XII.

Die Schwankungen im Bakteriengehalt ein und desselben Wassers.

Schon aus früheren Angaben ist ersichtlich, dass der Reichthum an Mikroorganismen in einem und demselben Wasser zu verschiedenen Zeiten nicht der gleiche ist. Ausführliche Beispiele dieser Art liefert unter Anderen H. Buchner, dessen Untersuchungen je acht Tage aus einander liegen.

Münchener Wasser.

Datum	Bakterien im Cubikcentimeter			
	Alte Isar-Caserne, Pumpbrunnen	Hofgarten-Caserne, Pumpbrunnen Nr. 2.	Neue Isar-Caserne, Laufbrunnen (älteres Wasserwerk)	Garnison-lazareth, Neue Mangfallleitung
1885:				
8./6.	200	88	300	65
15./6.	160	128	150	47
22./6.	300	60	180	18
1./7.	1200	600	1500	180
8./7.	600	1 200	86	52
15./7.	64	4 000	32	13
21./7.	44	80	56	34
29./7.	2000	10 000	82	7
3./8.	8000	400	78	46

Um zu veranschaulichen, in welcher Weise die Bakterienbefunde ein und desselben Wassers innerhalb ganz kurzer Zeiträume schwanken können, stellen wir in der folgenden Tabelle

die Ergebnisse einiger von de Blécourt (l. c.) ausgeführten Versuche zusammen.

Brunnen im physiologischen Laboratorium zu Groningen	Zeit	Zahl der Colonien im Cubikcentimeter	Wasserleitung in Groningen	Zeit	Zahl der Colonien im Cubikcentimeter
15. Juni	9 a. m.	715	15. Juni	11 a. m.	685
„ „	11½ a. m.	686	„ „	2½ p. m.	165
„ „	2 p. m.	986	„ „	7 p. m.	223
„ „	6½ p. m.	1023			
			16. „	11 a. m.	367
16. „	11 a. m.	3366	„ „	2½ p. m.	779
„ „	2½ p. m.	3538	„ „	4½ p. m.	638
„ „	4½ p. m.	2963			
„ „	7 p. m.	1954	17. „	9½ a. m.	241
			„ „	1 p. m.	765
17. „	9½ a. m.	1927	„ „	5 p. m.	781
„ „	1 p. m.	1739	„ „	7 p. m.	1727
„ „	5 p. m.	1367			
„ „	7 p. m.	1405			

Die Schwankungen im Gehalt ein und desselben Wassers können auf verschiedene Ursachen zurückgeführt werden.

Bei Flüssen, Bächen und Seen, überhaupt bei allen offenen Wässern, kommen in erster Linie die durch die Schneeschmelze Regengüsse, Abwässer etc. bedingten unreinen Zuflüsse in Betracht; alsdann verdienen die Verschmutzungen Beachtung, welche durch das Aufwühlen des Schlammes am Boden und an den Ufern entstehen, sei es, dass der Wind das Wasser stark bewegt, sei es, dass auf irgend eine andere Weise, z. B. durch die Räder oder Schrauben der Dampfboote, die Wellen an das Gestade geworfen werden, von wo sie mit Bakterien beladen zurückströmen. Gegen diese Momente sind die übrigen als geringfügig zu bezeichnen, wenn sie auch ihren Einfluss geltend machen.

Bei den Quellen kommen grosse Unterschiede nicht häufig vor. Es ereignet sich indessen, dass durch starke Regengüsse u. s. w. die hochliegenden unterirdischen Wasserläufe Bakterien zugeführt erhalten.

Bei einigen centralen Wasserversorgungen, welche Grundwasser schöpfen oder, der nicht immer bewiesenen Annahme nach,

durch den Boden filtrirtes Flusswasser benutzen, wird zuweilen nach heftigen Regengüssen das Wasser trübe. Libbertz fand das Wasser der Frankfurter Leitung keimfrei; nach einigen regnerischen Tagen enthielt es jedoch 40 bis 60 Bakterien pro Cubikcentimeter. Hueppe giebt für Wiesbaden an, dass das Wasser der „Sammeldohlen", welche dem natürlichen Quellwasser eine erhebliche Menge Grundwasser beimischen, durch heftigen Regen nach vorhergegangener Dürre so trübe werden könne, dass die erste Füllung des Reservoirs keine Verwendung findet.

Die bakteriologische Prüfung gewährt uns mithin Anhaltspunkte, um die Bedeutung dieser Trübungen zu beurtheilen, und ist daher geeignet, wie die Wirkung der künstlichen, so die der natürlichen Filtration zu controliren.

Der Keimgehalt des Wassers der Wasserleitungen mit Sandfilterbetrieb wird besonders durch drei Momente beeinflusst:

Durch die Reinigung der Filter und, in allerdings erheblich geringerem Grade, durch Schwankungen im Druck, sowie durch den Gehalt des Rohwassers an Bakterien.

Diese Verhältnisse traten bei den Berliner Wasserwerken, welche das Wasser zum Theil aus dem Tegeler See, zum Theil unweit Stralau aus der Spree entnahmen, klar zu Tage. Im Allgemeinen liefert das Tegeler Werk, welches mit einem Hochreservoir und einem an Sinkstoffen armen Rohwasser arbeitet, das bakterienärmere Wasser. Das Stralauer Werk war schlechter gestellt, es besass kein Reservoir und war auf das mit Sinkstoffen stark beladene Spreewasser angewiesen, was im Betriebe Druckschwankungen nach dem stündlichen Bedarf und die Nothwendigkeit einer öfteren Filterreinigung zur Folge hatte. Der Bakteriengehalt des filtrirten Spreewassers war daher in der Regel etwas grösser, als der des filtrirten Wassers aus dem Tegeler See und zumal veränderlicher. Das zeigt sich besonders, wenn man die Leistungen einzelner Filter mit einander vergleicht. Da die Filter nicht alle zur gleichen Zeit gleich gut arbeiten, so ist erforderlich, dass die bakteriologische Prüfung des Wassers einer Sandfilteranlage sich auf das Wasser jedes einzelnen Filters erstreckt. Ist ein Filter unter mehreren schlecht, so braucht das im Bakteriengehalt des Gesammtwassers nicht immer zum Ausdruck zu kommen, die Untersuchung des Filtrats jedes einzelnen Filters giebt erst sichere Auskunft.

Bei Wasserwerken, welche Reservoire besitzen, ist darauf zu achten, dass der Schlamm, welcher sich allmählich am Boden absetzt, nicht bewegt und nicht mit in die Leitungen gespült werde;

seinem Eintritt wird sofort ein Ansteigen der Bakterienzahl folgen. Längeres Verweilen des Wassers in den Reservoiren und Leitungen wird gleichfalls in den meisten Fällen eine Vermehrung der Mikroorganismen nach sich ziehen.

In Petersburg hat nach den Angaben von Pochl auf der Wyborger Seite das Leitungswasser nur in den zur medicinischen Akademie gehörigen Bezirken die erforderliche Circulation. Eine in der Akademie entnommene Probe enthielt 9538 Bakterien pro Cubikcentimeter. In den übrigen Bezirken ist die Bewegung des Wassers viel geringer, eine von dort geschöpfte Probe enthielt daher 23 712 Keime im Cubikcentimeter.

Becker[1]) constatirte in sieben zu verschiedenen Zeiten geschöpften Wasserproben aus den Auslasshähnen der Gothaer Wasserleitung

9, 50, 19, 14, 7, 21, 12

entwickelungsfähige Keime pro Cubikcentimeter, während aus zwei anderen Proben, welche er entnommen hatte, nachdem die Leitung Tags vorher längere Zeit abgestellt war, sich 312 und 101 Colonien pro Cubikcentimeter entwickelten.

Die Wiener Hochquellenleitung ergab nach v. Frisch bei den constant laufenden Brunnen im Mai und Juni

8, 13, 28, 42, 25, 34, 13 Colonien,

während zu denselben Zeiten das Wasser aus einem nur bei jeweiligem Gebrauch geöffneten und im vierten Stock eines Hauses belegenen Ausflusshahn, nachdem man es vor dem Einfüllen in die Versuchsgefässe fünf Minuten hatte laufen lassen, 574, 571 und 531 Mikroorganismen pro Cubikcentimeter auf der Gelatine zum Auskeimen kommen liess.

Bei den Brunnen kann der Unterschied in der Keimzahl bedingt sein zunächst durch dieselben Bedingungen wie bei den offenen Wässern, d. h. durch zufällige Verunreinigungen oder durch Schmutzzuflüsse, welche von unten, oben oder von der Seite her continuirlich oder discontinuirlich in den Brunnenkessel eindringen. (Siehe Seite 499 und 522.)

Sodann bewirkt die ungleichmässige Vertheilung der Mikroorganismen Schwankungen im Keimgehalt. Die Bakterien halten sich da auf, wo sie die besten Lebensbedingungen finden. Einige Arten werden daher vorwiegend an der Oberfläche leben, andere schliessen sich den schwebenden Partikelchen an und wieder andere vermehren sich am Boden oder an den Wänden.

[1]) Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte, Erfahrungen u. s. w. Bd. 1.

Ausserdem sind manche Organismen durch eine mehr oder weniger lockere Schleimschicht mit einander vereint, sie bilden somit Verbände in dem Wasser. Gelangt zufällig eine dieser Bakterienanhäufungen in eine Probe hinein, so werden viel Bakterien gefunden, während die nächste Probe, wenn ihr die Anhäufungen fehlen, sich als nahezu keimfrei erweisen kann. Selbstverständlich sind die Spaltpilze auch in den offenen Wässern vielfach verschieden vertheilt. Weiter übt die Temperatur, das Licht, die veränderte chemische Zusammensetzung ihren Einfluss aus. Sind diese Momente bei der Stagnation eines Brunnenwassers ungünstig, so wird eine geringe, sind sie günstig, so wird eine grössere Keimzahl vorhanden sein, jedoch muss dann in letzterem Falle die Vermehrung stärker sein als das Absterben und das Sedimentiren zusammengenommen.

Werden die am Boden des Brunnens liegenden Bakterien aufgerührt, sei es durch das Eindringen des Schöpfgefässes in die tieferen Regionen, sei es durch das scharfe Ansaugen bei tiefstehendem Saugkopf des Pumpenrohres, so resultirt wiederum ein erhebliches Ansteigen der Zahl der Bakterien.

Sind so schon die Ursachen für den Wechsel im Bakteriengehalt eines Brunnenwassers sehr zahlreich und verschieden in ihren Wirkungen, so kommt noch hinzu, dass die in einer abgepumpten Probe enthaltenen Bakterien auch von der Pumpe, ihrem Gestänge und ihrem Rohre stammen können, von wo sie durch Zufälligkeiten ganz unbestimmbarer Natur abgerissen werden. Besteht die Pumpe ganz oder theilweise aus Holz, so bildet sie sogar ein gutes Nährsubstrat für Bakterienwucherungen.

Von grosser Wichtigkeit ist es, darüber sichere Auskunft zu erhalten, ob die in dem Brunnenwasser aufgefundenen Bakterien der Oberfläche der Erde, den oberen Bodenschichten oder dem Grundwasser entstammen, oder ob sie durch Vermehrung zufällig in den Brunnen gerathener Keime entstanden sind. In den beiden ersteren Fällen würden, wie bereits früher erwähnt ist, gelegentlich auch pathogene Keime mit den unschädlichen Bakterien eindringen und eine Gefahr bedingen können, während diejenigen Bakterien, welche vor langer Zeit zufällig in den Brunnen gelangten und sich dort vermehrten, die eigentlichen „Wasserbakterien", oder die den Brunnenwandungen anhaftenden oder am Pumpwerk sitzenden Mikroorganismen als harmlos anzusehen sind.

Man hat vielfach angenommen, dass sich aus einer starken Verminderung der Keimzahl eines Brunnenwassers beim Abpumpen

das Nichtvorhandensein unreiner Zuflüsse erschliessen lasse; diese Annahme trifft jedoch gewöhnlich nicht zu.

Um das zu beweisen, muss zunächst auf die Wirkung des Abpumpens eingegangen werden.

Heraeus zeigte, dass unabhängig von den gelösten Substanzen diejenigen Brunnen die wenigsten Keime enthielten, welche am meisten benutzt wurden.

Betrachtet man die in der Arbeit von de Blécourt[1]) enthaltenen Tabellen, so stellt sich gleichfalls heraus, dass die öffentlichen Brunnen Groningens, also diejenigen, welche am meisten abgepumpt werden, durchschnittlich nicht so viel Mikroorganismen enthalten, als die privaten.

Maschek[2]) erhielt bezüglich des Keimgehaltes der Brunnen etwas andere Resultate; er theilt die von ihm untersuchten Brunnen in drei Classen, in sehr stark benutzte, stark benutzte und schwach benutzte.

Es enthielten

sehr stark	stark	schwach	Keime zwischen	und
benutzte Brunnen				
1 [3])	—	—	10 —	20
—	1	1	30 —	50
—	1	—	100 —	300
4	4	1	300 —	500
2	5	7	500 —	1000
2	14	5	1000 —	2000
3	5	3	2000 —	3000

Bolton giebt an, er habe gefunden, dass nach anhaltender starker Wasserentnahme eine wesentliche Verminderung des Bakteriengehaltes im Brunnenwasser eintrete, doch erwähnt er auch einige Ausnahmen. In einem Falle hatte der Brunnen vor dem Schliessen 152 bezw. 232 Mikroben im Cubikcentimeter; das erste Wasser nach dreizehnstündiger Pause enthielt 44 bezw. 32 Keime im Cubikcentimeter, nach 15 Minuten währendem Pumpen fanden sich 1000 bezw. 760 und nach zweistündigem Pumpen 108 bezw.

[1]) Quantitatief bakteriologische onderzoekingen over het Groninger grond- en leidings water. Groningen 1885, pag. 44 — 62.

[2]) Briefliche Mittheilung.

[3]) Kasernenbrunnen 33 m tief, mit Dampfmaschine gepumpt, um das zum Bau der Kaserne erforderliche Wasser zu liefern.

105 Bakterien. Der zweite Brunnen enthielt in der ersten Wasserprobe nach zwölfstündiger Pause 40 bis 60 Mikroorganismen, nach einstündigem Pumpen indessen 220 bezw. 300 und nach anderthalb-, zwei- und dreistündigem Pumpen je 60 Keime im Cubikcentimeter.

M. Gruber[1]) citirt eine Angabe von Meeraus, „Die Wasserversorgung von Linz“:

Das Wasser eines grossen Versuchsbrunnens enthielt im Cubikcentimeter

	Tausende von Keimen
beim Beginn des Schöpfens	
nach achttägigem, ununterbrochenen Auspumpen mittelst Centrifugalpumpe . .	472
nach vierzehntägigem Pumpen	22
nach fünfzehntägigem Pumpen	10

Aus den angeführten Beispielen geht hervor, dass im Allgemeinen durch längere Zeit dauerndes Abpumpen, d. h. eine Entfernung des im Brunnenkessel ursprünglich vorhandenen Wassers und Nachströmen neuen Wassers der Keimgehalt sinkt, dass aber Fälle vorkommen, in welchen die Herabminderung der Keimzahl ganz ungemein lange auf sich warten lässt, oder gering ist, oder überhaupt fehlt.

Dieser Sachverhalt erklärt sich, ganz abgesehen von der Keimfreiheit oder dem Keimreichthum des zufliessenden Wassers, durch die Grösse der Wassermenge in den Brunnenkesseln, durch die Eigenthümlichkeiten ihrer Wandungen und der Pumpen, sowie durch die Lage des Saugers, ob letzterer Brunnenschlamm aufnimmt oder nicht.

Sehr schwer ist es, einen Brunnen durch Abpumpen gänzlich von den darin befindlichen Bakterien zu befreien. Heider, so erzählt Gruber (l. c. S. 422), liess einmal drei Tage hindurch ununterbrochen aus einem 8 m langen und 5 cm weiten Röhrenbrunnen Wasser pumpen mit einer Förderung von 20 Litern in der Minute. Die zuletzt aufgefangene Probe enthielt noch 174 Keime im Cubikcentimeter, obwohl das Grundwasser, wie anderweitige Beobachtungen lehrten, keimfrei war. An der Brunnenwand, an dem Pumpenrohr, in der Pumpe, zwischen den kleinen, an festen Gegenständen haftenden Algen u. s. w. befinden sich Mikroorganismen. Wenn es auch gelingt, die frei im Brunnen-

[1]) Die Grundlagen der hygienischen Beurtheilung des Wassers. Deutsche Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege 25, 415.

wasser befindlichen Spaltpilze durch fleissiges Pumpen zu entfernen, so ist doch nicht zweifelhaft, dass die soeben erwähnten Keime theilweise zurückgehalten werden; sie mischen sich dann in mehr oder minder grosser Zahl dem Wasser bei und bilden „constante und unvermeidliche Versuchsfehler“ (Plagge und Proskauer).

Würde man die Grösse des „Versuchsfehlers“ kennen, hätte man eine gewisse, fest normirte Zahl für denselben, so würde deren Ueberschreitung, sofern der Brunnen wirklich abgepumpt ist, für unreine Zuflüsse entweder aus den oberflächlichen Bezirken, oder aus den tiefen, das Grundwasser führenden Lagen sprechen.

Um die Grösse dieser Zahl kennen zu lernen, und den Einfluss eines consequenten, lange fortgesetzten Abpumpens auf die Brunnen zu bestimmen, sind sowohl Röhren- als Kesselbrunnen gesondert zu untersuchen.

Die einfachsten Verhältnisse bieten die Röhrenbrunnen. Die von uns dem Versuche unterworfenen Röhrenbrunnen sind sämmtlich bis in eine Tiefe von 4 bis 5 m getrieben und stehen höchstens 1 m tief in der wasserführenden Schicht, welche aus altem Saalegeröll besteht.

Nimmt man die Rohrweite mit 5 cm und die Höhe des Wasserstandes mit 1 m an, so beträgt die Wassermenge in jedem Brunnenrohre etwa 2 Liter, die Capacität des ganzen Rohres zwischen 8 und 10 Litern.

In einer halben Stunde unausgesetzten Pumpens wurden, wie die Messungen ergaben, gegen 300 Liter Wasser gehoben. Hierdurch wurde also in jedem einzelnen Falle das ursprünglich vorhandene Wasser 150 mal erneuert. Aus der umstehenden Tabelle ergiebt sich der Einfluss, welchen ein solches energisches Abpumpen auf den Keimgehalt des Wassers ausübte.

In der zweiten Versuchsreihe wurde ein 4,8 m tiefer Röhrenbrunnen, welcher 1,10 m im Grundwasser stand und dessen Durchmesser 5 cm betrug, an neun auf einander folgenden Tagen abgepumpt.

Die Menge des Wassers, welche bis zum Grundwasserspiegel in dem Pumpenrohre stand, betrug 2,1 Liter; war das ganze Rohr gefüllt, so betrug die Wassermenge ungefähr 10 Liter.

Nach Beginn des Pumpens, sodann nach einer Entleerung von 1,1 cbm Wasser und zuletzt nach Entleerung von im Ganzen 2,2 cbm Wasser, d. h. nachdem die ursprünglich vorhandene Wassermenge 500- und 1000 mal erneuert war, oder nachdem die ganze

Datum der ersten und der zweiten Untersuchung	Brunnen	Anzahl der Bakterien vor dem Abpumpen	Anzahl der Bakterien nach dem Abpumpen	Anzahl der Schimmel vor dem Abpumpen	Anzahl der Schimmel nach dem Abpumpen	Klarheit bezüglich Trübung	Bemerkungen
21./2.	A.	185	21	—	—	Klar	Mehrere Tage unbenutzt
		172	14				
14./5.	„	490	104	—	—	Klar	
		380	115				
21./2.	B.	178	188	—	—	Das Wasser ist immer etwas trübe	Täglich wird ungefähr $1/2$ cbm Wasser dem Brunnen entnommen.
		135	155				
6./5.	„	16	15	13	18		
		26	16	27	19		
21./2.	C.	16	10	—	—	Klar	Tägliche Entnahme ungefähr $3/4$ cbm
		17	18				
6./5.	„	54	34	57	24	Klar	
		63	65	52	48		
21./2.	D.	22	16	—	—	Klar	
		24	18				
6./5.	„	46	42	16	20	Vor und nach dem Pumpen sehr leicht getrübt, „nicht ganz blank", Rost	
		61	41	23	30		
18./3.	E.	704	104	—	—	Vor dem Pumpen leicht gelbröthlich, nach dem Pumpen klar	Tägliche Entnahme ungefähr 1 cbm
		610	90				
18./3.	F.	4070	3700	—	—	Vor dem Pumpen deutlich trübe, grau; nach dem Pumpen klarer, aber noch nicht ganz klar	Täglich wird ungefähr $1/2$ cbm entnommen
		4400	1900				
14./5.	„	150	900	—	—	Vor dem Abpumpen klar, nach dem Abpumpen erdige Partikel	
		250	840				
4./4.	K.	40	37	98	10	Klar, aber vor dem Pumpen etwas röthlich	Sehr stark benutzt, täglich 2 bis 3 cbm
		20	305	98	14		
		60	194	52	24		
6./5.	„	42	16	5	19	Vorher ganz leicht getrübt, nachher klar	
		40	2	8	25		
		34	6	20	27		

im Rohre stehende Wassersäule 100- und 200 mal entfernt worden war, wurde der Keimgehalt bestimmt.

Es fanden sich in 1 ccm des untersuchten Wassers Bakterien:

Datum	Anfang	nach 1,1 m_3	nach 2,2 m_3	Datum	Anfang	nach 1,1 m_3	nach 2,2 m_3
6./7.	1200	162	120	11./7.	175	186	117
	—	380	460		250	245	170
7./7.	476	800	2750	12./7.	128	43	74
	414	900	1800		131	37	46
8./7.	265	—	305	13./7.	166	115	60
	290	—	290		182	90	64
9./7.	218	950	52	14./7.	127.	280	250
	274	480	108		142	229	300
10./7.	63	236	235				
	122	400	240				

In beiden Versuchsreihen tritt ein bedeutendes Schwanken im Keimgehalt zu Tage. Bei einigen der Brunnen ist die Bakterienzahl vor dem Abpumpen gross und nimmt mit der Dauer des Abpumpens ab, bei anderen ist sie anfänglich gering und nimmt beim Abpumpen zu. Nicht selten fällt mit dem Ansteigen der Mikroorganismen bei der energischen Entleerung der Brunnen eine Trübung des Wassers zusammen; der am Boden und in nächster Nähe des Rohres liegende feine Schlamm mit den darin niedergesunkenen Mikroben war mit hinaufgerissen worden.

Andererseits fällt nicht immer der grössere Bakteriengehalt mit einer Trübung zusammen; man darf daraus folgern, dass Bakterien, welche irgendwo im Rohre oder in der Pumpe an einer geschützten Stelle sich entwickelt hatten, durch das kräftige Pumpen entfernt wurden und sich dem Wasser beimischten.

Gleichmässigere Resultate hat C. Fränkel[1]) bei einem 8 m tiefen, in reinem Sande stehenden Röhrenbrunnen Berlins erhalten. Er fand im Cubikcentimeter Wasser:

[1]) Zeitschr. f. Hygiene 6, 32.

Datum	des 1 ten Liters	des 500 sten Liters	Datum	des 1 ten Liters	des 500 sten Liters
10./4.	7 200	54	14./4.	verfl.	42
11./4.	7 000	42	16./4.	6 400	360
12./4.	11 200	160	17./4.	11 200	110
13./4.	verfl.	20	19./4.	üb. 6 000	20

Indessen auch diese Zahlen weichen nicht unwesentlich von einander ab.

Die Schlussfolgerung lautet also: Für Röhrenbrunnen hat das starke Abpumpen keine gleichmässige Wirkung und es ist bei keiner der angewendeten Versuchsanordnungen gelungen, den sog. Versuchsfehler für die betreffenden Brunnen zu finden.

Um über die Einwirkung energischen Abpumpens von Kesselbrunnen auf den Keimgehalt Aufschluss zu erhalten, sind von Maschek in Leitmeritz sehr sorgfältig ausgeführte Versuche in grosser Anzahl angestellt worden, von welchen wir einige anführen:

Maschek bestimmte bei jedem einzelnen Brunnen seine Tiefe und Weite, den Wasserstand, die Art der Pumpe, die Weite der Rohre, die Menge des entnommenen Wassers, und rechnete dann aus, wie viel von dem ursprünglich vorhandenen Wasser beim Schluss des Versuches noch im Brunnen verblieben war. Nach Bestimmung der Zahl der Mikroorganismen durch das Plattenverfahren bei Beginn des Versuches (Rubrik Nr. 12 der Tabelle) stellte Maschek nach mehrstündigem Abpumpen eine zweite Untersuchung des Bakteriengehaltes an (Nr. 13 der Tabelle); dieser folgte zum Schluss des Versuches eine dritte Untersuchung (Rubrik Nr. 14). Sodann stellte der Autor anderweitig durch Rechnung die Menge der Bakterien fest, welche schliesslich in dem Wasser noch hätte vorhanden sein müssen (Rubrik Nr. 15 der Tabelle).

Die Differenzen zwischen den beiden letzteren Zahlen in Verbindung mit den in Rubrik Nr. 12 aufgeführten ergeben den Werth des Abpumpens. Eine weitere, gewöhnlich am folgenden Tage entnommene Probe (Rubrik Nr. 17) giebt die Vermehrung zwischen dritter und vierter Probeentnahme an.

(Siehe Tabelle auf Seite 620/21.)

Aus diesen Versuchen folgt, dass es sehr schwer ist, bei Brunnen mit grossem Wassergehalt das ursprünglich vorhandene Wasser durch Pumpen vollständig zu entfernen. Wenn bei Brun-

nen mittlerer Grösse dazu mehr als sechs Stunden und bei weiten Brunnen mehr als zwölf Stunden ununterbrochener Arbeit erforderlich sind, so verbietet sich in vielen Fällen ein vollständiges Auspumpen von selbst. Die Einwirkung des Pumpens auf den Keimgehalt des Wassers erwies sich als unsicher, sie wurde ausser durch die Zeit des Pumpens am meisten durch die Wassermenge im Brunnen beeinflusst. Bei einem Brunnen mit 119 cbm Wasser sank die Keimzahl innerhalb 12 Stunden von 2750 auf 1064, bei einem anderen Brunnen mit 6 cbm Wasser von 458 auf 68, bei einem dritten mit nur 0,5 cbm Wasser in achtstündiger Arbeit von 896 auf 63. Von Einfluss ist natürlich auch die Zahl der ursprünglich vorhandenen Keime: 5100 Bakterien, welche auf 510 reducirt wurden, stehen 37, die nur auf 25 zurückgebracht werden konnten, gegenüber; allerdings war in letzterem Falle die Wassermenge fast doppelt so gross als in ersterem.

Aus den Untersuchungen Maschek's lässt sich schliessen, dass bei Kesselbrunnen durch ein stundenlang dauerndes, ununterbrochenes Abpumpen wohl eine Verminderung der Bakterien zu erzielen ist, dass indessen allgemeine Regeln bezüglich der Grösse der Keimabnahme, der Grösse des „Versuchsfehlers" sich nicht aufstellen lassen.

Ist somit einerseits die Zahl der Bakterien in einem Brunnenwasser eine sehr schwankende, von Aeusserlichkeiten und Zufälligkeiten vielfach abhängige, ist andererseits das Abpumpen vieler Brunnen kaum ausführbar und die Grösse der durch das Abpumpen erreichbaren Keimabnahme nicht einmal für Rohrbrunnen sicher zu bestimmen, dann kann uns auch die bakteriologische Untersuchung eines Brunnenwassers gewöhnlich eine Auskunft über die Herkunft der Bakterien nicht geben und ist somit in dieser Hinsicht zwecklos.

Selbst wenn durch intensives Abpumpen die Bakterienzahl bis zu einer gewissen niedrigen Grenze abnimmt, so ist dadurch noch nicht constatirt, dass keine Keime zufliessen, sondern nur erwiesen, dass zu der betreffenden Zeit entweder keine oder relativ wenig Keime in den Brunnen gelangen.

Die unreinen Zuflüsse, welche die Bakterien zuführen, können nämlich discontinuirliche sein, z. B. nur statthaben nach Regengüssen, oder wenn Waschwasser ausgegossen wird, oder wenn in einem nicht weit entfernt liegenden, mit Schmutzwasser gefüllten

Datum, Wassertemperatur Celsius, und Entnahmestelle	Brunnentiefe, Weite und Wasserstand in Metern	Auszemenirung des Schachtes	Pumpwerk. Art der Röhren. Weite derselben in Millimetern. Geröhrlänge	Geologische Beschaffenheit der Brunnenmulde	Umgebung des Brunnenschachtes	Zeit der Wasserhebung in Stunden	Hectoliter gehobenes Wasser	Volum des ursprünglich im Brunnen vorhandenen Wassers in Wasserliteren
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
4./2. 1888 9,3° öff. Brunnen Ringplatz	22,8 1,9 2,1	Ziegel sehr gut erhalten	Zwei Pumpwerke, eines mit Holzröhren, eines mit Emailleröhren 91, 85. Holz	Rollkiesel	Ringplatz, gut gepflastert	6 6	120,6 154,7	40
8./2. 1888 10,2° öff. Brunnen Capuzinerplatz	14,0 1,3 0,9	Sand-stein-Quader	Holz 85 Holz	Sand	freistehend auf einem kleinen Platz	7	128,5	187
10./2. 1888 9,0° öff. Brunnen Dominikanergasse	14,3 1,15 1,12	Sand-stein-Quader	2 Pumpwerke, eines mit Emailleröhren, eines mit Holz 91, 85. Holz	Sand	steht in dunkler ungepflasterter Gasse. Das Grubensystem in schlechtem Zustande	5 5	138,9 64,0	18
14./2. 1888 10,0° öff. Brunnen Wenzelsplatz	11,0 1,9 0,8	Ziegel	Holz 89 Holz	Nur zur Hälfte ausgemauert, der untere Theil steht im Pläner	kleine schmutzige Häuser in der Nähe	12	217	192,1
1./3. 1888 9,7° Rudolfstr.	14,5 0,8 0,8	Ziegel	Holz 89 Holz	Kies	Hauptcanal 5 m entfernt	8	148,9	5,9
25./2. 1888 9,7° öff. Brunnen Stephansvorstadt	11,5 1,13 0,96	Ziegel	Holz 91 Holz	Kies	freier Platz	7	133,3	8,3
4./3. 1888 9,9° öff. Brunnen Fleischergasse	6,7 0,5 2,55	Ziegel	Emaille 91 Eisen	Kies	neuer Stadttheil. Schlechte Canalisation	12,54	111,9	18
6./3. 1888 9,7° öff. Brunnen Gieslagasse	7,9 1,45 2,34	Ziegel	Emaille 91 Eisen	Sand	freier Platz	8	196,1	20,3
8./3. 1888 9,9° öff. Brunnen Jesuitenstiege	11,2 1,1 0,9	Ziegel	Emaille 91 Eisen	Sand	steht frei	7,40	105,3	5,4
22./4. 1888 9,5° Mühlgasse Nr. 5	8,2 1,5 1,3	Quader	Holz 86 Holz	Sand	grosser schmutziger Hof	8	159,2	25,3
14./3. 1888 9,5° öff. Brunnen Domplatz	20,85 1,75 1,6	Bruch-steine und Quader	Holz 91 Holz	Kies	grosser freier, reiner Platz ohne Pflasterung	9	148	27,9
29./3. 1888 10,1° Dominikgasse	17,3 1,5 1,35	Bruch-stein	Holz 90 Holz	Sand	in der Nähe ein als Abort benutzter, nie gereinigter Brunnen	9,40	192	22,7
20./4. 1888 9,4° Mühlstr. Nr. 21.	5,8 1,1 1,0	Bruch-stein	Holz 90 Holz	Sand	freier Platz	9	90	8,3

Volum des nach dem Abpumpen noch vorhandenen Wassers in Hectolitern	Grad der Verdünnung	Zahl der aus 1 ccm des ursprünglichen Wassers zur Entwickelung gekommenen Colonien nach 15 Minuten während Pumpen (6 Platten)	Zahl der Colonien aus 1 ccm Wasser nach mehrstündigem Pumpen	Zahl der Colonien aus 1 ccm des zuletzt geschöpften Wassers I (6 Platten)	Berechnete Zahl der Colonien, welche aus 1 ccm des zuletzt geschöpften Wassers hätten gezüchtet werden müssen	Zeit der vierten Untersuchung	Zahl der Colonien pro 1 ccm der vierten Untersuchung nach mehrstündigem Pumpen	Bemerkungen
10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
1,6 [illegible]	1/500	650 475	140 152	61 52	4 — 5	5./2.	62	Die obere Zahlenreihe giebt die Leistungen des ersten Pumpwerkes, die untere die des zweiten an
[illegible]	1/83 000	579	179	73	0	9./2.	63	
[illegible]	1/600 000	1480 1530	361 385	256 270	0	15./2.	227	Wie bei 1
[illegible]	1/2,3	2750	1286	1064	859	15./2.	1433	
9	—	896	192	62	0	3./3.	53	
[illegible]	1/2 020 000	578	175	59	0	26./2.	83	
[illegible]	1/551 000 000	1255	362	62	0	5./3.	79	
[illegible]	1/50	37	29	25	0	7./3.	28	
[illegible]	1/138 000 000	5376	2820	695	0	10./3.	452	
[illegible]	1/875	5100	2608	548	6	23./4.	630	
[illegible]	1/4799	728	158	146	16	17./2.	53	
[illegible]	1/4313	6800	2748	1385	2	29./3.	1876	
[illegible]	1/2 000	2780	975	245	0	21./4.	293	

Reservoir, sei es ein Tümpel, eine Kothgrube oder dergleichen, ein gewisses Niveau erreicht wird u. s. f.

Ferner kann die Masse des unreinen zufliessenden Wassers im Verhältniss zu der des zuströmenden reinen Wassers gering sein. „Dringt in der Zeiteinheit ein Cubikmeter reines Grundwasser in den Brunnen und fliesst ein Cubikcentimeter Schmutzwasser mit einer Million Keimen in derselben Zeit zu, so hat jeder Cubikcentimeter des Mischwassers nur einen einzigen Keim; jedoch können unter diesen relativ wenigen Keimen sehr wohl pathogene Mikroorganismen vorhanden sein" (Heraeus).

Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse bezüglich des Grundwassers. Dass letzteres an einzelnen Stellen Mikroorganismen enthält, ist nicht zu bezweifeln; solche Fälle sind indessen nicht häufig, und im Allgemeinen dürften vom Grundwasser aus erheblich weniger Bakterien in die Brunnen gelangen, als daraus beim Abpumpen nach längerer Ruhe entfernt werden.

In beiden Fällen braucht somit eine starke Herabminderung der Bakterienzahl die Keimfreiheit des zuströmenden Wassers nicht anzuzeigen.

Zuweilen, insonderlich bei neu angelegten, gut construirten glattwandigen Brunnen und unter Anwendung besonders gut geeigneter Pumpen gelingt es, wie wir selbst in mehreren Fällen constatiren konnten, keimfreies Wasser zu erhalten. Ein solcher Befund ist von hervorragender Wichtigkeit, denn: Keimfreies Wasser spricht gegen unreine Zuflüsse.

Die localen Verhältnisse werden in den meisten Fällen einen Schluss erlauben, ob die temporär gute Bodenfiltration eine bleibend gute sein wird.

Eine Auskunft über die wichtige Frage, ob von oben oder von der Seite her Bakterien in den Brunnen eindringen, oder zu gewissen Zeiten eingedrungen sind, ergiebt die genaue Besichtigung des Brunnens und seiner Umgebung. Diese ist in der Weise anzustellen, dass zunächst nachgesehen wird, ob die Pumpe auf dem Brunnen steht. In einem solchen Falle liegt die Gefahr vor, dass neben dem Pumpenrohre direct Wasser in den Brunnen zurücklaufe. Wird Wäsche u. s. w. am Brunnen gespült, so kann auf diese Weise leicht eine Infection statthaben. Die Pumpe soll neben dem Brunnen stehen, und das Abwasser in wasserdichter Rinne rasch abgeleitet werden.

Der Brunnen sei durch Construction eines Gewölbes, oder durch einen Eisendeckel, welcher in einen mit Lehm ausgestrichenen Falz eingreift, oder durch Steinplatten mit Cementverbindung

wasserdicht eingedeckt. Empfehlenswerth ist es, den Brunnenkessel 0,25 m über das umgebende Erdreich hinaufzuführen und dann einzudecken.

Dringt von oben oder von der Seite her Wasser in den Brunnen hinein, so giebt sich das durch Tropfenfall oder durch schwarze, schlammige Flecken und Streifen zu erkennen.

Brunnen, welche nicht glatt in Cement gemauert, oder in Eisen construirt, oder mit einem ordentlichen Lehmschlag umgeben sind, Bedingungen, welche bei den wenigsten älteren Kesselbrunnen erfüllt sind, bieten keine Garantie, dass nicht Schmutzwasser von oben oder von der Seite her einfliesse.

Die Werthigkeit dieser Schmutzwässer ist jedoch eine verschiedene. Wenn die Brunnen weit abliegen von Infectionsquellen, z. B. auf freiem Felde oder inmitten eines grösseren Gartens, welcher mit menschlichen Fäcalien nicht gedüngt wird, dann werden eindringende Schmutzwässer wohl die Appetitlichkeit und Annehmlichkeit beeinträchtigen, sie werden aber eine Infectionsgefahr nicht bedingen können. In gleicher Weise wie bei den offenen Wässern ist also auch hier die Localität entscheidend für die Möglichkeit einer Infection.

Die Frage ist nun, wie gross muss die Entfernung von inficirten Localitäten sein, um bei undichten Brunnenwandungen die Infectionsgefahr als ausgeschlossen betrachten zu lassen. Generell lässt sich diese Frage nicht beantworten, denn die Bodenbeschaffenheit ist maassgebend. Ist das Erdreich von Rissen und Spalten durchsetzt, oder besteht es aus Schotter mit weiten, nicht verschlammten Porencanälen, und bewegt sich das Grundwasser lebhaft, dann muss die Entfernung schon recht gross sein, um eine Infectionsgefahr auszuschliessen, wie das Seite 523 angegebene Beispiel der Stadt Soest zeigt.

Ist indessen der Boden gleichmässig-feinporig und bewegt sich das Wasser im Boden langsam, dann genügt schon eine geringe Entfernung, z. B. 10 m, um das Eindringen von Bakterien von Abtrittsgruben, Düngerstätten und Aehnlichem aus zu verhindern.

Diese Entfernung von 10 m ist von Kurth[1]) für den bremischen Boden als ausreichend gefunden worden. In seiner höchst lehrreichen und wichtigen Arbeit, welche leider der zu weit vor-

[1]) Kurth, Zeitschr. f. Hygiene u. Infectionskrankheiten 19, 1. Ueber die gesundheitliche Beurtheilung der Brunnenwässer im bremischen Staatsgebiet, mit besonderer Berücksichtigung des Vorkommens von Ammoniumverbindungen und deren Umwandlungen.

geschrittenen Drucklegung wegen nicht gebührend berücksichtigt werden konnte, weist Kurth nach, dass in der Tiefe des Bodens des bremischen Staates grössere Mengen von Ammoniak vorhanden sind, welche, in höhere Schichten gebracht, in salpetrige Säure und Salpetersäure umgewandelt werden.

Als Erreger dieser Umsetzungen werden von ihm der Nitrobacter und Nitrosomonas (Winogradski) angesprochen, welche in der Grundwasserzone des Bodens bei Bremen enthalten sein sollen. Neben diesen Bakterien waren nach Kurth noch andere, nicht auf Fleischwasser —, aber auf Peptonkochsalzgelatine wachsende Bakterien vorhanden, welche zufällig in Brunnen gelangten und sich von dort aus in der Erde des Grundwasserbezirkes verbreitet haben sollen. Niemals vermochte der Autor, sofern ein Brunnen inficirt war und ein dicht daneben liegender nicht, in diesem zweiten Brunnen, auch wenn letzterer stark abgepumpt wurde, die Mikroben hinüberzuziehen, wenn die zwischengelagerte, gleichmässig-poröse Sandschicht 10 m stark war.

Ob das eindringende Grundwasser keimfrei ist, lässt sich bei Röhrenbrunnen, welche vom gesundheitlichen Standpunkte aus, weil besser geschützt, am meisten zu empfehlen sind, nach Desinfection des Brunnens und der Pumpe und folgendem ergiebigen Abpumpen durch die bakteriologische Prüfung des Wassers bestimmen.

Zuerst ist die Desinfection von Pumpen zum Zwecke der Vermeidung von Fehlern bei Bestimmung des Keimgehaltes von Kowalski bei Wiener-Neustadt versucht worden.

Der Autor schüttete Alkohol in die Brunnenrohre und flammte sie aus. Das Verfahren ist indessen wenig zweckmässig. Besser ist die von C. Fränkel angegebene Methode, welche auf S. 505 und 506 näher beschrieben ist.

Kesselbrunnen vollständig keimfrei zu machen gelingt selten. Muss man den Versuch machen, so pumpe man den Brunnen so weit als möglich leer, und bepinsele die Wandungen mit Kalkmilch (1 Liter pulverig gelöschten Fettkalkes in 3 Litern Wasser), dann gebe man zu je 100 Litern des Restes des Brunnenwassers, nachdem der Bodensatz, soweit er nicht hat ausgeschöpft werden können, aufgerührt ist, 0,25 Liter pulverigen gelöschten Kalkes hinzu. Tüchtiges Umrühren und nachträgliches Auspumpen des Kalkschlammes ist erforderlich.

Will man bei einem Kesselbrunnen über den Keimgehalt des Grundwassers Aufschluss haben, so treibt man in den Boden des stark abgepumpten und möglichst vom Schlamme befreiten Brunnens mindestens einen Meter tief ein Rohr ein, welches sorgfältig

desinficirt zur Probeentnahme dient. Man kann auch durch die Seitenwand des Brunnens oder von oben her neben dem Brunnen in die Grundwasserzone hineindringen.

Gruber (l. c. S. 429) macht mit Recht darauf aufmerksam, dass es bei der Probeentnahme nothwendig sei, so viel Wasser aus dem Kesselbrunnen zu entnehmen, als später bezogen werden soll, weil durch das Schöpfen die Grundwasserverhältnisse wesentlich — chemisch und bakteriologisch — verändert werden können. Im Uebrigen siehe das Capitel XV, C, die Entnahme der Wasserprobe.

Kommt es darauf an, zu erfahren, wie viel Mikroorganismen oder welche Arten in einem Brunnenwasser sind, so genügt die Entfernung des Wassers, welches in den Röhren gestanden hat, was durch ein vielleicht 10 Minuten dauerndes Abpumpen in auskömmlicher Weise erreicht wird.