Über „natürliche Filtration“ des Bodens.

Von

W. Prausnitz.

(Hierzu Taf. I.)

Das Hochwasser, welches im Monat Mai wegen seiner außergewöhnlichen Stärke an vielen Orten Schaden hervorgerufen hat, hat auch die an der Mur gelegenen Brunnen des Grazer Wasserwerks in ungünstiger Weise beeinflußt. Das Wasser, welches nach den über drei Jahrzehnte gemachten Erfahrungen stets klar und rein ist und nach den mehr als ein Jahrzehnt gemachten bakteriologischen Untersuchungen, abgesehen von einigen wenigen Tagen bei Hochwasser, einen minimalen Gehalt an Mikroorganismen zeigte, war insofern erheblich verändert, als der Gehalt an Mikroorganismen eine früher nie beobachtete Höhe ergab.

Die veränderte Beschaffenheit des Wassers hat offenbar auch auf den Gesundheitszustand der Bevölkerung einen ungünstigen Einfluß ausgeübt, und es ist mit einer an Sicherheit grenzenden Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß die durch das unvorhergesehene und in seiner Stärke nicht zu erwartende Elementarereignis bedingte Veränderung des Wassers einen Teil der Magendarmerkrankungen hervorgerufen hat, welche während der Hochwasserperiode zu beobachten waren. Diese Erscheinungen haben ausgedehnte Untersuchungen veranlaßt, welche keineswegs nur lokales Interesse haben, sondern einen nicht uninteressanten Beitrag zur Frage der „natürlichen Filtration“ des Grundwassers bieten und deshalb hier eingehender besprochen werden sollen.

Erkrankungen.

In der Stadt waren über die Zahl der Erkrankungen die divergierendsten Gerüchte verbreitet; es wurde von Zehntausenden von Fällen gesprochen, ja sogar behauptet, daß die Hälfte der Bevölkerung, wenn auch in leichterem Grade, erkrankt gewesen wäre. Genauere Angaben

über die Ausdehnung der vorgekommenen Erkrankungen zu machen, ist man selbstverständlich nicht in der Lage, weil eine allgemeine Verpflichtung, diese Krankheitsfälle anzuzeigen, nicht besteht. Um möglichst sichere Anhaltspunkte zu gewinnen, habe ich folgendes getan:

Ich habe mich erstens an solche Betriebe bzw. Unternehmungen gewandt, welche über den Gesundheitszustand ihrer Angestellten unterrichtet sein müssen, weil dieselben, wenn auch nur leichter erkrankt, ihren Dienst nicht machen können.

So erhielt ich von der k. k. Post- und Telegraphendirektion für Steiermark und Kärnten folgende Zahlen:

Tabelle I.

Nachweis über die im Monat Mai der Jahre 1905, 1906 und 1907 beobachteten Erkrankungen, insbesondere Magendarmerkrankungen des Personals in Graz.

	1905			1906			1907		
	Beamte	Diener	zusammen	Beamte	Diener	zusammen	Beamte	Diener	zusammen
1. Zahl der Beamten und Diener	475	415	890	476	417	893	476	418	894
2. Zahl der Erkrankungsfälle überhaupt	63 = 7 Prozent			65 = 7.27 Prozent			58 = 6.48 Prozent		
3. Zahl der Magendarmerkrankungen	7 = 0.78 Prozent			6 = 0.67 Prozent			11 = 1.24 Prozent		

Die Grazer Tramway-Gesellschaft übergab mir Zahlen, deren Zusammenstellung folgende Tabelle liefert:

Tabelle II. Grazer Tramway.

Jahr	Personen im Dienst	Zahl aller ¹ erkrankten Arbeiter	in Prozent	Anzahl der Krankheits-tage
1. Kontrolleure, Kondukteure, Wagenführer und Streckenwärter.				
Mai 1905	211	15	7.1	111
„ 1906	208	9	4.3	99
„ 1907	238	16	6.7	108
2. Arbeiter der Remise, des Maschinenhauses und des Oberbaues.				
Mai 1905	61	6	9.8	44
„ 1906	50	3	6.0	10 ¹ / ₂
„ 1907	45	5	11.1	35 ¹ / ₂

¹ Die Magen-Darmerkrankungen sind nicht besonders aufgezeichnet.

Über den Gesundheitszustand eines erheblich größeren Teils der Bevölkerung orientieren Zahlen, welche ich von der allgemeinen steiermärkischen Arbeiter-Kranken- und Unterstützungskasse in Graz erhielt.

Tabelle III.

Allgemeine steierm. Arbeiter-Kranken- und Unterstützungskasse in Graz.

Zeit	Mitglieder- stand Ende des Monats	Er- krankungen überhaupt	Erkrankungen an Magen- und Darmkatarrh		
			Zahl	in Prozent des Mitgliederstandes	in Prozent des Krankenstandes
Mai 1905	19 793 ¹		129	0.65	
„ 1906	20 693 ¹	583	108	0.52	20.53
„ 1907	20 666 ¹	526	153	0.74	29.09

¹ Von denen zwar ein nicht unerheblicher Teil in der Umgebung von Graz wohnt, aber wohl zumeist im Gebiet von Graz während des Tages tätig ist.

Ihr Mitgliederstand (s. Tabelle III) entspricht etwa dem siebenten Teil der Bevölkerung. Nur die erwachsenen Arbeiter und Arbeiterinnen, nicht aber deren Familienangehörige sind Mitglieder der Kasse. Die Familienangehörigen der Kassenmitglieder werden gewöhnlich von den städtischen Bezirksärzten, denen die kostenlose Behandlung der ärmeren Bevölkerung obliegt, behandelt. Nach Mitteilung des Chefarztes der Kasse Dr. Kink, welcher gleichzeitig auch städtischer Bezirksarzt ist, kann man die Zahl der von der allgemeinen Krankenkasse und den Bezirksärzten zu behandelnden Personen zusammen auf etwa 45000, fast etwa ein Drittel der Grazer Bevölkerung, rechnen.

Tabelle IV.

Von den städtischen Bezirksärzten wurden folgende Erkrankungen an akutem und chronischem Magen- und Darmkatarrh gemeldet.

Jahr	Summe aller Kranken	männ- lich	weib- lich	im ersten Lebens- jahr	über 1 bis 5 Jahre alt	über 5 bis einschließlich 15 Jahre alt	aus fremden Gemeinden überbracht
Mai 1904	46	14	32	7	5	5	—
„ 1905	70	20	50	8	6	8	—
„ 1906	48	17	29	11	5	7	—
„ 1907	74	22	52	8	2	16	—

Die Zahlen der zweiten großen Grazer Kasse sind auf der nun folgenden Tabelle V angegeben.

Tabelle V.

Bezirks-Krankenkasse I.

Nachweis über die im Monat Mai der Jahre 1905, 1906 und 1907 beobachteten Erkrankungen, insbesondere der Magendarmerkrankungen.

Jahr	Mitglieder-stand	Erkrankungen überhaupt	in Prozent	Erkrankungen am Magendarmkatarrh	in Prozent	Krankentage
1905	17 340	527	3.04	42	0.24	630
1906	16 637	542	3.26	50	0.3	705
1907	17 173	550	3.2	87	0.5	993

Ich teile in Tabelle VI den mir vom Stadtphysikat überlassenen Bericht über die „in der Garnison Graz in der Zeit vom 11. bis 25. Mai 1907 in auffallender Zahl zugegangenen akuten Magendarmerkrankungen“ dem Wortlaut nach mit.

Es ist auffallend, daß von den beiden Infanterieregimentern mit gleichem Mannschaftsstand das eine eine relativ sehr große Zahl von Erkrankungen zu beklagen hatte, während das andere keine Erkrankungen aufweist, obwohl gerade im letzteren sehr empfindliche, sonst zu Erkrankungen besonders neigende Personen (bosnisch-herzegowinische Bevölkerung) eingereiht sind. Bemerkenswert ist ferner die unter 6 gemachte Mitteilung, daß „bei der im Krankenstande befindlichen Mannschaft kein auffallender Zugang an Magendarmerkrankungen beobachtet“ wurde. Diese Angabe veranlaßt mich hervorzuheben, daß in unserm auch die Universitätskliniken beherbergenden allgemeinen Krankenhause (ca. 1200 Kranke), wie in dem unter besonderer Verwaltung stehenden Kinderspital (inkl. Kinderklinik) eine irgendwie auffallende Zahl von Magendarmkrankheiten ebenfalls nicht zur Beobachtung gelangte.

Dagegen sind gerade in der wohlhabenderen Bevölkerung relativ viele Personen erkrankt, so daß einzelne der praktizierenden Ärzte sehr stark beschäftigt waren. Von ihnen wurde berichtet, daß das Bild ihrer Praxis ein ganz verändertes war, indem sie hauptsächlich Magendarm-erkrankungen zum Teil ernsteren Charakters zu behandeln hatten.

Wenn ich über die Erkrankungen von Schülern keine besonderen Zahlen mitteile, so geschieht dies deshalb, weil ich von einzelnen Schulen erfuhr, daß kein abnormer Krankenstand herrschte, während mir von einer Knabenschule berichtet wurde, daß auf die Frage des Schularztes, ob einzelne von ihnen erkrankt gewesen wären, sich der größere Teil der Klasse joci causa als krank meldete.

Wir müssen aus den obigen Berichten den sicheren Schluß ziehen, daß im Mai 1907¹ eine größere Zahl von Personen an Magendarm-erkrankungen litt, wobei wir noch hervorheben wollen, daß gewiß auch nicht wenige Erkrankungen vorkamen, bei welchen ärztliche Hilfe nicht zugezogen wurde, wir müssen jedoch andererseits die auch in die ausländische Tagespresse übergegangenen Berichte von Zehntausenden von Erkrankungen als eine absolut grundlose Übertreibung hinstellen.

Die meteorologischen Verhältnisse in der kritischen Zeit.

Aus dem Vorstehenden ist zu entnehmen, daß zur Zeit der dies-jährigen Hochwasserperiode eine gehäufte Anzahl von Magendarm-erkrankungen in Graz vorgekommen ist. Es lag, wie besprochen, nahe, oder richtiger, es war das Nächstliegende bei diesem explosionsartigen Auftreten von Verdauungsstörungen, daran zu denken, daß die Wasser-versorgung die Veranlassung gewesen ist. Diese Annahme muß zum mindesten als eine höchstwahrscheinliche bezeichnet werden, wie dies weiter unten bewiesen werden wird. Zunächst soll jedoch über die meteo-rogischen Verhältnisse berichtet werden, welche das epidemische Auf-treten der Erkrankungen, wenn auch nicht direkt veranlaßt, so doch in-direkt unterstützt haben können. Es ist eine alte Erfahrung, daß Magen-darmstörungen besonders in der heißen Jahreszeit vorkommen, während sie in unserem Fall in die Mitte und zweite Hälfte des Mai fielen. Wie waren die Temperaturverhältnisse in dieser Zeit, wichen sie von denen der früheren Jahre ab? Tabelle VII zeigt uns Maximum, Minimum und mittlere Tagestemperatur des Mai 1905, 1906, 1907. Wir sehen, daß gerade in der kritischen Zeit dieses Jahres, welche mit dem Ende des ersten Drittels des Monats begann, durch eine relativ lange Zeit sehr hohe Temperaturen herrschten, die jedenfalls auch die Veranlassung zum Genuß großer Wassermengen waren. Daß die langandauernde Hitze in dieser Zeit auch zum Verderben von Nahrungsmitteln Veranlassung gegeben haben wird, ist sehr wahrscheinlich, und es kann deshalb nicht bestritten werden, daß ein Teil der Magendarm-erkrankungen auf dieses Moment zurückzuführen ist. Hierfür sprechen vorzüglich auch die hohen Minima und Mittel durch eine länger als eine Woche andauernde Periode.

Man kann also aus den angeführten Temperaturen den Schluß ziehen, daß eine am Ende des ersten Drittels des Monats Mai 1907 begonnene relativ lange Periode abnorm hoher Temperaturen die Disposition zu

¹ Es ist nicht ganz ausgeschlossen, daß die schwach erhöhten Zahlen des Mai 1905 vielleicht auch auf ein Hochwasser zurückzuführen sind.

Tabelle VI. Übersicht über die in der Garnison Graz in der Zeit
Magendarm-

Truppenkörper und Heeres- anstalten	durchschnitt- liche Kopf- stärke an Mannschaft	Im Monat Mai							
		11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
7. Infanterieregiment	1100	5	7	7	8	7	5	7	5
III/27. Infanteriebataillon und Ergänzungsbezirkskommando	385	—	1	—	1	—	—	—	—
2. bosn.-herz. Infanterie- regiment	1100	—	—	—	—	—	—	—	—
9. Feldjägerbataillon und Ersatzbatallionskader	70	—	—	2	—	1	3	2	1
II/4. Dragonerdivision	296	2	—	—	3	5	1	—	—
3. Korpsartillerieregiment	420	—	—	—	—	—	—	1	—
3. Traindivision	219	—	—	—	—	—	—	—	—
Artilleriezeugsdepot	40	—	—	—	—	—	—	—	—
Garnisonsspital Nr. 7 (Sanitätsabteilung)	176	—	—	—	—	1	1	1	—
Militärverpflegsmagazin	60	—	—	—	—	—	—	—	—
Monturdepot Nr. 3	120	—	—	—	—	—	—	—	—
Garnisonsarrest	51	2	3	—	1	2	3	—	1
Mannschaftsdetachement beim 3. Korpskommando	90	—	—	—	—	—	—	—	—
Landwehrinfanterie- regiment Nr. 3	560	—	—	—	—	—	1	4	3
Summe	4687	9	11	9	13	16	14	15	10

Bemerkungen:

1. Von den Gagisten erkrankten, soweit dies bekannt wurde, ca. 30, wovon undienstbar waren.
2. Von Kindern der Gagisten und Unteroffiziere erkrankten 27 und zwar fast sämt-
3. Diätfehler wurden nur in wenigen Fällen zugegeben; übermäßiges oder zu kaltes
4. Die Erkrankungen begannen öfters mit Fieber und Erbrechen, es folgten häufige schwanden in den meisten Fällen die Krankheitserscheinungen.
5. Am 16. und 18. gelangte beim Infanterieregiment Nr. 7 je 1 Darmtyphusfall in
6. Die an das Spital abgegebenen Kranken sind in durchschnittlich 8 Tagen Zugang an Magendarmkrankungen beobachtet.

vom 11. bis 25. Mai 1907 in auffallender Zahl zugegangenen akuten Erkrankungen.

gingen zu am:							Summe	an Heil- anstalten ab- gegeben	Totalzugang im Mai des Jahres		Anmerkung
19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.			1907	1906	
3	2	—	—	—	—	—	56	5	60	3	
—	1	—	—	—	—	2 ¹	5	—	5	4	¹ Diätfehler kon- statirt. Wasser- versorgung durch Pumpbrunnen
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	
—	—	—	—	—	—	—	9	1	9	—	
—	—	—	—	1	—	—	12	12	15 ²	—	² v. d. 4. Eskad. 13, v. d. 5. Eskad. 2
—	—	—	—	1	—	1	3	3	7	1	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	Wasser- versorgung durch Pumpbrunnen
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	1	1	—	2	—	—	7	3	7	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	1	—	1	—	2	16	1	18	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
1	1	—	5	1	2	2	20	—	20	10	
4	5	2	5	6	2	7	128	25	141	21	

jedoch nur einzelne bis zu 3 Tagen wegen etwas schweren Krankheitserscheinungen

liche leicht. Nur bei 2 Kindern dauerte die Erkrankung 10 Tage.

Trinken konnte nicht konstatiert werden.

Stuhlentleerungen mit kolikartigen Schmerzen und Tenesmus. In 2 bis 4 Tagen

Zugang. Die Infektionsquelle konnte nicht konstatiert werden.

genesen. Bei der im Krankenstande befindlichen Mannschaft wurde kein auffallender

Tabelle VII.

Datum	Mai 1905			Mai 1906			Mai 1907		
	Maximum	Mittel	Minimum	Maximum	Mittel	Minimum	Maximum	Mittel	Minimum
1.	22.3	15.4	7.7	16.6	11.6	4.0	13.4	9.0	1.0
2.	24.4	16.8	7.5	11.9	8.2	5.6	11.3	6.8	3.5
3.	23.0	17.5	11.0	16.0	8.9	0.0	15.5	10.0	1.0
4.	20.8	15.7	11.7	17.0	12.2	3.5	19.0	13.4	6.0
5.	21.0	15.9	13.3	15.1	10.5	5.0	21.0	15.7	7.5
6.	21.6	15.7	10.4	15.9	12.5	8.5	23.0	16.9	7.8
7.	18.1	13.9	11.8	16.0	13.3	11.5	23.1	16.9	9.0
8.	19.2	14.4	6.3	18.0	14.0	10.5	24.0	17.8	9.6
9.	17.8	13.5	10.4	18.9	14.2	8.0	25.0	18.2	10.8
10.	15.6	11.6	8.7	20.0	15.1	10.5	23.5	18.3	11.5
11.	17.0	11.2	4.0	21.0	15.8	8.4	24.6	19.1	12.0
12.	15.2	12.1	4.5	21.0	15.1	9.6	24.6	19.2	14.4
13.	18.0	12.7	5.4	21.6	14.6	8.4	25.0	18.5	11.8
14.	18.0	13.7	8.9	18.3	15.3	11.3	24.2	19.1	11.0
15.	16.5	13.6	10.8	21.0	15.4	9.6	27.0	16.7	11.6
16.	14.4	12.9	12.2	20.5	15.3	8.5	24.0	17.8	14.6
17.	17.2	13.1	10.6	17.0	14.7	12.4	13.5	11.3	10.8
18.	19.3	14.9	7.0	16.0	13.7	12.8	9.3	8.5	7.6
19.	17.0	14.3	11.6	18.8	14.6	8.6	9.3	7.8	5.0
20.	19.2	12.5	9.8	17.7	12.0	5.0	14.2	12.5	8.0
21.	17.0	12.1	6.9	15.6	10.1	8.0	16.0	11.9	8.0
22.	18.2	13.9	6.9	16.9	12.6	6.4	19.2	14.3	6.0
23.	9.5	9.1	8.2	18.2	13.8	8.3	22.0	16.0	8.0
24.	13.2	10.7	6.8	21.1	15.7	8.0	25.2	19.8	10.3
25.	12.5	10.3	7.4	22.4	16.7	9.6	24.0	18.9	16.3
26.	14.2	11.0	7.0	22.6	18.8	11.0	25.1	19.8	12.0
27.	17.2	13.3	5.4	21.0	16.7	12.0	24.1	19.8	13.1
28.	19.1	13.9	7.0	23.0	18.4	13.9	23.8	18.3	13.4
29.	20.3	14.1	5.7	24.1	18.0	14.6	19.0	16.2	11.3
30.	21.4	16.1	8.0	22.6	18.4	14.5	17.0	13.9	13.1
31.	23.4	17.7	9.4	21.9	17.4	13.5	21.1	16.4	8.2

Magendarmerkrankungen begünstigte, indem die Verderbnis von Nahrungsmitteln befördert und der reichliche Genuß eines, wie wir bald sehen werden, bakteriologisch aber auch chemisch veränderten Wassers in erhöhter Menge verursacht wurde. Daß nicht nur dem veränderten Wasser der Zentralwasserversorgung die Schuld an den Magendarmerkrankungen ausschließlich beizumessen ist, muß aus dem Umstande gefolgert werden, daß diese Erkrankungen auch dort vorgekommen sind, wo Leitungswasser gar nicht vorhanden war und nicht genossen wurde.

Das hygienische Institut wurde auch zu einer Epidemie von Enteritis usw. in einer in der Nähe von Graz gelegenen öffentlichen Anstalt zugezogen, bei welcher fast 80 Prozent der Zöglinge erkrankt waren. Die Anstalt ist nicht mit Leitungswasser versorgt.

Die Wasserversorgung von Graz.

Graz hat außer einer Zentralwasserversorgung noch einige tausend Brunnen. Da in manchen Häusern Leitungswasser und Brunnenwasser vorhanden ist, läßt sich nicht genau sagen, ein wie großer Teil von Graz auf Brunnen- bzw. Leitungswasser angewiesen ist; jedenfalls deckt der erheblich größere Teil der Bevölkerung seinen Bedarf mit Leitungswasser.

Das in den Händen einer Gesellschaft befindliche Wasserwerk besteht aus zwei Teilen.

Der ältere Teil¹ wurde 1870 bis 1872 installiert. Er liegt etwa 1.5 km vom Zentrum der Stadt entfernt am linken Ufer der Mur auf einem Wiesenterrain. Der Boden gehört dem Diluvial- und Alluvialgebiete an; unter der Humusschicht befindet sich in einer Mächtigkeit von 8 bis 10 m ein Gemenge von Sand und Schotter, welches auf einem wasserundurchlässigen Tonschiefer aufliegt, der die Schicht trägt, welche das Grundwasser führt. Die oberen Teile der Schotter-Sandschicht wurden einst an einzelnen Stellen zur Sandgewinnung in verschiedener Ausdehnung benützt.

Ich habe in früherer Zeit versucht, bakteriologische Untersuchungen des Bodens an verschiedenen Punkten des Wasserwerkterrains zu machen, mußte dieselben aber aufgeben, da wir mit einem Fränkelschen etwas modifizierten Bodenbohrer in irgend erhebliche Tiefen nicht eindringen konnten; andere Mittel zur sterilen Entnahme von Bodenproben aus größeren Tiefen standen mir nicht zur Verfügung. Wir haben dann nur im Jahre 1896 den Bau eines Brunnens (vierter Wiesenbrunnen) zur Bestimmung des Bakteriengehaltes der verschieden tiefen Bodenschichten

¹ *Denkschrift zum 25 jährigen Bestehen des Grazer Wasserwerkes. 1897.*

benützen können. Die unter den notwendigen Kautelen entnommenen Proben ergaben die schon von Hammerl¹ mitgeteilten Zahlen:

1 ^{er} Boden enthielt			
A		B	
in einer Tiefe von	Keime	in einer Tiefe von	Keime
30 cm	2409	130 cm	2925
190 „	1180	175 „	600
220 „	277	215 „	30
270 „	116	300 „	80
300 „	7	420 „	50—60
310 „	4		

Fig. 1.

Die Wassergewinnung im älteren Teil des Werks (s. Fig. 1) besteht aus 6 Schachtbrunnen, von welchen einer als Sammelbrunnen dient und in der Abbildung als Hauptbrunnen bezeichnet ist. Die Brunnen sind verschieden weit von der Mur entfernt, und zwar

der Hauptbrunnen	..	43.7 m
„ Hofbrunnen	...	37.2 „
„ 1. Wiesenbrunnen		18.7 „
„ 2. „		20.4 „
„ 3. „		30.3 „
„ 4. „		34.5 „

¹ Das Wasserwerk der Stadt Graz vom hygienischen Standpunkt aus betrachtet. *Archiv für Hygiene.* 1897. Bd. XXVII.

Die Schachtbrunnen sind aus Zementmauerung hergestellt, etwa 8^m tief und 6^m weit; nur der erste Schachtbrunnen der ursprünglichen Anlage besteht aus Gußeisen und ist 4.8^m weit. Die Wände aller Schachtbrunnen sind undurchlässig, so daß das Wasser nur in einer Tiefe von ca. 8^m zum Brunnen hinzutreten kann.

Zwischen dem 3. und 4. Wiesenbrunnen sind noch (in der Abbildung nicht eingezeichnet) sieben eiserne Rohrbrunnen nach Thiem eingefügt.

Die Brunnen sind durch Heberleitungen miteinander verbunden, welche durch Füllung derselben mit Druckwasser bzw. durch Entlüftung mittels eines Dampfjektors in Betrieb gesetzt werden können.

Neuer Teil.

Fig. 2.

Die stetige Zunahme des Konsums einerseits, dann das durch die Regulierung der Mur und die damit in Zusammenhang stehende Vertiefung des Murbettes bedingte Sinken der Grundwasserstände andererseits haben eine Erweiterung des Werkes notwendig gemacht.

Es wurde deshalb vor 10 Jahren im Norden der Stadt etwa 3^{km} oberhalb des älteren Teils ein größerer Grund erworben, welcher ähnliche Bodenverhältnisse zeigt; nur ist hier die Schottererschicht ganz erheblich tiefer. Auf demselben sind (Fig. 2) außer einem Sammelbrunnen nur noch Thiem'sche Rohrbrunnen angelegt, welche durch Heberleitungen mit dem Sammelbrunnen und den Pumpen in Verbindung stehen. Die Brunnen sind etwa 100^m von der Mur entfernt. Die neue Anlage bietet zunächst durch die erheblich weitere Entfernung der Brunnen

von der Mur bedeutend größere Garantien für die Lieferung eines gleichmäßigen, einwandfreien Wassers. Der älteren Anlage gereicht es auch nicht zum Vorteil, daß sie allmählich mehr und mehr eingebaut wird und daß sogar ein Teil des Stadtbezirks, in welchem sich das Wasserwerk befindet, noch der Kanalisation entbehrt; es ist dies ein Mißstand, auf welchen von uns schon vor einem Jahrzehnt ohne genügenden Erfolg hingewiesen wurde. Welchen Einfluß dieser Umstand auf die in der Nähe des Wasserwerkes befindlichen Privatbrunnen hat und ob man annehmen kann, daß hierdurch die Brunnen des Wasserwerkes auch jetzt schon gefährdet sind, soll später erörtert werden.

Wie ist nun das Wasser beschaffen, welches von der soeben beschriebenen Anlage gefördert wird? Die ältesten Untersuchungen, welche sich auf einen längeren Zeitraum und zwar auf mehrere Jahre erstreckten, wurden von J. Kratter¹ zu einer Zeit ausgeführt, als das Werk nur zwei große Brunnen, den Hauptbrunnen (43.7^m von der Mur entfernt) und den ersten Wiesenbrunnen (18.7^m von der Mur entfernt) hatte. Auf Grund der in den fünf Beobachtungsjahren gemachten Analysen kam Kratter zu dem Ergebnis, daß das Wasser niemals trüb war; „in chemischer Beziehung entspricht das Leitungswasser den strengsten Anforderungen, die an ein Wasser gestellt werden können, und ist allein von diesem Gesichtspunkte aus beurteilt das unbedingt reinste Wasser, welches in Graz überhaupt vorhanden ist.“

Was die physikalische und chemische Beschaffenheit des Leitungswassers anlangt, so haben zahllose Beobachtungen und Untersuchungen der späteren Jahrzehnte im wesentlichen bestätigt, was Kratter berichtete, als das Wasserwerk nur aus zwei Brunnen schöpfte. Ich möchte besonders hervorheben, daß das Wasser im Gegensatz zu anderen in ähnlicher Weise in der Nähe eines Flusses situierten Werken niemals trübes Wasser liefert. Mag es noch so lange Zeit und heftig regnen, mag der Stand des Hochwassers noch so hoch sein, ich habe das Wasser stets nur ganz klar gesehen. Auch in chemischer Beziehung können die Kratterschen Befunde nur bestätigt werden; obwohl inzwischen das Werk erheblich erweitert wurde, ist doch der chemische Charakter des Wassers, das zwar jetzt aus einer größeren Zahl von Schöpfstellen gepumpt wird, die aber doch im gleichen Boden liegen, im wesentlichen derselbe geblieben.

---

¹ *Studien über Trinkwasser und Typhus mit Zugrundelegung der Trinkwasser-verhältnisse von Graz.* 1886.

Tabelle VIII.

Keimzahl in Kubikzentimeter.

Datum	Höhe des Mur- pegels	Mur	Haupt- brunnen	Hof- brunnen	Leitung hyg. Inst.	I.	II.	III.	IV.
16. IV. 1895	0.00 m	3000	5	12	—	7	—	—	—
23. IV.	+ 0.55 "	2800	verungl.	—	—	—	30	1	—
2. V.	+ 0.70 "	3276	80	3	—	—	—	12	—
8. V.	+ 0.55 "	1326	0	—	—	70—80	—	2	—
24. V.	+ 0.90 "	2268	20	—	—	12	verungl.	—	—
27. VI.	+ 0.10 "	1205	1	—	—	—	6	—	—
13. IX.	— 0.55 "	1512	40—50	20—30	—	20	4—5	4—5	—
13. II. 1896	— 0.85 "	4588	1	0	—	—	40—50	—	—
28. II.	— 0.97 "	2200	1—2	4—5	—	10—12	12—15	50	—
11. III.	+ 0.10 "	9—10 000	350	2	—	440	150	200	—
25. V. 1897	+ 0.85 "	—	—	—	9	—	—	—	—
27. V.	+ 0.85 "	—	—	—	2—3	—	—	—	—
28. V.	+ 0.95 "	—	—	—	23	—	—	—	—
29. V.	+ 0.90 "	—	—	3	15	4	4	—	—
30. VII.	+ 1.40 "	4285	—	—	47	—	—	—	—
1. VIII.	+ 1.20 "	1640	—	—	39	—	—	—	—
2. VIII.	+ 0.75 "	1762	—	—	25	—	—	—	—
3. VIII.	+ 0.55 "	2455	—	—	0	—	—	—	—
31. V. 1898	+ 0.60 "	—	—	4	—	5	4	—	—
22. VI.	+ 0.55 "	1472	—	25	—	4	19	2	—
23. VI.	+ 0.55 "	3088	—	3	—	4	10	5	—
(3 ^b früh)	+ 0.55 "	—	—	8	—	9	9	8	—
(1/28 ^b abds.)	+ 0.55 "	4695	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle VIII (Fortsetzung).

Datum	Höhe des Mur- pegels	Mur	Haupt- brunnen	Hof- brunnen	Leitung hyg. Inst.	I.	II. Wiesenbrunnen	III.	IV.
9. V. 1900	+ 127 cm	2000	—	23	—	21	33	—	—
10. V.	+ 106 "	1764	—	170	—	15—20	16—18	—	—
11. V.	+ 72 "	1830	—	25	—	21	19	—	—
18. III. 1902	— 1.05 m	900—1000	150—160	—	228	8	9	—	—
18. IV.	+ 0.7 "	2100—2200	3	7	15—18	4	10	—	—
9. VII.	— 0.17 "	verflüssigt	1—2	0	5	0	1—2	—	—
30. XI.	— 1.37 "	1700	1—2	—	—	10—15	—	—	—
11. III. 1903	— 1.23 "	1638	0	—	—	6	—	—	—
15. VI.	— 0.6 "	1260	0	—	—	1	—	—	—
25. VIII.	— 22 cm	verflüssigt	0	—	—	1	—	—	—
17. IX.	+ 43 "	3150	143	11	—	232	80	53	—
30. IX.	— 78 "	1638	12	1—2	—	25—30	6—12	1—2	—
19. II. 1904	—	2200—2300	7	0	—	8	0	—	27
25. V.	— 1.5 dm	800	8	10	—	0	3	—	7
21. VII.	— 119 cm	1386	5	5	—	33	15	—	23
19. XI.	— 1.07 m	2772	—	—	1—2	—	8—10	1—2	—
20. II. 1905	— 167 cm	1600—1700	—	—	7	6—7	3—4	2	4
10. V.	+ 38 "	2200	30	10	30—40	15	—	—	1700
30. VIII.	— 53 "	3528	1—2	—	—	4—5	9—10	1—2	8
24. XI.	— 98 "	3024	—	73	1	1	2	—	—
1. II. 1906	— 186 "	ca. 4000	1	0	1	—	2	—	—
21. V.	— 13 "	1386	—	—	3	1	5	—	—
6. VIII.	— 110 "	3150	—	—	—	—	4	—	21
28. XI.	— 120 "	2016	1	3	—	15	—	4	—
2. III. 1907	— 185 "	3402	6	3	7	1	1	—	—

Nur in einem Punkte haben die neueren Forschungen zu einem anderen Resultat geführt. Kratter nahm an, daß das Leitungswasser ein reines Grundwasser sei, während die von Hammerl in der Mitte der neunziger Jahre ausgeführten Untersuchungen mit Sicherheit zeigten, daß dasselbe ein Gemisch von Grundwasser und seitlich filtriertem Murwasser ist. Dieser Nachweis war die Veranlassung, daß das Leitungswasser und das Wasser der einzelnen Brunnen auch wiederholt bei Hochwasser untersucht wurde. Ein Teil dieser Untersuchungen, welche auf meine Veranlassung 1897 von Koslik, 1898 von Helle ausgeführt wurden, sind mit weiteren von Hammerl selbst gemachten von letzterem¹ im Zentralblatt f. allgem. Gesundheitspflege publiziert worden. Vom Jahre 1902 an hat dann die Stadt Graz selbst das Wasser durch Dr. Hammerl im hygienischen Institut amtlich untersuchen lassen; die bis dahin ausgeführten Untersuchungen wurden nur aus wissenschaftlichem Interesse durchgeführt.

Das Gesamtergebnis aller dieser Untersuchungen ist in Tabelle VIII zusammengestellt. Ehe wir auf ihre Detailbesprechung eingehen, müssen wir uns zunächst über die Murwasserverhältnisse etwas klarer werden.

Tabelle IX.

Pegelstände der Mur, in den Jahren 1897—1907 an der Franz-Carl-Brücke in Graz gemessen.

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni
Mittel	— 135	— 133	— 100	— 41	+ 6	— 12
Maximum	— 90 17. I. 97	— 43 25. II. 98	+ 76 27. III. 98	+ 104 19. IV. 04	+ 197 21. V. 07	+ 160 16. VI. 98
Minimum	— 205 24. I. 07	— 196 11. II. 06	— 185 1. III. 07	— 161 5. IV. 06	— 92 5. V. 06	— 94 30. VI. 03
	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Mittel	— 57	— 71	— 79	— 93	— 99	— 121
Maximum	+ 155 31. VII. 97	+ 120 1. VIII. 97	+ 180 15. IX. 99	+ 105 12. X. 04	+ 20 25. XI. 04	— 32 1. XII. 98
Minimum	— 140 31. VII. 05	— 150 6. VIII. 05	— 158 9. IX. 06	— 160 27. X. 05	— 160 2. XI. 05	— 180 31. XII. 06

¹ Neuere Untersuchungen über das Grazer Wasserwerk mit besonderer Berücksichtigung der Frage der Einwirkung der Flüsse auf Grundwasserversorgungen bei Hochwasserperioden. 1900. Bd. XIX.

Wie wir schon oben erwähnten, hat sich das Murbett durch die vorausgegangene Regulierung immer mehr eingetieft, eine Erscheinung, welche zwar für die Ergiebigkeit der Brunnen des Wasserwerks nicht günstig war, das Terrain der Brunnen aber um so sicherer gegen eine Überschwemmung auch bei ganz besonders starken Hochwässern schützte, auch verhütete, daß in Hochwasserzeiten das aufgestaute Grundwasser bzw. Flußwasser in die höheren Bodenschichten eindrang.

Soweit lediglich aus Pegelbeobachtungen geschlossen werden kann, hat sich das Murbett in Graz seit dem Jahre 1870 um rund 2^m eingetieft. Der Wasserstand des Flusses ist, wie bei allen Gebirgsflüssen, ein recht schwankender. Im Frühjahr und Sommer kommen die höchsten, im Herbst und Winter die tiefsten Wasserstände zur Beobachtung. Einen summarischen Überblick über die Pegelstände der Mur — an der Franz-Karl-Brücke in Graz 1897 bis 1906 abgelesen — gibt uns zunächst die Tabelle IX, in welcher ich die Monatsmittel-maxima und -minima der genannten Jahre zusammengestellt habe. Sie zeigt uns die oben erwähnten Schwankungen in großen Zügen. Da nun gerade die Schwankungen des Pegelstandes für die Filtrationsverhältnisse von großer Bedeutung sind, weil, wie wir später besprechen werden, es für den Filtrationseffekt besonders ungünstig ist, wenn das Wasser bei plötzlichem Ansteigen trockene und damit großporige Bodenschichten zu passieren hat, so wollen wir zur Vervollständigung des Bildes die gesamten mittleren Tagespegelstände der letzten zehn Jahre im Anhang wiedergeben. Bei eingehender Durchsicht der Tabellen wird es auffallen, daß sich die Hochwässer in bezug auf Dauer und Höhe ganz verschieden verhalten.

Um einen besseren Überblick über sie zu erhalten, wurden dieselben auf gleiche Höhe (einheitliches Flußprofil) reduziert, und zwar in folgender Weise. Wie schon hervorgehoben, haben sich die Murverhältnisse in den letzten Jahrzehnten ganz erheblich verändert, weil durch die an der Mur abwärts von Graz durchgeführten Bauten und Regulierungen auch im Querprofile des Grazer Pegels Änderungen verursacht wurden. Diese Änderungen sind zweierlei Art:

1. Formänderungen des Profils und
2. Höhenänderungen der Sohle.

Nach Mitteilungen von Herrn Ingenieur W. Reitz (k. k. hydrographisches Bureau für Steiermark in Graz), dem ich für seine Unterstützung zu ganz besonderem Danke verpflichtet bin, lassen sich mit Hilfe des Pegels von Frohnleiten (30^{km} oberhalb Graz), der in einem seit dem Jahre 1876 unveränderten Profile steht, diese beiden Änderungen im Profile des Grazer Pegels mit einer für die Praxis vollkommen ausreichenden

Genauigkeit bestimmen. Hierbei zeigt sich, daß die seit dem Jahre 1897 eingetretene Änderung der ersten Art vernachlässigt werden kann. Nicht so die der zweiten Art.

In dem Zeitraume von 1897 bis 1907 hat sich die Mur in Graz um 70^{cm} eingetieft. Aus diesem Grunde können die Wasserstandsbeobachtungen verschiedener Jahre nur dann ohne weiteres verglichen werden, wenn es sich nur um die absolute Höhe des Wasserstandes und damit allerdings um einen gerade für die Einwirkung auf die Wasserwerksbrunnen sehr wichtigen Faktor handelt.

Will man jedoch die Wasserstandsbeobachtungen benutzen, um die Stärken der einzelnen Hochwässer zu vergleichen oder langjährige Mittel zu berechnen, so muß man vorher eine Reduktion der Wasserstände vornehmen und zwar in der Weise, daß die durch die Änderungen des Profils bedingten Wasserstandsdifferenzen ausgeschieden werden.

Dies kann im allgemeinen nur mit Hilfe der Relation zwischen dem zu untersuchenden und dem unveränderlichen Pegel geschehen.

In dem besonderen Falle Graz-Frohnleiten vereinfacht sich diese Reduktion aus dem Grunde, weil, wie schon erwähnt, die Formänderung des Grazer Profils seit 1896 für meinen Zweck vernachlässigt werden kann. In diesem und nur in diesem Falle kann die Reduktion lediglich mit Hilfe der Eintiefung „ e “ und zwar in folgender Weise erfolgen:

Die „ e “ sind die Eintiefungen von einer bestimmten Zeit t_0 an. Soll nun ein zur Zeit t_i beobachteter Wasserstand h_i auf die Zeit t_n reduziert werden, so bestimmt man zunächst die Eintiefungen e_i und e_n ; wie dies geschieht, soll hier nicht weiter erörtert werden. Es ist dann die für Zeit t_i gültige Reduktionsgröße

$$\sigma_i = e_i - e_n$$

und der auf die Zeit t_n reduzierte Wasserstand

$$H_i = h_i + \sigma_i.$$

Da sich in unserem Falle die „ e “ innerhalb der Zeit eines Jahres nur um wenige Zentimeter ändern, genügt es, dieselben für die einzelnen Jahre seit 1897 zu berechnen, dann gelten auch die Reduktionsgrößen σ für das ganze betreffende Jahr.

Die in folgender Tabelle zusammengestellten σ wurden unter der Voraussetzung berechnet, daß sämtliche Wasserstände auf das Jahr 1906 reduziert wurden. Eine Reduktion auf das Jahr 1907 schien aus dem Grunde nicht angezeigt, weil mit Rücksicht darauf, daß für 1907 naturgemäß erst die Beobachtungen nur einzelner Monate vorliegen, die Bestimmung der Relation nicht mit derselben Genauigkeit durchgeführt werden konnte wie für die übrigen Jahre. Die für das Jahr 1907 angegebenen Werte gelten nur bis Juli.

Tabelle XI. Vgl. Zusammenstellung der Hochwässer in Graz während der

Monat	Tag	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907
April	1.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	5.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	6.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	7.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	8.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	9.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	10.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	11.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	12.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	13.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	14.	—	—	—	—	—	—	—	—	—12	—	—
	15.	—	—	—	—	—	—1	—	—14	+1	—	—
	16.	—	—	—	—	—	+9	—	+18	+5	—	—
	17.	—	—	—	—	—	+10	—	+60	+13	—	—
	18.	—	—	—	—	—	+9	—	+75	+10	—	—
	19.	—	—	—	—	—	+16	—	+79	—12	—	—
	20.	—	—	—	—	—	+6	—	+61	—	—	—
	21.	—	—	—	—	—	+4	—	+33	—	—	—
	22.	—	—	—	—	—	+9	—	+13	—7	—	—
	23.	—	—	—	—	—	+24	—	+30	—11	—	—
	24.	—	—	—	—1	—	+9	—	+45	—	—	—
	25.	—	—	—	—1	—	+8	—	+46	—	—	—
	26.	—	—	—	—	—	+3	—	+48	—	—	—
	27.	—	—	—	—	—	+9	—	+57	—	—	—
	28.	—	—	—	—	—	+18	—	+55	—	—	—
	29.	—	—	—	—	—	—3	—	+18	—	—	—
	30.	—	—	—	—	—	—	—	+5	—	—	—
Mai	1.	—	—	—	—	—	—	—	—13	—12	—	—
	2.	—	—	—	+6	—	—	—	—	+18	—	—
	3.	—	—	—	+11	—	—	—	—8	+55	—	—
	4.	—	—	—	+31	—	—	—	+26	+72	—	—
	5.	—	—10	—	+56	—	—	—	+40	+73	—	—13
	6.	—	—	—	+46	—	—	—	+18	+90	—	+35
	7.	—	—	—	+41	—	—	—	—5	+108	—	+92
	8.	—	—	—	+59	—	—	—	—10	+133	—	+110
	9.	—	—	—	+69	—	—	—	—	+96	—	+122
	10.	—	—	—	+49	—	—	—	—	+81	—15	+150
	11.	—	—	—	+16	—	—	—	—	+53	—11	+167
	12.	—	—	—	+9	—	—	—	—	+33	—10	+182
	13.	—	—	—	—	—6	—	—	—	+20	—5	+185
	14.	—	—	—	—	—	—	—	—	+33	—7	+182
	15.	—	—	—	—	—	—	—	—	+18	—0	+159
	16.	—	—	—	+9	—	—	—	—	+13	+18	+152
	17.	—	—	—	+9	—	—	—	—	+98	+12	+147
	18.	—	—	—9	—	—	—	—	—	+118	+10	+130
	19.	—	—	—	—	—	—6	—	—5	+81	+15	+105
	20.	+20	—	—	—	—	—	—	+10	+73	+7	+117
	21.	+35	—	—	—	—	—	—	+10	+66	—13	+204
	22.	+20	—	—	—	—	—	—	+2	+52	—	+127
	23.	+25	—	—	—	—	—	—	—2	+45	—	+97
	24.	+20	—	—	—	—	—	—	+13	+70	—	+97
	25.	+15	—	—	—	—	—	—	—5	+45	—	+107
	26.	+15	—	—	—	—	—	—	—	+26	—	+127
	27.	+15	—	—	+11	—	—	—	—	+3	—	+127
	28.	+20	—	—	+1	—	—	—	—	—10	—	+132
	29.	+15	—	—	—14	—	—	—	+3	—15	—	+137
	30.	—5	—	—	—	—	—11	—	—2	—15	+7	+117
	31.	—10	—	—	—	—	+24	—	—	—9	+47	+87

Jahr	e^{cm}	σ^{cm}	Jahr	e^{cm}	σ^{cm}
1897	0	-70	1902	24	-46
1898	0	-70	1903	32	-38
1899	4	-66	1904	45	-25
1900	11	-59	1905	63	-7
1901	14	-56	1906	70	0

1907 $e = 77$ $\sigma = +7$.

Herr Ingenieur Reitz hat ferner auf mein Ersuchen für die letzten zehn Beobachtungsjahre (1897 bis 1907) berechnet

Mittleres Hochwasser	$Hm = + 99^{\text{cm}}$
Hochwassergrenze	$\frac{1}{2}(Hm + M_1) = - 15^{\text{,,}}$
Mittelwasser	$M_1 = -127^{\text{,,}}$
Niederwassergrenze	$\frac{1}{2}(M_1 + Nm) = -162^{\text{,,}}$
Mittleres Niederwasser	$Nm = -199^{\text{,,}}$

Auf Grund dieser Zahlen habe ich nun eine Zusammenstellung aller Tage der Monate April bis September gemacht, an welcher die Hochwassergrenze $\frac{1}{2}(Hm + M_1) = -15$, nach Reduktion mit der oben entwickelten Reduktionsgröße σ , erreicht wurde. Die Zusammenstellung ist in Tabelle XI wiedergegeben und zeigt uns, wie sich die Hochwässer in bezug auf Schnelligkeit und Höhe des Ansteigens und Dauer sehr verschieden verhalten. Sie macht es ohne weiteres verständlich, daß die Einwirkung des Hochwassers Mai 1907 auf die Brunnen des Wasserwerks eine viel intensivere sein mußte als die der früheren Hochwässer.

Wir können aus der Tabelle XI weiterhin noch entnehmen, daß stärkere Hochwässer in Graz im allgemeinen recht selten und gewöhnlich von ganz kurzer Zeit sind.

Wenn ich mit Ingenieur Reitz auf Grund der vorausgegangenen Auseinandersetzungen den mittleren Hochwasserstand 1897 bis 1907 $Hm = +99$ und die Hochwassergrenze mit -15 annehme, so ist im genannten Zeitraum überschritten worden:

die mittlere Hochwassergrenze (+99)		Hochwassergrenze (-15)
im Januar . . .	an 0 Tagen	an 0 Tagen
„ Februar . . .	„ 0 „	„ 0 „
„ März	„ 0 „	„ 0 „
„ April	„ 0 „	„ 41 „
„ Mai { 1905 . . .	„ 3 „	„ 31 „
„ { 1907 . . .	„ 21 „	„ 27 „
„ Juni	„ 0 „	„ 69 „
„ Juli	„ 1 „	„ 5 „
„ August . . .	„ 0 „	„ 5 „

	die mittlere Hochwassergrenze (+99)	Hochwassergrenze (-15)
im September . . .	an 1 Tage	an 7 Tagen
„ Oktober . . .	„ 0 „	„ 2 „
„ November . . .	„ 0 „	„ 0 „
„ Dezember . . .	„ 0 „	„ 0 „

Das Maihochwasser dieses Jahres zeichnet sich vor allen anderen nach jeder Richtung hin aus. 25 Tage, vom 7. bis 31. Mai hatten wir Pegelstände über +99, während die längste in den letzten elf Jahren beobachtete Hochwasserperiode, in welcher der mittlere Hochwasserstand ($H_m = +99^{\text{cm}}$) überschritten wurde, nur fünf Tage andauerte. Der Pegelstand war 23 Tage über +100 oder nahe an 100 und während sieben Tagen hatten wir über +150. In der Nacht vom 20. zum 21. Mai ist sogar das Wasser kurze Zeit auf +210 gestiegen und hat damit auch den höchsten beobachteten Wasserstand erreicht. Hierbei kommt noch in Betracht, daß das Ansteigen plötzlich erfolgte, nachdem lange Zeit hindurch der Wasserstand ein sehr niedriger war. Der Januar dieses Jahres zeigte am 25. den tiefsten Stand der letzten elf Jahre, der März ein Mittel, welches noch um 30^{cm} niedriger war als das niederste Mittel unserer Periode und auch der April hatte sehr niedrige Pegelstände.

Erwähnt sei noch, daß das abnorme Grazer Hochwasser dieses Jahres durch das Zusammentreffen dreier Umstände bedingt war: 1. durch die außergewöhnlichen Schneeverhältnisse der Gebiete, aus welchen die Mur ihr Wasser erhält, 2. durch die hohen Maitemperaturen, 3. durch einen im tributären Gebiet niedergegangenen sehr starken Regen.

Übersicht der Schneeverhältnisse.

Winter	Ober-Tauern (Enns-Murgebiet)		Nieder-Alpl (Mürzgebiet)	
	Neu- schnee cm	Schneehöhe ¹ des liegen gebliebenen Schnees cm	Neu- schnee cm	Schneehöhe ¹ des liegen gebliebenen Schnees cm
1900/1901	355	162	188	95
1901/1902	566	250	459	160
1902/1903	628	262	400	146
1903/1904	572	226	379	145
1904/1905	801	349	598	254
1905/1906	619	242	633	195
1906/1907	894	365	617	265

¹ Der Wasserwert des Schnees ist nicht bestimmt.

In welcher Weise ist nun durch das Hochwasser die Beschaffenheit des Leitungswassers verändert worden? Daß das Wasser stets klar und zwar vollkommen klar geblieben ist, haben wir schon hervorgehoben. Wie es sich bakteriologisch und chemisch verhalten hat, soll jetzt besprochen werden. Wir schicken voraus, daß die eigenartigen Verhältnisse

es nicht ermöglichen, ein genaues Bild über den Verlauf der großen Hochwasserperiode zu entwerfen. Wir können zwar im Gegensatz zu anderen analogen Berichten nicht bloß über die Beschaffenheit des Leitungswassers, also des Mischwassers aller einzelnen Brunnen berichten; wir sind aber doch nicht in der Lage, Zahlen über das Wasser der einzelnen Bezugsstellen während der ganzen Hochwasserperiode zu bieten, was gerade auch theoretisch großes Interesse bieten würde. Es liegt dies daran, daß die Untersuchungen aus hier nicht zu erörternden Gründen etwas spät einsetzten und daß die einzelnen Brunnen zeitweise wegen ihres zu hohen Gehalts an Mikroorganismen gesperrt waren. Aber auch die von uns gefundenen Zahlen des Keimgehalts der einzelnen Brunnen sind nicht durchweg verwertbar, weil es sich im Laufe der Untersuchungen herausstellte, daß die durch die häufigen Probeentnahmen der Brunnen verursachten Verunreinigungen der Wasseroberfläche eine einwandfreie Probeentnahme sehr erschwerten.

Es war nämlich auffallend, daß die bakteriologischen Untersuchungen des Wassers der einzelnen Brunnen, nachdem das Hochwasser längst vorüber war, keine konstant niederen Werte ergaben. Von Zeit zu Zeit fanden wir bald in dem einen, bald in dem andern Brunnen Zahlen, die ich mir nicht erklären konnte. Weder die Resultate der chemischen Untersuchungen, noch die Zahlen der elektrischen Leitfähigkeit ließen annehmen, daß ein neuerlicher abnormer Einfluß von Seiten der Mur einwirkte. Hiergegen sprach auch der Umstand, daß stets das Wasser des Hauptbrunnens und das der Leitung bakteriologisch untersucht wurde, ohne daß die bei dieser Untersuchung gewonnenen Zahlen eine entsprechende Erhöhung zeigten.

Es mußte also an Versuchsfehler gedacht werden. Da die Untersuchungen von meinen seit Jahren bakteriologisch tätigen Assistenten, Privatdozent Dr. Müller und Dr. Kaiser, zum Teil auch von Privatdozent Dr. Hammerl gemacht wurden, konnte die Ausführung der Untersuchung selbst nicht beschuldigt werden; es blieb nur übrig, an die Probeentnahme zu denken. Auch hier war mit großer Vorsicht vorgegangen worden. Es wurde nämlich die Probeentnahme auch von den Herren selbst, wie folgt, vorgenommen. Starke Reagensgläser wurden mit einem kurzen dicken Glasstab beschwert und mit einem Wattestopfen in der üblichen Weise verschlossen. Am oberen Teil wurde ein in einer Schlinge endender Bindfaden befestigt, der dann noch mehrere Male um das Glas herumgelegt wurde. Glas mit Bindfaden wurden dann derart in dünnes Papier eingewickelt, daß nur die Endschlinge des Bindfadens herauschaute. Die so eingewickelten Röhrchen wurden nun nochmals sterilisiert. Bei der Probeentnahme wurde dann ein an einer Schnur befestigter

Karabiner in die Bindfadenschlinge eingehakt, das Röhrchen aus dem sterilisierten Papier ausgewickelt, der Wattestopfen herausgenommen und nun das Röhrchen in den Brunnen so eingesenkt, daß stets nur das auch an seiner Oberfläche sterilisierte bis zur Entnahme steril aufbewahrte, am sterilisierten Bindfaden aufgehängene Röhrchen in das Brunnenwasser eintauchte.

Sollte das Wasser aus größerer und zwar bestimmter Tiefe entnommen werden, so wurde ein kleiner Apparat benutzt, den ich schon vor einigen Jahren zur bakteriologischen Untersuchung des Wassers eines sehr tiefen Brunnens verwendet hatte. Er bildet die vom Mechaniker der Untersuchungsanstalt angegebene Modifikation eines anderen Apparates¹, der mir vor etwa 20 Jahren zur bakteriologischen Untersuchung des Wassers der Isar und des Starnberger Sees gedient hatte, mit dem ich meines Wissens zum ersten Male die von Flügge empfohlene Wasserentnahme mit luftleer gemachten Kölbchen zum sterilen Auffangen von Wasser in beliebiger Tiefe in Anwendung brachte. Der kleine Apparat besteht aus einem mit Blei beschwerten Blechrohr, in welchem ein in eine Spitze ausgezogenes Reagensrohr eingesetzt und durch einen Deckel mit Bajonettverschluß festgehalten wird. Das Blechrohr hat außen einen beweglichen Ansatz, welcher in eine ebenfalls bewegliche Gabel endigt, so angebracht, daß die ausgezogene Spitze des Glasrohrs zwischen die Gabel zu liegen kommt. Der Apparat wird mit einem Bindfaden an dem gabelförmigen Ansatz in das Wasser eingesenkt und es genügt ein kurzer Ruck an dem Bindfaden, um die Spitze des Glasröhrchens, welches in bekannter Weise evakuiert ist, abzubrechen. Obwohl diese Apparate fertig beschickt, in Papier eingepackt, nochmals sterilisiert und erst direkt vor der Probeentnahme aus dem sterilen Papier entfernt wurden, haben wir doch, wie gesagt, wiederholte Mißerfolge gehabt, die ich nur in folgender Weise erklären kann. Der kleine Apparat muß zweimal die Oberfläche passieren und zwar erstens beim Einsenken, zweitens beim Herausziehen aus dem Wasser. Nun hat es sich bei dem vielfachen Betreten der Brunnen behufs Probeentnahme und Installationsarbeiten nicht vermeiden lassen, daß sich eine an der Oberfläche schwimmende feine Schicht von Verunreinigungen gebildet hat. Eine solche feine Staubhaut bildet sich auch gelegentlich an der Oberfläche von Seen, wenn bei bestimmten Windströmungen die schwimmenden Verunreinigungen nach dem Ufer zu zusammengetrieben werden. Ich habe sie erst in jüngster Zeit wieder beim Schwimmen im Chiemsee zeitweise aufs deutlichste beobachten können. Auf dem Rücken schwimmend oder in der Seitenlage, wenn sich also mein

¹ Prausnitz, *Der Einfluß der Münchener Kanalisation auf die Isar*. München 1889.

Auge in der Höhe der Seeoberfläche befand, konnte ich die Staubhaut aufs deutlichste bemerken, während unter ihr das Wasser so klar war, daß durch einige Meter hindurch jedes Steinchen des Seebodens genauestens erkennbar war. Das zweimalige Passieren dieser schwimmenden Staubhaut bei der Probeentnahme hat also Fehlerquellen bei der bakteriologischen Untersuchung geliefert, wie dies durch besonders ausgeführte Kontrollversuche mit Sicherheit festgestellt wurde. Die Kontrollversuche wurden in großer Zahl gemacht, indem das Wasser zum Teil mit den zuerst erwähnten Senkröhrchen, dann mit dem später beschriebenen Apparat, weiterhin auch aus einer Rinne entnommen wurde, in welcher das von einer Lokomobile in großer Menge dem Brunnen entnommene Wasser abfloß. Da eine einwandfreie Probeentnahme von größter Wichtigkeit ist, habe ich endlich die Leitung unseres Wasserwerks veranlaßt, in den Brunnen eine Vorrichtung anzubringen, welche gestatten soll, das zur Untersuchung nötige Wasser der Tiefe zu entnehmen, ohne daß eine Verunreinigung durch die Oberfläche möglich ist und ohne daß bei jeder Entnahme der Brunnen geöffnet werden muß. Ein Rohr mit einem Lumen von 3^{cm} ist in den Brunnen so eingesetzt, daß das eine Ende in der Nähe des Beginns des Saugrohrs liegt, während das andere Ende vor der inneren Brunnentür mit einem Gewinde abschließt. An dieses Gewinde läßt sich ein für die Probeentnahme bestimmtes, an den Enden mit Hähnen versehenes, nach unten gebogenes Rohrstück anschrauben, das mit einer Handpumpe in Verbindung gebracht wird. Durch die Pumpe wird nun das Wasser aus dem Brunnen eine bestimmte Zeit lang ausgepumpt; dann werden die Hähne des mittleren Rohrstücks abgedreht und ihm das Wasser zur bakteriologischen Untersuchung aus einem an der tiefsten Stelle der Krümmung des Rohrs angebrachten Hahn entnommen. Das Rohrstück kann durch Erhitzen mit einer Stichflamme sterilisiert werden. Leider hat auch dieses Verfahren das gewünschte Resultat nur kurze Zeit ergeben. Die bei den Kontrollversuchen erhaltenen Zahlen (Tabelle XII) zeigen, daß sich schon nach kurzer Zeit an den Wandungen des Rohrs Wasserbakterien festsetzen und damit die Probeentnahme ungünstig beeinflussen, wie dies ja aus analogen Beobachtungen bei Brunnenuntersuchungen erklärlich ist.

Ich habe es für angezeigt gehalten, auf die Probeentnahme und die bei derselben gelegentlich vorkommenden Störungen hinzuweisen, weil sie mir von großer Bedeutung erscheinen. Nach dem Gesagten besitzen wir leider kein einfaches Verfahren, aus beliebiger Tiefe eines Brunnens in einwandfreier Weise Wasserproben zur bakteriologischen Untersuchung zu entnehmen. Ich betone kein einfaches Verfahren; komplizierte Verfahren anzuwenden wäre ja möglich, wenn man gelegentlich wenige

Tabelle XII.

Brunnen 1				Brunnen 3		
Datum	Apparat.	Pumpe	Rinne	Datum	Apparat	Pumpe
22. Juli	3	1	2	30. Juli	7	1
23. „	1	1	1	1. August	2	3
24. „	70	1	2	2. „	7	—
25. „	348	1	5	3. „	1	214
26. ¹ „	690	2	0	4. „	2	32
27. „	2555	5	10	5. „	4	63
28. „	378	11	26	6. „	—	—
29. „	1121	36	7	7. „	2	verfl.
30. „	77	342	52	8. „	2	verfl.
31. „	1477	73	6	9. „	2	verfl.
1. August	3126	verfl.	10	10. „	3	217
2. „	31	verfl.	7	11. „	4	245
3. „	94	189	3			
4. „	150	543	4			
5. „	—	verfl.	22			
7. „	1131	verfl.	22			
8. „	∞	54	1			
9. „	2	verfl.	2			
10. „	26	177	1			
11. „	2	164	2			

¹ An diesem Tage wurden ausgedehnte Messungen im Brunnen vorgenommen.

Proben zu entnehmen hat. Ist man jedoch gezwungen jeden Tag mehrere Brunnen, eventuell einige Male, zu untersuchen und will man, was ich für sehr wichtig halte, ein zu häufiges und langdauerndes Betreten der Brunnen und Einsenken komplizierter Apparate verhüten, um die Brunnen nicht zu verunreinigen, so kann man nur einfachere Verfahren anwenden. Unter gewöhnlichen Verhältnissen, wenn keine Gelegenheit vorhanden ist, die Oberfläche des Brunnens zu verschmutzen, wird man mit unserem Apparat genügend sichere Werte erhalten; man wird jedoch andererseits mit der Deutung gelegentlich erhaltener hoher Zahlen sehr vorsichtig sein müssen.

Die Ergebnisse der chemischen und bakteriologischen Untersuchungen während des diesjährigen Hochwassers.

Die chemischen Untersuchungen erstreckten sich auf Bestimmung des Trockenrückstandes, der „organischen Substanzen“ oder richtiger der durch Kaliumpermanganat oxydierbaren Substanzen und der Chloride

quantitativ, Ammoniak, salpetrige Säure und Salpetersäure qualitativ. Die Bestimmung des Trockenrückstandes ist von besonderem Wert, um den Einfluß der Mur auf die Brunnen des Wasserwerks zu erkennen. Durch diese Untersuchungen war von Hammerl der Ursprung unseres Leitungswassers aufgeklärt und festgestellt worden, daß es Mischwasser von Grundwasser und Flußwasser ist.

Ebenfalls von ganz vorzüglichem Wert bei Erhebung des Einflusses der Mur auf die Brunnen unseres Wasserwerks ist uns die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit gewesen. Die von Dr. techn. Poda angeregten und in der Untersuchungsanstalt ausgeführten Bestimmungen wurden in der Art gemacht, wie sie vor einigen Jahren wieder von Rupp¹ für die quantitativen Bestimmungen in Nahrungsmitteln empfohlen wurde. Auch wir können bestätigen, daß Reichart² recht hatte, als er schon im Jahre 1889 an die nachfolgenden Kohlrauschschen Worte³ erinnernd die Methode praktisch verwertete: „Die Aufgabe, elektrische Widerstände in Flüssigkeiten zu bestimmen, trifft nicht allein den Physiker: das elektrische Leitungsvermögen einer Substanz gehört zu deren fundamentalen Eigenschaften, und es ist offenbar wünschenswert, daß ähnlich, wie etwa die Dichtigkeit, das Lichtbrechungsvermögen, die spezifische Wärme, so auch die elektrische Leitungsfähigkeit eines Körpers eine leicht meßbare Größe werde“, ferner⁴ „von den drei Größen, deren Messung hier gefordert wird, nämlich Prozentgehalt, Temperatur und elektrischer Leitungswiderstand dürfte die letztgenannte bei gleichem Aufwand an Sorgfalt die geringsten Fehlerquellen enthalten, so daß man einen Thermometer oder Prozentmesser auf die Widerstandsbestimmung gründen könnte, wenn ein Bedürfnis für diese Meßinstrumente vorläge.“

Die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit ergänzt tatsächlich die chemische Untersuchung in vorzüglicher Weise und eignet sich auch nach unseren bei dem letzten Hochwasser gewonnenen Erfahrungen ganz besonders für die Kontrolle eines Wassers. L'analyse chimique ne permet pas cette rapidité et cette précision suffisantes, seule la conductibilité électrique est capable de donner rapidement des indications importantes qui facilitent singulièrement la surveillance (F. Dienert).⁵

Wir wollen nun zunächst feststellen, welche Schlüsse wir aus dem Trockenrückstand und der elektrischen Leitfähigkeit ziehen können und

¹ Zeitschrift für Untersuchung von Nahrungs- u. Genußmitteln. 1905. II. S. 37.

² Zeitschrift für analyt. Chemie. 1889. Bd. XXVIII. S. 1.

³ Wiedemanns Annalen der Physik und Chemie. 1880. Bd. XI. S. 153.

⁴ Pogendorffs Annalen der Physik und Chemie. 1875. Bd. CLIV. 2.

⁵ Des Methodes employées pour surveiller les eaux destinées à l'alimentation. Annales de l'Institut Pasteur. 1905. T. XIX.

Tabelle XIII. Trockenrückstand, Milligramm im Liter.

Datum	Mur	Haupt- brunnen	Hygien. Institut	Andritz	Hof- brunnen	Wiesenbrunnen			
						I.	II.	III.	IV.
Mai 11.	113	220	—	—	234	—	150	150	166
16.	112	224	—	—	228	—	165	179	170
18.	108	229	—	356	222	—	172	210	—
20.	123	245	232	340	225	—	176	208	—
21.	121	211	227	345	217	—	178	—	—
22.	122	271	300	345	223	—	194	—	—
23.	127	314	312	336	279	—	234	—	—
24.	111	316	328	332	234	—	233	—	—
25.	104	314	317	331	—	—	222	—	—
26.	114	318	—	337	239	—	217	—	—
27.	112	305	—	315	235	—	214	143	—
28.	112	311	294	318	—	—	209	139	—
29.	124	308	316	319	—	—	218	—	—
30.	110	318	—	310	286	—	232	—	—
31.	127	311	—	316	309	—	254	—	—
Juni 1.	116	316	314	303	277	—	250	—	—
2.	114	317	—	304	327	—	269	—	—
3.	114	332	352	314	356	—	298	—	—
4.	119	325	317	304	332	—	298	—	—
5.	124	330	335	—	334	300	282	—	—
6.	129	339	340	324	340	246	304	—	—
7.	124	333	332	322	316	242	314	—	—
8.	—	354	346	312	—	211	—	—	—
9.	—	351	350	—	312	211	—	—	—
10.	—	381	334	—	—	201	—	—	—
11.	—	370	349	328	329	191	—	—	—
12.	—	371	366	334	346	187	—	—	—
13.	—	358	331	—	350	173	249	—	—
14.	126	360	343	321	320	—	332	147	—
15.	—	358	—	—	319	—	333	219	—
16.	—	350	—	—	317	—	302	367	—
17.	—	—	—	—	—	—	288	340	—
18.	—	—	—	—	—	—	249	326	—
19.	—	—	—	—	—	—	236	316	—
20.	—	—	—	—	—	—	238	312	251
21.	—	—	—	—	—	—	—	310	246
22.	—	—	—	—	—	—	—	291	243
23.	—	—	—	—	—	—	—	286	248
24.	—	—	—	—	—	—	—	293	256
25.	—	—	—	—	—	—	204	230	236
30.	128	316	—	301	331	—	216	271	244
Juli 1.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4.	—	—	—	—	—	140	—	—	—
5.	—	—	—	—	—	338	—	—	—
6.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7.	139	319	—	332	355	298	200	193	170
8.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12.	138	317	308	337	335	256	172	187	—
13.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17.	122	397	293	317	305	209	160	170	171

Tabelle XIV.

Elektrische Leitfähigkeit = κ_{18} 10⁶ Ohm.

Datum	Mur	Haupt- brunnen	Hygien. Institut	Andritz	Hof- brunnen	Wiesenbrunnen			
						I.	II.	III.	IV.
Mai 11.	139	267	—	—	346	—	191	188	213
16.	133	282	283	—	280	—	212	227	210
18.	138	295	—	463	288	—	227	276	—
20.	141	327	306	460	308	—	240	282	—
21.	136	277	288	460	303	—	239	—	—
22.	146	371	387	453	299	—	254	—	—
23.	149	415	412	451	349	—	306	—	—
24.	149	426	432	449	309	—	304	—	—
25.	138	416	425	445	—	—	286	—	—
26.	133	407	—	442	312	—	273	—	—
27.	133	417	—	435	314	—	274	200	—
28.	128	425	387	433	—	—	283	198	—
29.	129	414	416	432	—	—	277	—	—
30.	138	427	—	428	386	—	309	—	—
31.	141	425	—	417	378	—	326	—	—
Juni 1.	145	437	433	429	378	—	343	—	—
2.	146	439	—	425	433	—	367	—	—
3.	144	433	429	442	445	—	380	—	—
4.	146	443	439	426	441	—	396	—	—
5.	151	413	443	—	414	370	395	—	—
6.	159	439	443	432	437	317	395	—	—
7.	158	451	449	432	417	316	392	—	—
8.	160	461	455	432	417	312	—	—	—
9.	169	461	460	437	406	281	—	—	—
10.	—	484	440	423	447	264	—	—	—
11.	—	485	449	436	412	248	—	—	—
12.	153	480	460	432	425	229	—	—	—
13.	—	458	437	432	433	219	359	—	—
14.	144	461	451	426	406	—	421	197	197
15.	147	469	456	428	411	—	429	295	195
16.	146	450	457	425	409	—	400	465	—
17.	155	425	444	427	427	—	394	453	—
18.	—	433	440	425	419	—	334	429	196
19.	154	422	440	426	428	—	317	419	347
20.	—	415	—	428	434	—	315	410	333
21.	163	436	443	426	426	—	305	399	332
22.	162	—	433	—	—	—	—	387	330
23.	—	431	—	425	433	—	—	380	332
24.	154	438	—	425	442	—	290	387	338
25.	143	436	432	425	432	—	277	353	322

Tabelle XIV. (Fortsetzung.)

Datum	Mur	Haupt- brunnen	Hygien. Institut	Andritz	Hof- brunnen	Wiesenbrunnen			
						I.	II.	III.	IV.
Juni 26.	—	430	—	426	430	—	290	374	323
27.	—	—	—	—	—	—	288	357	325
28.	—	—	—	—	—	—	293	367	328
29.	—	424	437	425	433	—	283	379	330
30.	165	425	421	425	443	—	297	369	331
Juli 1.	—	425	—	425	445	—	305	372	336
2.	—	420	—	423	438	—	261	308	326
3.	—	421	—	425	445	—	246	292	337
4.	—	—	—	—	—	224	—	—	—
5.	177	—	—	—	—	434	—	—	—
6.	182	—	—	—	—	403	—	—	—
7.	—	—	421	—	—	—	—	—	—
8.	—	422	421	437	454	356	257	258	220
9.	176	407	418	444	—	360	257	257	219
10.	—	—	—	—	—	328	—	—	—
11.	—	—	—	—	—	333	—	—	—
12.	171	420	419	444	425	336	248	247	224
13.	—	—	—	—	—	346	—	—	—
14.	—	—	—	—	—	356	—	—	—
15.	175	415	387	452	419	315	245	241	223
18.	178	412	—	444	405	318	244	242	244

verweisen auf die Tabellen XIII und XIV und die Kurventafel, auf welcher die zahlreichen Werte übersichtlich zusammengestellt sind.

Auf der Kurventafel ist die Leitfähigkeit

vom Wasser der Mur,

des Hauptbrunnens,

vom Leitungswasser (entnommen im hygienischen Institut),

vom Mischwasser des neuen Andritzer Werks und

von den einzelnen Schöpfstellen des älteren Werks (Hof- 1, 2, 3, 4 Wiesenbrunnen), ferner

der Trockenrückstand des Wasser der vier Wiesenbrunnen

aufgetragen; die Kurven der übrigen Trockenrückstände einzuzichnen wurde unterlassen, um die Übersicht der Tabelle nicht zu gefährden. Die Kurven der elektrischen Leitfähigkeit und des Trockenrückstands der vier Wiesenbrunnen sind in gleichen Farben eingetragen, die Trockenrückstandskurven sind gestrichelt, so daß man in bequemer Weise die zusammengehörigen Kurven an den Farben erkennen kann. Wir sehen hier, was ja ohne weiteres verständlich ist, und was das von uns über

die Verwendbarkeit der Leitfähigkeit Gesagte bestätigt, daß Trockenrückstand und Leitfähigkeit parallel laufen und die Bestimmung des einen die der andern sehr gut ergänzt. Es braucht nicht besonders hervor gehoben zu werden, daß der Umstand, daß die elektrische Leitfähigkeit häufiger bestimmt wurde als die Trockensubstanz, und daß wir deshalb von ersterer mehr Zahlen haben als von letzterer, in beiden Kurven kleinere Differenzen entstehen lassen muß.

Die ganze Kurventafel bietet nun einen trefflichen Überblick über den Verlauf der Einwirkung des Murhochwassers auf die Brunnen unseres Wasserwerks. Die Grundlage bildet gewissermaßen die Murkurve, die im ganzen nur wenig schwankt; starke Regengüsse und damit Verdünnung des Murwassers durch Oberflächenwasser lassen die Kurve fallen, die im übrigen bei allmählich sinkendem Pegelstand eine stetig ansteigende Linie darstellt.

Bildet die Murkurve gewissermaßen die untere horizontale Begrenzung unseres Kurvenbildes, so wird die obere von der Kurve des Andritzer Wassers gebildet, welche fast genau horizontal verläuft und damit beweist, daß dieses Wasser, welches in etwa 100 m von der Mur entfernten Brunnen entnommen wird, ein einer direkten Beeinflussung durch die Mur nicht ausgesetztes Grundwasser ist. Ich betone, einer direkten Beeinflussung. Es ist nämlich nicht ausgeschlossen, ja sogar wahrscheinlich, daß dem Andritzer Grundwasser Murwasser etwa 1 km oberhalb zuströmt, wo der Fluß durch ein Wehr gestaut ist (Göstinger Wehr). Wir haben wahrscheinlich an dieser Stelle ein Abströmen des Flußwassers in den Boden des anliegenden Ufers, ein Verhalten, das ja an vielen Orten zur Beobachtung gelangt ist. Daß dem so ist, kann deshalb angenommen werden, weil das Andritzer Grundwasser weniger hart ist, als das dem oberen Teil zuströmende Grundwasser, dessen Härte durch Zahlen repräsentiert wird, die das Grundwasser der Brunnen in der Körösisztr. zeigt, auf welche wir noch später zurückkommen werden.

Wenn die angegebenen Zahlen gelegentlich kleine nicht ohne weiteres erklärliche Abweichungen zeigen, so ist u. a. folgendes zu berücksichtigen. Das Wasser, welches dem Hauptbrunnen und der Leitung (hygienisches Institut) entnommen wurde, zeigt nicht stets gleiche Werte, weil der größere Teil des aus dem Haupt- also dem Sammelbrunnen entnommenen Wassers direkt dem Versorgungsnetz zuströmt und nur der nicht sofort zur Verwendung gelangende Teil den an das Versorgungsnetz angeschlossenen Hochreservoirs zufließt. Nun ist bei geringerem Verbrauch während eines Teils der Tages- bzw. Nachtstunden das Andritzer Werk nicht in Betrieb, weshalb dann die Mischung des Wassers eine andere ist als während der übrigen Zeit. Da auch während eines Teils der Nacht die

Pumpen ganz außer Tätigkeit stehen, so umspült während dieser Zeit das Grundwasser die Brunnen, bis sich die Depressionskurve mehr oder minder vollständig ausgeglichen hat. Beim Beginn des Pumpens — also am frühen Morgen — wird deshalb ein anderes, weniger Murwasser enthaltendes Mischwasser den Brunnen zuströmen und ihnen entnommen werden, als am Ende des Pumpens, was wir auch wiederholt feststellen konnten, wenn Proben früh und abends entnommen wurden. Da nun auch die Proben nicht stets zur gleichen Stunde entnommen werden konnten, sind die beobachteten Schwankungen leicht verständlich.

Wenn wir nun die Zahlen bei Beginn des Hochwassers, soweit die Untersuchungen vorhanden sind, betrachten, so finden wir, daß wir zu dieser Zeit ein Mischwasser hatten, dem Flußwasser in großer Menge beigemischt war. Die Situation änderte sich mit einem Schlage, als einerseits das Andritzer Werk zur Versorgung herangezogen und andererseits die durch das Hochwasser beeinflussten Brunnen des alten Werks gesperrt wurden. Die elektrische Leitfähigkeit stieg von 267 auf über 400, der Trockenrückstand von 220 auf über 300^{mg}; so ist es auch bis Mitte Juli im wesentlichen geblieben.

Bei Betrachtung der Kurven der einzelnen Wiesenbrunnen fällt vor allem auf, daß 1, 3 und 4 sofort bei Beginn ihrer Wiederbenutzung nach längerer Pause ein enorm starkes Ansteigen der Trockensubstanz- und Leitfähigkeitskurven aufweisen und daß die Kurven dann ziemlich rasch wieder abfallen. Daß diese Erscheinung beim Wiesenbrunnen 2 nicht so deutlich zu beobachten ist, liegt daran, daß dieser Brunnen nur kurze Zeit gesperrt war.

Wie ist dieses Verhalten zu erklären? Die Brunnen wurden zu einer Zeit geschlossen, als ihre Beeinflussung durch die Mur eine hochgradige war, weshalb sie ein Wasser mit niedriger elektrischer Leitfähigkeit und mit geringem Gehalt an Trockenrückstand lieferten. Nach der Sperrung der Brunnen blieb das Wasser innerhalb der absolut dichten Wandungen stehen, da ja nur an der Sohle Wasser hinzutreten kann, wenn sie durch das Ansaugen der Pumpen entleert werden. Es mußte also beim Beginn des Pumpens zunächst noch das alte Wasser in ihnen enthalten sein, wie dies ja aus den Untersuchungen mit Sicherheit hervorgeht und aus der Kurventafel besonders schön zu erkennen ist. Während der Sperrung der Brunnen waren sie von dem der Mur zuströmenden Grundwasser umspült worden, so daß sich jedenfalls schon nach kurzer Zeit die Brunnen etwa in demselben Zustande befanden wie etwa mit Wasser gefüllte oben und unten offene Glasröhren, welche man in Gefäße eingesetzt hat, die irgend eine Salzlösung enthalten. Wie hier nur ganz allmählich durch Diffusion an der unteren Öffnung eine Änderung des Inhalts der Glasröhren statt-

finden kann, so hat sich auch die Zusammensetzung des in den dichten Brunnenwandungen eingeschlossenen Wassers nur wenig geändert. Nun wurden nach mehr oder minder langer Pause die Brunnen wieder gepumpt; die Pumpen sogen selbstverständlich das Wasser an, welches sich in der Umgebung des Brunnens befand, also das dem Flusse zuströmende Grundwasser, und erst allmählich, weil die Saugkraft der Pumpen eine so starke ist, daß der Depressionskegel bis in die Mur reicht, wurde wieder außer dem der Mur zuströmenden Grundwasser auch noch Murwasser selbst angesogen. Die Untersuchungen haben also die zuerst in der Hammerl'schen Arbeit angegebene Auffassung von der Abstammung unseres Leitungswassers von neuem bestätigt und nebenbei auch das vom hygienischen Standpunkte sehr wichtige Resultat ergeben, daß die Wandungen der Brunnen dicht sind und daß sich in ihnen das durch die Pumpen entnommene Wasser nur durch Zuströmen an der Brunnensohle ergänzt.

Bei Besprechung des Resultats der bakteriologischen Untersuchungen wollen wir zunächst wieder die einzelnen Komponenten in Betracht ziehen, aus denen sich unser Leitungswasser mischt. Das Grundwasser von Andritz hat sowohl in früherer Zeit als auch beim jetzigen Hochwasser stets sehr gute Zahlen gegeben; das Wasser ist steril; die vereinzelt gefundenen Keime können nur als zufällige Verunreinigungen aufgefaßt werden.

Der Bakteriengehalt der Brunnen des alten Werks ist in normalen Zeiten ein sehr niedriger, weil das Grundwasser nur aus tiefen, gut filtrierenden Bodenschichten entnommen wird und auch das zuströmende Murwasser von seinen Keimen befreit in die Brunnen eintritt, wenn der Murwasserstand eine gewisse Höhe nicht überschreitet. Diese Höhe genau anzugeben, wäre von großer praktischer Bedeutung, ist aber wegen ungenügenden Materials nicht möglich. Die in Graz bei immerhin relativ häufigen Untersuchungen gefundenen Zahlen und ihr Vergleich mit den Resultaten, die ähnliche Wasserversorgungen anderer Städte ergeben haben, waren die Veranlassung, daß die Untersuchungen nicht häufiger ausgeführt wurden; sie werden jedoch nach den Erfahrungen des Maihochwassers nunmehr in ausgedehntestem Maße durchgeführt. Sehen wir zunächst von den beim jetzigen Hochwasser gefundenen Zahlen ab, so wurden auch bei hohen Wasserständen im Hauptbrunnen, bzw. im Leitungsnetz — also im Mischwasser — nur einmal 350 Keime (11. III. 1896), ein anderes Mal 150 bis 160 bzw. 228 Keime gefunden. Von diesen höchsten Zahlen ist sogar die zuerst aufgeführte auf vorausgegangene Revisionen und Reparaturen in der Anlage zurückgeführt worden.¹

¹ Vgl. Hammerl, a. a. O. *Archiv für Hygiene*. S. 281.

Wie hoch sind überhaupt die Zahlen, die von anderer Seite bei Wasserversorgungen mit „natürlicher Filtration“ noch als zulässig zu bezeichnen sind? Am eingehendsten ist die Frage von Kruse erörtert, aus dessen Angaben hier folgendes wiedergegeben sei:

Kruse erklärt den Effekt¹ der natürlichen Filtration des Barmer Wasserwerks, welches so gut wie ausschließlich natürlich filtrierte Ruhrwasser liefert und das bei normalem Wasserstande meist weit unter 100 bzw. diese Ziffer nur wenig überschreitende Keimzahlen liefert, als einen zufriedenstellenden und bezeichnet dieses Wasser als tadellos.

Die bakteriologische Beschaffenheit des Bonner Leitungswassers bezeichnet Kruse auch bei Hochwasser² als gute und führt folgende Zahlen an: 20. bis 25. Januar 300, 60, 110, 85, 250, 100, vom 16. bis 21. Februar 20, 18, 60, 65, 65, 150 Keime.

Als „günstige Resultate“ bezeichnet Kruse³ noch die auf seine Veranlassung bei Hochwässern in Elberfeld (Brunnen 13 bis 30 m vom Rhein entfernt) bestimmten Keimzahlen 21. bis 30. I. 20, 20, 120, 200, 150 und die ebenfalls auf seine Aufforderung in Düsseldorf (Brunnen der ersten und zweiten Pumpstation 16 m vom Rhein entfernt, der dritten 85 bis 250 m) gemachten Untersuchungen 21. bis 26. I. mit 12, 20, 73, 83, 97, 45 Keimen.

In einer Arbeit von Bärenfänger⁴ „Ist ein Einfluß des Rheins auf die Brunnen der Wasserwerke der Stadt Köln zu konstatieren?“ wird über die Brunnen der beiden Werke Altenburg und Severin berichtet. Die Brunnen von Severin liegen vom Rhein weit entfernt und kommen nicht in Betracht. Die Altenburger Brunnen sind 70 bis 80 m, der zur Wasserentnahme nicht verwendete sogenannte „Rheinbrunnen“ 44 m entfernt. Der Bakteriengehalt der einzelnen Brunnen ist zumeist sehr niedrig und übersteigt nur selten die Zahl 100; es kommen aber auch einige Hundert Bakterien vor. Die höheren Keimzahlen führt Bärenfänger nicht auf die Nähe des Rheins zurück, sondern darauf, daß beim Abpumpen des Brunnens keimhaltige Luft nachströmt. Mir erscheint dies unwahrscheinlich. Neuerdings soll der Keimgehalt noch weiter zurückgegangen sein, weil der Brunnen mit Beton abgedeckt und mit einem mit mehreren Sieben versehenen Kupferrohr als Entlüftungsschacht versehen ist. Bärenfänger vertritt die Ansicht, daß auch die Keimzahl des Wassers des nicht regelmäßig gepumpten Rheinbrunnens nicht derartig hoch ist, daß

¹ A. a. O. S. 119.

² A. a. O. S. 128.

³ A. a. O. S. 129.

⁴ *Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung*. XLVIII. Jahrg. 1905. S. 28.

Tabelle XV.

In 1^{cem} waren Keime enthalten:

Datum	Haupt- brunnen	Hygien. Institut	Mur	Andritz	Hof- brunnen	Wiesenbrunnen			
						I.	II.	III.	IV.
Mai 11.	550	—	3800	—	19	—	137	258	736
13.	—	260	—	—	—	—	—	—	—
14.	325	141	1950	—	18	—	45	875	8500
15.	371	—	—	—	16	—	47	840	—
16.	185	121	2500	—	5	—	13	—	—
17.	—	97	—	—	—	—	—	—	—
18.	45	75	—	1	—	—	—	—	—
19.	80	81	2560	1	3	—	1071	8001	—
20.	44	30	3288	1	11	—	2008	1042	—
21.	54	56	3528	2	2520	—	16	—	—
22.	15	35	1890	1	13	—	—	—	—
23.	10	32	1232	0	—	—	—	—	—
24.	7	24	1904	1	—	—	6	—	—
25.	45	8	—	0	—	—	33	—	—
26.	300	4	3000	0	106	—	50	—	—
27.	10	3	5796	—	—	—	60	—	—
28.	6	12	2876	0	—	—	283	—	—
29.	5	4	2205	0	—	—	—	—	—
30.	21	1	2142	0	7	—	—	—	—
31.	8	6	2800	0	25	—	—	—	—
Juni 1.	1	1	386	—	20	—	—	—	—
2.	3	1	3808	1	6	—	—	—	—
3.	0	1	392	1	4	—	—	—	—
4.	1	2	1007	—	13	—	—	—	—
5.	1	1	792	2	1	—	14	—	—
6.	5	2	2214	1	2	—	—	—	—
7.	2	1	763	0	11	—	—	—	—
8.	1	2	1234	0	7	—	—	—	—
9.	1	3	961	0	0	—	—	—	—
10.	1	0	—	1	1	—	—	—	—
11.	1	1	—	1	13	—	—	—	—
12.	3	1	—	0	1	—	—	—	—
13.	3	6	—	1	47	—	—	—	—
14.	1	15	—	0	0	—	—	—	—
15.	1	13	—	0	51	—	—	123	—
16.	0	10	—	0	400	—	—	170	—
17.	2	41	—	0	2	—	337	52	—
18.	131	2	—	1	67	—	141	21	—
19.	13	3	—	0	55	—	3	9	—
20.	1	2	2646	0	37	—	3	6	18

Tabelle XV. (Fortsetzung.)

Datum	Hauptbrunnen	Hygien. Institut	Mur	Andritz	Hofbrunnen	Wiesenbrunnen			
						I.	II.	III.	IV.
Juni 21.	2	3	—	1	3	—	6	3	2515
22.	2	26	—	1	8	—	1	127	728
23.	1	2	—	1	2	—	380	58	32
24.	3	2	—	0	11	—	253	22	777
25.	2	1	—	1	212	—	150	155	602
26.	0	1	—	0	6	—	34	14	5
27.	1	1	—	1	17	—	1	6	12
28.	1	4	—	0	1695	—	43	1	7
29.	1	1	513	0	2	—	10	354	2
30.	2	2	600	1	162	—	79	2	5
Juli 1.	2	2	—	0	1	—	3	3	8
2.	1	2	—	0	2	—	13	2	9
3.	3	—	—	3	134	—	5	19	38
4.	1	3	—	1	90	—	—	341	—
5.	2	1	—	1	18	12	197	—	—
6.	2	5	1416	0	517	18	—	547	639
7.	0	8	4332	0	39	4	36	130	13
8.	0	1	—	1	64	6	95	105	116
9.	1	3	5700	0	46	10	156	450	676
10.	1	3	—	1	4	8	39	114	45
11.	1	3	1896	0	107	3	36	126	21
12.	1	3	1614	1	469	5	44	127	61
13.	1	4	1516	0	71	8	34	102	81
14.	0	2	1280	1	33	3	37	139	42
15.	1	3	5502	0	1	3	21	169	262

sie zu Bedenken Anlaß geben könnte, falls sein Wasser zum Trinken benutzt würde. Die Zahlen gehen bis nahe an 400; sie übersteigen relativ häufig 100.

Es ist bedauerlich, daß in der Literatur genauere Angaben, abgesehen von den Dresdener und Würzburger Untersuchungen, nicht vorhanden, bzw. mir zugänglich waren. Bei der Häufigkeit von Untersuchungen von Wasserwerken mit natürlicher Filtration, welche Hochwässern ausgesetzt sind und von diesen zum Teil sehr stark beeinflußt werden, wären eingehendere Publikationen sehr erwünscht. Nach unseren neuerdings gemachten Erfahrungen dürfte manches Wasserwerk bei Hochwässern gewiß ähnliche Zustände bieten, wie diejenigen, welche wir im Mai d. J. konstatieren konnten, auf die wir nunmehr etwas näher eingehen wollen. Das Mischwasser (Hauptbrunnen und Leitungswasser) hatte Zahlen (s. Tabelle XV), welche die sonst gefundenen Maximalzahlen nicht unerheblich überstiegen. Ob in den vorausgegangenen Tagen, also bei Beginn des Hochwassers, vielleicht noch höhere

Zahlen gefunden worden wären, läßt sich nachträglich nicht mehr feststellen. Besonders auffallend ist die hohe Zahl, welche der vierte Wiesenbrunnen zu einer Zeit lieferte, als die übrigen Brunnen noch erheblich weniger Keime zeigten. Schon am 14. Mai hatte der vierte Wiesenbrunnen, obwohl er der am weitesten von der Mur entfernte W. Br. ist. (34.5 m), bedeutend mehr Keime als der dritte, ja sogar der zweite, dessen Entfernung von der Mur nur 18.7 m beträgt; der Brunnen wurde deshalb, nach Bekanntwerden des Ergebnisses, gesperrt. Fünf Tage später war auch schon die Keimzahl im dritten relativ sehr hoch, im zweiten hoch angestiegen. So mußten nacheinander auch diese Brunnen geschlossen werden, und wurden damit der regelmäßigen Untersuchung entzogen.

Die Behörden sind bei uns wegen der vorausgegangenen Erkrankungen ganz erheblich schärfer vorgegangen, als dies sonst der Fall ist. Die Brunnen wurden gesperrt, sobald durch die bakteriologischen Untersuchungen (Zählung der Kolonien nach 48 Stunden) der Nachweis geführt war, daß die „natürliche Filtration“ des Bodens nicht mehr ausgereicht hatte. Es ist deshalb auch vorgekommen, daß die Sperrung eines Brunnens erfolgte, obwohl das Filter, wie aber erst durch die in den darauffolgenden Tagen erhaltenen Resultate festgestellt wurde, wieder besser funktionierte.

Nach den vorhandenen Untersuchungen ist es nun jedenfalls sehr auffallend, daß der Keimgehalt der einzelnen Brunnen nicht der Nähe der Mur entsprechend, sondern im Gegenteil gerade umgekehrt anstieg; zuerst wurde 4, dann 3, schließlich 2 befallen. Wiesenbrunnen 1 war, einer schon früher getroffenen Bestimmung gemäß, bei einem Wasserstand von +50 außer Benutzung gesetzt worden.

Die Erklärung für den zeitlichen Verlauf der Infektion der Brunnen scheint mir in dem Umstande zu liegen, daß der vierte Wiesenbrunnen zwar von der Mur relativ weit entfernt, aber der Uferstelle am nächsten liegt, welche durch das Hochwasser ziemlich stark beschädigt wurde. Das linke Murufer macht nämlich etwa 100 m oberhalb des Wasserwerkterrains einen konvexen Bogen und war dort am stärksten dem Anprall des Hochwassers ausgesetzt. Die Folge davon war eine nicht unbedeutende Zerstörung des Ufers. Hiermit war die Möglichkeit geboten, daß die Wassermassen, ohne den gewöhnlichen Widerstand zu finden, unter dem damals vorhandenen überaus starken Druck in das Uferterrain hereinbrachen und dem Brunnen zugedrängt wurden. In den an Poren reichen trockenen Bodenschichten fanden sie nicht den nötigen Widerstand und konnten so zu den Brunnen gelangen, ohne daß eine genügende Filterwirkung eingetreten wäre, obwohl die Strecke, die sie zurückzulegen hatten, eine ziemlich große war.¹

¹ Anmerkung bei der Korrektur: Es sind inzwischen durch das Stadtphysikat zahlreiche Grabungen auf dem Terrain des Wasserwerkes veranlaßt

Ich will hier nicht auf die Frage näher eingehen, die seiner Zeit bei den Dresdener Hochwässern so eingehend diskutiert wurde, ob nämlich die in den Brunnen gefundenen Mikroorganismen aus den höheren Bodenschichten stammten und von der Mur mitgerissen wurden, oder ob sie ausschließlich als Murkeime aufzufassen sind. Gegen die letztere Annahme scheint der Umstand zu sprechen, daß in den Brunnen höhere Keimzahlen gefunden wurden als in der Mur selbst. Es ist aber da zu berücksichtigen, daß das Murwasser, welches oberhalb der Brunnen in das Ufer hereindrückte, ein anderes ist, als das später in den Brunnen untersuchte und es ist sehr wohl denkbar, daß gerade die erste Wasserwelle, welche durch das beschädigte Ufer zu den Brunnen getragen wurde, einen erheblich höheren Keimgehalt hatte. Ich halte es für das Wahrscheinlichste, daß die in den Brunnen gefundenen Keime zum Teil „Murkeime“, zum Teil „Bodenkeime“ waren; die ersteren wurden mit dem Murwasser, die letzteren durch das Murwasser, von den Bodenpartikelchen losgelöst, den Brunnen zugeführt.

Leider sind wegen der notwendigen Sperrung der Brunnen unsere Untersuchungen zu unvollständig, um über die Vorgänge eine genaue Auskunft zu geben. Es wäre besonders interessant gewesen, wenn man hätte verfolgen können, wie die zweite bedeutend stärkere Hochwasserperiode (20. Mai) wirkte. Man hätte, wenn es möglich gewesen wäre, alle Brunnen fortdauernd zu untersuchen, auch entscheiden können, ob die in dem am weitesten stromabwärts gelegenen von der Mur relativ weit entfernten Hofbrunnen am 21. Mai gefundene hohe Keimzahl nur als Fortsetzung der durch die erste Hochwasserperiode erzeugten unterirdischen „Welle“

worden, welche für die Beurteilung unserer Frage wichtige Resultate ergeben haben. Zunächst wurde festgestellt, daß, wie übrigens schon erwähnt, in früheren Jahrzehnten auf einem Teil des Terrains aus den oberflächlichen Bodenschichten der Sand entfernt wurde. Die dadurch entstandenen Gruben wurden zum Teil mit dem restierenden Schotter, zum Teil sogar mit Müll ausgefüllt. Diese Grabungen reichen gewöhnlich ca. 2 m unter die Oberfläche.

Viel wichtiger ist folgendes Ergebnis: Längs des Ufers vor dem Werksterrain ist ein alter Uferschutzbau vorgefunden worden, welcher bis etwa 120 m oberhalb des 4. Wiesenbrunnens reicht und das Ufer vor Verletzungen schützt; dort, wo dieser Schutzbau aufhörte, ist nun das Murwasser, entsprechend meiner oben besprochenen Annahme, eingedrungen und hat, wie aus den Grabungen geschlossen werden kann, seinen Weg längs der Baugrube des Hauptrohres genommen, welches das Andritzer Wasser zu den Brunnen des älteren Werks fließen läßt und zwischen der Mur und den Wiesenbrunnen gelegt ist.

Durch den abnorm hohen und lang andauernden Wasserstand der Mur war ihr Wasser, nach Zerstörung des Ufers, in lockere Bodenschichten gedrungen und dann längs der ehemaligen Baugrube des Rohrs zu den Brunnen weiter geflossen.

oder als Folge der zweiten Periode aufzufassen ist. Wegen der geringen Zahl der Untersuchungen ist übrigens auch die Möglichkeit nicht auszuschließen, daß die hohe Zahl vom 21. Mai (2520 Keime) durch einen der früher besprochenen Zufälle bei der Probeentnahme bedingt war. Hierfür spricht, daß an den vorausgegangenen und nachfolgenden Tagen niedrige Werte gefunden wurden, und daß mehrere Wochen später, als der Einfluß des Hochwassers längst überwunden war, wir einmal (28. Juni) im Hofbrunnen 1700 Keime fanden, während die bei den gleichzeitigen Untersuchungen des Wassers des Hauptbrunnens und der Leitung gefundenen niedrigen Zahlen mit Sicherheit annehmen ließen, daß es sich hier nur um einen bei derartigen biologischen Untersuchungen nie ganz zu vermeidenden Versuchsfehler handeln kann.

Nimmt man jedoch an, daß die am 21. Mai im Hofbrunnen vorhandene Bakterienmenge dem Einfluß des Hochwassers zuzuschreiben ist, so dürfte hier ein ähnlicher Fall vorliegen, wie ihn Kruse¹ schon einmal beobachtet hat.

Er fand bei einem plötzlichen Ansteigen der Ruhr eine starke Vermehrung der Keime der Brunnen des Barmener Werks, dem bald darauf ein Absinken folgte. Erst später, einige Tage darauf, stieg die Keimzahl zugleich mit dem Steigen des Wasserstands in den Brunnen ganz erheblich. Kruse¹ erklärt die erste „primäre Keimvermehrung“ mit direktem Zutritt von Keimen aus der Ruhr, während er die spätere „sekundäre Keimvermehrung“ einer unterirdischen Wasserwelle zuschreibt, welche „irgendwo oberhalb des Wasserwerks“ in den Untergrund eingedrungen ist.

Wir haben früher berichtet, daß die oberen Schichten des Wasserwerkterrains in früheren Zeiten, wenn auch nur an einzelnen Stellen zur Sandgewinnung benutzt wurden, ferner daß die weitere Umgebung der Wasserwerksbrunnen dadurch gelitten hat, daß das Terrain mehr und mehr eingebaut wurde, ohne rechtzeitig kanalisiert zu werden. Es ist deshalb auch die Vermutung ausgesprochen worden, daß das Anwachsen der Keime während des diesjährigen Maihochwassers darauf zurückzuführen ist, daß das Hochwasser das nach der Mur zuströmende Grundwasser aufstaute, daß dieses dann in höhere durch die angegebenen Umstände besonders verunreinigte Bodenschichten gelangte und von dort aus, mit kleineren reich beladen, nach den Brunnen des Wasserwerks angesogen wurde. Die Frage hat auch deshalb Bedeutung, weil man den direkten Einfluß der Mur auf die Brunnen viel niedriger einschätzen müßte, wenn diese Annahme richtig wäre. Um sie zu entscheiden, müssen wir zunächst

¹ A. a. O. S. 123.

Tabelle XVI.
Chlor, Milligramm im Liter.

Datum	Haupt-brunn.	Hof-brunn.	Institut	Mur	Wiesenbrunnen				Andritz
					I.	II.	III.	IV.	
11. Mai	3.9	6.1	—	1.1	—	1.9	2.0	2.2	—
16. „	4.9	4.6	4.9	1.0	—	2.6	3.0	2.3	—
18. „	4.4	3.9	—	0.8	—	2.6	3.5	—	5.5
20. „	7.1	5.0	4.9	0.7	—	3.5	4.3	—	5.8
21. „	4.5	3.9	4.6	0.5	—	3.3	—	—	5.8
22. „	4.9	5.9	5.0	0.9	—	3.2	—	—	6.1
23. „	5.9	6.1	6.0	0.1	—	4.8	—	—	6.2
24. „	6.2	5.8	5.6	0.9	—	4.8	—	—	6.2
25. „	6.1	—	5.1	—	—	4.8	—	—	5.7
26. „	5.1	5.0	—	0.7	—	4.0	—	—	5.6
27. „	6.4	5.0	—	1.2	—	4.3	3.3	—	6.0
28. „	6.2	—	5.9	0.8	—	4.7	3.4	—	6.1
4. Juni	8.1	10.0	—	1.4	—	8.3	—	—	6.5
5. „	8.9	8.5	—	1.4	7.8	7.6	—	—	—
30. „	7.3	7.5	—	0.5	—	5.9	9.3	5.0	5.2
4. Juli	—	—	—	—	4.5	—	—	—	—
5. „	—	—	—	—	9.8	—	—	—	—
7. „	5.1	7.8	—	0.8	4.8	4.3	3.6	1.7	5.0
12. „	6.4	7.0	6.3	1.3	5.4	3.5	4.9	2.1	5.2
17. „	5.8	6.8	5.7	0.4	4.2	3.4	3.5	2.4	10.1
22. „	6.5	6.55	5.8	1.1	4.9	3.4	gesp.	1.7	5.6
27. „	6.2	gesperrt	6.15	1.65	4.8	gesp.	3.8	gesp.	5.3
1. August	6.0	„	6.0	2.3	4.5	„	6.6	2.9	5.5
6.u.7. „	6.4	6.95	6.35	5.25	6.1	3.9	6.2	3.0	5.85
12. „	5.85	7.0	5.75	1.45	4.75	2.75	3.5	2.8	5.0
17. „	6.3	6.55	6.1	2.45	4.7	3.45	3.8	3.05	5.4
22. „	—	—	—	—	—	—	—	—	—

das durch die Untersuchungen gewonnene Material berücksichtigen und wir finden, daß Trockenrückstand und elektrische Leitfähigkeit des Wassers des vierten Wiesenbrunnens dem der Mur näher stehen als das der ersten bis dritten Wiesenbrunnen, obwohl deren Entfernung eine geringere ist; das gleiche Verhalten zeigten die Chloride, s. Tabelle XVI.

Schließlich können wir auch den Vergleich der Stärke der Salpetersäurereaktion zur Beantwortung unserer Frage berühren. Wir haben nämlich gefunden, daß die Reaktion auf N_2O_5 in der Mur gewöhnlich sehr schwach ist und daß sie allmählich, wenn das Murwasser den Brunnen zuströmt, immer stärker wird; vergleichen wir jedoch die Protokolle der zahlreichen chemischen Untersuchungen des Wassers der einzelnen Brunnen,

Tabelle XVII.

Tag der Probe- ent- nahme	Straße	Nr.	Trocken- rückstand	Chlor	Organische Substanzen	Salpeter- säure	Salpetrige Säure	Ammoniak	Elektrische Leitfähigkeit
22. V.	Wassergasse	8	—	—	—	—	—	—	845
8. VIII.	„		390	36	0.93	negativ	0	Spur?	—
14. „	„		367	36	1.57	schwach	0	0	504
22. V.	„	12	—	—	—	—	—	—	845
8. VIII.	„		416	34	2.6	sehr schwach	0	0	—
14. „	„		359	31	0.74	schwach	0	0	504
22. V.	„	16	—	—	—	—	—	—	675
8. VIII.	„		394	33.4	1.23	negativ	0	0	—
14. „	„		363	32.4	0.92	schwach	0	0	498
22. V.	„	18	—	—	—	—	—	—	1097
10. VIII.	„		374	31.7	1.03	schwach	0	0	—
14. „	„		356	30.8	—	„	0	0	486
6. „	Steggasse	2	218	8.3	1.26	negativ	0	Spur?	—
10. „	„		203	7.5	0.97	schwach	Spur	0	281
6. „	„	3	428	37	1.15	stark	0	0	515
17. „	„		345	34	0.52	schwach	0	0	—
5. „	„	4	388	32	1.15	„	0	0	492
17. „	„		343	29	1.09	„	0	0	—
6. „	„	6	377	34.7	1.11	sehr schwach	0	Spur?	492
17. „	„		344	32.8	2.34	schwach	0	0	—
5. „	„	8	431	38	1.26	„	0	0	—
17. „	„		375	33.8	1.2	„	0	0	—
8. „	Fischergasse	3	304	12.5	1.09	„	0	Spur?	394
8. „	„	5	328	11.5	2.3	„	0	„	378
8. „	„	9	334	9.6	1.25	„	0	0	431
6. „	„	15	360	13.5	0.80	„	0	0	422
6. „	„	19	382	12.8	0.86	„	0	Spur?	422
8. „	„	23	336	14.4	2.9	sehr schwach	0	0	—
8. „	Schwimmschulkai	102	313	10.1	0.80	0	0	0	486
10. „	„		373	25.3	1.16	schwach	Spur	0	—
17. „	Körösisstraße	114	429	16.0	3.0	stark	0	0	—
17. „	„	109	179	6.4	0.77	schwach	0	0	—
17. „	„	120	408	22.0	1.14	stark	0	0	—
17. „	„	122	337	16.6	0.66	sehr schwach	0	0	—
17. „	„	126	193	6.4	1.35	schwach	0	0	—
8. „	Wolf	—	341	9.2	1.8	—	—	—	—

so fällt es auf, daß auch in der Reaktion auf N_2O_5 das Wasser des vierten Wiesenbrunnens dem der Mur sehr nahe steht.¹ Es spricht dies dafür, daß das Murwasser nach Verletzung der oberhalb des vierten Wiesenbrunnens gelegenen Uferwandung rascher zum Brunnen gelangen konnte und dabei weniger Zeit hatte, die stickstoffhaltigen Substanzen in Salpetersäure umzuwandeln, als dies bei den südlichen und der Mur näher gelegenen Brunnen der Fall war, welche aber durch eine nicht oder jedenfalls weniger verletzte Uferschicht von der Mur getrennt sind.

Zur weiteren Klärung dieses strittigen Punktes habe ich eine größere Zahl von Brunnen, welche grundwasserstrom-aufwärts gelegen sind, deren

Fig. 3.

Lage aus der Skizze Fig. 3 zu entnehmen ist, untersuchen lassen; Tabelle XVII enthält die Ergebnisse. Sie zeigen uns, daß das Grundwasser, wie es in den nördlich und östlich vom vierten Wiesenbrunnen gelegenen Brunnen gepumpt wird, zumeist einen ganz anderen Charakter hat (Trockensubstanz, Chloride, organische Substanzen, elektrische Leit-

¹ Um den Raum, welchen die Tabellen einnehmen, nicht allzusehr auszu dehnen, habe ich auf die Wiedergabe der Zusammenstellungen der organischen Substanzen und Salpetersäure verzichtet; ich bemerke hier nur noch, daß sich Ammoniak und salpetrige Säure in den Brunnen bzw. Leitungswasser niemals nachweisen ließ.

Tabelle XVIII.
 Viertes Wiesenbrunnen.

Datum	Abdampf- rückstand	Chlor	Kalium- permanganat	Salpeter- säure	Salpetrige Säure	Ammoniak	Elektrische Leitfähigkeit	Mikro- organismen
11. V.	166.4	2.2	4.03	+	0	0	213.4	736
14. „	—	—	—	—	—	—	—	8500
16. „	169.0	2.3	3.72	+	0	0	209.9	—
14. VI.	—	—	—	—	—	—	197.7	—
15. „	—	—	—	—	—	—	195.3	—
18. „	—	—	—	—	—	—	196.3	—
19. „	—	—	—	—	—	—	346.9	—
20. „	250.8	—	2.4	—	—	—	vm. 333.1 ab. 334.4	18
22. „	243.0	—	2.04	—	—	—	330.3	728
23. „	248.0	—	2.43	—	—	—	331.6	32
24. „	255.6	—	1.73	—	—	—	vm. 337.7 ab. 295.3	+ 777
25. „	235.6	—	2.57	—	—	—	vm. 322.4 ab. 326.6	602
26. „	—	—	—	—	—	—	vm. 323.0 ab. 321.5	+ 5
30. „	243.6	5.0	2.5	Spur	0	0	331.1	5
7. VII.	170.2	1.7	4.59	„	0	0	(8. VII.) 219.8	13
12. „	—	2.1	5.03	schwach	0	0	224.3	—
17. „	170.8	2.4	4.87	„	0	0	(15. VII.) 223.0	—
22. „	175.2	1.7	4.21	Spur	0	0	—	2
27. „	—	—	—	—	—	—	—	—
1. VIII.	186.8	2.9	5.05	vorhanden	0	0	—	3
6./7. „	207.6	3.0	5.82	sehr wenig	0	0	—	1
12. „	166.8	2.8	5.74	schwach	0	0	—	1

fähigkeit) als das des vierten Wiesenbrunnens, dessen Ergebnisse in Tabelle XVIII, durch die neuesten Untersuchungen ergänzt, zusammengestellt wurden. Hiervon sind nur diejenigen Brunnen auszunehmen, welche ganz nahe dem Mühlgang liegen und offenbar von diesem beeinflusst werden (Steggasse 2, Körösisstraße 109, Körösisstraße 126). Aus den mitgeteilten Zahlen kann man daher nicht den Schluß ziehen, daß die Verunreinigung bzw. Bakterieninvasion des vierten Wiesenbrunnens von Norden und Osten erfolgt ist.

Nach diesen Erörterungen erscheint es mir zum mindesten höchst wahrscheinlich, daß die Uferverletzung an der konvexen Stelle des Murbogens oberhalb des 4. Wiesenbrunnens im Zusammenhange mit dem

Ansteigen des Wassers in sonst nie erreichte Bodenschichten die Hauptveranlassung war, daß im Mai dieses Jahres ein nicht genügend filtriertes Wasser zu dem Brunnen unseres Wasserwerkes gelangte. In der Voraussetzung, daß diese meine Annahme richtig ist, ist die Erwähnung einer Überlegung nicht ohne Interesse, welche den bedeutenden Wassertechniker Salbach bei Projektierung der Dresdener Wasserversorgung leitete. Die Anlage ist dort 1871 bis 1874 in der Nähe der Elbe ausgeführt worden, um das der Elbe zuströmende Grundwasser zu heben. Salbach behielt jedoch „von Anfang¹ die Möglichkeit im Auge, auch filtriertes Elbwasser zu gewinnen, wenn dereinst bei weiterem Anwachsen der Stadt der verschlossene Grundwasserstrom nicht mehr ausreichen sollte, den Bedarf der Stadt zu decken. Er bezeichnete ausdrücklich die von ihm zu den Vorarbeiten und später zur definitiven Anlage des Wasserwerkes gewählte Stelle als besonders geeignet, da dort die Elbe einen Bogen macht und erfahrungsgemäß die Flüsse an der konvexen Seite eines Bogens die Ufer benagen, während sie das gegenüberliegende Ufer verlanden; von dieser spezifischen Wirkung des Flusses erwartete sich Salbach einen guten Erfolg für die Filtration insofern, als der Fluß bei seitlichem Austritte von Wasser in das Ufergelände die auf dem Flußbette zurückgehaltenen ungelösten Stoffe stets beseitigen und so das Filter durchgängig erhalten würde“.

Wie ich es für mindestens höchstwahrscheinlich halte, daß das unbeabsichtigte „Benagen“ der Flußsohle und des Flußufers die nur selten zu beobachtende Beeinflussung in erster Linie des 4. Wiesenbrunnens unserer Wasserversorgung veranlaßt, so dürfte das beabsichtigte „Benagen“ des Elbufers und der Elbsohle wohl auch bei den durch viele Jahre beobachteten viel schwereren Kalamitäten der Dresdener Wasserversorgung eine wichtige Rolle gespielt haben. Bei der großen Bedeutung, welche Salbach hatte, sind gewiß noch an manchen anderen Orten Wasserversorgungen mit „natürlicher Filtration“ unter ähnlichen Voraussetzungen angelegt. Vielleicht gibt unsere Arbeit die Veranlassung, daß Städte mit solchen Wasserversorgungen diesem Punkte ihre Aufmerksamkeit schenken und bei Hochwasser entsprechende Untersuchungen ausführen lassen.

Ich habe im vorausgegangenen die Vorgänge geschildert, welche durch die Einwirkung des Hochwassers (Mai 1897) auf die Brunnen des Grazer Wasserwerkes beobachtet werden konnten, soweit sie allgemeineres

---

¹ Nach Renk, Vortrag über die mit den Hochfluten der Elbe eintretende Verunreinigung des Dresdener Leitungswassers und ihre sanitäre Bedeutung. *Jahresbericht der Gesellschaft für Natur- u. Heilkunde zu Dresden*. 1895—96.

Interesse haben und möchte an diese Schilderung noch einige Bemerkungen anschließen. Es wurde gezeigt, daß zur gleichen Zeit, als die Brunnen durch das Hochwasser gelitten hatten, eine erhöhte Morbidität an Magendarmerkrankungen festgestellt werden konnte. Es ist weiter unserem Bericht zu entnehmen, daß der Bakteriengehalt ein bedeutend erhöhter war. Kann man nun annehmen, daß dem erhöhten Bakteriengehalt die größere Zahl von Erkrankungen zuzuschreiben ist? Leider sind unsere Kenntnisse auf diesem Gebiet viel zu geringe, als daß man auf diese Frage eine bestimmte Antwort geben könnte. Auffallend ist immerhin die relativ geringe Zahl von Mikroorganismen, die wir gefunden haben, wenn wir berücksichtigen, welche Mengen von Keimen gar nicht selten in Wasserversorgungen mit künstlicher Filtration oder in Wasserversorgungen mit „natürlicher Filtration“ gefunden und durch lange Zeit hindurch geduldet wurden und noch werden. In Dresden wurden bei Hochwasser im Mischwasser Jahre hindurch Tausende von Keimen gefunden, in Würzburg sogar bei dem von Lehmann geschilderten Hochwasser Zehntausende. Wenn ich nun auch weit davon entfernt bin, die bei uns gefundene ganz erheblich geringere Zahl als möglicherweise belanglos hinzustellen und berichten kann, daß wir sofort dahin gestrebt haben, daß unser Andritzer Ergänzungswerk, welches, jetzt seit Monaten täglich untersucht, stets gar keine oder höchstens nur eine minimale Zahl von Keimen ergeben hat, soweit ausgebaut wird, daß es bei Hochwässern die Stadt allein versorgen kann, so möchte ich doch noch einer anderen Hypothese Erwähnung tun. Unser Wasser war nicht nur bakteriologisch, sondern auch chemisch verändert; es war erheblich weicher, als dies sonst in der Regel der Fall ist; war es doch zum großen Teil das durch den Fluß herabgeführte Schmelzwasser des Schnees unserer obersteierischen Berge. Wie nun wohl ein jeder, welcher häufiger Bergpartien gemacht hat, Fälle von Magendarmerkrankungen kennt, die ein reichlicher Genuß eines kalten, an Mikroorganismen sicherlich armen Schmelzwassers hervorgebracht hat, so ist es auch bei uns in ärztlichen Kreisen als möglich, ja sogar als wahrscheinlich hingestellt worden, daß der infolge der abnormen Hitze gesteigerte Genuß des verhältnismäßig sehr kalten, zum großen Teil aus Schneewasser bestehenden Leitungswassers zum mindesten als eine der Ursachen der vermehrten Erkrankungen zu betrachten ist. Vielleicht ist es das Richtige, wenn man annimmt, daß der überreichliche Genuß des besonders weichen und kalten Wassers die Disposition zu den Erkrankungen schuf, die dann zum Teil durch die in größerer Zahl eingeführten Mikroorganismen direkt hervorgerufen wurden?

II. Versuche zur Feststellung der „natürlichen Filtration“ im Boden.

Der Hygieniker kommt gelegentlich in die Lage, sich über die Filtrationsfähigkeit eines Bodens zu äußern. Im allgemeinen ist man da auf Analogieschlüsse angewiesen; aus Erfahrung weiß man, daß ein Boden, welcher aus Lehm oder Sand, bzw. Schotter und Sand besteht, ein gutes Filter bildet, während auch der dichteste Fels, wenn er Spalten und Klüfte enthält, als unzuverlässiges Filter zu betrachten ist. Im speziellen ist es sehr schwer, eine Entscheidung zu fällen. Versuche im Terrain können wegen technischer und örtlicher Schwierigkeiten nur selten in größerer Ausdehnung gemacht werden und Laboratoriumsversuche begegnen aus anderen Gründen fast noch größeren Schwierigkeiten, was aus der geringen Zahl der Literaturangaben entnommen werden kann.

Es dürfte daher die Mitteilung von Untersuchungen nicht ohne Interesse sein, welche ich vor mehreren Jahren ausführte, um die Filtrationsfähigkeit des Bodens auf dem Terrain des neueren Teils unseres Wasserwerkes zu bestimmen. Veranlaßt wurden diese Untersuchungen durch die Aufgabe, die Größe eines Schutzzerrains zu bestimmen, welches eine Verunreinigung der Brunnen mit Sicherheit ausschließt. Da die detaillierte Wiedergabe der Versuchsergebnisse nur spezielles lokales Interesse hat, verzichte ich auf dieselbe und beschränke mich auf die Zusammenstellung der bewährten Methodik, die vielleicht denen, welche sich mit ähnlichen Fragen zu beschäftigen haben, willkommen sein wird. Was

A. die Versuche im Terrain

anlangt, so wurde im wesentlichen der Weg eingeschlagen, daß durch Einschütten von Kochsalz in die gegrabenen bzw. ad hoc geschlagenen Brunnen und Untersuchung des Grundwassers in verschiedenem Abstand von der Kochsalzeinschüttung die Schnelligkeit bzw. die Richtung des Grundwasserstromes festgestellt, und dann durch analoges Eingießen von Prodigiosuskulturen und Untersuchung des Grundwassers die Filtrationswirkung bestimmt wurde. Selbstverständlich wurde auch die Höhe des Grundwasserstandes in den Bohrlöchern ermittelt.

Bei Versuchen mit Mikroorganismen wurde die Infektion des Terrains in verschiedener Weise vorgenommen. Einmal wurden Prodigiosuskulturen in mehrere Bohrlöcher eingegossen, welche auf einem Kreisbogen in geringen Abständen voneinander eingesenkt waren, während die Probenentnahme in anderen grundwasser-stromabwärts gelegenen Bohrlöchern erfolgte, von welchen das eine im Mittelpunkt des oben erwähnten Kreisbogens, die übrigen auf einer Linie lagen, die auf der Sehne des Kreis-

bogens senkrecht stand. Oder aber es wurden die Kulturaufschwemmungen in ein Bohrloch eingebracht und die Probeentnahme erfolgte in stromabwärtsgelegenen wiederum auf einem Kreisbogen analog angeordneten Bohrlöchern. Bei anderen Versuchen wurde, um die Wirkung der ungleichmäßigen und deshalb unsicheren Filtrationskraft der Humusschicht auszuschließen, in einer bestimmten Entfernung von einem Bohrloch stromaufwärts ein kreisbogenförmiger Graben von etwa 50^{cm} Tiefe bis unter die Humusschicht ausgehoben und dieser mit der *Prodigosus*-Lösung beschickt und täglich bewässert, wodurch der Einfluß festgestellt werden sollte, den eine etwaige oberflächliche Verunreinigung des Bodens an Stellen verursachen würde, wo der Humus durch Tiere aufgewühlt und damit leicht durchgängig gemacht worden war. Mit besonderer Sorgfalt wurde darauf geachtet, bei der Probeentnahme eine oberflächliche Verschleppung der in Unmassen verwendeten *Prodigosus*-keime zu vermeiden, weshalb vor jeder Eröffnung die Verschlüsse der Bohrlöcher mit einer Stichflamme sterilisiert und die der Probeentnahme dienenden in die Bohrlöcher eingesenkten Röhren in einer Feldschmiede erhitzt wurden. Die in dieser Weise ausgeführten Untersuchungen zeigten in unserem Fall, daß eine weitergehende Verschleppung der *Prodigosus*-keime überhaupt nicht stattfand; auf kürzere Entfernungen wurde sie nur in der Nähe der in Gebrauch stehenden Brunnen gefunden, wo durch das Pumpen der zwischen dem Schotter befindliche Sand entfernt worden war.

B. Laboratoriumversuche.

Wie schon erwähnt, können Laboratoriumversuche die Versuche im Terrain ergänzen. Solche Versuche sind von K. B. Lehmann¹ zum Studium der Verhältnisse beim Würzburger Wasserwerk gemacht worden. 10^{cm} weite Zinkblechrohre von verschiedener Länge wurden mit Lehm bzw. Sand gefüllt. An das eine Ende der gefüllten Röhren wurde ein Ansatz rechtwinklig angelötet und mit Wasser gefüllt und dann bestimmt: 1. Die Menge des durchgehenden Wassers zur Berechnung der Filtrationsgeschwindigkeit. 2. Die Durchlässigkeit der Lehm- bzw. Sandschicht für in das Druckrohr eingegossene Bakterien. Lehmann gibt an, daß ihm die Füllung der Rohre besondere Schwierigkeiten verursachte und daß er sich durch Zersägen der Rohre und Bestimmung des Porenvolumens einzelner Ausschnitte davon überzeugte, daß die Rohre dicht genug gestopft waren. Bei einem Versuch hatte sich eine Rinne zwischen Rohrwand und Lehm gebildet, weshalb Wasser und mit ihm die eingebrachten Bakterien

¹ Vier Gutachten über die Wasserversorgungsanlage Würzburgs. *Verhandlungen der physik.-med. Gesellschaft zu Würzburg*. 1900. Bd. XXXIII. Nr. 4.

bald in Massen ausflossen. Bei Versuchen, welche mit einem Material angestellt werden, das nicht nur aus feinsten Bodenpartikelchen besteht — mit solchem Material hatte ich zu arbeiten —, ist nun zu fürchten, daß sich bei Benutzung von Röhren mit starren Wandungen an der Peripherie der Röhren leichter passierbare Straßen bilden. Dort ist es nämlich fast ausgeschlossen, daß sich die Bodenteilchen derart dicht an die Wandung anlegen, wie sich unter natürlichen Verhältnissen die Bodenteilchen ineinander schieben. Die größeren Teilchen stemmen sich mit Spitzen und Kanten an die Wandung an und lassen zwischen sich und der Wand größere Hohlräume, welche weniger gut filtrieren als die zentralen Teile. Man kann sich hiervon leicht überzeugen, wenn man Boden in Glaszylinder einfüllt, auch wenn man durch häufiges Aufstoßen des Zylinders eine möglichst gleichmäßige Füllung anstrebt; vgl. Fig. 4. Um dieser Fehlerquelle auszuweichen, trachtete ich ein Material mit Wandungen zu verwenden, welches weich und nachgiebig war. Ich

Fig. 4.

versuchte zunächst einen Holztrog, wie er zuerst von Fossa-Mancini angegeben und von dem Hydrologen der Grazer Technik, Prof. Forchheimer, zu Bodenversuchen benutzt wurde, mit denen die Strömungsgeschwindigkeit im Boden bestimmt wird, zu meinen Zwecken zu verwenden. Der sorgfältig gearbeitete Holztrog besteht aus dicht gefugtem Holz und hat eine Länge von 4 m, eine Breite von 30 cm und eine Höhe von 20 cm. Der Trog wird auf zwei beweglichen Gestellen genau horizontal eingestellt. Am Anfang und Ende des Trogs sind durch Drahtnetze zwei kleine Abteilungen abgetrennt, in welchen sich verschiebbare Glasröhren zur Einstellung des Niveaus und zur Regulierung des Drucks befinden (Figg. 5 und 6). Im oberen Vorraum (o. V.) ist der Zulauf; durch das Überfallrohr wird das Niveau eingestellt; die gleiche Vorrichtung befindet sich im untern Vorraum (u. V.), dessen Volumen durch eingesetzte Holzstücke (siehe den Querschnitt) stark reduziert ist, um die durchgeflossenen Lösungen bzw. Bakterienaufschwemmungen möglichst rasch erkennen zu können. Der Boden wird zwischen die Siebe eingefüllt und kann nach Füllung mit Wasser durch Verschiebung der Glasrohre ein beliebiges Gefälle hergestellt werden, welches aus der Differenz der Höhen $h - h'$ und der Länge der Bodenschicht l berechnet wird.

Die geschilderte Vorkehrung eignet sich sehr gut zur Bestimmung der Durchgangsgeschwindigkeit bei verschiedenem Gefälle. Nach Einbringen von Kochsalz bzw. Fluoreszeïn läßt sich leicht und sicher die Zeit bestimmen, welche die Flüssigkeit braucht, die gegebene Strecke zu durch-

fließen. Schwieriger gestaltet sich die Verwendung unseres Trogs für bakteriologische Untersuchungen. Wir konnten zwar auch hier feststellen, daß in großen Mengen eingebrachte *Prodigiosus*-keime auch nach einigen Tagen im Abfluß nicht erschienen; eine längere Beobachtung wurde aber durch das Überwuchern der Saprophyten verhütet. Da es nun leider nicht möglich war, die große Bodenmenge zu sterilisieren bzw. steril zu erhalten, habe ich ein anderes Verfahren ausgearbeitet, welches auch weitgehenden Anforderungen genügen kann. Es kam hauptsächlich darauf an, einen Behälter ausfindig zu machen, welcher in bequemer Weise mit Boden beschickt und dann sterilisiert werden kann, und dessen Wandungen so beschaffen sind, daß sich die Bodenteilchen an ihn anschmiegen können.

Fig. 5 und 6.

Es war weiter notwendig, die Versuchsanordnung derart einzurichten, daß das Bodenmaterial beliebig fest eingelagert werden kann und daß schließlich im Behälter jeder gewünschte Druck (Gefäll) zu erzielen ist.

Diesen Anforderungen genügten nach jeder Richtung Feuerwehrschräuche aus Hanf mit Gummieinlage. Nach vielfachen mühsamen Versuchen hat sich die folgende Versuchsanordnung gut bewährt. Der im Autoklaven sterilisierte Boden wurde in den Schlauch eingefüllt (Fig. 7), der zunächst an dem unteren Ende mit einem Messingstutzen M_1 (Fig. 9) verschlossen war, in welchem zwei Messingsiebe D_1 und D_2 durch einen Gummiring G auf der durch Verjüngung des Rohrs gebildeten Unterlage

festgehalten werden. In das verjüngte Messingrohr M_2 war ein Gummistopfen St eingesetzt, in dessen Bohrung ein Glasrohr R_u steckte. Dieser

Fig. 7.

Fig. 8.

so armierte Gummischlauch wurde nun mit dem zu untersuchenden Boden gefüllt. Wir haben aus dem Boden die größeren Schottersteine

heraussuchen müssen und nur die Teile des Bodens verwenden können, welche das erste Sieb des Knopschen Siebsatzes passiert hatten, also einen Durchmesser hatten, welcher kleiner als 7 mm war. Die Füllung machte ganz besondere Schwierigkeiten. Obwohl beim Füllen der Schlauch mit einem Holzhammer geklopft wurde, setzen sich immer und wieder die Bodenteilchen zusammen. Es ist ja schließlich auch verständlich, daß es

Fig. 9.

Fig. 10.

nicht so leicht und rasch glücken kann, die Bodenteilchen im Versuch so dicht zu lagern, wie sie in der Natur durch den enormen Druck der darüberstehenden Bodenschichten gepreßt, durch die Feuchtigkeit verschoben, sich nach vielen Jahrzehnten ineinander schieben, wie man das häufig bei Sand- und Kiesgruben sehen kann.

Nach Füllung des Bodens wurde in das obere Schlauchende auf eine schon vorher eingesetzte Messinghülse ein Verschlußstück aufgeschraubt, das auch wieder in einen engeren Rohrstutzen endete, in den ein mit Glasrohr R_o versehener Gummistopfen eingefügt war (Fig. 10). Nachdem noch die beiden Glasröhren R_o und R_u mit Watte verstopft waren, wurde der nun zum Versuch fertig armierte Schlauch nochmals sterilisiert. Dies geschah in einer langen Blechröhre in der in der Fig. 8 ersichtlichen Weise. Der Gummischlauch wurde in das Blechrohr eingeschoben, das dann durch zwei Deckel verschlossen wurde, auf welche kleine Blechröhren aufgelötet waren. Der zur Sterilisation notwendige Dampf wurde in zwei Papinschen Töpfen entwickelt und strömte, nachdem er den Schlauch umspült hatte, in der Mitte des Blechrohrs nach unten aus.

Vor Beginn des Versuchs wurde schließlich an das obere Ende des Schlauches ein Glasrohr angesetzt, welches so eingerichtet war, daß der im Boden befindliche Gummischlauch stets unter dem Druck einer Flüssigkeit stand, die durch ein im Stopfen St_u angebrachtes Überlaufrohr in stets gleichem Niveau gehalten wurde. Der Schlauch wurde bei den Versuchen entweder vertikal aufgehangen (Fig. 7) oder auf ein in beliebiger Neigung festzustellendes Brett gelegt, so daß jedes gewünschte Gefälle herzustellen ist. Durch Eingießen von Bakterienaufschwemmungen kann bei der beschriebenen Versuchsanordnung die Filtrationsfähigkeit eines Bodens in einwandfreier Weise geprüft werden, nachdem der Schlauch zweckmäßigerweise zunächst von unten durch einen Gummischlauch mit sterilisiertem Wasser gefüllt ist, weil auf diese Weise die Luft aus den Poren sicherer vertrieben wird. Wenn man dann gleichzeitig mit der Bakterienkultur Kochsalz durch den im Boden befindlichen Schlauch schickt und die ablaufende Flüssigkeit in bestimmten Intervallen bakteriologisch und chemisch untersucht, so erhält man bei dem gewählten Druckgefälle $\frac{h}{l}$

sowohl die Durchflußgeschwindigkeit, wie die Filtrationsfähigkeit des Bodens unter den gegebenen Bedingungen. War z. B. h der Höhenunterschied vom Überlauf bis zum Ablauf = 65 cm und die Länge der in zwei aneinander gesetzten Schläuchen enthaltenen Kies-Sandkörper = 385 cm, so war das Druckgefälle, welches zur Überwindung des Reibungswiderstandes bei der Bewegung des Wassers im Schotter diente,

$$\frac{h}{l} = \frac{65}{385} = 0.17.$$

Aus den schon weiter oben angegebenen Gründen verzichte ich auf die Wiedergabe der mit den mitgeteilten Methoden erhaltenen Resultate, weil diese nur ein lokales Interesse haben.

Anhang.
Tabelle X.

Monat	Tag	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907
	1.	93	100	108	120	128	118	125	115	140	173	193
	2.	90	100	110	120	130	118	135	112	164	182	185
	3.	85	100	108	119	143	120	149	115	175	184	170
	4.	90	104	107	115	150	115	144	118	170	195	165
	5.	95	105	108	103	153	106	142	113	148	187	168
	6.	96	117	110	88	133	106	120	115	138	178	170
	7.	105	120	108	92	150	106	101	115	138	175	173
	8.	105	120	110	95	153	108	113	130	139	170	168
	9.	100	117	112	100	147	111	122	130	145	172	170
	10.	93	116	117	104	148	116	128	131	151	175	171
	11.	95	117	115	105	149	117	131	125	149	175	173
	12.	92	120	110	107	144	120	122	121	150	175	175
	13.	90	120	111	111	147	122	108	122	153	178	173
	14.	90	120	109	114	150	123	118	124	147	180	173
	15.	92	120	101	121	144	123	127	124	143	180	173
	16.	92	128	106	125	149	125	137	122	164	180	174
	17.	90	128	105	129	148	128	142	124	173	188	170
	18.	80	129	105	124	147	155	125	172	185	170	170
	19.	80	128	106	118	155	122	158	131	182	183	171
	20.	87	126	107	118	149	123	160	135	168	184	170
	21.	90	126	105	125	146	125	162	133	157	182	173
	22.	90	125	110	123	135	126	160	130	158	185	178
	23.	90	125	110	123	139	125	159	130	164	186	185
	24.	90	120	111	120	140	125	155	132	168	189	205
	25.	97	118	112	113	141	128	148	135	170	195	203
	26.	100	118	110	110	141	127	140	148	165	196	195
	27.	105	120	108	110	144	127	139	148	161	193	178
	28.	106	123	108	114	141	131	133	150	162	188	180
	29.	107	124	108	115	141	129	138	152	163	185	180
	30.	110	117	112	111	143	127	143	150	164	187	176
	31.	110	120	115	115	145	129	142	140	162	187	180
	Mittel	95	118	109	113	145	121	137	129	157	182	177

1898 1899

Tabelle X. (Fortsetzung.)

Monat	Tag	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907
Februar	1.	— 110	— 70	— 113	— 115	— 150	— 130	— 147	— 143	— 160	— 186	— 180
	2.	— 103	— 95	— 108	— 119	— 145	— 131	— 143	— 143	— 162	— 188	— 183
	3.	— 100	— 102	— 116	— 119	— 147	— 131	— 140	— 140	— 160	— 189	— 185
	4.	— 87	— 102	— 115	— 114	— 146	— 128	— 141	— 134	— 160	— 187	— 187
	5.	— 90	— 107	— 120	— 114	— 145	— 130	— 144	— 120	— 158	— 186	— 187
	6.	— 95	— 112	— 129	— 112	— 145	— 138	— 143	— 91	— 150	— 189	— 185
	7.	— 95	— 114	— 120	— 111	— 145	— 148	— 143	— 80	— 150	— 188	— 187
	8.	— 100	— 120	— 116	— 110	— 145	— 138	— 143	— 88	— 149	— 189	— 185
	9.	— 100	— 120	— 115	— 111	— 146	— 130	— 145	— 94	— 154	— 190	— 185
	10.	— 103	— 121	— 115	— 112	— 147	— 130	— 138	— 95	— 156	— 195	— 185
	11.	— 105	— 120	— 110	— 110	— 147	— 131	— 102	— 101	— 161	— 196	— 188
	12.	— 100	— 123	— 102	— 112	— 147	— 129	— 123	— 100	— 163	— 195	— 183
	13.	— 100	— 121	— 99	— 115	— 150	— 131	— 120	— 102	— 166	— 192	— 185
	14.	— 95	— 124	— 95	— 114	— 155	— 132	— 123	— 102	— 165	— 190	— 188
	15.	— 100	— 124	— 95	— 95	— 153	— 132	— 128	— 100	— 173	— 191	— 188
	16.	— 90	— 122	— 98	— 99	— 157	— 131	— 122	— 100	— 168	— 188	— 190
	17.	— 95	— 119	— 98	— 104	— 155	— 130	— 132	— 105	— 164	— 193	— 188
	18.	— 100	— 115	— 91	— 102	— 157	— 131	— 138	— 107	— 166	— 193	— 191
	19.	— 95	— 119	— 91	— 105	— 150	— 129	— 138	— 101	— 167	— 190	— 186
	20.	— 92	— 120	— 92	— 107	— 145	— 128	— 137	— 107	— 167	— 190	— 187
	21.	— 90	— 125	— 89	— 100	— 145	— 129	— 133	— 110	— 167	— 190	— 187
	22.	— 90	— 125	— 87	— 95	— 155	— 130	— 128	— 108	— 165	— 191	— 185
	23.	— 95	— 124	— 89	— 101	— 151	— 131	— 96	— 103	— 166	— 187	— 190
	24.	— 95	— 98	— 91	— 102	— 153	— 132	— 79	— 105	— 161	— 192	— 180
	25.	— 90	— 43	— 95	— 105	— 153	— 133	— 78	— 110	— 162	— 193	— 192
	26.	— 90	— 26	— 102	— 98	— 149	— 134	— 92	— 112	— 162	— 195	— 192
	27.	— 90	— 74	— 99	— 90	— 153	— 132	— 101	— 115	— 168	— 192	— 190
	28.	— 85	— 87	— 99	— 77	— 153	— 131	— 103	— 114	— 162	— 185	— 190
	29.	—	—	—	—	—	—	—	— 117	—	—	—
	Mittel	— 95	— 108	— 103	— 106	— 152	— 132	— 125	— 109	— 160	— 190	— 186

Tabelle X. (Fortsetzung.)

Monat	Tag	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907
März	1.	82	93	98	73	145	129	101	118	158	170	185
	2.	75	95	102	74	140	105	105	120	159	178	185
	3.	72	99	95	80	139	70	108	120	157	177	180
	4.	75	102	89	85	128	76	111	121	140	165	183
	5.	78	105	90	92	123	83	114	121	120	173	183
	6.	80	95	94	95	132	90	118	112	120	165	183
	7.	80	103	98	94	125	93	118	125	122	160	182
	8.	90	64	104	95	132	94	115	125	125	152	180
	9.	90	60	98	99	138	92	117	124	129	145	177
	10.	90	68	100	100	134	90	119	120	126	146	178
	11.	90	75	98	101	138	93	121	108	130	149	176
	12.	90	80	93	104	112	98	123	83	127	158	175
	13.	95	87	92	100	104	101	125	75	130	150	181
	14.	80	89	82	100	98	104	126	85	108	159	185
	15.	80	89	80	100	88	106	128	82	101	160	182
	16.	85	85	78	102	95	104	128	80	83	167	183
	17.	85	88	75	103	98	107	125	73	65	141	184
	18.	85	85	67	100	95	107	122	72	63	40	182
	19.	80	73	62	70	92	106	118	71	48	81	170
	20.	75	49	63	81	95	99	118	63	68	95	155
	21.	60	33	68	85	97	88	120	68	68	104	150
	22.	65	23	75	85	41	70	118	67	75	119	155
	23.	60	40	80	74	73	53	118	65	79	128	155
	24.	50	53	83	71	91	35	110	64	88	132	158
	25.	30	58	88	71	100	41	92	70	91	132	165
	26.	10	18	88	73	108	53	93	73	84	143	167
	27.	15	76	88	73	109	60	85	69	85	145	167
	28.	20	20	90	76	115	65	81	58	77	147	163
	29.	20	10	90	74	118	60	68	44	72	145	160
	30.	18	24	85	73	120	55	78	41	63	150	150
	31.	20	22	80	77	124	50	77	35	51	150	135
	Mittel	65	60	86	86	109	83	110	86	100	142	171

Tabelle X. (Fortsetzung.)

Monat	Tag	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907
April	1.	-30	-27	-75	-78	-123	-57	-76	-43	-25	-155	-130
	2.	-25	-0	-75	-83	-120	-66	-86	-51	6	-155	-125
	3.	-25	+45	-78	-84	-113	-60	-91	-57	10	-157	-130
	4.	-35	+17	-50	-88	-105	-43	-98	-65	-8	-158	-131
	5.	-40	-5	-24	-88	-87	-21	-101	-62	-18	-161	-128
	6.	-45	-16	-28	-89	-73	-13	-103	-63	-19	-160	-125
	7.	-50	-30	-34	-71	-70	0	-106	-61	-32	-158	-95
	8.	-55	-35	-35	-5	-70	+12	-111	-55	-43	-150	-96
	9.	-60	-40	-25	-10	-40	+8	-111	-41	-55	-155	-80
	10.	-60	-80	-38	-18	-28	-16	-116	-41	-68	-140	-80
	11.	-60	-20	-46	-26	-15	-18	-117	-31	-72	-130	-95
	12.	-65	-10	-49	-27	-14	-16	-113	-28	-70	-121	-101
	13.	-65	-6	-45	-23	-38	+5	-118	-23	-48	-104	-108
	14.	-70	-17	-50	-14	-27	+27	-118	-13	-5	-90	-105
	15.	-65	-25	-55	-5	-44	+45	-119	+11	+8	-58	-97
	16.	-60	-35	-50	-0	-54	+55	-122	+43	+12	-43	-75
	17.	-50	-35	-53	+25	-48	+56	-121	+85	+18	-38	-69
	18.	-50	-35	-56	+36	-59	+55	-121	+100	+17	-40	-58
	19.	-55	-80	-53	+15	-65	+62	-125	+104	-5	-32	-60
	20.	-55	-80	-45	-0	-73	+52	-128	+88	-20	-33	-70
	21.	-50	-23	-27	+10	-75	+50	-126	+58	-24	-40	-80
	22.	-60	-18	-18	-0	-78	+70	-127	+38	0	-42	-90
	23.	-60	-10	-28	-0	-78	+55	-124	+55	-4	-45	-94
	24.	-55	+20	-30	+58	-75	+55	-109	+70	-20	-35	-88
	25.	-55	+30	-38	+58	-75	+54	-81	+71	-32	-40	-20
	26.	-58	+80	-41	+43	-73	+49	-90	+73	-43	-51	-60
	27.	-58	+33	-34	+35	-65	+55	-98	+82	-50	-65	-20
	28.	-50	+35	-25	+25	-71	+64	-98	+70	-50	-72	-5
	29.	-45	+40	-35	+20	-68	+43	-97	+43	-48	-73	-10
	30.	-30	+45	-35	+25	-60	+25	-88	+30	-38	-83	-28
	Mittel	-51	-6	-43	-12	-66	+19	-108	+13	-26	-92	-76

Tabelle X. (Fortsetzung.)

Monat	Tag	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907
März	1.	15	+ 40	— 30	+ 40	— 58	+ 12	— 73	+ 12	—	— 81	— 43
	2.	—	+ 35	— 27	+ 65	— 58	— 0	— 69	+ 3	+ 25	— 81	— 45
	3.	+ 35	+ 40	— 33	+ 70	— 64	— 10	— 53	+ 17	+ 62	— 80	— 53
	4.	—	+ 50	— 30	+ 90	— 66	— 21	— 23	+ 51	+ 79	— 90	— 55
	5.	—	+ 60	— 15	+ 115	— 63	— 12	+ 2	+ 65	+ 80	— 92	— 20
	6.	—	+ 45	— 24	+ 105	— 67	— 15	— 3	+ 43	+ 97	— 83	+ 28
	7.	—	+ 25	— 30	+ 100	— 62	— 2	— 22	+ 20	+ 115	— 62	+ 85
	8.	—	+ 18	— 32	+ 118	— 53	— 7	— 32	+ 15	+ 140	— 52	+ 103
	9.	—	— 0	— 32	+ 128	— 50	— 15	— 28	— 0	+ 103	— 32	+ 115
	10.	—	— 8	— 0	+ 108	— 50	— 15	+ 18	— 10	+ 88	+ 15	+ 143
	11.	—	— 13	+ 15	+ 75	— 43	— 22	— 5	— 18	+ 60	— 11	+ 160
	12.	—	— 10	+ 13	+ 68	— 5	— 26	— 21	— 20	+ 40	— 10	+ 175
	13.	—	— 7	+ 20	+ 40	+ 50	— 23	— 35	— 26	+ 27	— 5	+ 178
	14.	—	+ 35	+ 18	+ 33	+ 25	— 12	— 45	— 34	+ 40	— 7	+ 175
	15.	—	+ 7	+ 20	+ 35	+ 17	— 8	— 46	— 37	+ 25	— 0	+ 152
	16.	—	— 8	+ 30	+ 68	— 7	— 12	— 52	— 34	+ 20	+ 18	+ 145
	17.	+ 5	— 10	+ 57	+ 40	— 0	— 20	— 54	— 20	+ 105	+ 12	+ 140
	18.	+ 20	— 10	+ 40	+ 28	— 3	— 11	— 59	— 2	+ 125	+ 10	+ 123
	19.	+ 40	— 0	+ 25	+ 22	— 5	+ 40	— 57	+ 20	+ 80	+ 15	+ 98
	20.	+ 90	+ 15	+ 20	+ 7	— 0	+ 27	— 65	+ 35	+ 73	+ 7	+ 110
	21.	+ 105	+ 45	+ 28	+ 2	— 3	+ 10	— 71	+ 35	+ 20	— 13	+ 197
	22.	+ 90	+ 30	+ 33	+ 2	— 0	+ 10	— 73	+ 27	+ 59	— 25	+ 120
	23.	+ 95	+ 18	+ 30	+ 7	— 6	— 0	— 67	+ 23	+ 52	— 40	+ 90
	24.	+ 90	+ 15	+ 25	+ 15	— 10	— 5	— 59	+ 38	+ 77	— 52	+ 90
	25.	+ 85	+ 15	+ 35	+ 20	— 17	— 12	— 52	+ 20	+ 52	— 55	+ 100
	26.	+ 85	+ 15	+ 30	+ 83	— 17	— 12	— 46	— 2	+ 33	— 45	+ 120
	27.	+ 85	+ 10	+ 10	+ 70	— 15	— 0	— 46	— 10	+ 10	— 35	+ 120
	28.	+ 90	+ 10	— 0	+ 60	— 7	+ 7	— 55	— 8	— 3	— 40	+ 125
	29.	+ 85	+ 10	+ 5	+ 45	— 6	+ 18	— 63	+ 28	— 8	— 24	+ 130
	30.	+ 65	+ 10	— 0	+ 38	— 8	+ 35	— 60	+ 23	— 8	+ 7	+ 110
	31.	+ 60	+ 7	— 14	+ 35	— 8	+ 70	— 56	+ 5	— 2	+ 47	+ 80
	Mittel	+ 30	+ 10	+ 6	+ 56	— 21	— 1	— 44	+ 8	+ 55	— 29	+ 97

Tabelle X. (Fortsetzung.)

Monat	Tag	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907
	1.	+ 55	— 10	— 20	+ 35	— 8	+ 80	— 50	— 7	— 2	+ 47	+ 55
	2.	+ 50	— 20	— 27	+ 20	— 10	+ 95	— 55	— 5	+ 5	+ 32	+ 59
	3.	+ 45	— 20	— 29	+ 15	— 7	+ 98	— 52	+ 5	+ 8	+ 78	+ 45
	4.	+ 45	— 18	— 27	+ 20	— 5	+ 100	— 52	— 18	— 0	+ 22	+ 30
	5.	+ 40	— 25	— 27	+ 27	— 12	+ 95	— 8	— 28	+ 10	— 2	+ 8
	6.	+ 40	— 35	— 17	+ 30	— 12	+ 98	— 25	— 37	+ 10	— 21	+ 4
	7.	+ 35	— 23	— 10	+ 30	— 20	+ 95	— 39	— 39	+ 13	— 8	+ 2
	8.	+ 25	— 20	— 10	+ 35	— 28	+ 65	— 50	— 25	+ 7	— 13	— 11
	9.	+ 20	— 13	— 8	+ 25	— 35	+ 120	— 57	— 35	+ 0	— 31	— 22
	10.	+ 25	+ 25	— 18	+ 15	— 40	+ 80	— 62	— 21	— 8	— 40	— 31
	11.	+ 25	+ 25	— 25	+ 10	— 37	+ 58	— 67	— 13	— 8	— 51	— 28
	12.	+ 15	+ 10	— 35	— 0	— 47	+ 53	— 61	— 19	— 11	— 61	— 21
	13.	— 0	+ 8	— 43	— 0	— 47	+ 55	— 56	— 2	— 5	— 64	— 8
	14.	— 10	+ 8	— 45	— 3	— 48	+ 68	— 58	— 2	— 18	— 68	— 8
	15.	— 15	+ 80	— 38	+ 2	— 38	+ 80	— 58	— 15	— 23	— 71	— 9
	16.	— 15	+ 160	— 44	+ 4	— 13	+ 47	— 60	— 25	— 36	— 76	— 9
	17.	— 15	+ 110	— 49	— 5	+ 8	+ 45	— 73	— 33	— 36	— 80	— 5
	18.	+ 5	+ 80	— 50	— 3	— 13	+ 46	— 68	— 43	— 35	— 75	— 8
	19.	— 0	+ 60	— 50	— 0	— 26	+ 30	— 75	— 21	— 23	— 69	— 26
	20.	— 0	+ 58	— 45	+ 10	+ 25	+ 55	— 80	— 3	— 34	— 55	— 36
	21.	— 15	+ 57	— 43	+ 3	+ 10	+ 29	— 78	— 41	— 38	— 58	— 46
	22.	— 20	+ 70	— 45	— 3	+ 8	+ 25	— 75	— 40	— 35	— 50	— 41
	23.	— 23	+ 55	— 48	— 5	— 5	+ 15	— 80	— 47	— 40	— 58	— 41
	24.	— 30	+ 52	— 15	+ 25	— 16	+ 12	— 68	— 58	— 28	— 65	— 31
	25.	— 30	+ 30	— 15	+ 8	— 25	+ 40	— 80	— 64	— 41	— 71	— 14
	26.	— 33	+ 25	— 25	— 8	— 23	+ 37	— 85	— 71	— 55	— 68	— 38
	27.	— 25	+ 50	— 38	+ 56	— 23	+ 17	— 89	— 57	— 53	— 76	— 37
	28.	— 20	+ 28	— 40	+ 30	— 24	+ 10	— 91	— 48	— 63	— 79	— 60
	29.	— 23	+ 25	— 38	+ 10	— 38	+ 5	— 92	— 52	— 64	— 83	— 62
	30.	— 30	+ 20	— 38	+ 10	— 48	+ 0	— 94	— 70	— 65	— 81	— 66
	Mittel	+ 4	+ 24	— 32	+ 13	— 20	+ 55	— 64	— 31	— 22	— 43	— 29

H P P P

Tabelle X. (Fortsetzung.)

Monat	Tag	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907
	1.	25	+ 10	— 36	— 5	— 53	+ 13	— 97	— 75	— 70	— 60	— 68
	2.	— 25	— 0	— 27	— 10	— 52	+ 40	— 92	— 82	— 71	— 78	— 72
	3.	— 25	— 5	— 32	— 14	— 53	+ 50	— 95	— 82	— 71	— 91	— 72
	4.	— 23	— 6	— 15	— 20	— 52	+ 20	— 100	— 73	— 73	— 100	— 75
	5.	+ 20	— 3	— 30	— 25	— 50	— 0	— 92	— 55	— 75	— 101	— 87
	6.	— 5	+ 10	— 37	— 5	— 46	— 12	— 88	— 40	— 70	— 103	— 96
	7.	— 25	+ 2	— 42	— 13	— 56	— 12	— 77	— 56	— 30	— 99	— 95
	8.	— 35	+ 8	— 28	+ 10	— 65	— 13	— 50	— 70	— 65	— 102	— 90
	9.	— 35	— 13	— 9	— 6	— 68	— 17	— 71	— 80	— 81	— 110	— 94
	10.	— 45	— 5	— 25	— 16	— 73	— 20	— 52	— 85	— 93	— 112	— 71
	11.	— 35	— 15	— 35	— 20	— 75	— 10	— 3	— 93	— 80	— 108	— 82
	12.	— 50	— 24	— 38	— 18	— 71	— 0	— 3	— 94	— 80	— 104	— 80
	13.	— 53	— 24	— 38	— 28	— 72	— 25	— 21	— 100	— 93	— 105	— 89
	14.	— 55	— 25	— 45	— 35	— 76	— 43	— 18	— 100	— 95	— 111	— 99
	15.	— 60	+ 15	— 39	— 38	— 82	— 49	— 18	— 102	— 91	— 45	— 59
	16.	— 57	— 13	— 41	— 45	— 83	— 55	— 39	— 108	— 95	— 51	— 34
	17.	— 55	— 22	— 50	— 50	— 83	— 47	— 51	— 105	— 105	— 70	— 37
	18.	— 55	— 30	— 50	— 55	— 81	— 28	— 60	— 118	— 108	— 78	— 55
	19.	— 50	— 34	— 55	— 55	— 88	— 28	— 65	— 111	— 102	— 83	— 62
	20.	— 55	— 38	— 58	— 58	— 92	+ 5	— 74	— 111	— 106	— 88	— 71
	21.	— 63	— 30	— 64	— 62	— 83	+ 25	— 80	— 119	— 111	— 92	— 83
	22.	— 60	— 19	— 66	— 67	— 73	+ 10	— 81	— 122	— 120	— 85	— 89
	23.	— 20	— 35	— 69	— 62	— 82	+ 27	— 85	— 125	— 123	— 85	— 96
	24.	— 25	— 43	— 72	— 55	— 74	+ 12	— 92	— 124	— 125	— 98	— 100
	25.	— 40	— 40	— 64	— 60	— 74	— 0	— 73	— 126	— 121	— 92	— 90
	26.	— 50	— 45	— 50	— 65	— 78	— 5	— 65	— 130	— 124	— 96	— 96
	27.	— 50	— 50	— 59	— 74	— 83	— 16	— 80	— 125	— 126	— 102	— 87
	28.	+ 40	— 40	— 63	— 78	— 81	— 28	— 86	— 120	— 131	— 98	— 89
	29.	+ 140	— 20	— 68	— 58	— 88	— 11	— 93	— 124	— 135	— 91	— 96
	30.	+ 105	— 33	— 68	— 58	— 92	— 28	— 97	— 130	— 135	— 105	— 100
	31.	+ 155	— 10	— 75	— 43	— 98	— 40	— 46	— 130	— 140	— 105	— 78
	Mittel	— 20	— 19	— 47	— 38	— 74	— 9	— 66	— 100	— 98	— 92	— 83

111

Tabelle X. (Fortsetzung.)

Monat	Tag	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907
A u s s a t												
1.		+ 120	- 25	-	- 50	-	- 48	+ 60	- 140	- 141	- 118	- 90
2.		+ 80	- 35	-	- 62	-	- 5	+ 2	- 139	- 142	- 121	- 105
3.		+ 60	- 43	-	- 68	-	- 42	+ 22	- 138	- 140	- 125	- 107
4.		+ 40	- 48	-	- 61	-	- 37	- 0	- 138	- 142	- 130	- 115
5.		+ 35	- 41	-	- 58	-	- 36	- 15	- 142	- 147	- 104	- 120
6.		+ 20	- 49	-	- 55	-	- 48	- 27	- 143	- 150	- 110	- 123
7.		+ 5	- 54	-	- 57	-	- 48	- 38	- 145	- 115	- 125	- 125
8.		+ 5	- 60	-	- 65	-	- 51	- 48	- 148	- 99	- 130	- 115
9.		- 0	- 60	-	- 70	-	- 48	- 54	- 140	- 120	- 136	-
10.		+ 15	- 10	-	- 75	-	- 15	- 65	- 128	- 131	- 131	-
11.		- 0	+ 15	-	- 81	-	- 36	- 53	- 115	- 140	- 135	-
12.		- 10	- 12	-	- 68	-	+ 30	- 43	- 125	- 125	- 137	-
13.		- 20	- 25	-	- 43	-	- 6	- 60	- 184	+ 35	- 138	-
14.		- 25	- 30	-	- 54	-	- 20	- 23	- 138	- 50	- 142	-
15.		- 15	- 35	-	- 61	-	- 20	- 33	- 144	- 80	- 145	-
16.		- 25	- 25	-	- 62	-	- 39	- 40	- 149	- 91	- 150	-
17.		- 30	- 35	-	- 0	-	- 48	+ 28	- 148	- 101	- 182	-
18.		- 30	- 40	-	+ 15	-	- 35	- 8	- 150	- 107	- 103	-
19.		- 35	- 46	-	- 5	-	- 45	- 18	- 180	- 102	- 100	-
20.		- 40	- 52	-	- 17	-	- 55	- 2	- 141	- 110	- 104	-
21.		- 30	- 55	-	- 29	-	- 33	+ 52	- 145	- 115	- 108	-
22.		+ 5	- 60	-	- 37	-	- 25	+ 22	- 142	- 118	- 111	-
23.		- 20	- 64	-	- 38	-	- 48	+ 2	- 139	- 125	- 111	-
24.		- 5	- 65	-	- 43	-	- 53	- 10	- 130	- 115	- 115	-
25.		+ 20	- 68	-	- 54	-	- 60	- 22	- 133	- 111	- 123	-
26.		- 5	- 55	-	- 58	-	- 66	- 34	- 119	- 114	- 113	-
27.		- 10	- 45	-	- 65	-	- 71	- 37	- 78	- 114	- 132	-
28.		- 20	- 57	-	- 67	-	- 75	- 46	- 96	- 104	- 127	-
29.		- 25	- 53	-	- 66	-	- 79	- 55	- 105	- 100	- 119	-
30.		- 23	- 43	-	- 65	-	- 81	- 62	- 110	- 53	- 124	-
31.		- 25	- 50	-	- 72	-	- 84	- 67	- 116	- 72	- 131	-
Mittel		+ 2	- 43	-	- 49	-	- 44	- 23	- 132	- 107	- 123	-

Tabelle X. (Fortsetzung.)

Monat	Tag	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907
September	1.	— 30	— 55	— 95	— 75	— 107	— 90	— 72	— 116	— 85	— 137	
	2.	— 33	— 45	— 83	— 78	— 108	— 90	— 79	— 98	— 90	— 147	
	3.	— 40	— 60	— 80	— 82	— 109	— 87	— 83	— 63	— 100	— 148	
	4.	— 43	— 64	— 82	— 67	— 111	— 91	— 88	— 85	— 105	— 143	
	5.	— 45	— 67	— 85	— 75	— 115	— 94	— 92	— 96	— 93	— 149	
	6.	— 35	— 67	— 90	— 75	— 96	— 97	— 93	— 99	— 102	— 150	
	7.	— 45	— 72	— 92	— 85	— 92	— 80	— 98	— 105	— 114	— 154	
	8.	— 50	— 74	— 93	— 87	— 98	— 88	— 101	— 112	— 123	— 153	
	9.	— 50	— 77	— 90	— 90	— 98	— 98	— 107	— 118	— 127	— 158	
	10.	— 55	— 80	— 84	— 83	— 102	— 100	— 106	— 118	— 132	— 155	
	11.	— 57	— 81	— 86	— 90	— 101	— 100	— 100	— 120	— 135	— 150	
	12.	— 55	— 86	— 83	— 91	— 102	— 92	— 98	— 113	— 137	— 148	
	13.	— 58	— 78	— 101	— 91	— 95	— 94	— 73	— 111	— 139	— 148	
	14.	— 60	— 78	— 105	— 92	— 5	— 80	— 5	— 125	— 141	— 138	
	15.	— 60	— 78	— 180	— 96	— 33	— 94	— 100	— 123	— 142	— 147	
	16.	— 60	— 83	— 30	— 98	— 5	— 98	— 83	— 26	— 123	— 135	
	17.	— 40	— 86	— 12	— 102	— 58	— 101	— 43	— 10	— 125	— 77	
	18.	— 20	— 88	— 33	— 103	— 35	— 102	— 20	— 30	— 121	— 98	
	19.	— 35	— 89	— 12	— 104	— 6	— 104	— 3	— 53	— 131	— 113	
	20.	— 43	— 90	— 4	— 107	— 13	— 107	— 22	— 68	— 137	— 118	
	21.	— 25	— 92	— 9	— 105	— 28	— 108	— 5	— 79	— 140	— 65	
	22.	— 35	— 92	— 6	— 107	— 42	— 102	— 16	— 85	— 133	— 75	
	23.	— 42	— 95	— 17	— 107	— 52	— 102	— 27	— 90	— 119	— 88	
	24.	— 48	— 97	— 4	— 111	— 75	— 107	— 38	— 97	— 124	— 95	
	25.	— 50	— 98	— 12	— 110	— 65	— 110	— 45	— 98	— 133	— 100	
	26.	— 53	— 98	— 5	— 110	— 68	— 110	— 48	— 104	— 137	— 103	
	27.	— 60	— 98	— 14	— 103	— 63	— 110	— 55	— 104	— 141	— 108	
	28.	— 60	— 99	— 20	— 103	— 70	— 110	— 58	— 85	— 141	— 101	
	29.	— 63	— 97	— 25	— 107	— 75	— 111	— 63	— 38	— 114	— 108	
	30.	— 65	— 83	— 0	— 110	— 80	— 111	— 70	— 57	— 129	— 102	
	Mittel	— 47	— 82	— 28	— 95	— 60	— 99	— 45	— 87	— 124	— 123	

Tabelle X. (Fortsetzung.)

Monat	Tag	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907
O k t o b e r												
	1.	— 65	75	— 2	— 113	— 85	— 104	— 73	65	— 135	— 112	
	2.	— 70	82	— 15	— 114	— 88	— 106	— 78	—	—	— 116	
	3.	— 70	90	— 20	— 114	— 90	— 111	— 83	75	121	— 120	
	4.	— 72	90	— 21	— 116	— 92	— 119	— 83	85	— 131	— 120	
	5.	— 60	91	— 24	— 115	— 95	— 120	— 86	90	— 137	— 100	
	6.	— 65	— 95	— 32	— 116	— 98	— 118	— 92	— 94	— 138	— 111	
	7.	— 65	96	— 37	— 115	— 99	— 115	— 94	98	— 141	— 111	
	8.	— 70	99	— 34	— 121	— 99	— 118	— 98	—	— 142	— 111	
	9.	— 72	99	— 84	— 120	— 90	— 114	— 100	76	— 148	— 116	
	10.	— 72	97	— 41	— 119	— 97	— 117	— 90	92	— 147	— 121	
	11.	— 77	— 100	— 47	— 121	— 88	— 121	— 45	15	— 153	— 125	
	12.	— 75	— 100	— 52	— 123	— 93	— 120	— 72	+ 105	— 147	— 128	
	13.	— 75	95	— 55	— 123	— 98	— 90	— 82	+ 43	— 148	— 131	
	14.	— 78	85	— 55	— 121	— 101	— 93	— 79	+ 2	— 150	— 132	
	15.	— 80	90	— 52	— 121	— 102	— 101	— 75	15	— 148	— 138	
	16.	— 80	85	— 62	— 123	— 105	— 107	— 87	31	— 155	— 138	
	17.	— 80	90	— 65	— 124	— 101	— 109	— 88	45	— 153	— 115	
	18.	— 75	92	— 68	— 115	— 99	— 88	— 61	—	— 145	— 121	
	19.	— 77	85	— 70	— 124	— 100	— 98	— 70	63	— 150	— 135	
	20.	— 80	48	— 74	— 121	— 102	— 103	— 60	50	— 151	— 136	
	21.	— 75	15	— 75	— 120	— 105	— 106	— 66	—	— 153	— 141	
	22.	— 70	45	— 75	— 103	— 105	— 108	— 69	55	— 153	— 140	
	23.	— 75	56	— 79	— 98	— 98	— 79	— 72	61	— 158	— 146	
	24.	— 72	59	— 82	— 108	— 83	— 90	— 15	—	— 158	— 147	
	25.	— 80	67	— 84	— 113	— 88	— 95	— 12	75	— 158	— 148	
	26.	— 80	70	— 84	— 115	— 90	— 100	— 28	75	— 150	— 150	
	27.	— 82	71	— 88	— 118	— 94	— 102	— 39	65	— 160	— 142	
	28.	— 83	78	— 89	— 120	— 98	— 103	— 44	65	— 160	— 142	
	29.	— 84	79	— 89	— 122	— 100	— 107	— 45	—	— 156	— 149	
	30.	— 85	80	— 90	— 123	— 101	— 107	— 40	58	— 160	— 152	
	31.	— 87	83	— 91	— 125	— 103	— 107	— 35	60	— 158	— 152	
	Mittel	— 75	80	— 58	— 118	— 97	— 105	— 66	54	— 148	— 130	

Tabelle X. (Fortsetzung.)

Monat	Tag	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907
November	1.	— 90	— 84	— 91	— 108	— 103	— 108	— 10	— 62	— 157	— 142	
	2.	— 90	— 85	— 93	— 113	— 105	— 111	— 23	— 70	— 160	— 42	
	3.	— 90	— 51	— 94	— 115	— 105	— 113	— 28	— 75	— 153	— 30	
	4.	— 90	— 66	— 95	— 105	— 110	— 115	— 39	— 81	— 149	— 60	
	5.	— 95	— 80	— 88	— 97	— 112	— 117	— 46	— 87	— 151	— 70	
	6.	— 95	— 78	— 98	— 103	— 112	— 119	— 53	— 85	— 151	— 85	
	7.	— 95	— 68	— 99	— 108	— 114	— 119	— 60	— 90	— 94	— 91	
	8.	— 95	— 76	— 100	— 110	— 117	— 127	— 65	— 93	— 108	— 95	
	9.	— 98	— 80	— 101	— 115	— 115	— 120	— 71	— 98	— 83	— 62	
	10.	— 98	— 84	— 100	— 115	— 118	— 121	— 75	— 100	— 98	— 70	
	11.	— 100	— 86	— 100	— 112	— 118	— 120	— 78	— 78	— 112	— 62	
	12.	— 100	— 88	— 102	— 108	— 115	— 122	— 79	— 88	— 118	— 81	
	13.	— 105	— 88	— 104	— 80	— 118	— 122	— 83	— 83	— 122	— 91	
	14.	— 92	— 90	— 100	— 94	— 118	— 125	— 84	— 83	— 118	— 100	
	15.	— 105	— 91	— 102	— 99	— 113	— 127	— 83	— 93	— 117	— 104	
	16.	— 103	— 92	— 105	— 100	— 103	— 128	— 88	— 98	— 119	— 110	
	17.	— 103	— 93	— 105	— 104	— 93	— 129	— 88	— 100	— 120	— 113	
	18.	— 103	— 93	— 105	— 102	— 80	— 128	— 89	— 103	— 125	— 115	
	19.	— 103	— 94	— 105	— 99	— 95	— 135	— 78	— 107	— 123	— 120	
	20.	— 103	— 95	— 108	— 99	— 103	— 137	— 67	— 108	— 123	— 85	
	21.	— 103	— 98	— 108	— 103	— 106	— 135	— 73	— 111	— 89	— 91	
	22.	— 108	— 96	— 109	— 84	— 107	— 134	— 80	— 114	— 104	— 105	
	23.	— 110	— 98	— 110	— 73	— 108	— 140	— 76	— 115	— 100	— 111	
	24.	— 105	— 98	— 110	— 82	— 111	— 145	— 65	— 105	— 98	— 114	
	25.	— 110	— 98	— 111	— 85	— 112	— 148	— 68	— 105	— 105	— 115	
	26.	— 110	— 96	— 115	— 90	— 115	— 142	— 65	— 35	— 111	— 122	
	27.	— 115	— 96	— 115	— 95	— 117	— 139	— 70	— 58	— 118	— 123	
	28.	— 125	— 60	— 114	— 97	— 118	— 140	— 73	— 74	— 120	— 120	
	29.	— 122	— 78	— 112	— 100	— 121	— 139	— 78	— 83	— 116	— 125	
	30.	— 110	— 85	—	— 103	— 121	— 38	— 70	— 90	— 118	— 127	
	Mittel	— 102	— 86	— 104	— 100	— 110	— 128	— 67	— 85	— 118	— 93	

Tabelle X. (Schluß.)

Monat	Tag	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907
Dezember												
	1.	— 108	— 32	— 111	— 98	— 121	— 143	— 71	— 93	— 117	— 126	
	2.	— 115	— 75	— 114	— 93	— 120	— 139	— 70	— 93	— 120	— 131	
	3.	— 120	— 85	— 114	— 103	— 119	— 142	— 76	— 95	— 119	— 134	
	4.	— 110	— 88	— 116	— 107	— 121	— 138	— 78	— 103	— 121	— 133	
	5.	— 105	— 91	— 120	— 112	— 122	— 143	— 76	— 105	— 125	— 134	
	6.	— 107	— 92	— 120	— 108	— 125	— 140	— 80	— 108	— 129	— 137	
	7.	— 103	— 93	— 115	— 83	— 131	— 144	— 58	— 110	— 133	— 136	
	8.	— 104	— 93	— 115	— 80	— 134	— 150	— 53	— 111	— 135	— 138	
	9.	— 105	— 95	— 119	— 90	— 130	— 154	— 68	— 100	— 135	— 155	
	10.	— 105	— 97	— 129	— 104	— 121	— 152	— 63	— 103	— 133	— 143	
	11.	— 110	— 97	— 134	— 113	— 121	— 151	— 68	— 110	— 135	— 146	
	12.	— 112	— 98	— 135	— 112	— 125	— 152	— 72	— 105	— 136	— 147	
	13.	— 115	— 97	— 140	— 113	— 129	— 162	— 71	— 110	— 146	— 147	
	14.	— 115	— 98	— 139	— 113	— 130	— 166	— 74	— 105	— 148	— 150	
	15.	— 117	— 101	— 136	— 115	— 119	— 166	— 80	— 107	— 145	— 148	
	16.	— 117	— 98	— 135	— 116	— 124	— 168	— 78	— 113	— 143	— 150	
	17.	— 117	— 98	— 133	— 120	— 131	— 166	— 82	— 116	— 146	— 155	
	18.	— 120	— 101	— 128	— 120	— 128	— 149	— 91	— 118	— 147	— 155	
	19.	— 123	— 95	— 124	— 120	— 105	— 48	— 91	— 117	— 155	— 155	
	20.	— 123	— 92	— 120	— 123	— 107	— 96	— 91	— 116	— 152	— 155	
	21.	— 123	— 89	— 124	— 123	— 109	— 120	— 92	— 118	— 168	— 158	
	22.	— 123	— 95	— 127	— 127	— 110	— 130	— 97	— 123	— 168	— 160	
	23.	— 127	— 101	— 128	— 125	— 108	— 132	— 101	— 132	— 160	— 160	
	24.	— 128	— 108	— 133	— 128	— 108	— 142	— 99	— 132	— 153	— 160	
	25.	— 128	— 104	— 130	— 124	— 105	— 149	— 95	— 128	— 156	— 160	
	26.	— 128	— 108	— 118	— 128	— 113	— 149	— 98	— 130	— 163	— 167	
	27.	— 129	— 126	— 110	— 128	— 103	— 137	— 101	— 130	— 167	— 165	
	28.	— 135	— 125	— 115	— 181	— 108	— 125	— 101	— 135	— 164	— 167	
	29.	— 143	— 120	— 116	— 130	— 112	— 132	— 107	— 150	— 170	— 168	
	30.	— 135	— 115	— 123	— 125	— 113	— 133	— 117	— 144	— 173	— 173	
	31.	— 131	— 110	— 121	— 128	— 115	— 135	— 116	— 131	— 168	— 180	
	Mittel	— 119	— 97	— 124	— 114	— 118	— 140	— 84	— 116	— 146	— 148	
Jahresmittel		— 53	— 55	— 68	— 64	— 89	— 66	— 78	— 76			