

# Untersuchungen in der Zentralwasserversorgungsanlage der Stadt Wien.

Ein Beitrag zur hygienischen Beurteilung und Kontrolle von Quellwasserversorgungsanlagen.

Von Oberstadtphysikus Dr. VIKTOR GEGENBAUER, Wien.

(Mit 3 Abbildungen und 7 Tabellen.)

## I.

Bei den Untersuchungen, die vom Wiener städtischen Gesundheitsamt in Ausübung der hygienischen Überwachung der Wiener Zentralwasserversorgungsanlage in den letzten Jahren durchgeführt worden sind, konnten eine Reihe von Beobachtungen und Erfahrungen gesammelt werden, die für die hygienische Beurteilung und für die hygienische Kontrolle von Quellwasserversorgungsanlagen belangreich erscheinen.

Die Wiener Zentralwasserversorgungsanlage wird von Quellen gespeist, die am Fuße ansehnlicher plateauartiger Gebirgsstöcke der nördlichen Kalkalpen entspringen, deren Gestein fast ausschließlich der alpinen Trias angehört. Die Schichtenfolge dieser geologischen Formation besteht im wesentlichen von unten nach oben aufgezählt aus Werfener Schiefer, Muschelkalken, Lunzer Schichten, Opponitzer Kalken und schließlich aus Hauptdolomit. Den Wasserstauer bildet der Werfener Schiefer, der hauptsächlich Sandsteine, Tonschiefer und Schiefertone enthält. Der dem Wasserstauer aufsitzende Wasserführer besteht aus mehr oder weniger durchlässigen Gesteinen und zum Teil aus äußerst durchlässigen Bergarten, welche letztere das von oben zusickernde Wasser als Spaltenwasser durch ein engmaschiges Netz von Schnitten und Klüften, die sich stellenweise zu Höhlen erweitern, dem über dem Wasserstauer befindlichen Wasser verhältnismäßig rasch zuführen. Es ist klar, daß alle jene Quellwässer der Wiener Zentralwasserversorgungsanlage, die aus Gegenden stammen, in denen keine oder nur ungenügend mächtige Verwitterungsschichten das klüftige Gebirge überlagern, und die auf ihrem Wege durch das Gebirge auch keine Gelegenheit finden, gut filtrierende Schichten zu durchdringen, mangelhaft filtriert sind. Dies ist nun sehr häufig der Fall, da ein nicht geringer Teil der Gebirge und ihrer Plateaus und Abhänge verkarstet ist.

Das Wasser dieser Quellen wird durch zwei Leitungen — I. und II. Hochquellenwasserleitung (HL) — nach Wien gebracht. Die

Länge der I. HL beträgt von der am entferntest gelegenen Quelle bis zu ihrem Ende beim ersten Reservoir in Wien 106 km, jene der II. HL rund 180 km.

Die I. HL bringt Wasser von Quellen der Schneecalpe, der Rax und des Schneebergstockes nach Wien, die II. HL Wasser aus den Quellen des Hochschwabs und der Zeller Staritzen.

Die I. HL wurde zu Ende des Jahres 1873 eröffnet. Sie war damals nur bis zur Kaiserbrunnquelle ausgebaut und brachte bloß das Wasser dieser Quelle und jenes der im Sierningbachtale am Fuße der östlichen Schneebergvorberge entspringenden Stixensteinquelle nach Wien. Der Ausbau der I. HL war im Jahre 1897 beendet. Durch diesen Ausbau wird Wasser der sogenannten „Oberen Quellen“ (Höllentalquelle, Fuchspaßquelle, Übeltalquelle, Albertwiesenquelle, Reißtalquelle, Wasseralmquelle, Schütterlehnequelle, Lettingquelle, Schiefauerquelle, Sonnleitenquelle) der I. HL zugeführt. Außer diesen Quellwässern kann die I. HL auch Grundwasser durch zwei Schöpfwerke erhalten. Es sind dies das Pottschacher Schöpfwerk und das Matzendorfer Schöpfwerk. Das erste Schöpfwerk — Pottschacher Schöpfwerk — wurde im Jahre 1878 mit vier Brunnen eröffnet. Im Jahre 1885 wurden drei weitere Brunnen und im Jahre 1900 ein weiterer Brunnen in diesem Schöpfwerke dazugebaut. Das Matzendorfer Schöpfwerk wurde im Jahre 1909 errichtet.

Die II. HL wurde im Jahre 1910 eröffnet. Sie brachte zunächst Wasser von der aus dem Hochschwabstocke entspringenden Höllbachquelle, Kläfferbrünne, Siebenseequellen und Schreierklammquelle nach Wien. Durch einen im Jahre 1923 vollendeten Erweiterungsbau wurde auch Wasser aus den Brunngrabenquellen, welche den Zeller Staritzen entspringen, miteinbezogen. Seit dem Jahre 1931 kann auch Wasser aus der am Fuße des Hochschwabgebirgsstockes bei Wildalpe gelegenen Seisensteinquelle der II. HL zugeführt werden<sup>1)</sup>.

Wegen der bereits erwähnten teilweise ungenügenden Filtrationskraft des Einzugsgebietes des Quellwassers der Wiener Zentralwasserversorgungsanlage wurden schon seit dem Bestande dieser Anlage Maßnahmen zum Schutze der versorgenden Quellen getroffen.

So wurden bereits bei der Erbauung der Hochquellenwasserleitungen und in den darauffolgenden Jahrzehnten Gründe im Quelleneinzugsgebiete erworben, die durch die städtische Forstverwaltung nach dem Gesichtspunkte des Quellschutzes bewirtschaftet werden, Ansiedlungen in der Nähe der Quellen entfernt und Kahlschläge aufgeforstet. Außerdem wurde ein bergbauliches Schutzgebiet geschaffen, innerhalb dessen Schürf- und Bergbaubetriebe teils eingeschränkt, teils untersagt sind.

Der im Hinblick auf die Förderung der Volksgesundheit so überaus zu begrüßende Aufschwung der Touristik und des Wintersportes des letzten

---

<sup>1)</sup> Da der Quellhorizont dieser Quelle tiefer als der Leitungskanal der II. Hochquellenwasserleitung liegt, muß ihr Wasser künstlich gehoben werden.

Jahrzehntes machte es nun notwendig, diese „Quellschutzmaßnahmen“ weiter auszubauen. In erster Linie war dies im Einzugsgebiete der I. HL erforderlich, da dieses Gebiet wegen seiner Nähe an Wien und der günstigen Eisenbahn- und Kraftwagenverbindungen mit der Großstadt in unverhältnismäßig größerem Ausmaße durch den Touristen- und Wintersportverkehr gefährdet ist als jenes der II. HL.

Die Bestrebungen der Gemeinde Wien, die Quellschutzmaßnahmen auszubauen, stießen anfänglich auf heftige Widerstände sowohl seitens der Touristen- und Wintersportvereine wie auch seitens der landwirtschaftlichen Kreise, welche wegen der im Einzugsgebiete der I. HL gelegenen Viehweiden an den Quellschutzmaßnahmen interessiert sind.

Im Zuge der im Jahre 1927 mit den genannten Interessenten geführten Verhandlungen wurde von diesen u. a. darauf hingewiesen, daß die durch die bisherigen seit dem Jahre 1911 durchgeführten bakteriologischen Untersuchungen festgestellte Erhöhung der Keim- und Gärungserregerzahlen zur Zeit der Schneeschmelze und der sommerlichen und herbstlichen Regengüsse nur beweise, daß mangelhaft filtriertes Wasser in das Leitungsnetz gelange, nichts Näheres aber über die Herkunft dieses Wassers besage. Dieses mangelhaft filtrierte Wasser brauche nicht aus den Quellen zu stammen, es könne auch irgendwo ins Leitungsnetz oder in den Leitungskanal einsickern. Auch dürften die Ergebnisse der bis damals einmal jährlich durchgeführten bakteriologischen und chemischen Untersuchungen der einzelnen Quellwässer deshalb nicht zu weittragenden Schlußfolgerungen hinsichtlich des Filtrationszustandes dieser Quellwässer herangezogen werden, weil bei solchen nur einmal im Jahre durchgeführten Untersuchungen der Zufall eine zu große Rolle spiele.

Diesen Einwänden konnte eine gewisse Berechtigung nicht abgesprochen werden.

Da nun außerdem die beteiligten Techniker der Gemeinde Wien als Grundlage für die auszuführenden technischen Quellschutzmaßnahmen eine bessere Charakterisierung des Filtrationszustandes des Wassers der einzelnen Quellen wünschten, als sie durch die bisherigen jährlich einmaligen Untersuchungen gegeben worden war, so wurde das städtische Gesundheitsamt beauftragt:

1. die obenerwähnten Einwände der Interessenten durch bakteriologische Versuche zu entkräften,

---

<sup>2)</sup> Diese Behauptung wurde vom Wiener hygienischen Universitätsinstitut und von den hygienischen Amtssachverständigen auf Grund der geologischen Beschaffenheit des Quelleneinzugsgebietes und auf Grund der Ergebnisse der bis damals vorgelegenen bakteriologischen und chemischen Untersuchungen des Wassers der I. HL aufgestellt.

2. weitere Belege für die Behauptung<sup>2)</sup> von dem mangelhaften Filtrationsvermögen eines beträchtlichen Teiles des Einzugsgebietes der Quellen der I. HL durch Versuche beizubringen und
3. zur Ermittlung jener Quellen, für welche außer den allgemeinen noch besondere Quellschutzmaßnahmen erforderlich sein würden, spezielle Untersuchungen auszuführen.

Im folgenden soll nun über den bisher verarbeiteten Teil der zur Lösung obiger Aufgaben durchgeführten Versuche, über deren Ergebnisse und über einzelne bei den Versuchen gemachte wichtige Beobachtungen berichtet werden.

Im Untersuchungsplan war zunächst vorgesehen, durch bakteriologische Untersuchungen die Frage der Sickerwässer zum Leitungsnetz und zum Leitungskanal zu klären<sup>3)</sup>. Wenn sich die Ergebnisse dieser Untersuchungen zur Beurteilung des Filtrationsvermögens des Einzugsgebietes der Quellen der I. HL geeignet erweisen sollten, dann sollten durch bakteriologische Untersuchungen des am Ende des Leitungskanals der I. HL in Wien entnommenen Wassers bei Berücksichtigung der meteorologischen Daten aus dem zugehörigen Einzugsgebiete und der Ergiebigkeit der Wasserspender weitere Beweise für die teilweise mangelhafte Filtration der betreffenden Quellen erbracht werden. Schließlich sollte durch analoge Untersuchungen ein Bild über den Filtrationszustand des Wassers der einzelnen Quellen gewonnen werden.

Die Gesamtkeimzahlbestimmungen wurden nach der im Wiener hygienischen Universitätsinstitut üblichen Methode ausgeführt. Darnach werden die nach 48stündiger und nach 72stündiger Bebrütung der gegossenen Gelatineplatten bei 22° gewachsenen Kolonien gezählt und die Anzahl der nach dreitägiger Bebrütung gezählten Kolonien als Gesamtkeimzahl angegeben. Außer der Gesamtkeimzahl wurde bei einer größeren Zahl der bakteriologischen Untersuchungen auch die Gärungserregerzahl nach der Methode von E i j k m a n n - K r o m b h o l z bestimmt.

Die chemischen Untersuchungen erstreckten sich im allgemeinen auf die Bestimmung der Oxydierbarkeit, des Rückstandes, der Härte, auf die qualitative Prüfung und, wenn erforderlich, auch auf die quantitative Bestimmung von Ammoniak-, Nitrit-, Nitrat-, Chlor- und Sulfat-Ionen.

Die ersten umfangreichen Untersuchungen im Quellgebiete im Jahre 1927 sind von Prof. Dr. H. R e i c h e l durchgeführt, der ein ausführliches Gutachten erstattet hat, dessen Schlußfolgerungen im großen ganzen mit jenen übereinstimmen, zu welchen das Wiener städtische Gesundheitsamt durch Verarbeitung desselben Zahlen-

---

<sup>3)</sup> Im Wiener Leitungsnetze ist entweder Mischwasser der I. und II. HL oder Wasser der II. HL vorhanden. Die Zapfstellen, die zum Versuche herangezogen wurden, sind von Mischwasser der I. und II. HL versorgt worden.

materials nach eigener, im folgenden zum Teil wiedergegebenen Methodik gekommen ist.

Wegen der großen Entfernung Wiens vom Quellgebiete mußten behelfsmäßige Laboratorien im Quellgebiete errichtet werden.

Im ganzen waren an der Durchführung der Untersuchungen vier Laboratorien beteiligt, nämlich: 1. die hygienische Untersuchungsstelle des Gesundheitsamtes der Stadt Wien; 2. das Laboratorium der Abteilung für soziale Hygiene und amtsärztliche Ausbildung des Wiener hygienischen Universitätsinstitutes; 3. ein behelfsmäßig aufgestelltes Laboratorium im Forsthaus neben der Kaiserbrunnquelle und 4. ein ähnliches Laboratorium im Haus der Forstverwaltung in Naßwald.

## II.

Zur Lösung der ersten Aufgabe betreffend die Sickerwässer zum Leitungsnetze wurden in den Monaten März bis Juli 1927 die Gesamtkeimzahlen und die Gärungserregerzahlen der entsprechenden Proben aus folgenden Entnahmestellen untereinander verglichen:

- a) Ende des Leitungskanals der I. HL in Wien und zwei Zapfstellen in zwei verschiedenen Bezirken der Stadt,
- b) Ende des Leitungskanals der II. HL in Wien und die unter a) genannten zwei Zapfstellen.

Zu diesen Vergleichsuntersuchungen mußte sowohl Wasser aus dem Ende des Leitungskanals der I. HL wie auch solches aus dem Ende des Leitungskanals der II. HL entnommen werden, da das Wasser, welches die zu diesen Untersuchungen herangezogenen Zapfstellen speiste, Mischwasser der I. und II. HL war.

Die Durchführung dieser Untersuchungen wäre eigentlich gar nicht notwendig gewesen, da man doch von vornherein das Einsickern von Wasser zum Leitungsnetze deshalb ausschließen konnte, weil letzteres überall voll gefüllt ist und unter starkem Drucke steht. Sie wurden aber trotzdem ausgeführt, um auch bakteriologisch den Einwand bezüglich der Sickerwässer zu entkräften.

In den Versuchen, in denen man an demselben Tage Wasser aus den Endteilen der Leitungskanäle der I. und II. HL und aus zwei Zapfstellen in der Stadt entnahm, wurde nur 76 mal unter 196 Gegenüberstellungen, das ist also in 39%, eine höhere Gesamtkeimzahl und nur 54 mal unter 184 Gegenüberstellungen, das ist also in 29%, eine höhere Gärungserregerzahl in den Zapfstellen als in den Proben aus den Entnahmestellen der Leitungskanäle gefunden.

Um nun entscheiden zu können, ob in diesen letzteren Fällen der Wert der höheren Gesamtkeimzahl und der höheren Gärungserregerzahl innerhalb oder außerhalb der zufälligen Streubreite lag, wurde der maximale Wert des sogenannten „Abweichungsfaktors“ berechnet.

Der Abweichungsfaktor wurde als jene Zahl definiert, mit welcher bei Paralleluntersuchungen die niedrigere Gesamtkeimzahl und die niedrigere Gärungserregerzahl, die in zwei zur gleichen Zeit aus derselben Wasserpartie entnommenen Proben ermittelt wurden, multipliziert werden muß, um die gefundene höhere Zahl zu erhalten. Der maximale Wert des Abweichungsfaktors ist dann  $M + 4\sigma$ , wobei  $M$  das arithmetische Mittel und  $\sigma$  die Standardabweichung bezeichnet. Der Abweichungsfaktor gibt ein Maß für die zufällige Streuung.

Um aus dem Abweichungsfaktor seinen maximalen Wert zu berechnen, ist zunächst sein mittlerer Wert zu bestimmen. Der mittlere Wert des Abweichungsfaktors ist durch die Formel  $M \pm \sigma$  ausgedrückt. Die Standardabweichung  $\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum a^2}{n}}$  bzw., wenn wenig Beobachtungen vorliegen,  $\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum a^2}{n-1}}$ , worin  $a$  die Einzelabweichung vom arithmetischen Mittel und  $n$  die Anzahl der Einzeluntersuchungen bezeichnet. Der maximale Wert des Abweichungsfaktors  $M + 4\sigma$  weist einen äußerst hohen Grad der Zuverlässigkeit auf, denn er läßt nur eine Wahrscheinlichkeit des Nichtzutreffens zu, die kleiner als 1 : 10 000 ist. Das Verhältnis  $\sigma$  zu  $M$ , in Prozenten ausgedrückt, gibt den Variationskoeffizienten v. Der Variationskoeffizient ist ein zahlenmäßiger Ausdruck für die mittlere Streubreite. Je größer er ist, desto größer ist die Streubreite.

Die Bestimmung des Abweichungsfaktors für Paralleluntersuchungen des Wassers der I. HL wurde in der hygienischen Untersuchungsstelle des Gesundheitsamtes von Spitzer durchgeführt\*). Die bei diesen Untersuchungen ermittelten Abweichungsfaktoren sind in den Tab. 1 und 2 dargestellt.

Tabelle 1. Abweichungsfaktor der Gesamtkeimzahlen (nach Spitzer).

Bei einem arithmetischen Mittel d. Gesamtkeimzahlen von	Anzahl der Untersuchungen	Abweichungsfaktor		Variationskoeffizient in %	Mittlerer Fehler	
		mittlerer Wert	maximaler Wert		Einzelmessung	Mittelwert
0— 10	87	1,660 ± 0,787	4,808	47,4	± 0,787	± 0,084
11— 20	55	1,520 ± 0,666	4,184	43,8	± 0,666	± 0,089
21— 30	17	1,620 ± 0,517	3,688	31,9	± 0,517	± 0,125
31—100	21	1,190 ± 0,140	1,750	11,8	± 0,140	± 0,031
101—500	5	1,060 ± 0,046	1,244	4,3	± 0,046	± 0,021

\*) „Die Methodik der Untersuchung bei Beschwerden bei Verunreinigung des Hochquellenwassers“, Wien. med. Wchschr. 80 [1930].

Tabelle 2. Abweichungsfaktor der Gärungserregerzahlen (nach Spitzer).

Anzahl der Untersuchungen	Abweichungsfaktor		Variationskoeffizient %	Mittlerer Fehler	
	mittlerer Wert	maximaler Wert		Einzelmessung	Mittelwert
68	3,570±3,472	17,458	97,2	± 3,472	± 0,421

Zur Bestimmung der Abweichungsfaktoren der Gesamtkeimzahlen hat Spitzer durch ein halbes Jahr täglich aus dem Ende des Leitungskanals der I. HL zur gleichen Zeit zwei Proben entnehmen lassen und in jeder dieser Proben nach dreitägiger Bebrütung bei 22° die Gesamtkeimzahl bestimmt. Die Berechnung dieser Versuche zeigte nun, daß sowohl der mittlere Wert des Abweichungsfaktors wie auch der Variationskoeffizient und somit auch der maximale Wert des Abweichungsfaktors mit zunehmender Gesamtkeimzahl abnehmen (Tab. 1).

Zur Bestimmung des Abweichungsfaktors der Gärungserregerzahl wurden an 68 Tagen an der oben bezeichneten Stelle zwei Wasserproben zur gleichen Zeit abgenommen und in jeder derselben die Gärungserregerzahl nach der Methode von Eijkman-Kromholz bestimmt. Bei der Durchrechnung dieser Versuche ergab sich, daß der Abweichungsfaktor hier viel größer ist als bei der Gesamtkeimzahl und eine sehr große Streubreite aufweist, wie aus dem Werte des Variationskoeffizienten zu ersehen ist (Tab. 2).

Bei diesen Untersuchungen stellte sich heraus, daß beim Vergleich von zwei Gesamtkeimzahlen, die beide 30 oder weniger betragen, der Abweichungsfaktor nicht zu berücksichtigen ist, da in der Spannungsbreite 0 bis 30 alle 31 möglichen Werte praktisch als gleichwertig zu betrachten sind. Erst dann, wenn beide der zu vergleichenden Gesamtkeimzahlen oder eine derselben über 30 liegen, kann zum Vergleich der maximale Wert des entsprechenden Abweichungsfaktors herangezogen werden, jedoch auch hier nur als eine orientierende Richtzahl, der die gleiche Bedeutung zukommt wie den sogenannten „Grenzzahlen“ in der Wasserbegutachtung überhaupt. Dieselbe Einschränkung gilt natürlich auch für den maximalen Wert des Abweichungsfaktors der Gärungserregerzahl.

Bei der entsprechenden Sichtung der Zahlenwerte ergab sich, daß von den 76 Fällen, in denen die Gesamtkeimzahl in der Probe aus der Zapfstelle höher als jene in der entsprechenden Probe aus dem Ende des Leitungskanals war, 64 Fälle deshalb von der weiteren Beobachtung ausschieden, weil beide Vergleichswerte 30 nicht überschritten.

Die Verhältnisse bei den restlichen 12 Fällen sind in Tab. 3 dargestellt. In dieser ist die Zahl, mit welcher der niedere der beiden zu vergleichenden Werte multipliziert werden mußte, um den höheren zu erhalten, als Abweichungskoeffizient bezeichnet.

Tabelle 3.

Nr.	Gesamtkeimzahl im cm <sup>3</sup>		Abweichungskoeffizient	Arithmetisches Mittel der gefundenen Gesamtkeimzahlen	Maximaler Wert des entsprechenden Abweichungsfaktors (Tab. 1)
	Ende des Leitungskanals der I. od. II. HL	Zapfstelle			
1	26	33	1,3	30	3,688
2	44	60	1,4	52	1,750
3	48	51	1,1	50	1,750
4	21	33	1,6	27	3,688
5	5	34	6,8	20	4,184
6	6	34	5,7	20	4,184
7	7	33	4,7	20	4,184
8	7	33	4,7	20	4,184
9	25	52	2,1	39	1,750
10	25	73	2,9	49	1,750
11	15	56	3,7	36	1,750
12	3	60	20,0	32	1,750

Bei vier von den zwölf Fällen (Nr. 1—4) lag der Abweichungskoeffizient unterhalb des maximalen Wertes des entsprechenden Abweichungsfaktors. In vier Fällen, in denen der Abweichungskoeffizient größer war als der maximale Wert des entsprechenden Abweichungsfaktors, zeigte die eine Gesamtkeimzahl einen Wert, der beträchtlich unter, die andere einen solchen, der nur wenig über 30 lag (Nr. 5—8), so daß bei diesen Fällen der maximale Wert des entsprechenden Abweichungsfaktors in sinngemäßer Anwendung der eben dargelegten Richtlinien überhaupt nicht zu berücksichtigen war. In zwei Fällen (Nr. 9 und 10) ist der Wert des Abweichungskoeffizienten nur wenig höher als der maximale Wert des entsprechenden Abweichungsfaktors, so daß hier in Anbetracht des Umstandes, daß der maximale Wert des Abweichungsfaktors nur als allgemeine Richtzahl aufzufassen ist, von einer Abweichung, die über die zufällige Streuung hinausgeht, nicht gesprochen werden kann. In den zwei restlichen Fällen (Nr. 11 und 12) geht jedoch die Abweichung sicherlich über die zufällige Streuung hinaus. Trotzdem können aber diese Befunde nicht im Sinne eines Beweises für Einsickern von Wasser zum Leitungsnetz gewertet werden, und zwar aus folgendem Grunde. Das Wasser der für die Untersuchung herangezogenen Zapfstellen ist ein Mischwasser der I. und II. HL. Es wird daher die Gesamtkeimzahl dieses Wassers stets durch die Gesamtkeimzahl des Wassers beider Leitungen beeinflusst. Wenn daher das Wasser der einen Leitung eine bedeutend höhere Gesamtkeimzahl hat als jenes der anderen, so muß zwangsläufig auch das Wasser der Zapfstellen eine höhere Gesamtkeimzahl aufweisen als jenes der zuletzt genannten Leitung. Dies trifft nun für diese beiden Fälle zu. In beiden Fällen hatte das Wasser am Ende des Leitungskanals der I. HL eine bedeutend höhere Gesamtkeimzahl als jenes am Ende des Leitungskanals der II. HL, und zwar besonders im Falle Nr. 12 (Nr. 11: 56 bzw. 15, Nr. 12: 44 bzw. 3). Es war daher ohne weiteres verständlich, daß in diesen Fällen die Gesamtkeimzahl des Wassers der Zapfstellen eine starke Abweichung gegenüber jener des Wassers aus dem

Ende des Leitungskanals, deren Wert in der zweiten Kolonne der Zusammenstellung eingetragen ist, aufwies<sup>5)</sup>.

In jenen Fällen, in denen die Gärungserregerzahl der Proben der Zapfstellen höher war als jene der Proben aus dem Ende des Leitungskanals, lag mit einer einzigen Ausnahme der Abweichungskoeffizient unterhalb des maximalen Wertes des Abweichungsfaktors. Dieser eine Fall kann schon deshalb nicht als ein Anhaltspunkt für einen Beweis des Einsickerns von Wasser zum Leitungsnetze genommen werden, weil das eben dargelegte Verhalten der Gesamtkeimzahlen dagegen spricht. Dazu kommt noch, daß sich größere Abweichungen der Gärungserregerzahlen auch deshalb nicht recht verwerten lassen, weil die bei den vorliegenden Untersuchungen gemachten Erfahrungen dafür sprechen, daß die Gärungserreger überhaupt sehr häufig recht ungleichmäßig verteilt zu sein scheinen.

Faßt man das Ergebnis der bakteriologischen Untersuchungen zusammen, so ergeben sich keinerlei Anhaltspunkte für die Annahme eines Eindringens von mangelhaft filtriertem Wasser zum Wasser des Wiener Leitungsnetzes.

Zur Prüfung der Frage, ob Sickerwässer in den Leitungskanal gelangen, wurden vom 4. April bis 26. September 1927 täglich Wasserproben aus dem Anfangsteile des Leitungskanals bei der Kaiserbrunnquelle und etwa 17 Stunden nach dieser Entnahme<sup>6)</sup> aus dem Ende des Leitungskanals beim Einlauf in das erste Wiener Reservoir am Rosenhügel entnommen und die ermittelten Gesamtkeimzahlen und Gärungserregerzahlen verglichen. Daß bei der Entnahmestelle im Leitungskanal bei der Kaiserbrunnquelle bereits eine vollständige Mischung des Wassers der oberen Quellen und jenes der Kaiserbrunnquelle vorlag, konnte auf Grund zahlreicher Temperatur- und Leitfähigkeitsbestimmungen bejaht werden.

Das Ergebnis dieser Untersuchungen war, daß bei 60 von 164 Gegenüberstellungen, das ist also in 37%, höhere Gesamtkeimzahlen und bei 90 von 168 Gegenüberstellungen, das ist also in 54%, höhere Gärungserregerzahlen in den aus dem Ende des Leitungskanals beim Einlauf in das Reservoir Rosenhügel entnommenen Proben als in den aus dem Anfangsteile des Leitungskanals bei der Kaiserbrunnquelle entnommenen Proben gefunden wurden.

In 17 von den 60 Fällen, in denen dies hinsichtlich der Gesamtkeimzahlen zutraf, lagen beide Gesamtkeimzahlwerte unter 30. Diese Fälle bedürfen daher nach den aufgestellten Richtlinien keiner weiteren Be-

---

<sup>5)</sup> Da das Mischungsverhältnis in den Zapfstellenwässern nicht konstant war, so konnten bei diesen Berechnungen die Keimzahlen der Zapfstellenproben einem entsprechenden Teilungswerte der Summe der Keimzahlen der Proben aus dem Ende der beiden Leitungskanäle nicht gegenübergestellt werden.

<sup>6)</sup> Als Laufzeit des Wassers für die 90 km lange Strecke von der Kaiserbrunnquelle bis zum Reservoir Rosenhügel wurden gelegentlich einer Neueinleitung nach einer Reinigung 16 Stunden ermittelt.

sprechung. Die gegenseitigen Beziehungen bei den restlichen 43 Fällen sind aus Tab. 4 zu entnehmen.

Tabelle 4.

Nr.	Gesamtkeimzahl im cm <sup>3</sup>		Abweichungs- koeffizient	Arithmeti- sches Mittel der gefundenen Gesamt- keim- zahlen	Maximaler Wert des entsprechen- den Ab- weichungs- faktors (Tab. 1)
	Anfangsteil des Leitungs- kanals	Ende des Leitungs- kanals			
1	15	31	2,0	23	3,688
2	12	37	3,1	25	3,688
3	19	32	1,7	26	3,688
4	29	32	1,1	30	3,688
5	26	33	1,3	30	3,688
6	17	39	2,3	28	3,688
7	46	73	1,6	60	1,750
8	45	70	1,6	58	1,750
9	31	40	1,3	36	1,750
10	76	102	1,3	89	1,750
11	41	70	1,7	56	1,750
12	61	80	1,3	72	1,750
13	29	33	1,1	31	1,750
14	44	77	1,8	62	1,750
15	33	49	1,5	41	1,750
16	45	67	1,5	56	1,750
17	75	76	1,0	75	1,750
18	32	56	1,8	44	1,750
19	28	40	1,4	34	1,750
20	29	35	1,2	32	1,750
21	41	69	1,7	55	1,750
22	61	69	1,1	65	1,750
23	41	70	1,7	56	1,750
24	42	73	1,7	58	1,750
25	50	68	1,4	59	1,750
26	30	40	1,5	35	1,750
27	229	254	1,1	242	1,244
28	128	152	1,2	140	1,244
29	5	34	6,8	20	4,808
30	6	43	7,2	25	3,688
31	12	48	4,1	30	3,688
32	16	53	3,3	35	1,750
33	48	109	2,3	79	1,750
34	28	71	2,5	50	1,750
35	30	66	2,2	48	1,750
36	24	58	2,4	41	1,750
37	64	136	2,1	100	1,750
38	45	121	2,7	83	1,750
39	42	122	2,8	82	1,750
40	23	325	14,1	174	1,244
41	10	116	11,6	63	1,750
42	19	546	28,8	283	1,244
43	129	576	4,5	338	1,244

Wie ersichtlich, war in 28 Fällen (Nr. 1—28) der Abweichungskoeffizient kleiner als der maximale Wert des entsprechenden Abweichungsfaktors oder jenem gleich. Im Falle Nr. 29 lag die höhere Keimzahl (34) nur wenig über der oberen Grenze der Spannungsbreite, innerhalb welcher der maximale Wert des Abweichungsfaktors nicht zu berücksichtigen ist. In sieben Fällen (Nr. 33 bis 39) war der Wert des Abweichungskoeffizienten nur wenig höher als der maximale Wert des entsprechenden Abweichungsfaktors, so daß man wohl auch hier schon deshalb von einer über die zufällige Streuung hinausgehenden Abweichung nicht sprechen konnte, weil ja dem maximalen Werte des Abweichungsfaktors der Charakter einer nur orientierenden Richtzahl zukommt. Dazu kommt noch, daß das auf der Strecke Kaiserbrunn—Rosenhügel dem Wasser des Leitungskanals bei Ternitz (66 km oberhalb des Reservoirs Rosenhügel) zufließende Wasser der Stixensteinquelle die bakteriologische Qualität des Leitungskanalwassers keineswegs in günstigem Sinne beeinflusst, da das Wasser dieser Quelle zeitweise sehr hohe Keimzahlen aufweist. Das Zufließen dieses Wassers dürfte wohl auch in den Fällen Nr. 30—32 der Grund für den verhältnismäßig nicht geringen Unterschied zwischen den zwei zu vergleichenden Gesamtkeimzahlwerten gewesen sein.

Dagegen war es aber wohl nicht angängig, die großen Unterschiede bei den vier restlichen Wertpaaren Nr. 40—43 ebenfalls auf das Zufließen des Wassers der Stixensteinquelle zurückzuführen. Hier mußte eine andere Ursache vorliegen. In zwei dieser Fälle (Nr. 40 und 42) ist die Entnahme aus dem Anfangsteile des Leitungskanals bei der Kaiserbrunnquelle, wie es scheint, zu einer Zeit erfolgt, in welcher die Wassermenge mit den durch damals stattgefundenen *Regengüsse* bedingten höheren Keimzahlen entweder bereits schon vorbeigeflossen oder noch nicht an dieser Entnahmestelle eingetroffen war, während die Entnahme am Ende des Leitungskanals gerade zu dem Zeitpunkte, in dem diese Wasserwelle dort eintraf, stattfand. In den zwei anderen Fällen (Nr. 41 und 43) waren aus der Gegend der Kaiserbrunnquelle zwar keine Regengüsse gemeldet worden. Es können indes in anderen Gegenden des Quellgebietes einzelne heftige Regengüsse niedergegangen sein, da solche, wie bekannt, im Gebirge oft nur ganz eng begrenzte Gebiete berühren. Es erschien daher nicht ausgeschlossen, daß auch in den Fällen Nr. 41 und 43 heftige Regengüsse in einem Teile des Quellgebietes die Ursache der Keimzahlerhöhung bildeten.

Die Sichtung der 90 Fälle, in denen die Gärungserregerzahl in den aus dem Ende des Leitungskanals beim Einlauf in das Reservoir Rosenhügel entnommenen Proben höher war als in jenen Proben, die aus dem Anfangsteile des Leitungskanals bei der Kaiserbrunnquelle entnommen worden waren, ergab, daß in 76 derselben der Abweichungskoeffizient einen kleineren Wert aufwies als der maximale Wert des entsprechenden Abweichungsfaktors. Das Versuchsergebnis der 14 Fälle, in denen dies nicht zutraf, konnte sicherlich nicht im Sinne eines Beweises für das Einsickern von mangelhaft filtriertem Wasser in den Leitungskanal gedeutet werden. Dagegen sprach nämlich schon das eben besprochene Verhalten der Gesamtkeimzahlen. Außerdem war zu berücksichtigen, daß das Wasser der Stixensteinquelle, welches, wie schon erwähnt, der Leitungsstrecke Kaiser-

brunn—Rosenhügel bei Ternitz zufließt, im allgemeinen viel mehr Gärungserreger enthält als das der anderen Quellen, so daß hier die über die berechnete Streuungsbreite hinausgehende Abweichung der Gärungserregerzahl in dem Zufließen dieses Wassers ihre zureichende Erklärung fand. Schließlich können, wie bereits hervorgehoben, größere Gärungserregerabweichungen auch deshalb nicht verwertet werden, weil die Gärungserreger überhaupt eine sehr ungleichmäßige Verteilung aufzuweisen scheinen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die besprochenen Untersuchungen keinerlei Anhaltspunkte dafür erbracht hatten, daß in den Leitungskanal der I. HL mangelhaft filtrierte Wasser eindringt<sup>7)</sup>.

Es war daher durch die in diesem Abschnitte besprochenen Versuche einerseits der Einwand entkräftet worden, daß die bisherigen unbefriedigenden bakteriologischen Befunde des in Wien entnommenen Leitungswassers durch Drängwasser bedingt sein könnten, andererseits der Beweis dafür erbracht worden, daß die Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchungen des in Wien einlangenden Wassers der I. HL zur Beurteilung des Filtrationsvermögens des Einzugsgebietes der Quellen der I. HL herangezogen werden können.

### III.

Auf Grund der vorgenannten Ergebnisse sollte als zweite Aufgabe das Wiener städtische Gesundheitsamt weitere Belege für die Behauptung von dem mangelhaften Filtrationsvermögen eines beträchtlichen Teiles des Einzugsgebietes der Quellen der I. HL beibringen.

Es wurden daher durch mehrere Jahre (April 1927 bis Ende März 1932) täglich Proben aus dem Ende des Leitungskanals der I. HL beim Einlauf in das erste Wiener Reservoir am Rosenhügel zur Bestimmung der Gesamtkeim- und der Gärungserregerzahl entnommen und die Werte auf Millimeterpapier aufgetragen. Über dieser Eintragung wurden für jeden Tag die erforderlichen meteorologischen Daten aus der Talstation Kaiserbrunn des Einzugsgebietes

---

<sup>7)</sup> Zum Schutze des Leitungskanals sind entlang desselben Grabungen aller Art untersagt und Düngungen mit Naturdünger auf einer gewissen Breite verboten.

(Lufttemperatur, 24stündige Niederschlagsmenge, Schneehöhe) und die Ergiebigkeit der Quellen verzeichnet. Abb. 1 zeigt die betr. Darstellung für das Jahr 1929.

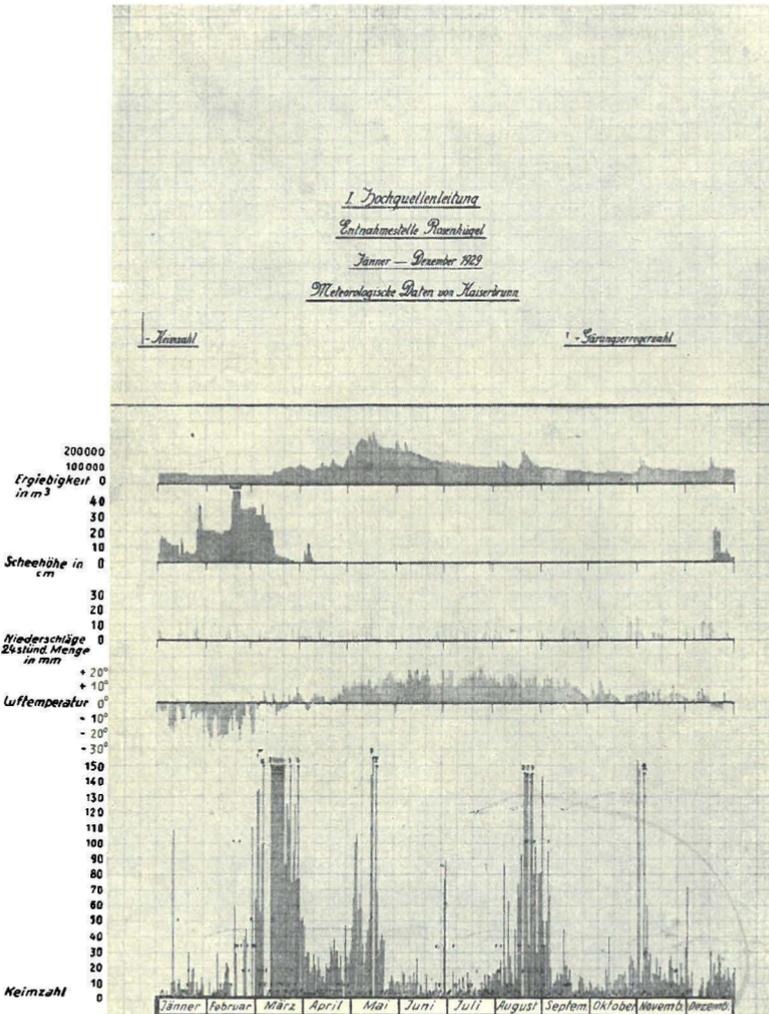


Abb. 1.

Gesamtkeim- und Gärungserregerzahlen aus dem Ende des Leitungskanals der I. HL für das Jahr 1929. Von unten nach oben; Gesamtkeime und Gärungserreger, Lufttemperatur, Niederschlag in 24 Std., Schneehöhe, Ergiebigkeit.

(Aus Ztrbl. Bakter., Parasitenk., Bd. 127.)

Man ersieht aus der Abbildung, wie im März infolge Steigens der Lufttemperatur der Schnee im Tale und an den unteren Hängen der Berge schmolz. Das gleichzeitige Ansteigen der Ergiebigkeit des Wasserspenders beweist, daß das Schneeschmelzwasser zum Teil in das Quellwasser gelangte, dessen Gesamtkeimzahlen es steigerte, weil es in den zerklüfteten, humusarmen Hängen nur mangelhaft filtrierte wurde. Dieser Steigerung folgte eine Periode verhältnismäßig niedriger Gesamtkeimzahlen, bis das Schmelzen des Schnees auf den ungefähr 1200 bis 1300 m über dem Tale gelegenen Plateaus der Gebirgsstöcke Ende April und im Mai, das sich durch eine gewaltige Erhöhung der Ergiebigkeit kundgab, eine neuerliche Gesamtkeimzahlsteigerung bewirkte. Wegen der teilweise schlechten Filtration im Quelleneinzugsgebiete verursachten auch im August Regengüsse, die sich auf Abb. 1 durch Ergiebigkeitszunahmen verraten, eine gewaltige Gesamtkeimzahl- und Gärungserregerzahlzunahme, im November eine ähnliche Gesamtkeimzahlsteigerung. Es konnte jedes Jahr die Feststellung gemacht werden, daß die Schneeschmelze nur zur Steigerung der Gesamtkeime beitrug, die sommerlichen Regengüsse aber sowohl die Gesamtkeime wie auch die Gärungserreger vermehrten<sup>8)</sup>.

Die vorstehenden Untersuchungsergebnisse lieferten weitere schwerwiegende Beweise für das mangelhafte Filtrationsvermögen eines beträchtlichen Teiles des Einzugsgebietes der Quellen der I. HL.

Sie führten auch zu dem gewünschten Erfolg. Nicht nur die Amtsstellen, sondern auch die Touristen- und Wintersportvereine sowie die landwirtschaftlichen Kreise gewannen eine richtige Vorstellung von dem Zustande des Wassers der I. Wiener HL.

#### IV.

Die letzte Aufgabe bestand darin, jene Quellen zu ermitteln, für welche außer den allgemeinen noch besondere Quellschutzmaßnahmen erforderlich sein würden.

Zur Klärung dieser Frage wurde das Wasser der einzelnen Quellen der I. HL bakteriologisch untersucht und die Ergebnisse in der gleichen Art wie im Abschnitt III dargelegt graphisch dargestellt. Die Häufigkeit der Untersuchungen hing von der Wichtigkeit der einzelnen Quellen und von der Durchführbarkeit der Untersuchungen ab.

---

<sup>8)</sup> Die niederen Gesamtkeimzahlen bewegten sich zwischen wenigen und 20 Keimen/cm<sup>3</sup>, die niederen Gärungserregerzahlen zwischen 0 und 17/100 cm<sup>3</sup>. Bei Gesamtkeimzahlsteigerungen wurden im allgemeinen Werte von 100 bis 500, manchmal sogar über 1000 Keimen im Kubikzentimeter, bei Gärungserregerzahlsteigerungen solche zwischen 33 und 100, manchmal sogar über 100/100 cm<sup>3</sup> ermittelt.

Die bakteriologischen Untersuchungen beschränkten sich hierbei im allgemeinen auf die Bestimmung der Gesamtkeimzahl. Nur vorübergehend wurden auch die Gärungsreger quantitativ bestimmt. Außer den bakteriologischen Untersuchungen wurden im Jahre 1927 auch chemische Untersuchungen der Quellwässer ausgeführt.

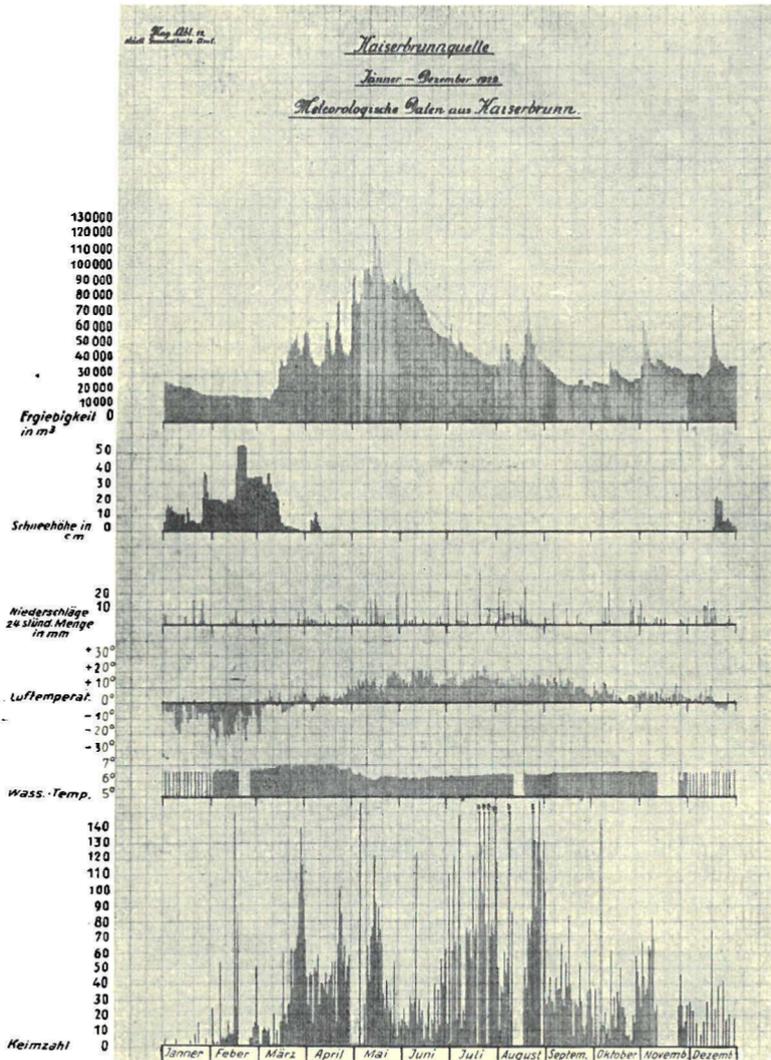


Abb. 2. Bakteriologische Verhältnisse einer Quelle der I. HL (vgl. Abb. 1).  
(Aus Ztrbl. Bakter., Parasitenk., Bd. 127.)

Abb. 2 zeigt die graphische Auftragung für eine Quelle für das Jahre 1929. Diese Darstellung ergibt ungefähr dasselbe Bild wie Abb. 1 bis auf eine kleine Gesamtkeimzahlsteigerung im Februar infolge einer lokalen Schneeschmelze.

Eine für den Betrieb einer Quellwasserversorgungsanlage sehr wichtige Tatsache, auf die zuerst Reichel hingewiesen hat, ist aus Abb. 2 zu ersehen, nämlich, daß die Steigerung der Gesamtkeimzahlen im allgemeinen erst einige Tage nach der Ergiebigkeitssteigerung auftrat. Dies geht besonders deutlich aus der Gesamtkeimzahl- und Ergiebigkeitssteigerung im Monat März hervor.

Diese Feststellung, die wiederholt gemacht werden konnte, zeigte auch, wie Reichel in seinem Gutachten zutreffend hervorgehoben hatte, daß die beobachtete Gesamtkeimzahlsteigerung in der Hauptsache durch das Zufließen von solchem Schneeschmelz- und Regenwasser bewirkt war, das auf der Bodenoberfläche des engeren und weiteren Einzugsgebietes verunreinigt worden ist, und nicht etwa auf das Eindringen von Tagwässern durch Undichtheiten in der Nähe der Quellfassungen zurückzuführen war. Auch der allfälligen Deutung, daß die Gesamtkeimzahlen durch Abspülen vorher nicht benetzter Stellen der Felsklüfte erhöht werden, ist durch diese Feststellung der Boden entzogen worden. Denn wenn jene Deutung richtig wäre, dann müßte die Gesamtkeimzahlsteigerung gleichzeitig mit der Ergiebigkeitssteigerung einsetzen. Die von der Bodenoberfläche eindringenden verunreinigten Schneeschmelz- und Regenwässer verursachen offenbar, wie Reichel ausführte, auf hydrostatischem Wege ein Anschwellen der Quellen, wobei die im Berge schon vorhandenen noch reinen Wassermassen zuerst austreten, indem sie aus dem Grundwasserbecken hinausgedrückt werden. Erst wenn die verunreinigten Schneeschmelz- und Regenwässer den Quellen entströmen, kommt es zu einer Gesamtkeimzahlsteigerung.

Die graphisch aufgetragenen Ergebnisse ermöglichten es, sich rasch ein Urteil über das Filtrationsvermögen im Einzugsgebiete der einzelnen Quellen zu bilden. Die Durchsicht der einzelnen Graphika ergab, daß alle ergiebigen Quellen und die Mehrzahl der Quellen mit geringerer Ergiebigkeit zur Zeit der Schneeschmelze und zur Zeit der Regengüsse eine zeitweilig andauernde Gesamtkeimzahlsteigerung, in der letzteren Zeit auch eine Gärungserregerzahlsteigerung verschiedener Höhe aufwies. Es konnten Quellen mit starken und solche mit geringeren Steigerungen unterschieden werden.

Bei Berücksichtigung der Ergiebigkeitsschwankungen der einzelnen Quellen zeigte sich, daß Quellen mit großen Er-

giebigkeitsschwankungen auch stets starke Gesamtkeimzahlsteigerungen aufwiesen und umgekehrt, wie dies aus Abb. 3 ff. hervorgeht.

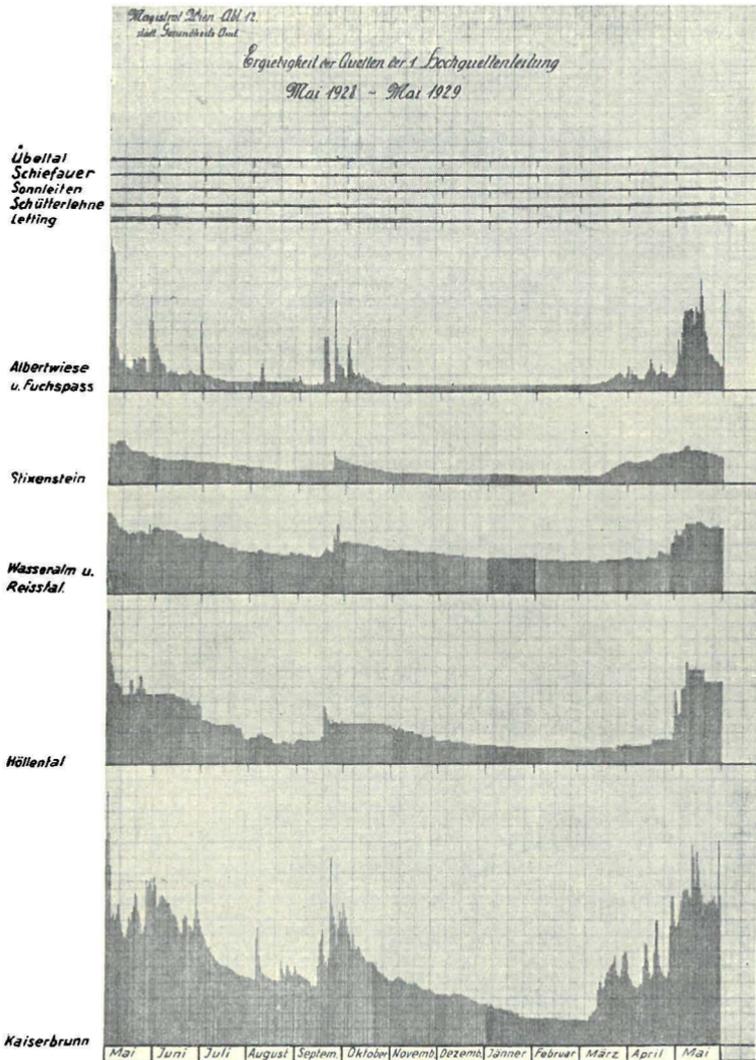


Abb. 3. Ergiebigkeit von Quellen im Einzugsgebiet der I. HL.

(Aus Ztrbl. Bakter., Parasitenk., Bd. 127.)

Aus dieser Darstellung erkennt man sofort, daß die Quellen, deren Ergiebigkeiten über dem ersten und zweiten horizontalen Striche von unten aufgetragen sind, ziemlich bedeutende Ergiebigkeitsschwankungen aufwiesen. Sehr auffallende Ergiebigkeitsschwankungen sind auch über dem fünften Striche von unten verzeichnet. Diese Schwankungen zeigten, wie man aus den Beobachtungen an Ort und Stelle weiß, nur die eine der beiden Quellen, deren Ergiebigkeiten gemeinsam über diesem Strich verzeichnet sind<sup>o)</sup>. Es zeigten daher drei Quellen (Nr. 1, 2 und 6) bedeutende Ergiebigkeitsschwankungen.

Es sind dies durchaus Quellen mit hohen Gesamtkeimzahlen zur Zeit der Schneeschmelze und zur Zeit der sommerlichen Regengüsse und mit hohen Gärungserregerzahlen zur Zeit der sommerlichen Regengüsse. Dagegen zeigten die Quellen, deren Ergiebigkeiten über dem dritten und vierten, und die eine von den Quellen, welche über dem fünften horizontalen Striche von unten aufgetragen sind (Quellen Nr. 3, 4, 5 und 7), geringere Ergiebigkeitsschwankungen. Es sind dies Quellen, bei denen mit Ausnahme von Nr. 3 die bakteriologischen Befunde verhältnismäßig günstiger waren als die der zuerst besprochenen Quellen. Quelle Nr. 3 schwankte jedoch in einem anderen Jahre ziemlich stark in der Ergiebigkeit.

Diese Feststellung erhärtete die große Wichtigkeit der Beobachtung der Ergiebigkeitsschwankungen für die hygienische Beurteilung von Quellwasserversorgungsanlagen.

Abb. 3 zeigt aber auch, daß sechs Quellen (Nr. 7—12) im Einzugsgebiete der I. HL eine äußerst geringe Ergiebigkeit aufwiesen. Es sind dies jene fünf Quellen, deren Ergiebigkeiten über den fünf obersten horizontalen Strichen aufgetragen sind, und die eine der zwei Quellen, deren Ergiebigkeiten über dem fünften horizontalen Strich von unten verzeichnet sind.

Die chemischen Untersuchungen der Quellen der I. HL wurden im Jahre 1927 an drei Tagen, und zwar in der Zeit vor der Schneeschmelze (23. März), während der Schneeschmelze auf den Plateaus (5. Mai) und im Hochsommer (21. August) ausgeführt. Das Ergebnis war, daß das Quellwasser zur Zeit der Schneeschmelze auf den Plateaus nur hinsichtlich der Härte und des Rückstandes von den zwei anderen in demselben Jahre gefundenen Werten abwich. Wie aus der Tab. 5, welche die Gesamthärtewerte wiedergibt, zu ersehen ist, zeigten alle Quellen mit Ausnahme der Quelle Nr. 5 zur Zeit der Schneeschmelze auf den Plateaus eine Verringerung der Gesamthärte (und selbstverständlich auch des Rückstandes).

Dieser Befund unterstützte die aus den oben in einem Beispiele wiedergegebenen graphischen Darstellungen sich ergebenden Schlüsse. Diese graphischen Darstellungen ließen nämlich bei allen ergiebigeren Quellen, mit Ausnahme der Quelle Nr. 5, Gesamtkeimzahlsteigerungen nicht nur zur Zeit

<sup>o)</sup> Die Ergiebigkeiten der Quellen 4 und 5 sowie 6 und 7 konnten aus äußeren Gründen nur gemeinsam angegeben werden.

Tabelle 5. Gesamthärte der Quellen der I. Hochquellenwasserleitung.

Nr.	Quelle	Gesamthärte am		
		23. März 1927	5. Mai 1927	21. August 1927
1	Kaiserbrunn . . .	7,2	6,2	7,1
2	Höllental . . . .	7,2	6,4	7,1
3	Stixenstein . . .	13,7	13,0	13,5
4	Wasseralm . . . .	7,9	6,3	7,7
5	Reißtal . . . . .	10,0	10,0	10,7
6	Fuchspaß . . . .	8,3	7,3	8,4
7	Albertwiese . . .	11,2	10,6	10,9
8	Übental . . . . .	13,4	12,8	13,2
9	Schütterlehne . .	12,7	12,3	12,4
10	Sonnleiten . . . .	7,6	6,9	7,9
11	Schiefauer . . . .	13,2	12,6	15,2
12	Letting . . . . .	9,9	9,1	9,7

der Schneeschmelze im Tale und an den Hängen und zur Zeit der sommerlichen Regengüsse, sondern auch zur Zeit der Schneeschmelze auf den Plateaus erkennen.

Es wies daher das Ergebnis der bakteriologischen wie auch der chemischen Untersuchungen darauf hin, daß zu dem Einzugsgebiete der Hauptquellen der I. HL (Nr. 1—6, Tab. 5) mit einer Ausnahme nicht nur die Hänge, sondern auch die Plateaus jener Gebirgsformationen gehören, an deren Fuß die Quellen entspringen (Rax, Schneeberg, Schneeealpe). Die Ausnahme betrifft die Quelle Nr. 5. Für diese Quelle hatten die vorliegenden Versuche keinerlei Anhaltspunkte dafür erbracht, daß ihr Wassermassen von den Hochflächen der Gebirgsstöcke zuströmen.

Wie aus Tab. 6 zu ersehen, stieg während der Untersuchungszeit im Jahre 1927 die Temperatur der Quellen Nr. 5, 7, 8, 10, 11 ständig an,

Tabelle 6.

Mittlere Wassertemperaturen der Quellen der I. Hochquellenwasserleitung.

Nr.	Quelle	Mittlere Wassertemperatur (1927) in °C				
		April	Mai	Juni	Juli	August
1	Kaiserbrunn . . .	6,68	6,11	6,11	6,24	6,37
2	Höllental . . . .	6,12	5,86	5,86	5,91	—
3	Stixenstein . . .	—	8,32	8,20	8,35	—
4	Wasseralm . . . .	5,63	5,40	5,52	5,58	5,68
5	Reißtal . . . . .	6,46	6,70	6,95	7,15	7,40
6	Fuchspaß . . . .	6,25	6,11	6,29	6,39	6,47
7	Albertwiese . . .	7,97	8,13	8,46	8,63	8,92
8	Übental . . . . .	6,60	7,25	7,83	8,12	8,43
9	Schütterlehne . .	6,53	6,55	6,60	6,56	6,73
10	Sonnleiten . . . .	5,57	5,71	6,04	6,22	6,56
11	Schiefauer . . . .	4,95	6,05	7,47	8,41	9,05
12	Letting . . . . .	5,73	5,75	5,88	5,88	6,04

während die übrigen Quellen keinen solchen Temperaturanstieg aufwiesen. Eine Erklärung dieser Tatsache wird erst möglich sein, wenn ein größeres Beobachtungsmaterial vorliegt.

Bei Sichtung der Untersuchungsergebnisse und ihrer graphischen Auftragungen im Hinblick auf die gestellte Frage, jene Quellen zu ermitteln, für welche außer den allgemeinen noch besondere Quellenschutzmaßnahmen erforderlich sind, konnte man zunächst sagen, daß für jene Quellen, deren Ergiebigkeit gering sind (Nr. 7—12), schon deshalb keine besonderen Maßnahmen erforderlich sind, weil das Wasser dieser Quellen nur einen verschwindenden Bruchteil des Wiener Konsumwassers ausmacht. Dagegen sind natürlich für die Quellen Nr. 1, 2, 3 und 6, welche besonders starke Ergiebigkeitsschwankungen und Gesamtkeimzahlsteigerungen aufwiesen, sicherlich solche Maßnahmen angezeigt.

Die Maßnahmen gelangten bereits zur Durchführung und bestanden außer den bei allen Quellen ausgeführten Einfriedungen des engeren Quellengebietes mit Drahtgittern in Abschließungen größerer Flächen im Einzugsgebiete der Quellen, in Wildbachverbauungen und in Verlegungen von Touristenwegen. Die beiden restlichen Quellen (Nr. 4, 5), welche geringere Ergiebigkeitsschwankungen aufwiesen, und bei denen der bakteriologische Befund besser ausfiel als bei den gerade besprochenen Quellen, erfordern zwar einen stärkeren Schutz als die zuerst genannten Quellen (Nr. 7—12), doch keineswegs in dem Ausmaße wie die Quellen Nr. 1, 2, 3 und 6. Bei diesen Quellen wurden besonders wirksame und ausgedehnte Abfriedungen angelegt.

## V.

Da sich, wie in dem vorhergehenden Abschnitte dargelegt wurde, das Einzugsgebiet der großen Hauptquellen so ziemlich mit den Grenzen der Gebirgstöcke deckt, an deren Fuß diese Quellen entspringen, so müssen sich die allgemeinen Quellenschutzmaßnahmen auf die Gesamtheit dieser Gebirgsformationen erstrecken. Zu diesen allgemeinen Maßnahmen gehören eine in hygienischer Hinsicht zulässige Gebarung mit den Schutzhüttenabwässern, die Hintanhaltung der Errichtung von Unterkunfthäusern in schlecht filtrierenden Teilen des Einzugsgebietes der Quellen der I. HL und schließlich die Entfernung von Unterkunfthäusern, deren Lage eine derartige ist, daß jede Art der dortselbst stattfindenden Bodenverunreinigung unzweifelhaft auf kurzem Wege in das Quellwasser gelangen muß. Diese allgemeinen Maßnahmen werden stets in Berücksichtigung berechtigter und erfüllbarer Wünsche der Touristen- und Wintersportkreise durchgeführt. Als Grundsatz galt und gilt, daß nur solche Wege und Gebiete dem menschlichen Verkehre entzogen werden sollen, von denen aus eine Verunreinigung

der Quellen mit großer Wahrscheinlichkeit möglich erscheint. Die vorgebrachten Einwände der landwirtschaftlichen Kreise gegen die Quellschutzmaßnahmen konnten mit dem Hinweis auf den Umstand zum Verstummen gebracht werden, daß von einer Ausdehnung der Quellschutzmaßnahmen auf gute Weiden schon deshalb niemals die Rede sein kann, weil solche Weiden einen gut bewachsenen und auf genügend mächtigen Verwitterungsschichten des Gebirges liegenden Boden aufweisen, so daß auf solche Weiden aufgebrauchte Verunreinigungen zufolge des guten Filtrationsvermögens ihres Untergrundes nicht in die Quellen gelangen können. Außerdem läßt sich die Ableitung der Abwässer der Weiden ungefährlich gestalten und leicht überwachen.

## VI.

Wie oben dargelegt, tritt die Steigerung der Gesamtkeimzahlen erst einige Tage nach der Ergiebigkeitssteigerung auf. Dieser Umstand weist auf einen Weg zur rechtzeitigen Ausschaltung verdächtiger Quellwässer. Gelingt es durch irgendwelche betriebstechnische Einrichtungen, die Wasseraufseher der einzelnen Quellen von dem Beginne der Ergiebigkeitssteigerung rechtzeitig in Kenntnis zu setzen, so besteht die Möglichkeit, das Wasser jener Quellen, welche plötzliche Ergiebigkeitssteigerungen zeigen, auszuschalten, bevor es verdächtige Verunreinigungen von der Bodenoberfläche aufnimmt. Der große Wert einer solchen Einrichtung ist wohl jedem klar, der weiß, wie sehr die bakteriologische Wasseruntersuchung den Ereignissen nachhinkt. Frühestens 48 Stunden nach dem Erscheinen des verdächtigen Wassers kann das bakteriologische Laboratorium die Gesamtkeimzahlsteigerung feststellen. Und von diesem Zeitpunkte an vergeht in der Regel noch immer eine gewisse Zeit, bis das Wasserwerk den Befund erfährt und verwertet.

Die langjährigen Beobachtungen der Quellen der Wiener HL hatten nun gezeigt, daß mit den meisten erheblichen Ergiebigkeitssteigerungen der Quellwässer auch eine leichte Trübung dieser Wässer einsetzt. Es ist also die Ergiebigkeitssteigerung mit einer aus betriebstechnischen Gründen (wegen der Schlammablagerung und wegen der Nachteile für gewisse Industrien, wie Färbereien, chemische Fabriken usw.) unerwünschten Erscheinung vergesellschaftet. Es hatten daher die Wiener städtischen Wasserwerke seit jeher ein Interesse daran, dieses leicht getrübe Wasser nicht in den Leitungskanal gelangen zu lassen. Dieses Interesse wurde natürlich durch die Aussicht, mit dem unerwünschten getrübten Wasser zugleich auch das hygienisch bedenkliche Wasser ausschalten zu können, wesentlich gesteigert.

Um die Ausschaltung des trüben Quellwassers rechtzeitig zu sichern, ist ein eigener Überwachungsdienst organisiert, bei dem das Wasser mittels der Durchsichtigkeitsmessung (Schriftprobe) auf Trübung geprüft wird. Da

diese Methode indes subjektiven Fehlerquellen unterliegt, so wurde auf Anregung des Vorstandes der Wiener städtischen Wasserwerke, Herrn Senatsrats Ing. Schönbrunner, vom Laboratorium Ing. Strauß in Wien in Zusammenarbeit mit den Wiener städtischen Wasserwerken ein Apparat zur automatischen Anzeige der Wassertrübung mit Alarmeinrichtung konstruiert<sup>10)</sup>. Durch ein Glasrohr von 50 cm Länge fließt ständig das zu prüfende Wasser. An dem einen Ende des Rohres befindet sich eine elektrische Lichtquelle von einer bestimmten, konstant gehaltenen Lichtstärke, während am anderen Ende eine lichtempfindliche photoelektrische Zelle angebracht ist. Die photoelektrische Zelle erhält jenen Anteil der von der Lichtquelle ausgesendeten Lichtmenge, der nach Durchsetzen der Wassersäule und der das Glasrohr abschließenden Gläser noch übrigbleibt. Die in der photoelektrischen Zelle entstehenden Photoströme betätigen einen selbstschreibenden Registrierapparat, der Ordinaten aufzeichnet, deren Größe ein direktes Maß für die Trübung des Wassers gibt. Bei einer bestimmten, empirisch festgelegten Ordinatenlänge wird ein Alarmsignal in Tätigkeit gesetzt, worauf der Wasserleitungsaufseher das Wasser der betreffenden Quelle von der Einleitung in den Leitungskanal auszuschalten hat.

Der Apparat wird zunächst noch erprobt und soll, sobald er sich bewährt hat, bei den in Betracht kommenden Quellen benutzt werden.

## VII.

Für die Beantwortung der Frage, ob die durchgeführten Quellschutzmaßnahmen ausreichen, ist die Statistik der Typhuserkrankungen und der Typhustodesfälle entscheidend. Ein Blick auf Tab. 7, welche die in Wien gemeldeten Typhuserkrankungen und Typhustodesfälle seit dem Jahre 1900 wiedergibt, zeigt, daß im letzten Jahrzehnt keine Zunahme der gemeldeten Typhuserkrankungen und Typhustodesfälle zu verzeichnen ist. Trotz dem durch den Aufschwung der Touristik und des Wintersportes bedingten weitaus stärkeren Besuch des Einzugsgebietes der I. HL ist demnach keine Vermehrung der Typhusausbreitung in Wien eingetreten. Man kann daher wohl mit Recht behaupten, daß die hygienische Beschaffenheit der I. HL in ihrer früheren Güterhalten geblieben ist, und daß somit die getroffenen Quellschutzmaßnahmen ausreichen.

Wie Tab. 7 zeigt, haben Typhuserkrankungen und -todesfälle in den letzten Jahren sogar abgenommen. Diese Abnahme auf eine Verbesserung der hygienischen Beschaffenheit des Wassers der derzeitigen Wiener Zentralwasserversorgungsanlage zurückzuführen, ist natürlich nicht zugänglich, weil dieses Wasser bisher noch niemals als die Ursache einer Typhuserkrankung angesprochen werden konnte. Die Wiener Typhusfälle sind nämlich auf auswärtige Ansteckungen, namentlich zur sommerlichen Ausflugs- und Reisezeit, auf Milchinfektionen und auf Ansteckungen durch Typhusbazillenaus-scheider und Typhusranke zurückzuführen.

<sup>10)</sup> Drennig, „Wassertrübungen und Trübungsmessungen“, Ztschr. Österr. Ver. Gas-Wasserfachmänner, Heft 9, S. 133 [1932].

Tabelle 7. Gemeldete Typhuserkrankungen und Typhustodesfälle in Wien in den Jahren 1900—1932.

Jahr	Typhuserkrankungen		Typhustodesfälle	
	absolut	auf 100 000	absolut	auf 100 000
1900	710	41	137	8
1901	405	23	76	4
1902	308	18	51	3
1903	356	20	69	4
1904	345	20	60	4
1905	477	26	84	5
1906	499	25	95	6
1907	422	21	52	3
1908	471	24	86	4
1909	373	19	60	3
1910	472	24	82	4
1911	320	26	48	2
1912	229	12	43	2
1913	312	16	49	2
1914	1 144		282	
1915	2 869		563	
1916	675		99	
1917	762		160	
1918	852		244	
1919	701		170	
1920	486	27	111	6
1921	530	29	121	7
1922	415	23	85	5
1923	386	21	49	3
1924	390	21	70	4
1925	437	23	85	5
1926	287	15	41	2
1927	182	10	33	2
1928	256	14	49	3
1929	255	14	45	2
1930	179	10	25	1
1931	194	10	35	2
1932	185	10	27	1

\*) Einschließlich Militärpersonen.

Mit der Zunahme der hygienischen Kultur, der Assanierung der Orte in der Umgebung von Wien, der Verbesserung der Milchhygiene und mit der Verschärfung des Vorgehens gegenüber den Typhusbazillenausscheidern mußten natürlich zwangsläufig auch die Typhusfälle in Wien abnehmen.

### VIII.

Zum Schlusse noch einige Worte zu den öfters vorgebrachten Einwendungen, warum die Gemeinde Wien nicht lieber an Stelle der Quellschutzmaßnahmen im Einzugsgebiete der Quellen eine

Chlorung der Quellwässer vornimmt. Alle jene, welche diesen Einwand in Berücksichtigung der ihnen geläufigen Verhältnisse bei anderen Städten machen, möchten wir daran erinnern, daß die Art der zum Schutze von Wasserversorgungsanlagen zu treffenden Maßnahmen von den lokalen Verhältnissen abhängt, und daß daher Maßnahmen, die zum Schutze der Wasserversorgung der einen Stadt angezeigt sind, dies keineswegs für eine andere Stadt sein müssen.

Nach unserer Ansicht muß bei schlechten Filtrationsverhältnissen im Einzugsgebiete von Quellen, die aus höheren Gebirgen gespeist werden, die erste Sorge der Reinerhaltung des Einzugsgebietes gelten. Die Reinerhaltung des Einzugsgebietes ist bei dieser Art von Quellen zufolge der Besiedlungsart der Gegenden, in denen diese Quellen entspringen, nicht allzu schwer zu erzielen. Die Chlorung muß bei solchen Quellen die ultima ratio bilden.

Wir müssen stets trachten, ein Quellwasser, welches mit großen Kosten über weite Strecken zugeleitet wird, auf dessen Besitz die Gemeinden wegen seiner niederen Temperatur und seiner chemischen Reinheit berechtigterweise stolz sind, in seiner natürlichen Beschaffenheit zu belassen. In den Augen unserer Bevölkerung sinkt der Wert eines Wassers, wenn dieses Wasser irgendeinem Behandlungsverfahren unterzogen wird; auch dann, wenn durch eine solche Behandlung keine Verringerung des Geschmackswertes und keine Erhöhung der Temperatur eintritt.

Es ist wohl hauptsächlich die Vorstellung, daß der Grund für eine solche Behandlung in einer ursprünglich unappetitlichen Beschaffenheit des Wassers gelegen sein könnte, die unsere Bevölkerung bei ihrem guten ästhetischen Empfinden veranlaßt, sich gegen Wasserbehandlungsverfahren zu stellen.

Das Volksempfinden ist für Appetitlichkeit.

Wir müssen trachten, dieses Volksempfinden, das uns bei der Verhütung und Bekämpfung der übertragbaren Krankheiten so hilfreiche Dienste leistet, zu pflegen und zu unterstützen.

Daher muß unser erstes Streben der Reinerhaltung des Wassers gelten.