIRCHN. 2 × D. ZEISS

Fig. 25. *Desmidiium Swartzii*. Ag. 5 × D. ZEISS

Tafel V.

Fig. 1. *Ulothrix Braunii* BORN. et FL. 4 × D. ZEISS

Fig. 2. *Zygnema pectinatum* AGARDH. 5 × D. ZEISS

Fig. 3. *Conferva tenuissima* Gay. 4 × D. ZEISS

Fig. 4. *Ulothrix zonata* KG. 4 × D. ZEISS

Fig. 5. *Spirogyra jugalis* KG. 2 × D. ZEISS

Fig. 6. *Spirogyra majuscula* KG. 2 × D. ZEISS

Fig. 7. *Spirogyra mirabilis*. (HASS.) KG. 2 × D. ZEISS

Fig. 8. *Spirogyra Weberi* KIRCHN. 2 × D. ZEISS

Fig. 9. *Chantransia pygmaea* KG. 4 × D. ZEISS

Tafel VI.

Fig. 1. *Anabaena Flos-aquae* BRÉB. 5 × D. ZEISS

Fig. 2. *Cladophora glomerata* KG. 2 × D. ZEISS

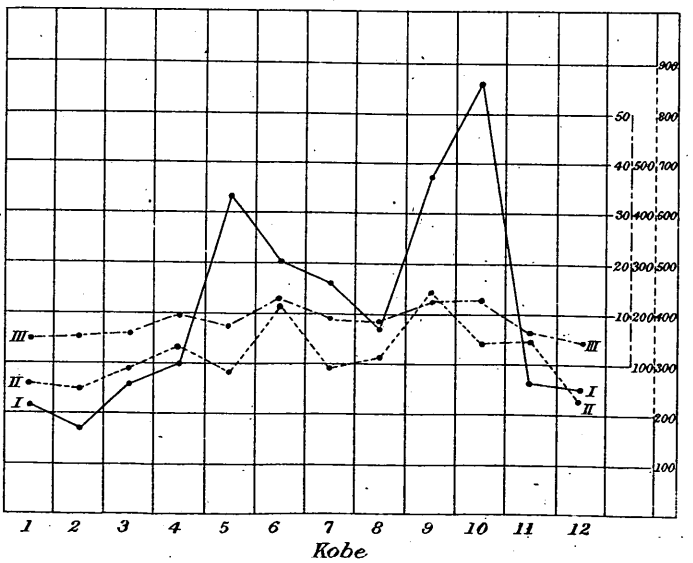
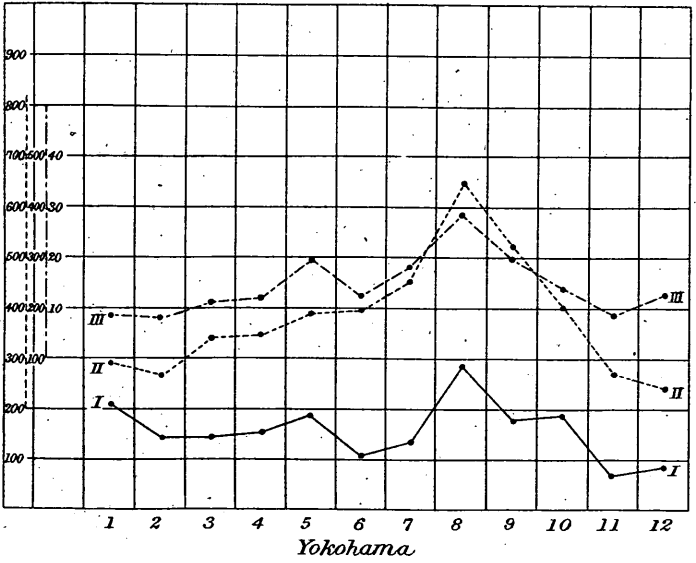
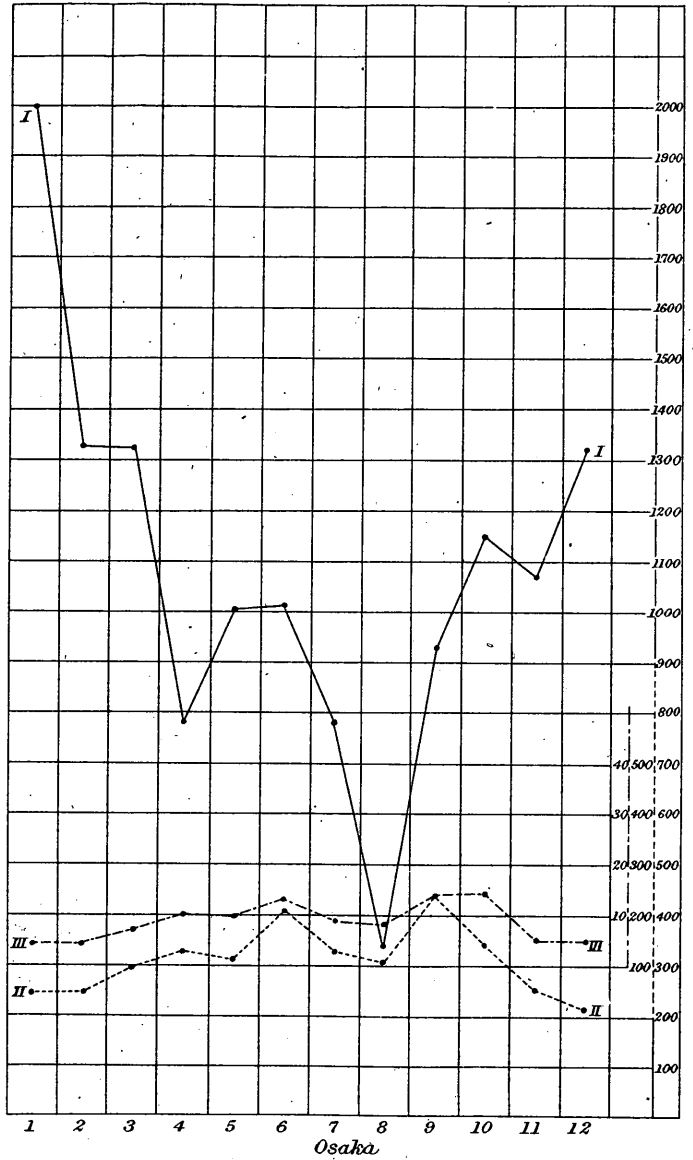
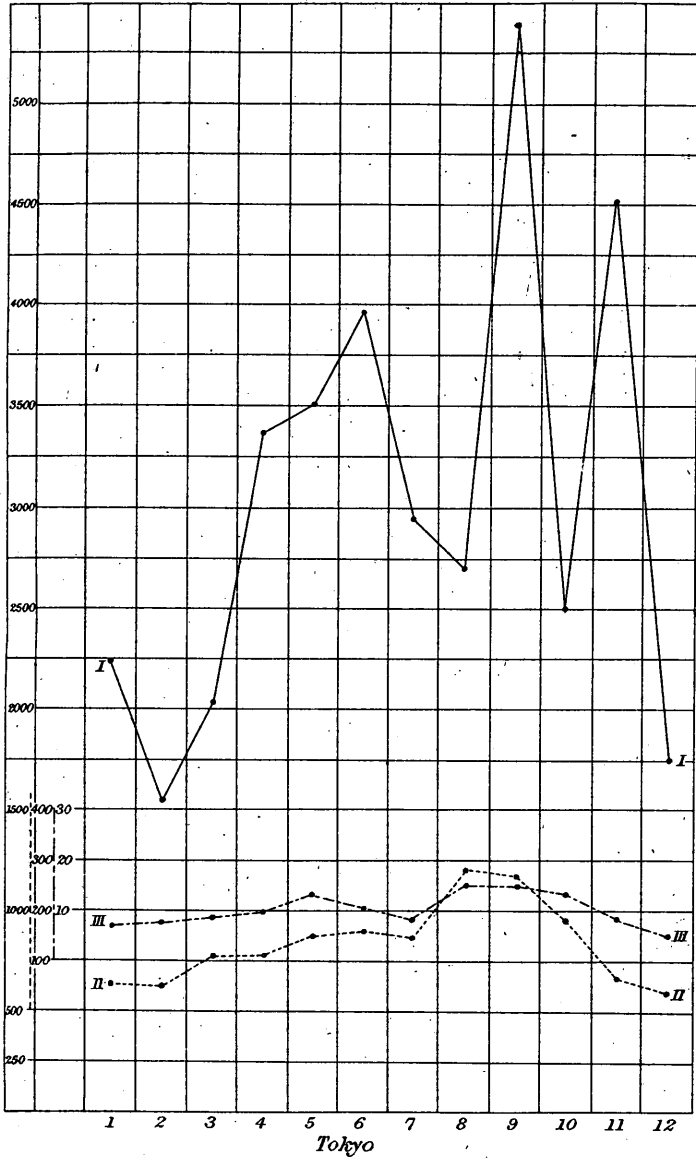
Fig. 3. *Oedogonium undulatum* BRÉB. 4 × D. ZEISS

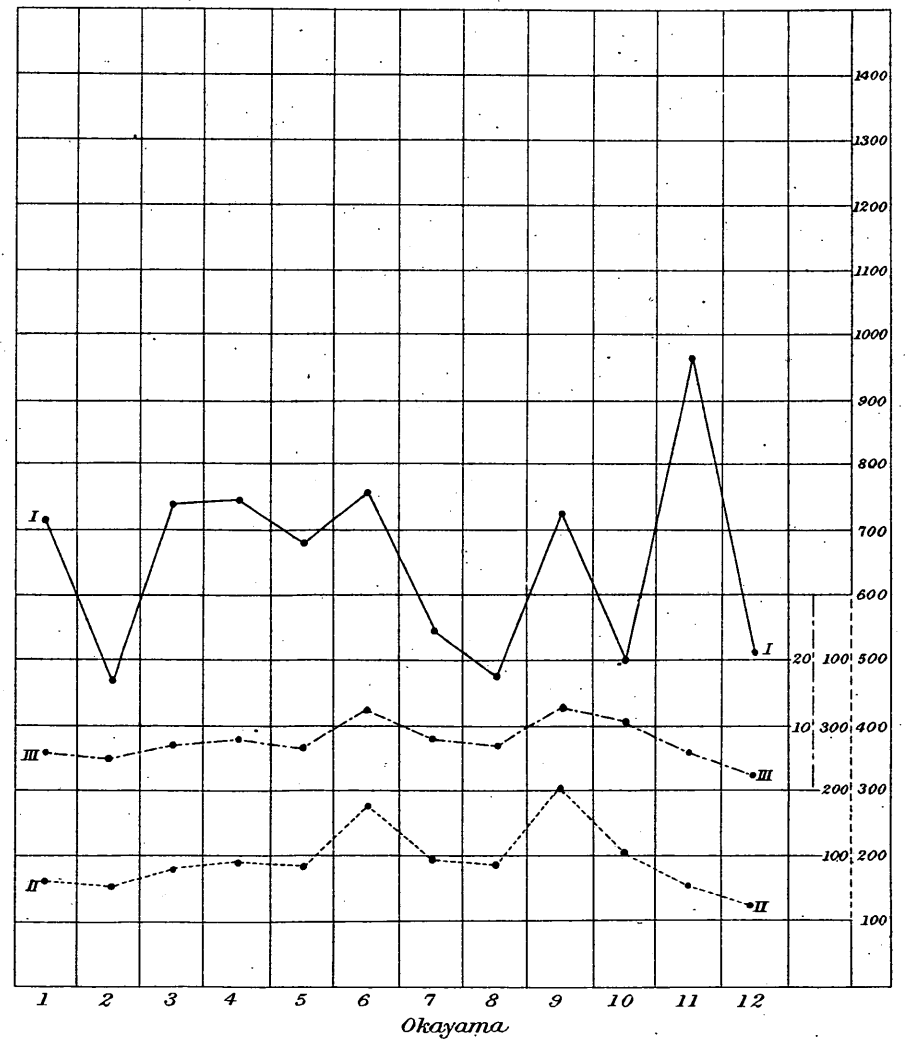
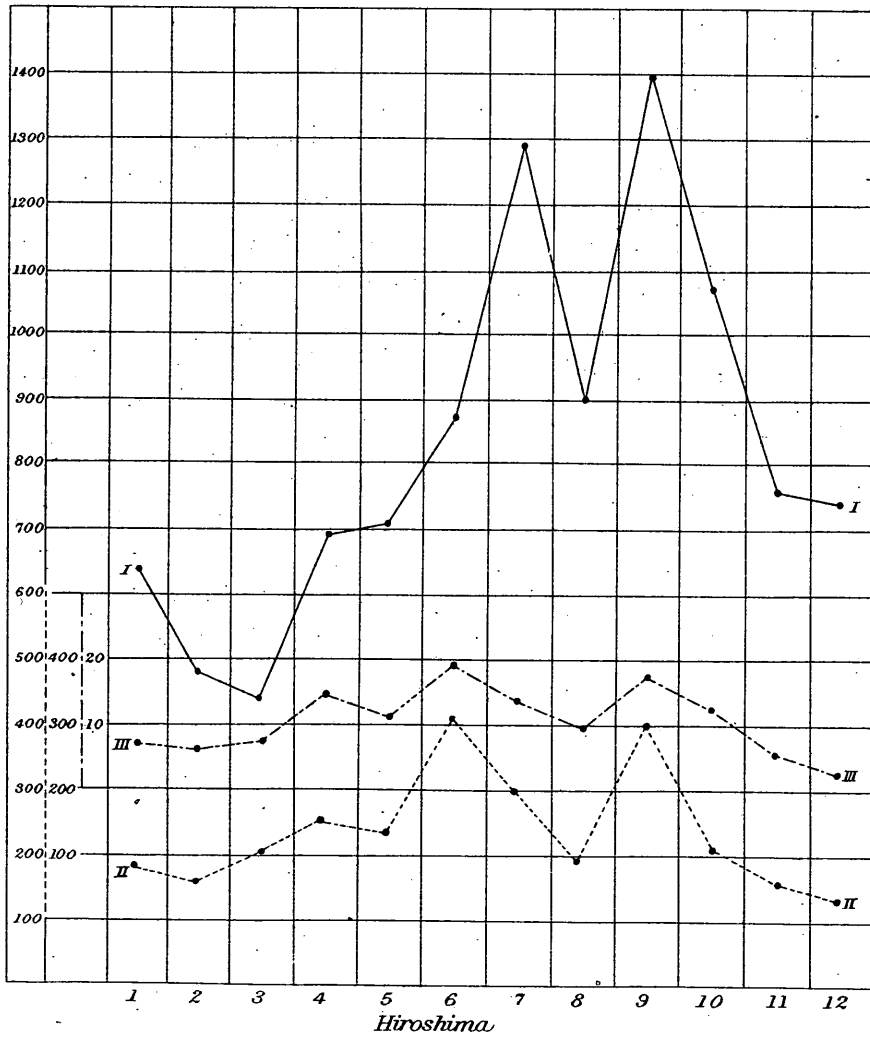
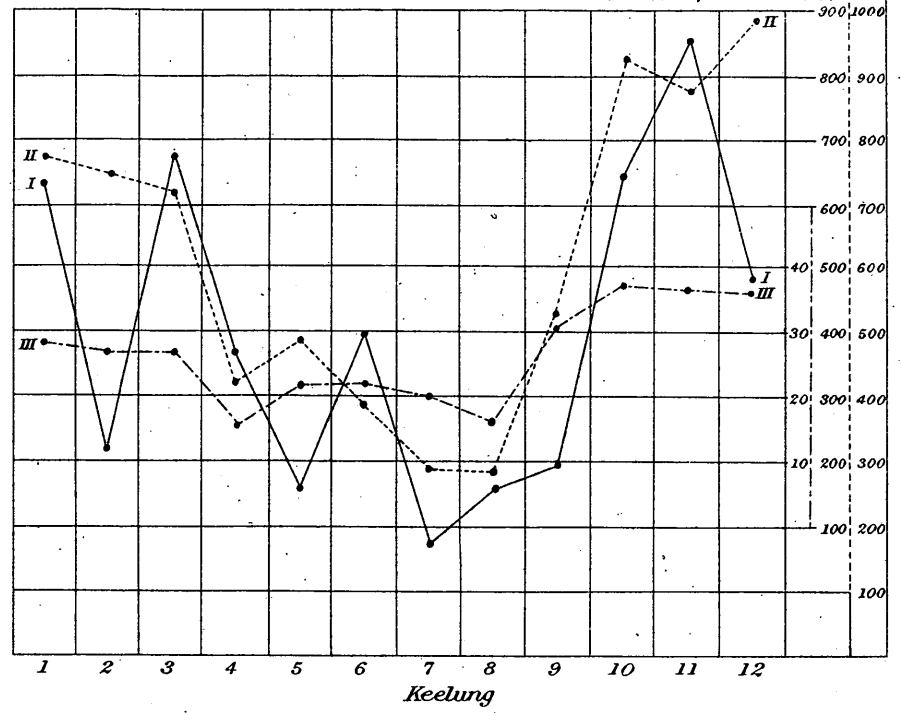
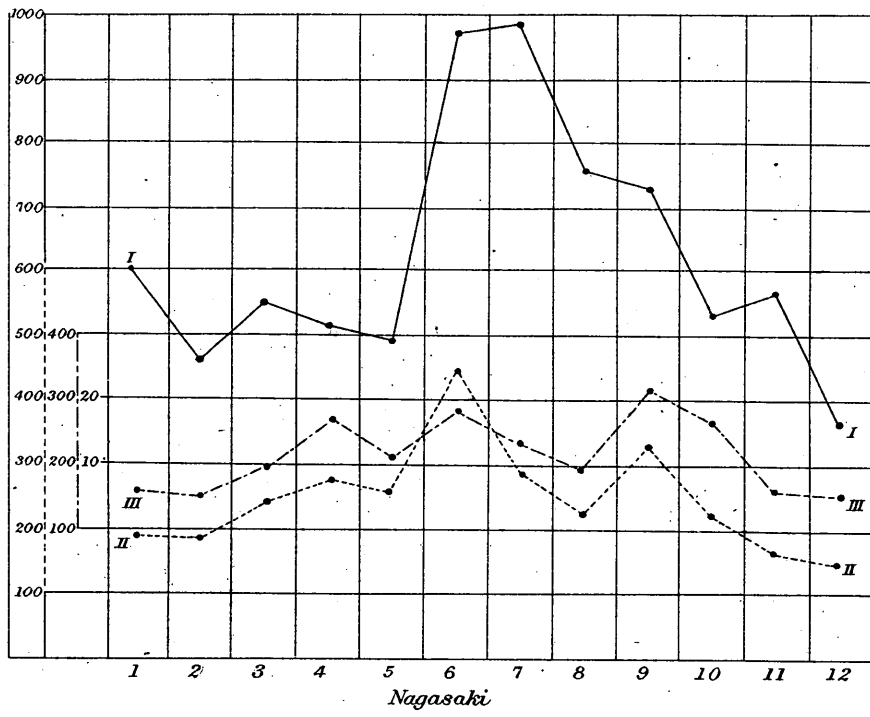
Fig. 4. *Coelosphaerium Kützingerianum* NAEG. 4 × D. ZEISS

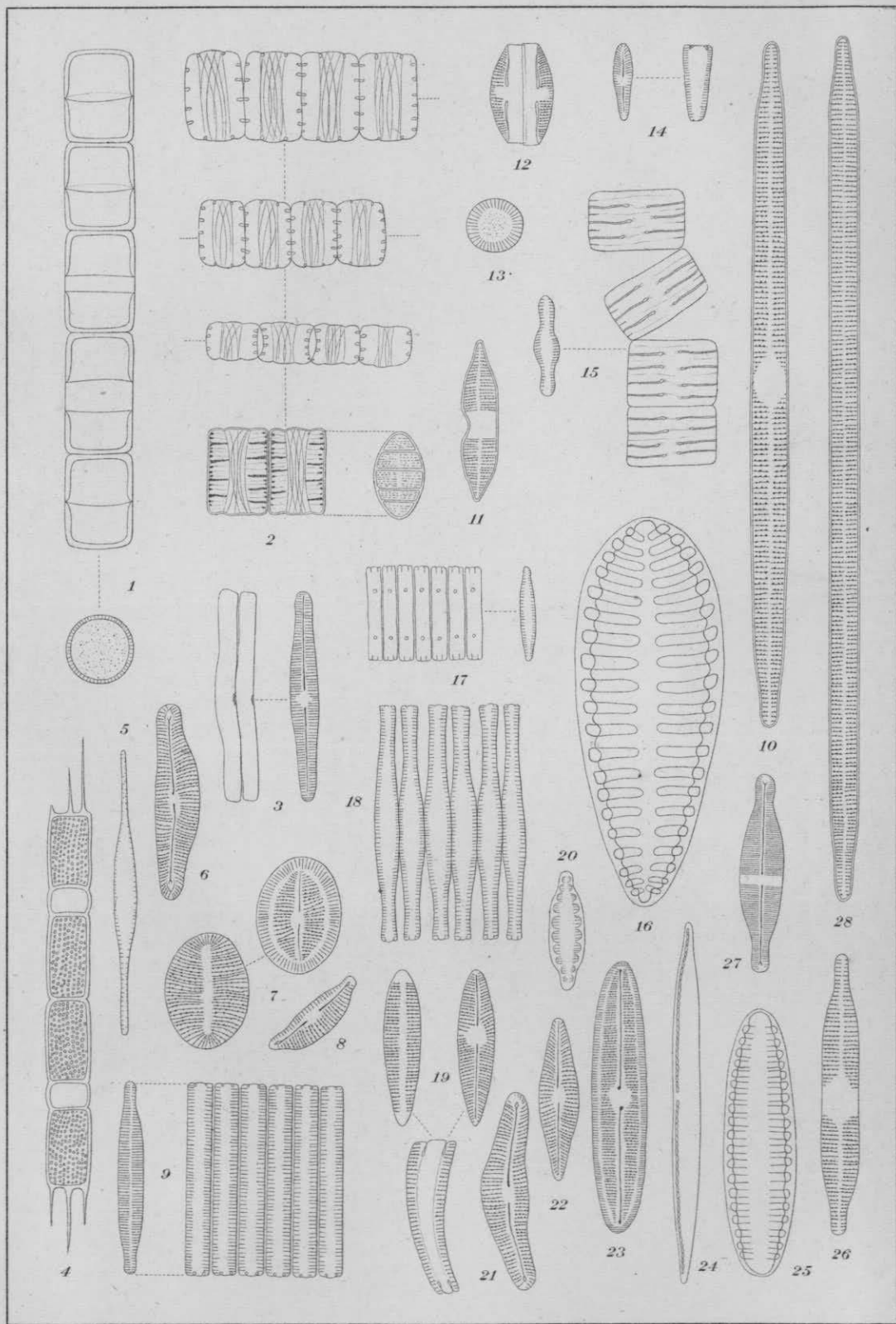
Fig. 5. *Pediastrum duplex* MEYEN var. *reticulatum* LAGERB. 5 × D. ZEISS

Fig. 6. *Hormospora mutabilis* NAEG. 4 × D. ZEISS

Fig. 7. *Scenedesmus obliquus* KG. 4 × D. ZEISS







H. Hattori del.

