

# Bericht

über die neuen Bezugsquellen

für

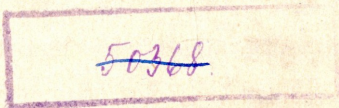
## Wasserversorgung der Stadt Riga;

im Auftrage der

Verwaltung der ständischen Gas- und Wasserwerke

bearbeitet von

**A. Thiem.**



---

RIGA.

Gedruckt in der Müllerschen Buchdruckerei (Herderplatz Nr. 2).

1883.

Von der Censur erlaubt. — Riga, den 2. Juli 1883.

*Ext. A*



*24797*

Einer Wohlöblichen Verwaltung  
der  
ständischen Gas- und Wasserwerke  
zu Riga.

Sehr geehrte Herren!

Den mir zu Theil gewordenen ehrenvollen Auftrag: für die Reorganisation des dortigen Wasserwerkes zweck-entprechende Vorschläge zu machen, glaube ich durch nachstehenden Bericht erfüllt zu haben.

Derselbe umfasst die Darstellung des gegenwärtigen Zustandes nebst statistischer Beleuchtung der verflossenen Betriebsjahre, ferner einen kurzen Ueberblick über die künstliche Filtration und der Hauptsache nach die Arbeiten, deren Ergebnisse und daraus gezogenen Schlüsse über den hydrologischen Zustand des Grundwassers in der Umgebung von Riga.

Als Erläuterung dazu dienen die Beilagen A, B und C und ein Blatt Zeichnung. Als Maasseinheit habe ich das Metermaass und als allgemeinen Horizont, auf den sich alle Coten beziehen, eine Ebene 100 m. unter

Null des Kronstädter Pegels angenommen; letzteres war behufs Vermeidung negativer Coten wünschenswerth.

Die Zeitangaben entsprechen dem russischen Kalender.

Es war mir nicht darum zu thun: Behauptungen und Schlüsse lediglich vom Standpunkte des Fachmannes aufzustellen, sondern ich beabsichtigte vielmehr: auch dem ausserhalb des Faches stehenden Leser den logischen Gang der Untersuchungen klar zu legen und ihn so in die Lage zu versetzen, meine Methoden kritisch prüfen zu können. Ich gebe mich der angenehmen Hoffnung hin, dass mir dies gelungen sei, dass meine Arbeiten Ihren Beifall finden und Sie Veranlassung nehmen mögen, die Angelegenheit in dem Sinne zu verfolgen, wie ich Ihnen vorzuschlagen mir erlaubte.

München, den 10. Februar (29. Januar) 1883.

A. Thiem.

## Gegenwärtiger Zustand.

Die Stadt Riga ist seit dem Jahre 1864 mit unfiltrirtem Dünawasser versorgt; es liegen somit 18jährige Beobachtungsreihen über den Verbrauch und dessen Vertheilung auf Monate, Tage und Stunden vor, welche es ermöglichen, mit einem gewissen Wahrscheinlichkeitsgrade das zukünftige Bedürfniss abzuschätzen. Leider sind die Beobachtungen des Wasserwerkes nicht in Beziehung mit dem Bevölkerungsgange zu setzen; es ist mir nicht gelungen, über letzteren statistisches Material aufzufinden, mit Hilfe dessen es möglich gewesen wäre, den specifischen Bedarf, d. h. die auf den einzelnen Einwohner entfallende Wassermenge, in seinem Gange festzustellen.

Ich entnehme dem Commissionsbericht: „Das Nivellement und die Neuvermessung der Stadt Riga. 1880 bis 1882“, dass in den Jahren 1866 und 1867 die Einwohnerzahl der innern Stadt 18227, diejenige der Vorstädte 84363, im Ganzen also 102590 betrug, während die Volkszählung des Jahres 1881 bezw. ergab 20091, 148637 und 168728.

Im Betriebsjahre 1866/67 war der Wasserverbrauch 1132100 cbm., im Jahre 1880/81 dagegen 4000500; es entspricht dies einem Wachsthum des specifischen Tages-

consums von 30 auf 65 l. Der durchschnittliche Tagesverbrauch per Kopf ist also in dieser Zeit um mehr als das Doppelte gestiegen. Die vereinzelt Angaben über Bevölkerungszahlen machen es unmöglich, mit Hilfe der Wahrscheinlichkeitsrechnung den muthmaasslichen Bevölkerungsgang für das nächste Jahrzehnt auszuwerthen; es entscheidet hierbei nicht der Anfangs- und End-Werth einer gewissen Periode, sondern vielmehr die Art und Weise, wie sich die Veränderung innerhalb der Periode vollzogen hat. Aus diesem Grunde können sich die Betrachtungen und Deductionen nur auf die letzten 2 Betriebsjahre erstrecken und somit nur der gegenwärtige Zustand und dessen zeitlich unmittelbar benachbarte Vergangenheit behandelt werden.

Seit Eröffnung des Wasserwerkes bis zum Betriebsjahre 1881/82 hat eine stetige Steigerung des Jahresconsums stattgefunden, im genannten Jahre dagegen eine Verminderung desselben. Der Verbrauchsgang ist auf Blatt I graphisch und in Beilage A Tabelle I synoptisch dargestellt. Die Werthe der 4 letzten Betriebsjahre sind:

1878/79	1879/80	1880/81	1881/82.
3642900	3830200	4000500	3690200 cbm.

Der Verbrauch in 1881/82 sank somit unter denjenigen in 1879/80 und kommt fast demjenigen in 1878/79 gleich. Die Gründe für diesen Rückgang sind allgemein bekannt, sie liegen in der umsichtigen Controle, welche seitens der Verwaltung auf den Verbrauch ausgeübt wird, und sie zeigen zugleich, dass auch hier, wie sonst an vielen Orten, der wirkliche Bedarf von dem stattfindenden Verbrauch bedeutend überstiegen wird, oder

dass Lieferung und Bezahlung nicht immer im angemessenen Verhältniss stehen, und die Herstellung eines solchen ihren technischen Ausdruck im Rückgange des Verbrauches findet. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass bei fortgesetzter Controle eine weitere Abminderung des Consums sich einstellen wird, und man könnte deshalb, ohne Unterschätzung zu befürchten, den gegenwärtigen Jahresconsum auf 3700000 cbm. feststellen. Diese Zahl erfährt jedoch noch insofern eine Verkleinerung, als die Verbrauchsmengen nicht effectiv gemessene, sondern, wie nicht anders möglich, aus Hubzahlen der Maschinen berechnete sind. Nimmt man den Nutzeffect der Pumpen mit 0,95 an, so ergiebt sich ein Jahresverbrauch von  $3\frac{1}{2}$  Millionen Cubikmeter oder durchschnittlich 9600 Tagescubikmeter oder 111 Secundenliter.

Zur Beurtheilung der an eine neue Bezugsquelle zu stellenden quantitativen Anforderungen ist die Feststellung des Verhältnisses: durchschnittliche zu maximaler Tagesleistung, nothwendig; wenn es sich um eine Abgleichung zwischen den Kosten für eine motorische Anlage und für nothwendigen Reservoirinhalt handelt, so tritt noch die Bestimmung des fluctuirenden Verbrauches in Abhängigkeit von der Tageszeit hinzu.

Nimmt man an: das Wasser werde nur zu wirklichen Bedarfszwecken verwendet, so wird sein Verbrauch in den Nachtstunden erheblich sinken und in den Tages-, namentlich Vormittags-Stunden sich steigern. Es ist eine allgemein übliche Annahme: in den Perioden des stärksten Tagesverbrauches das maximale Stundenquantum zum durchschnittlichen sich wie 7 : 4 bis 8 : 4 verhalten

zu lassen, während man für das Verhältniss des minimalen zum durchschnittlichen Stundenquantum den Werth  $1,3 : 4$  bis  $1,5 : 4$  gelten lässt, oder was sich daraus ergibt, dass der maximale Stundenconsum etwa das 5- bis 6fache des minimalen ist, stets die Periode des maximalen Tagesconsums vorausgesetzt.

Im Allgemeinen ist ferner von Morgens 6 bis Abends 8 Uhr der wirkliche Stundenverbrauch ununterbrochen grösser, als der durchschnittliche, während in der Zeit von 9 Uhr Abends bis 6 Uhr Morgens das Umgekehrte gilt. Der Mehrverbrauch der Tagesperiode ist gleich dem Minderverbrauch der Nachtperiode. Nach statistischen Erhebungen werden in mit Wasser versorgten Städten in der 14 stündigen Tagesperiode 80% des ganzen Tagesbedarfes verwendet; der stündliche Durchschnittsverbrauch ist 4,16% des Tagesverbrauches, so dass der Mehr- oder Minder-Verbrauch  $80\% - 14 \cdot 4,16\% = (80 - 58)\% = 10 \cdot 4,16\% - 20\% = (42 - 20)\% = 22\%$  oder etwa  $\frac{1}{5}$  des ganzen Tagesverbrauches beträgt. Sollen also die Bezugsquelle oder die Pumpen regelmässig den stündlichen Durchschnittsbedarf liefern, so muss nach den genannten Annahmen ein Reservoir von mindestens  $\frac{1}{5}$  Tagesverbrauch Inhalt die täglichen Verbrauchsschwankungen ausgleichen. Wenn in einzelnen Städten, wie Hamburg und Augsburg, diese Zahlen gar nicht zutreffend sind, so liegt dies in dem Modus der Wasserabgabe in Form eines continuirlich fliessenden Strahles von bestimmter Ergiebigkeit. Der fehlende Reservoirinhalt wird dort durch Hausreservoirs ersetzt. Dieser Modus ist vom wirthschaftlichen Standpunkte aus

durchaus verwerflich. Die Wasserwerksverwaltung, die zum Ueberfluss in den genannten Städten noch die Gemeinde ist, wälzt die Nothwendigkeit eines einheitlichen Reservoirbaues dadurch ab, dass sie ihre einzelnen Bürger zwingt, denselben Reservoirraum in kleinen Individuen aus eigenen Mitteln herzustellen; und 1000 Reservoirs von je 1 cbm. Inhalt kosten bekanntlich erheblich mehr an Anlage und Unterhaltung, als ein Reservoir von 1000 cbm. Inhalt.

Es möge nun untersucht werden, wie sich die entsprechenden Verhältnisse in Riga gestalten, und dabei zunächst das dort effectiv stattgefundene Verhältniss zwischen durchschnittlichem und maximalem Tagesbedarf festgestellt werden. In Anbetracht der schon erwähnten Gleichheit des Jahresverbrauches in 1878/79 und 1881/82 möge erstgenannte Periode mit berücksichtigt werden. Es war im Jahre

	1878/79	1880/81	1881/82
Durchschnittl. Tagesverbrauch	9980	11060	10110 cbm.
Maximaler Tagesverbrauch	13650	13250	13130 „
Verhältniss	1,37	1,20	1,30

Man ersieht aus dieser Zusammenstellung, dass der maximale Tagesverbrauch in den letzten Jahren nahezu constant geblieben ist, während das Verhältniss beider Verbräuche zwischen 1,20 und 1,37 schwankt. Im Allgemeinen sind diese Verhältnisszahlen kleiner, als die in deutschen Wasserwerken in den letzten Jahren beobachteten, von denen einige hier folgen mögen: Elberfeld (1880): 1,68. — Magdeburg (1880): 1,58. — Düsseldorf (1879): 1,55. — Duisburg (1879): 1,53.

— Köln (1879): 1,48. — Breslau (1879): 1,43. —  
Dortmund (1879): 1,37. — Berlin (1878): 1,35. —  
Leipzig (1880): 1,34. — Dresden (1879): 1,33.

Diese Angaben sind mir bekannte minimale. In einem und demselben Wasserwerke ist das Verhältniss beider Mengen grossen Schwankungen unterworfen, die jedoch stets nach oben gerichtet sind, so dass sich z. B. in Dresden im Jahre 1876 ein Verhältniss gleich 2,17 ergab. Fast in allen Werken nimmt der genannte Werth mit der zunehmenden Anzahl der Betriebsjahre ab.

Aus diesen Vergleichen geht hervor, dass in Riga der maximale Tagesconsum mit dem durchschnittlichen relativ geringe Verschiedenheit zeigt. Legt man den Werth von 1,30 als mittleren und sich den normalen Verhältnissen am meisten nähernden zu Grunde, so ergeben sich  $111 \cdot 1,3 = 144$  sl., welche durchschnittlich am Tage des Maximalconsums zu liefern sind.

Diese Zahl ist für die Beurtheilung der nothwendigen Ergiebigkeit einer neuen Bezugsquelle die maassgebende und wird später benutzt werden.

Zur Beurtheilung der Grösse eines etwa anzulegenden Reservoirs sind die Tabellen II, III und IV in Beilage A aus den Betriebsnotizen des Wasserwerkes zusammengestellt; sie geben die Vertheilung des Consums auf Tage, Stunden und Stundenfolgen, vorwiegend in Relativzahlen, für die Perioden des Tagesmaximums, Tagesmittels und Tagesminimums in den drei in Betracht gezogenen Betriebsjahren.

Tabelle II giebt in der Spalte I die jährlichen Stundenmittel, auf welche die täglichen Stundenmittel in

Spalte V und die Stunden-Maxima und -Minima in Spalte IV und VI bezogen sind. Um zu beurtheilen, ob die verschiedenen Stundenverbrauche nicht durch äussere ausnahmsweise Veranlassung, wie Rohrbrüche, Betriebsunterbrechungen und dergleichen, zu maximalen oder minimalen sich gestalten, sind stets die entsprechenden, ein Wochenintervall umfassenden Perioden in Betracht gezogen. Wie aus den Tabellen hervorgeht, haben die Maximal- und Minimal-Zahlen in diesen Perioden numerisch benachbarte Werthe; die ihnen zukommenden Werthe sind also als regelrechte Betriebs- und nicht als Ausnahms-Ergebnisse anzusehen.

Während im Jahre 1878/79 der absolute minimale Stundenverbrauch zum absoluten maximalen sich wie 59 : 163 verhält, wächst dieses Verhältniss im Jahre 1880/81 auf 60 : 142 und nimmt im letzten Betriebsjahre den kleinsten Werth 49 : 163 an. Diese zunehmende Differenz zwischen den beiden genannten Verbräuchen ist wohl theilweise auf die im letzten Jahre ausgeübte umfassende und eingehende Controle zurückzuführen. Stellt man sich vor, dass Wasser nur ausschliesslich zu wirklichen Nutzzwecken, ohne jede Verschwendung, verworther wird, und entspricht diesem Zustande ein gewisses dem obigen analoges Zahlenverhältniss, so wird durch jede fortlaufende, sich über die ganze Consumerperiode vertheilende Wasserverschwendung diese Verhältnisszahl sich immer mehr dem Werthe Eins nähern.

Ebenso wie Tabelle II die betreffenden Werthe in Procenten des jährlichen Stundenmittels giebt, enthält Tabelle III die entsprechenden Angaben bezogen auf

das tägliche Stundenmittel, nebst Bezeichnung derjenigen Stunden, in denen der stündliche Maximal- bzw. Minimal-Consum seinen Anfang nimmt. Die Eintrittszeiten sind sehr verschieden; sie schwanken in der Periode des maximalen Tagesquantums zwischen 8 Uhr Morgens und 8 Uhr Abends und fallen aus bekannten Gründen an den Donnerstagen und Sonnabenden in die späteren Nachmittags- bzw. Abend-Stunden.

Während man, wie oben erwähnt, in Deutschland das Verhältniss des maximalen zum durchschnittlichen Stundenconsum statistisch wie  $7:4 = 1,75$  annimmt, ist zur Zeit des Tagesmaximums in Riga für die 3 Betriebsjahre in Tabelle III Spalte V und VII dieser Werth gleich  $1,15 - 1,12 - 1,23$ , als Mittel aus den jeweiligen Wochenperioden gerechnet und chronologisch geordnet. Ebenso ergibt sich analog die Verhältnisszahl: minimaler zum durchschnittlichen Stundenconsum als  $0,76 - 0,81 - 0,61$ . Durch Division beider Verhältnisszahlen erhält man das Werthverhältniss des maximalen zum minimalen Stundenconsum während der Periode des Tagesmaximums als bzw.  $1,52 - 1,38 - 2,00$ . Diese Werthe sind zwar noch sehr abweichend von den in anderen Städten beobachteten im Betrage von 5 bis 6, allein für das letzte Betriebsjahr zeigt sich auch hier wieder eine beträchtliche Zunahme.

Ich muss mich hier darauf beschränken, die genannten Verschiedenheiten einfach dargestellt zu haben, und wenn ich mir gestattete, einen einzelnen Grund dafür anzuführen, so ist dieser jedenfalls nicht der einzige. Die Verbrauchsverhältnisse müssen auch abgesehen von

einer wahrscheinlichen Wasserverschwendung derart sein, dass hauptsächlich in ihnen selbst die Ursachen des Abweichens vom Herkömmlichen liegen.

In den besprochenen Tabellen II und III sind nur discrete Werthe aufgeführt und besprochen; es erübrigt noch das fluctuirende Tagesquantum als Ergebniss einer Stundenfolge in eine vergleichende Betrachtung zu ziehen.

Zu diesem Zwecke wurde Tabelle IV zusammengestellt; chronologisch umfasst sie dieselben Perioden, wie die besprochenen Tabellen. Wie sich nach ihrer Durchrechnung ergab, sind es für den zu erreichenden Zweck hier nur die Perioden des Tagesmaximums, welche in's Gewicht fallen.

Spalte V, Va und Vb wurde in der Weise berechnet, dass für jeden in Betracht gezogenen einzelnen Betriebs-tag auf Grund der Betriebsbücher die mittlere Hubzahl aus den während dieses Tages stattgefundenen effectiven berechnet wurde; von derjenigen Stunde ab, innerhalb welcher die Anzahl der effectiven Hübe der mittleren gleich war oder sie überschritt, wurde fortlaufend die zugehörige Differenz genommen, diese Differenzen so lange addirt, bis diejenige Stunde eintrat, in welcher die effective Hubzahl gleich oder kleiner als die mittlere wurde, und endlich die Summe der Hubzahldifferenzen in gefördertes Quantum umgerechnet. Das so zur Berechnung gezogene Zeitintervall ist in Tabelle IV Spalte VIII, VIIIA und VIIIB als Zeitdauer der Fluctuation bezeichnet; sie beginnt während der berechneten Periode stets nach 6 Uhr Morgens, dem Beginn des Betriebstages,

und bildet ein ununterbrochenes Zeitintervall, dergestalt, dass Stunden von grösserem Verbrauch als der durchschnittliche nur einmal mit solchen von kleinerem abwechseln bezw. umgekehrt. Auf Blatt I ist das betreffende Tagesdiagramm für die Tage des 9. und 15. Mai 1882 dargestellt, und diese so gewählt, dass das stündliche Maximum sowohl je in die frühen Morgen- als späten Nachmittags - Stunden fällt. Der Summe der oben erwähnten Differenzen entspricht derjenige Theil der Diagrammfläche, welcher über der Linie des dem zugehörigen Tage entsprechenden mittleren Stundenverbrauches liegt. Würden also an den betrachteten Tagen die Maschinen vollständig gleichmässig gearbeitet haben, so hätte zum Ausgleich der täglichen Verbrauchschwankungen ein Reservoir vorhanden sein müssen, vom Inhalte, gleich der Summe der erwähnten Differenzen bezw. der über der mittleren Stundenverbrauchslinie liegenden Diagrammfläche.

In keinem der betrachteten Jahre fällt der Tag des Maximums des fluctuirenden Quantums mit demjenigen des maximalen Stundenmittels zusammen. Würde man denselben stündlichen Verbrauchsgang, welcher zum Maximum des fluctuirenden Quantums gehört, übertragen auf den Tag des maximalen täglichen Stundenmittels, so würde die Grösse des fluctuirenden Quantums sich noch steigern. Fasst man beispielsweise das letzte Betriebsjahr in's Auge, so beträgt das direct bestimmte fluctuirende Quantum vom 11. Mai 1882: 1449 cbm. oder 281% des täglichen Stundenmittels, welches an diesem Tage 516 cbm. betrug. Das maximale Stunden-

mittel trat ein am 15. Mai mit 547 cbm., und 281% von diesem sind 1537 cbm. Wie man sieht, weichen beide Zahlen wenig von einander ab, und man kann behaupten, dass ein Reservoir von 1500 cbm. Inhalt für den bis jetzt stattgefundenen Betrieb hingereicht hätte, die Verbrauchsschwankungen auszugleichen und einen gleichmässigen Betrieb der Maschinen zu ermöglichen. Der grösste Tagesconsum in 1881/82 war am 15. Mai mit 13,130 cbm., und es beträgt somit das fluctuirende Quantum nur rund 12% des maximalen Tagesbedarfes, gegenüber 22% gewöhnlicher Annahme.

Aus diesen Auseinandersetzungen geht hervor, dass auf Grundlage des durchschnittlichen Tagesverbrauches alle für eine Reorganisation des Wasserwerkes maassgebenden discreten Werthe, wie maximaler Tages- und Stunden-Verbrauch, sowie fluctuirendes Tagesquantum sich ganz erheblich niedriger stellen, als man anderswo beobachtet hat und anzunehmen pflegt.

Es ist nun wohl vorauszusetzen, dass durch fortgesetzte Ueberwachung des Verbrauches die Werthe der relativen Zahlen sich erhöhen werden; weil jedoch durch dieselbe Ursache sich der durchschnittliche Verbrauch erniedrigen wird, so wird die Aenderung der den relativen Zahlen zukommenden absoluten Werthe keine bedeutende sein. Abgesehen ist hierbei von der allgemeinen Steigerung durch Bevölkerungszunahme, erhöhtes Bedürfniss und dergleichen.

Zu bemerken ist noch, dass vielleicht die vorstehend entwickelten Zahlen der Tabelle IV durch die Wirkung des bei der Filialgasanstalt sich befindenden Hoch-

reservoirs eine kleine Aenderung erfahren können; es war mir jedoch unmöglich, diese in Zahlen auszuwerthen.

Es ist auf Grund der erfolgten Darlegungen nun schwer, die Wassermenge zu bestimmen, welche eine neue Bezugsquelle liefern soll. Ueber das muthmaassliche Wachsthum der Bevölkerung lassen sich keine einigermaassen zuverlässige Wahrscheinlichkeitsrechnungen anstellen, der jetzt effectiv stattfindende Consum zeigt einen Rückgang gegen die Vorjahre und die aus ihm sich ergebenden Relativzahlen eine Aenderung gegen die bis dahin beobachteten. Angesichts dieser Störungen des bisherigen Verlaufes, die sich in der Folge noch gleichsinnig fortsetzen können, ist jede Rechnung für die Zukunft ein Spiel mit müssigen Hypothesen und an ihre Stelle muss eine praktische, sich auf Erfahrung und Analogie stützende Annahme treten. Ich bin der Meinung, dass eine Erhöhung der Leistung des Werkes um 60 bis 66% der im letzten Betriebsjahre beobachteten, also eine Lieferung von 230 bis 240 sl., eine technisch und finanziell angemessene ist. Ueber die Grösse und Lage eines zu erbauenden Reservoirs wird später unter Benützung der soeben entwickelten Zahlen und unter Entwicklung constructiver Gründe im Abschnitt: Gewinnungs- und Versorgungs-Methoden, die Rede sein.

Es möge zur Beurtheilung der motorischen Leistung der vorhandenen Dampfmaschinen und des Gütegrades der Pumpen noch die Arbeit angeführt werden, welche in den beiden letzten Betriebsjahren mit einem Kilogramm Brennmaterial erzeugt wurde.

1 kg. Brennmaterial bestand im Jahre 1880/81 aus 70% Coaks und 30% Kohle und es erzeugte 116000 kgm., während im Jahre 1881/82 das Mischungsverhältniss 62% Coaks auf 38% Kohle war, und 103000 kgm. erzeugt wurden. Diese Ergebnisse sind im Vergleich mit denen von Werken, deren Betriebsergebnisse veröffentlicht wurden, gute zu nennen. Leider ist in den betreffenden Publicationen nur höchst selten angegeben, wie viel die Einheit des Brennmaterials Dampf erzeugt, und somit ist eine directe Vergleichung unmöglich. Nichtsdestoweniger mögen einige Städte angeführt werden, deren geographische Lage einen Rückschluss auf die Güte der verwendeten Kohlen gestattet. Es wurden im Jahresmaximum erzeugt mit 1 kg. Kohle in Breslau: 106100, Dortmund: 115300, Duisburg: 124200, Düsseldorf: 137000 bzw. 105000, Elberfeld: 119000, Leipzig: 102400 kgm. Diese Leistungen werden von neueren Anlagen weit überholt, so erzeugt z. B. Darmstadt mit 1 kg. Nusskohle von der Zeche Vollmond 234000 kgm. und die neuen Maschinen in Stuttgart, allerdings nur auf Grund eines 10stündigen Versuches, 298000 kgm.

Wenn derartige Leistungen dauernd zu halten sind, dann bedarf es nur einer einfachen Rechnung, um zu entscheiden, ob die vorhandenen Kessel und Motoren beizubehalten oder durch vorzüglichere zu ersetzen sind.

## Filtration des Wassers.

Die Gründe, welche eine Aufbesserung der Beschaffenheit des bis jetzt gelieferten Wassers nothwendig machen, sind allgemein zu bekannt, um hier noch eine nähere Besprechung und Auseinandersetzung zu erfahren; sie waren die Veranlassung dazu, schon vor einigen Jahren in der unmittelbaren Nachbarschaft des bestehenden Wasserwerks Bohrversuche anzustellen in der Voraussetzung, dort in hinreichender Quantität Wasser zu finden, welches nicht allein den gewerblichen, sondern vor allen Dingen auch sanitären Ansprüchen genügt.

Die Anzahl derjenigen Werke, welche unfiltrirtes Flusswasser zur Vertheilung bringen, ist eine kaum nennenswerthe mehr; mir ist als solches in Deutschland nur Hamburg bekannt, und auch hier steht ein Wechsel im Sinne einer anzuwendenden centralen Sandfiltration in naher Aussicht. Wenn Städte, wie Genf und Chicago, ihren Bedarf aus Seen entnehmen und nicht filtriren, so hat eben die Natur in diesen Fällen die entsprechende Arbeit bereits verrichtet.

Es läge nun nahe, die genannte Methode der Wasserverbesserung auch in Riga einzuführen, als die einfachste und am schnellsten zum Ziele führende.

Ich stehe nun nicht an zu behaupten, dass ein künstlich filtrirtes Flusswasser wohl lediglich vom chemischen Standpunkt aus, d. h. auf Grund der Zahlen der Analyse, als Trinkwasser bezeichnet werden kann, niemals jedoch vom physikalischen aus.

Ferner hält der Beweis dafür nicht schwer, dass man gegenwärtig nur in Ermangelung einer besseren Bezugsquelle auf filtrirtes Flusswasser zurückgreift, mag nun dieser Mangel effectiv vorhanden sein, oder nur in den Anschauungen des betreffenden Ingenieurs liegen. Früher zur Zeit der Erbauung der älteren Werke, wurden noch nicht die Unterschiede und Ansprüche gemacht, wie es gegenwärtig der Fall ist, und dem entsprechend war auch die Deckung des Bedürfnisses.

Die Kosten der Filtrationsanlagen würden sich auf ca. 50 Rbl. per qm. bedeckte Filterfläche belaufen. Das oben festgestellte Quantum von 230 bis 240 sl. entspricht einer Tagesleistung von 20000 cbm. In Anbetracht der in der Düna auftretenden Wasserblüthe, wird man analog den verwandten Verhältnissen des Berliner Wasserwerkes an der Spree und etwa conform mit dem Ingenieurbericht über Wasserfiltration für Hamburg die Filtergeschwindigkeit nicht höher steigern dürfen, als dass einem qm. Filterfläche 1,5 cbm. Filterquantum per Tag zukommt; es werden somit einschliesslich 12% Reserve 15000 qm. Filterfläche nothwendig werden, deren Baukosten sich auf 750000 Rbl. belaufen würden. Dass diese Summe keineswegs zu hoch gegriffen ist, geht aus einigen neueren Angaben über Filtrirprojecte hervor; so wurden in Hamburg und in

Berlin der qm. Filterfläche je mit Mark 90, in Leipzig mit Mark 170 veranschlagt, wobei am erstgenannten Orte unbedeckte Filter vorausgesetzt sind. Hierzu treten noch die Kosten für Ablagerungsbassin, Reinwasserbassin, maschinelle Anlage der Motoren und Pumpen für Schöpfen des Wassers und Grunderwerb.

Die Betriebsausgaben würden sich bei der bekannten Beschaffenheit des Flusswassers etwa mit 0,5 Rbl. per 1000 cbm. herausstellen, und da im Durchschnitt 15000 cbm. per Tag zu filtriren wären, so ergäben sich Rbl. 2740 jährlicher Betriebskosten, oder mit 4% capitalisirt ein Betriebscapital von rund 68000 Rbl.

Die braune Färbung des rohen Wasser ist, beiläufig bemerkt, selbst durch die sorgfältigste Filtration nicht ganz zu entfernen; mit Erfolg hat man in holländischen Städten nur durch einen Zusatz von Alaun die beabsichtigte Wirkung erzielt.

Vorstehende Auseinandersetzungen haben lediglich den Zweck, darzuthun, dass eine künstliche Filtration des Wassers mit so erheblichen Ausgaben, etwa einer Million Rubel, verknüpft ist, dass eine neue Bezugsquelle, deren Wasser keine Filtration bedingt, sich in bedeutender Entfernung von Riga befinden darf, um den finanziellen Vergleich mit der künstlichen Filtration noch bestehen zu können, und dass es deshalb ein wohl gerechtfertigter Beschluss war: auf dem Wege der systematischen hydrologischen Untersuchung Kenntniss von neuen Bezugsorten zu erlangen, deren Entfernung von der Stadt noch innerhalb praktisch brauchbarer Grenzen liegt. Wie sehr man gegenwärtig gewöhnt ist, diese

Grenzen weit zu stecken, möge folgende Zusammenstellung zeigen, welche die Länge der Zuleitung einiger Städte in km. angiebt:

Paris (Dhuisleitung): 134, Wien: 100, Frankfurt: 77, München: 38, Elberfeld: 25, Erfurt: 21, Danzig: 17, Leipzig (Project): 16, Vevey: 10.

Von den genannten Städten haben Elberfeld und Leipzig Hebung des Wassers mittelst Dampf, die anderen freien Zufluss vom Bezugsorte. Mit den Maassnahmen dieser und noch vieler anderen nicht genannten Städte steht eine ausgesprochene Meinung Pettenkofer's in vollem Einklange: „Ein gutes erfrischendes Glas Wasser, was dem Aermsten und Reichsten gleich zugänglich ist, hat für einen Ort mindestens denselben hygienischen Werth, wie ein gutes Glas Bier und ein gutes Glas Wein, wenn auch der Preis sehr verschieden ist. Keine Stadt wird es je bereuen, wenn sie auch mit grossen Kosten reine Quellen von weither in ihre Mauern leitet.“

## Hydrologische Untersuchung der Umgebung von Riga.

Wenn es sich, wie im vorliegenden Falle, um die Gewinnung von Quantitäten wie 20000 Tagescubikmeter handelt, steht die hydrologische Forschung und der Quantitätsnachweis auf inductiver Grundlage, und das Versuchsfeld, auf dem sie sich vollziehen, muss derart sein, eine Induction überhaupt zu gestatten. Dieser Anforderung entsprechen aber nur jüngere geologische Gebilde, und diese auch nur bedingungsweise. Es wird stets eine Sache des Zufalls oder des glücklichen Griffes sein, grössere, vorher ungekannte Wassermengen in älteren als diluvialen Formationen aufzufinden; denn so lange die Gesetzmässigkeit nicht erkannt ist, nach der sich Hebungen, Verwerfungen, Spalten und Klüfte, die den Wasserweg bestimmen, gebildet haben und verlaufen, so lange wird es auch unmöglich sein, mit Sicherheit einen hydrologischen Schluss zu ziehen. Wenn es auch thunlich ist, in grossen und allgemeinen Zügen in den Sedimenten, entsprechend der Streichrichtung ihrer Schichtungen, den Wasserzug zu bestimmen, so ist damit dem zu erreichenden praktischen Zwecke, der eine relativ begrenzte Ortsbestimmung verlangt, wenig gedient.

Die praktischen Beispiele, in denen es gelang, aus älteren als quartären Formationen auf dem Wege der Bohrung grosse Wassermengen zu gewinnen, sind in ihrer Anzahl gering. Eines der bekanntesten Beispiele sind die Bohrungen von Passy und Grenelle; dort waren die Vorbedingungen für den Erfolg in der denkbar günstigsten Weise durch die regelmässige geologische Bildung des Pariser Beckens, wie selten an einem anderen Platze, erfüllt. Die Bohrungen erreichten eine Tiefe von 586 bzw. 548 m. unter Terrain; ihre Ergiebigkeit war im Anfange ihrer gleichzeitigen Beanspruchung 289,3 bzw. 9,6 sl., die in 37 Tagen auf 194 bzw. 7 sl. zurückging. Diese Zahlen lehren schlagend, wie verschieden innerhalb eines relativ eng begrenzten Terrains, bei einer gegenseitigen Entfernung der Brunnen von ca. 2 km., die Ergebnisse von Tiefbohrungen sein können, und wie wenig man berechtigt ist, unter solchen Umständen von einem Erfolge auf einen zweiten zu schliessen. Die unter sich verschiedenen Durchmesser beider Bohrungen waren auf deren Ergiebigkeit ohne Einfluss.

Aehnliche Erfahrungen sind in Nürnberg und Erlangen gemacht worden. Die grösste Anzahl von Misserfolgen wird öffentlich nicht bekannt. Die Statistik bestehender Wasserwerke weist meines Wissens nur zwei Städte von einiger Bedeutung auf, welche ihren Wasserbedarf voll und ganz auf dem Wege der Anbohrung älterer Formationen gewonnen haben: Aachen und Wiesbaden. Hier sind es jedoch nicht Bohrungen im Sinne von oben nach unten, sondern Stollen von 2450 bzw. 900 m. Länge, welche also das Gebirge in einer

grossen Längenentwicklung anschneiden, und eben durch diese Entwicklung die Wahrscheinlichkeit des Erfolges für sich haben, bezw. gehabt haben; allein auch in diesen Fällen ist die günstige hydrologische Beschaffenheit der angeschnittenen Gebirge die unumgängliche Vorbedingung dafür.

In Aachen war der Wintererguss ca. 8000 cbm., in Wiesbaden schwankte er im Durchschnitt zwischen 2180 und 8148 cbm.

Die vereinzelt Fälle, in denen man Schächte, deren Anlagezweck ein montan-industrieller war, später als Wasseraufschlussmittel benutzte, sind nicht hierher zu rechnen. Ich muss hervorheben, dass das Vorhandensein grosser unterirdischer Ströme in älteren als quaritären Formationen gar nicht anzuzweifeln ist, denn davon legen mächtige zu Tage tretende Quellen ein unwiderlegliches Zeugnis ab, ich will nur gesagt haben, dass die Auffindung und Erschliessung ein Vorgehen ist, welches kaum etwas von Methodik und Systematik in sich schliesst. Die Montan-Industrie, welche das Wasser nicht sucht, unterstützt durch die in ihrer Ausübung gemachten Erfahrungen diese Behauptung wohl hinlänglich.

Ein weiterer, später noch speciell zu besprechender Einwand gegen diese Art der Wassergewinnung ist die neben der quantitativen Unkenntnis bestehende qualitative. Von welcher Beschaffenheit ein in einigen Hundert Metern Tiefe erst zu erbohrendes oder durch lange Stollen zu gewinnendes Wasser sein wird, ist fast ausnahmslos ungewiss und daran ändert ein in einzelnen Fällen eingetretener Erfolg nicht das Mindeste.

Für den wassersuchenden Hydrologen sind nur Alluvium und Diluvium Gebilde, in und auf denen er mit Sicherheit arbeiten und seine Zwecke erfolgreich erlangen kann; nur bei ihnen ist es zulässig, auf Grund einer Reihe von Einzelbeobachtungen einen sicheren Schluss auf das hydrologische Allgemeinverhalten zu ziehen.

Je nach Art des mechanischen Vorganges, welcher die Ablagerungen erzeugt, und unberücksichtigt des relativen Alters derselben, lassen sich vier verschiedene Bildungsformen unterscheiden.

Es giebt sedentäre, glaciale, fluviatile und volatile Ablagerungen, je nachdem sie entweder an Ort und Stelle, wo sie sich gegenwärtig befinden, durch Zertrümmerung und Erosion des Muttergesteins gebildet wurden, oder durch Eis, Wasser oder Luft an ihren gegenwärtigen Lagerplatz geschafft wurden. Die physikalische Beschaffenheit des einzelnen Kornes gestattet fast ausnahmslos einen Rückschluss auf die stattgehabte Transportmethode. Der mechanische Vorgang der Ablagerung solcher Gebilde ist im Allgemeinen ein einfacher und in seiner Gesetzmässigkeit leicht zu erkennender; er vollzieht sich noch heute in einer seinem Studium sehr dienlichen Weise. Nur im Diluvium glacialen Charakters zeigen sich einige Complicationen und im Zusammenhange damit erleiden auch die hydrologischen Erscheinungen eine bedeutende Einbusse an Gleichmässigkeit und Erkennbarkeit. Das dankbarste Untersuchungsfeld bildet stets die fluviatile Ablagerung, deren Elemente eine gewisse Korngrösse nicht unterschreiten.

Das Wasser als flüssiger Körper bedarf zu seinem Zusammenhange eines Gefäßes, und dort wo dieses fehlt, ist jenes nicht vorhanden. Ein solches Gefäß in seiner einfachsten und erkennbaren Form bilden aber die Zwischenräume der aus Sand oder Kies, Gerölle oder Geschiebe bestehenden Ablagerungen; die ersten Untersuchungsarbeiten haben das Aufsuchen eines solchen Gefäßes zum Gegenstande.

Die in der Nähe von Riga befindlichen quartären Ablagerungen haben als Träger die mittlere oder Dolomit-Etage der Devon-Formation; die mit Gyps durchsetzten Schichtenköpfe treten im Erosionsthal der Düna oberhalb des Wasserwerks zu Tage und sind etwas landeinwärts oberhalb der Ankerneeken-Station durch den Steinbruch aufgedeckt. Das Gleiche ist der Fall östlich von Stubbensee, ferner am linken Dünaufer auf der Sohle eines verlassenen Dünaarmes bei Steinholm und in den Steinbrüchen, die bei Schlock zwischen dem Bahnkörper und der kurischen Aa liegen.

Mit Ausnahme von Steinholm ist der Dolomit überall vom glacialen Diluvium, vom Geschiebelehm, der Grundmoräne der einst von Norden her gekommenen, finnischen Gletscher, überlagert; zwischen Geschiebelehm und Dolomit befindet sich keine durchlässige, wasserführende Schicht, die Moräne liegt unmittelbar auf dem Dolomit auf. Zieht man nun eine Verbindungslinie von Stubbensee über die Ankerneeken-Station in der Richtung nach Schlock, so ist das gesammte südlich von dieser Linie gelegene Terrain als unbrauchbar für Wassergewinnung anzusehen und nur nördlich dieser Linie kann der beab-

sichtigte Zweck erreicht werden. Das am linken Dünaufer zahlreiche Auftreten der den Geschiebelehm stets begleitenden Findlinge und die auf dieser Flussseite geringe Ausdehnung des möglicher Weise noch günstigen Terrains nach Norden hin, sowie die praktische Rücksicht auf die geographische Lage des weitaus grössten Theils der Stadt am rechten Dünaufer bestimmte die Wahl des specieller zu untersuchenden Gebietes.

### a) Die Seen an der Petersburger Chaussée.

Wie bekannt liegen in nordöstlicher Richtung von Riga eine grosse Anzahl von Seen, von denen nur die beiden grössten und zwar zusammenhängenden, der Jägel- und Stintsee, von sichtbaren Strömen, dem grossen und kleinen Jägel, durchflossen werden.

Die der Grösse nach zweitbedeutendsten Seen, der kleine und grosse weisse See, hängen ebenfalls zusammen. Ersterer hat keine anderen sichtbaren Zuflüsse, als solche, welche in der unmittelbaren Nähe des Sees ihren Ursprung haben und die an sichtbarer Quantität weit hinter dem Ausfluss des kleinen weissen Sees in den grossen zurückstehen; von letzterem gilt insofern dasselbe, als er mit Ausnahme des unmittelbar aus dem kleinen See fliessenden Speisewassers keine sichtbaren Zuflüsse von irgend wie bedeutender Längenentwicklung empfängt, während sein Ausfluss in den Jägel zwischen Jägel- und Stintsee an Quantität seinen sichtbaren Zufluss bedeutend übertrifft.

Aus später sich von selbst ergebenden Gründen bildeten diese Seen, sowie deren Nachbarn das erste

zu untersuchende hydrologische Object. Die Oberfläche des grossen weissen Sees beträgt 635 ha, diejenige des kleinen 254 ha. Wie aus den Tiefenangaben auf Blatt I hervorgeht, sind beide Seen grosse flache Becken von geringer Tiefenentwicklung; die durchschnittliche Tiefe des grösseren ist etwa 4,5 m., die des kleineren 7,5 m., ihr Inhalt also 28,5 bezw. 19,0 Millionen cbm. In beiden Seen befindet sich eine deutlich ausgeprägte Stromrinne von geringer Breitenentwicklung, deren Lage aus dem betreffenden Plane Blatt I hervorgeht, und deren Tiefe im grossen See 7,3 m., im kleinen 10,3 m. beträgt, bei einer Wasserspiegelcote von 100,9 m. entsprechend October 1882. Die genannten Tiefen sind die Maxima aus den vorgenommenen Peilungen.

Entsprechend der flachen Beckenbildung ist die Wirkung von Wind und Sturm auf den See eine solche, dass durch sie die Wassermassen bis auf den Grund aufgewühlt werden. Nach meinen Beobachtungen im Würmsee bei München erstreckt sich die mischende Wirkung des Sturmes in diesem See bis auf eine Tiefe von 10 bis 11 m.

Am 4. Juni ergab eine Temperaturmessung im grossen weissen See folgende Werthe: Oberflächentemperatur  $19,8^{\circ}$  C., bei 5,0 m. Tiefe  $16,5^{\circ}$  und bei 7,2 m. Tiefe  $16,4^{\circ}$  C.; am 31. August wurde gefunden: Oberflächentemperatur  $17,0^{\circ}$  und bei 4,0 m. Tiefe  $16,9^{\circ}$  C. Am 8. Juni wurde im kleinen weissen See gemessen: Oberflächentemperatur  $18,5^{\circ}$  und an der tiefsten Stelle, in 10,5 m. Tiefe,  $16,0^{\circ}$  C.

Im Vergleich mit dem Temperaturgang anderer Seen und in Anbetracht der Jahreszeit zeigen die genannten Zahlen so geringe Differenzen, dass in ihnen der natürliche Gang der Temperatur in Function der Tiefe keinen Ausdruck findet und die relativ geringen Differenzen zwischen Oberflächen- und Tiefen-Temperatur lediglich der Einwirkung der während der Beobachtungszeit stattgefundenen Stürme zuzuschreiben ist.

Die chemische Constitution der Seewässer ist in Beilage C näher angegeben; an dieser Stelle möge nur zum allgemeinen Ueberblick angeführt sein:

	Abdampf- rückstand.	Chlor.	Schwefel- Säure.	Organische Subst. gleich dem 20fach. Sauerstoff- Bedarf.	
Grosser weisser See	114	30	8	22	} Liter- milli- gramm.
Kleiner weisser See	92	13	2	26	

Salpetersäure, salpetrige Säure und Ammoniak fehlten gänzlich.

Die Farbe und Durchsichtigkeit des Wassers sind ausserordentlich wechselnd; im Frühjahr und Herbst hat die Farbe einen leichten Stich in's Braune und die Durchsichtigkeit ist derart, dass die Sohle in einer Tiefe von 1,5 bis 2,0 m. noch leicht erkennbar. Wesentlich anders gestaltet sich die Beschaffenheit zur Zeit der Wasserblüthe im Hochsommer; dann sind die ganzen Seen mit chlorophyllgrünen Algen erfüllt und die Vegetation eine lebhaft entwickelte. Nach beendetem Process sterben die Pflanzen ab, sinken in ihren Resten auf den Seeboden und bedecken denselben in Form einer aus organischen Resten bestehenden Schicht, die auch

durch die stattgefundenen Peilungen constatirt wurde. In der Nähe der Ufer fehlt sie jedoch; dort wird sie, durch Winde und Stürme in Bewegung gesetzt, aufgearbeitet und die Ufer zeigen fast ausnahmslos bis weit in den See hinein die unbedeckte Sandoberfläche des Untergrundes.

Die Umstände gestatteten wohl eine genaue Messung des aus dem kleinen in den grossen See fliessenden Quantum, eine solche der Ergiebigkeit des grossen Sees war jedoch nicht möglich.

In den Verbindungsgraben beider Seen wurde ein hölzernes Gerinne eingebaut, welches bei einer nutzbaren Länge von 15 m. eine Breite von 3 m. hatte. Die Geschwindigkeitsmessung des das Gerinne durchströmenden Wassers erfolgte mittelst Schwimmers unter den bekannten Vorsichtsmassregeln und Bedingungen. Als Messungstage wurden solche ausgesucht, an denen der Einfluss von Wind oder Sturm ein möglichst geringer bzw. zu vernachlässigender war, wie überhaupt durch sorgfältige Messungen festgestellt wurde, dass durch den Einbau der Rinne der natürliche Zustand keine den Erguss beeinflussende Veränderung erlitten hatte.

Am 30. Juli, 27. August und 7. October betrug die Abflussmenge des kleinen Sees: bzw. 155 — 185 — 200 sl. Der Abfluss des grossen Sees treibt in Bellenhof eine Mühle, deren wechselnder Betrieb und die damit verbundenen Stauungen eine exacte Messung verhinderten. Nach Schätzung lässt sich jedoch behaupten, dass die Wassermenge mindestens das Doppelte derjenigen des kleinen Sees beträgt.

Die Schwankungen der Seespiegel während der Beobachtungsperiode betragen für beide Seen 0,24 m. entsprechend einer Spiegelcote von 101,15 bzw. 101,14 m. für den kleinen und grossen See am 11. Mai und 100,91 bzw. 100,90 m. am 13. August. Nach Aussage der Uferbewohner und Fischer sollen die Stände dieses Jahres zu den kleinsten bekannten gehören.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass diese Seen früher von der livländischen Aa durchflossen wurden. Für diese Annahme sprechen die noch jetzt im Seeboden vorhandenen Stromrinnen und die orographische Beschaffenheit des zwischen dem kleinen weissen See und der livländischen Aa liegenden Terrains. Die Aa ist noch jetzt ein seine Ufer stark erodirender Fluss, dessen Spiegel in früheren Epochen eine wesentlich höhere Lage besessen hat, als es gegenwärtig der Fall ist. Zahlreiche Flussterrassen kennzeichnen noch heute mit unwiderleglicher Gewissheit die früheren Lagen seines Bettes und zahlreiche Einschnitte und Altwässer in dem jetzt im Uebrigen trockenen Flussthale die Richtungen und den Verlauf seiner Strömung. Noch jetzt, October 1882, liegt der Flusspiegel, da wo der Fluss oberhalb Ringenberg die scharfe Biegung vollzieht, um 1,3 m. höher als der Spiegel des kleinen weissen Sees.

Das Terrain zwischen der Aa und dem kleinen weissen See zeigt schon durch seine Oberfläche den Charakter fluviatilen Diluviums; es ist von drei deutlich unterscheidbaren Fluthrinnen von Nordost nach Südwest durchzogen und diese Erscheinungen erleiden nur bei

Hollershof in unmittelbarer Nähe des Sees durch Ablagerungen recenten und zwar volatilen Ursprungs eine Unterbrechung. Ferner ist das Abflussbett des grossen weissen Sees von Dimensionen, die wenig im Einklang zu der jetzigen Mächtigkeit des abzuführenden Quantums stehen.

Von den sonst vorhandenen Seen mögen nur noch die nächstfolgenden drei grösseren besprochen werden: der Salles-, Seksche- und Langsting-See. Keiner von ihnen hat sichtbaren Zu- oder Abfluss.

Der Sallessee besitzt eine maximale Tiefe von 10,8 m. für Ende October 1882, sein Wasser ist mit Ausnahme der Periode der Wasserblüthe farblos und durchsichtig, so dass die Sohle noch bis zu Tiefen von 5,0 bis 6,0 m. sichtbar ist. Der Grund dieser Erscheinung ist das Fehlen von Sumpf oder Moor in der unmittelbaren Nachbarschaft des Sees. Eine am 16. Juni vorgenommene Temperaturmessung ergab: Oberflächentemperatur  $21,3^{\circ}$  C., bei 7,0 m. Tiefe  $13,7^{\circ}$  und in 11,0 m. Tiefe  $10,4^{\circ}$  C.

Der See ist demnach von den weissen Seen wesentlich verschieden; er bildet weniger ein flaches Becken, als vielmehr einen Trichter. Der Einfluss von Wind und Sturm auf ihn ist zu vernachlässigen, die geringe Grösse seiner Oberfläche und seine geschützte Lage inmitten des Waldes verhindern ein Aufwühlen seines Inhaltes und aus diesem Grunde ist auch der Gang seiner Temperatur in Function der Tiefe ein von demjenigen der weissen Seen ganz verschiedener. Während in 10,5 m. Tiefe im kleinen weissen See

16,0° C. gemessen wurden, ergaben sich in 11,0 m. Tiefe im Sallessee 10,4° C. Die Beobachtungszeiten waren so nahe benachbart, dass ihre zeitliche Differenz namentlich in Anbetracht der grossen Tiefe unerheblich ist. Der Temperaturgang - des Sallesees kann im Gegensatz zu dem der weissen Seen als ein ungestörter angesehen werden.

Der Sekschesee ist im Maximum 7,3 m. tief für Ende October 1882, die Schönheit seines Wassers steht etwa in der Mitte zwischen dem des Sallesees und der weissen Seen, was durch die, wenn auch beschränkte Begrenzung des Sees durch Sumpf und Moor veranlasst wird. Der Gang seiner Temperatur in Function der Tiefe ist nahezu übereinstimmend mit dem des Sallesees, wofür die oben erwähnten Ursachen als gemeinschaftlich mit dem Sallesee gelten.

Eine am 22. Juni vorgenommene Temperaturmessung ergab: Oberflächentemperatur 20,0° C., bei 6,5 m. Tiefe 14,6° und in 7,5 m. Tiefe 13,8° C.

Der Langstingsee ist im Maximum 6,8 m. tief für Ende October 1882; sein Wasser steht an Farbe und Klarheit demjenigen der weissen Seen gleich. Eine am 29. Juni vorgenommene Temperaturbestimmung ergab: Oberflächentemperatur 20,3° C. und bei 7,0 m. Tiefe 16,2° C.

Die chemische Constitution der Wässer des Salles- und Langstingsees ist in Beilage C näher angegeben; zur allgemeinen Orientirung möge folgende auszügliche Zusammenstellung dienen:

	Abdampf- rückstand.	Chlor.	Schwefel- säure.	Organische Subst. gleich dem 20fach. Sauerstoff- Bedarf.	
Sallessee	60	13	3,4	58	} Liter- milli- gramm.
Langstingsee	26	11	Spur	94	
Salpetersäure, salpetrige Säure und Ammoniak					
fehlten gänzlich.					

Neben den genannten Seen giebt es noch eine grosse Anzahl anderer, welche wie der Wendsche-, der Ottern-, Inge- und der Makke-See von ohngefähr gleicher Grösse wie Salles- und Langstingsee sind; ihre Lage giebt Blatt I. Einer besonderen Untersuchung, mit Ausnahme der Feststellung ihrer Spiegelcoten, wurden sie nicht unterzogen, denn es genügen die beobachteten Seen in ihrer Anzahl, Grösse und geographischen Lage vollkommen für die Aufstellung zweckdienlicher Deductionen.

Ausser den benannten Wasserbecken befindet sich in dem untersuchten Terrain noch eine sehr grosse Anzahl unbenannter, für welche sogar die Cotirung der Spiegel eine zwecklose Arbeit gewesen wäre.

Allen Wasserbecken ist das Constante der Erscheinung eigenthümlich; mögen auch ihre Spiegel schwanken, so sind diese Schwankungen nicht derart, dass der See als solcher austrocknete und ganz verschwände; mag auch der Ausfluss der weissen Seen in seiner Ergiebigkeit sich ändern, so geht er unter ein

bestimmtes Maass nie zurück. Die fortdauernde Existenz namentlich der fortwährend Wasser abgebenden weissen Seen ist nur denkbar unter der Annahme einer fortdauernden Versorgung, und da eine solche sich nicht in sichtbarer Weise vollzieht, so muss dies in einer der directen Beobachtung sich entziehenden Form sattfinden, d. h. die Seen werden durch unterirdisch dauernd zufließendes Wasser existenzfähig erhalten.

Dasselbe Argument gilt, wenn auch nicht mit demselben Gewicht, für die abflusslosen Seen. Wenn auch für sie die Regenmenge, welche sie empfangen, ebenso wenig feststeht, als die Verdampfungs menge, welche sie abgeben, so müssten, selbst wenn beide Mengen je summarisch denselben Werth hätten, sich in den Spiegelhöhen Schwankungen von bedeutender Grösse zeigen. Dass dies nicht der Fall sein kann, zeigt die scharf contourirte Vegetationsgrenze ihrer Ufer. So fiel z. B. in der fast regenlosen Zeit vom 12. Mai bis 13. August der Spiegel des Sallessees um nur 0,27 m., während nach Analogie und beim vorwiegenden Herrschen trockener Landwinde die muthmaassliche Verdunstung dieses Maass weit übertroffen haben müsste; dasselbe gilt vom Sekseesee, welcher in der genannten Periode um 0,22 m. fiel. Ein allgemeines Sinken des Grundwasserstandes fand gleichzeitig, wenigstens beobachtetermaassen in den letzten zwei Monaten der genannten Periode, statt.

Der Stand der Seespiegel wird nun aber keineswegs vom Stande des Grundwasserstromes, in welchen sie eingebettet sind, ausschliesslich bedingt; Regenmenge und Verdunstung sind dafür nicht minder maassgebend.

Nach grossen und anhaltenden Niederschlägen wird sich der Seespiegel über den Stand des ihn versorgenden Grundwassers erheben und Seewasser in den Untergrund eintreten, und nach anhaltender Trockenheit, wenn der Seespiegel durch Verdunstung sich unter den umgebenden Grundwasserspiegel senkt, aus dem Untergrunde Wasser in den See eintreten. Im Allgemeinen und im Beharrungszustande erhalten die kleineren, abflusslosen Seen Grundwasser auf der einen Seite und geben es auf der anderen in umgekehrter Weise wieder ab. Der Grundwasserzug wirkt im Allgemeinen regulirend auf die Schwankungen, welche Verdunstung und Niederschlag hervorbringen, und wird diese in nur seltenen Fällen unterstützen. Aus diesen Gründen sind die kleineren Seespiegel nicht Repräsentanten des allgemeinen Grundwasserstromes, obgleich sie mit diesem in Wechselbeziehungen stehen.

Die weissen Seen geben nur den kleinsten Theil ihres empfangenen Wassers dem Grundwasserstrom wieder zurück; in der Hauptsache führen sie ihr Speisewasser in sichtbarer Form ab.

## **b) Die Bohrungen und ihre Ergebnisse.**

### **I. Quantität.**

Aus all diesen Untersuchungsergebnissen und daraus abgeleiteten Schlüssen war das Vorhandensein eines unterirdischen Stromes qualitativ nachgewiesen; es handelte sich um Bestimmung seiner Quantität.

Die Wassermenge, welche ein Grundwasserstrom abführt, ist von denselben Grössen abhängig, wie diejenige eines sichtbar fliessenden Gewässers: vom Gefälle, dem Durchflussprofile und dem benetzten Umfange. Da eine directe Quantitätsmessung eines Grundwasserstromes eine ziemlich kostspielige Untersuchung ist, so wird von jedem einsichtigen Praktiker diese erst dann vorgeschlagen werden, wenn für den Erfolg alle nur erkennbaren, auf leichterem und billigerem Wege erhältlichen und zu untersuchenden Momente gehörig gewürdigt worden sind. Nur auf diesem Wege kommt Methodik und Systematik in den Untersuchungsgang und Enttäuschungen werden vermieden.

Es handelt sich demnach bei Beschreitung des indirecten Erkenntnissweges um die Bestimmung der oben genannten drei Grössen.

Ist ein durchlässiger Untergrund vorhanden, dessen Zwischenräume mit Wasser von geneigtem Spiegel erfüllt sind, so sind die Bedingungen für Geschwindigkeitserzeugung: Durchflussprofil und Gefälle oder differenten hydraulischer Druck gegeben, und es kann auf Grund einer ganz einfachen Causalität das Wasser sich nicht im Zustande der Ruhe, sondern muss sich in dem der Bewegung befinden; man hat es nicht mehr mit einem Wasservorrath, sondern einer fortlaufenden Ergiebigkeit zu thun.

Im dicht bewohnten Terrain geben in den meisten Fällen für die erste Orientirung die Brunnen einen Anhalt über die Gefällsverhältnisse des Grundwasserspiegels.

Im vorliegenden Falle fehlte dieses Beobachtungsobject; es wurde nur nothdürftig und bedingungsweise durch die Spiegel der vorhandenen Seen ersetzt, deren Coten nivellitisch bestimmt wurden. Diese Feststellung erstreckt sich auf das Terrain von Riga bis zur livländischen Aa in einer Länge von etwa 20 Werst und von der Jägelmündung in den Jägelsee bis zum Ingeese in einer Breite von etwa 10 Werst. Ausser den zweifelhaften oder vielmehr nicht ganz exact dem Grundwasserspiegel entsprechenden Seespiegeln wurde durch 21 Bohrungen an ausgewählten Plätzen in zweifelloser Weise der Grundwasserspiegel aufgedeckt, nivellitisch bestimmt und einer fortlaufenden Messung unterworfen.

Verbindet man auf einer Karte, welche die Ortsangaben der Wasserspiegel enthält, sämmtliche Spiegel von gleicher Höhe über einem angenommenen, gemeinschaftlichen Horizonte durch eine continuirliche, den Verhältnissen sich anpassende Curve, so erhält man die Horizontalcurve, Isohypse oder Aequidistante des Grundwasserspiegels. Orte gleicher Spiegelhöhe werden selten direct aufgedeckt, sondern in bekannter Weise durch Interpolation aus den benachbarten direct cotirten Spiegeln ermittelt. Mit dem auf diese Weise hergestellten Plane: dem Höenschichtenplane des Grundwasserspiegels, erhält man einen sicheren und allgemeinen Ueberblick über Gefällsgrösse und Richtung des Grundwasserstromes und somit auch Aufklärung darüber, ob man es mit einem seeartigen Grundwasserbecken mit horizontalem Spiegel oder einem Grundwasserstrom mit geneigter Oberfläche zu thun hat.

Für den vorliegenden Fall ist nun ein solcher Höhen-schichtenplan für die Umgebungen der Seen construiert und auf Blatt I unter dem betreffenden Titel dargestellt worden.

Es geht aus diesem Plane hervor, dass innerhalb des Beobachtungsfeldes die Grundwasserspiegel nirgends eine horizontale Lage annehmen, überall Gefälle besitzen, mithin bei der festgestellten Durchlässigkeit des Untergrundes auch überall Geschwindigkeit vorhanden sein muss. Für die weissen Seen ist die Art ihrer Versorgung durch die Lage der Grundwasserhorizontalen nun auch in anderer Weise festgestellt und klargelegt, dass sich die Grundwässer convergirend nach den weissen Seen hinbewegen, mit Ausnahme des südwestlichen Ufers, an welchem eine Strömung nach dem Jägel und mit aller Wahrscheinlichkeit auch Wasserabgabe aus dem See in den Untergrund stattfindet.

Aehnliches gilt für den Jägel- und Stintsee.

Der höchste in näheren Betracht gezogene Wasserspiegel ist derjenige des Langstingsees; er liegt rund 4,3 bzw. 6,2 m. höher als der Spiegel der weissen Seen und des Jägelsees, und es beträgt das Gefälle des Grundwasserspiegels nach diesen Seen hin 2,3 bzw. 1,8‰.

Diese Gefälle sind relativ recht bedeutend und gehören zu den maximalen der bis jetzt von mir gemessenen. Dasselbe gilt von den Grundwasserströmen, die in südwest-nordöstlicher Richtung dem Jägelsee zufließen. Bedeutend geringer sind die Gefälle der Grundwasserlagen nordwestlich der weissen Seen und eine fast seeartige aus Mangel an exacten Coten nicht weiter

kartographisch behandelte Verflachung scheint sich in dem Terrain nördlich des kleinen weissen Sees bis zur livländischen Aa hin zu entwickeln; dort finden die sichtbaren Seen ein Analogon in der Erscheinungsform des Grundwasserspiegels.

Neben der Aufdeckung der Grundwasserspiegel dienten die Bohrungen zur Bestimmung des Durchflussprofils und zwar zunächst zur Feststellung von dessen Tiefe. Es können die Gefällsverhältnisse noch so günstig liegen, sie bleiben ohne praktische Bedeutung, so lange die wasserführende Schicht nicht eine gewisse Mächtigkeit neben grosser horizontaler Entwicklung besitzt. Wenn im vorliegenden Falle in einer Tiefe von wenigen Metern die undurchlässige Sohle, über welche hin der Grundwasserstrom sich bewegt, aufgedeckt worden wäre, so würden in dieser Richtung die Untersuchungen sofort ihr Ende gefunden haben.

In der unmittelbaren Nähe der weissen Seen befindet sich eine grosse Anzahl versumpfter Stellen, von denen aus sich unbedeutende Ergüsse in den See entwickeln. Es war zweifelhaft, ob an diesen Stellen ein vorhandener Wasserreichthum oder der dort relativ hochliegende wasserdichte Untergrund die Ursache der Erscheinung war. Aus diesen Gründen fanden die ersten 3 Bohrungen an dem Seeufer statt. Nachdem sie insofern ein günstiges Ergebniss geliefert hatten, als in einer Tiefe von 15,3 bis 16,8 m. unter Terrain der wasserdichte Untergrund noch nicht erreicht war, wurde in der weiteren Anlage der Bohrungen umfassend disponirt, und deren schon erwähnter Mitzweck: Wasserspiegel

aufzudecken, entsprechend berücksichtigt. Die 21 niedergebrachten Bohrungen durchföhren im Ganzen 356 m. Terrain und zwar 9,0 m. im Minimum, 43,5 m. im Maximum und 17,0 m. im Mittel. Die Schichtenfolgen einschliesslich der Grundwasserspiegel sind auf Blatt I graphisch aufgetragen\*) und in Beilage B schematisch zusammengestellt; an zuletzt genannter Stelle sind ausserdem sonstige an jeder einzelnen Bohrung gemachte und später noch zu erörternde Beobachtungen notirt. Die Schichtenproben sind in Blechbüchsen gefasst und entsprechend bezeichnet vorläufig im dortigen Polytechnikum niedergelegt.

Es war weniger Zweck der Bohrungen, an jeder Stelle den wasserdichten Untergrund aufzudecken, als vielmehr festzustellen, dass an keiner Stelle die Mächtigkeit der wasserführenden Schicht eine praktisch erforderliche Grösse unterschritt. Aus diesem Grunde bewegt sich die Tiefe der weitaus grössten Anzahl von Bohrungen zwischen 15 und 18 m. und nur eine einzige Bohrung (8) ist bis zur wasserdichten Sohle absichtlich niedergebracht; in Bohrung 16 und 18 wurde sie in geringeren Tiefen erreicht.

Die Schichten bestehen nicht immer ununterbrochen aus wasserführendem Material; zwischen wasserführenden Sanden sind inselartig häufig mehr oder minder wasserlose aus Letten und gebundenen Sanden bestehende Schichtenbänder eingelagert. So lange der petrographische Charakter derselben den fluviatilen Ursprung zweifellos

---

\*) Die graphische Darstellung wurde nicht vervielfältigt.

erkennen liess, war die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, bei fortgesetzter Bohrung wieder auf's Neue wasserführende Schichten zu erschliessen. Erst dann, wenn der fluviatile Charakter in den glacialen übergeht, ist die Wahrscheinlichkeit für die Weiterfolge wasserführenden Materials nahezu ausgeschlossen.

Das glaciale Diluvium, der Geschiebelehm, wurde nun in Bohrung 8 — 15 und 18 in bezw: 40,9 — 15,2 und 18,0 m. unter Terrain erreicht und dadurch die Grenze der hydrologischen Untersuchung, d. h. diejenige zwischen glacialem und fluviatilem Diluvium bestimmt. Es ist damit nicht ausgesprochen, dass die Untersuchungsgrenze auch die hydrologische Zustandsgrenze ist, denn fluviatiles Diluvium kann für hydrologische Zwecke ebenso werthlos sein, als glaciales; so wurde z. B. in Bohrloch 8 wohl der Geschiebelehm bei 40,9 m. unter Terrain, die wasserlosen Schichten fluviatiler Natur aber schon bei 17,5 m. erreicht und weiter unterhalb zwischen 36,0 und 38,4 m. nur noch eine ganz belanglose wasserführende Schicht gefunden.

Obgleich die Bohrungen innerhalb des Untersuchungsfeldes überall das Vorhandensein eines geschichteten fluviatilen Diluviums nachwiesen, entsprach die orographische Beschaffenheit, das Relief, der Oberfläche nur theilweise dieser Untergrundbeschaffenheit. Die weiten Ebenen in nahezu horizontaler Entwicklung vom Wasserwerk in der Richtung zum Stintsee und zwar zuweilen bis an diesen heran, und in der Richtung nach Bickernkirch werden schon diesseits und noch mehr jenseits des Jägel- und Stintsees durch ein stark coupirtes Terrain

ersetzt. Es finden sich neben der Entwicklung von Höhenzügen, meistentheils in nord-südlicher Richtung, auch mulden- und dolinenartige Einsenkungen ausgebildet. Der Uebergang von fast vollständiger Horizontalität zur durchschnittenen Gestaltung tritt sehr klar auf dem Wege von der Stadt zum Jägelsee in die Erscheinung.

Nach Analogie jetzt noch sichtbarer Vorgänge, wie im Eisenbahneinschnitte bei Mühlgraben und im Terrain bei der Filialgasanstalt, sind die obersten, die Horizontalität verdeckenden Lagen Dünen, also Ablagerungen volatiler Natur.

Es setzt sich demnach der grösste Theil des untersuchten Terrains, und zwar der für eine eventuelle zukünftige Wasserfassung wichtigste, von unten nach oben zusammen aus glacialen, fluviatilen und volatilen Ablagerungen, von denen die mittelsten die für den zu erreichenden Zweck wichtigsten sind. Die erbohrte, aber dadurch noch nicht begrenzte Mächtigkeit der wasserführenden Schicht ergiebt sich im Mittel mit 14 m. Die horizontale Ausdehnung des wasserführenden Terrains ist durch die Lage der Bohrungen bestimmt, sie beträgt mindestens 9 Werst.

Dadurch ist die zweite Grösse bestimmt, von welcher die Ergiebigkeit abhängt. Selbst wenn die gemessene Mächtigkeit nicht kleiner als die wirkliche wäre, würde dieses Maass vollauf genügen, das Versuchsfeld als ein gutes und Erfolg gewährleistendes zu charakterisiren.

An Stelle des benetzten Umfangs eines sichtbaren Wasserlaufes tritt bei einem Grundwasserstrom die Durch-

lässigkeit, welche ihrem Wesen nach auf den benetzten Umfang zurückzuführen ist.

Während Gefälle und Mächtigkeit eines Grundwasserstromes unmittelbar bestimmt werden können, ist dies für die Durchlässigkeit leider nicht mehr möglich. Wenn auch bei Anwendung eines Bohrverfahrens, welches die den Untergrund zusammensetzenden Elemente in unzertrümmerter Form gewinnen lässt, durch deren Beurtheilung schon ein bedeutender Schritt zur Erkenntniss gethan werden kann, so wird damit wohl eine Annäherung erzielt, die Frage aber noch nicht praktisch brauchbar beantwortet. Materialproben von annähernd gleicher Korngrösse sind im Allgemeinen denjenigen von wechselnder Korngrösse weitaus vorzuziehen, wie die Erfahrung und Ueberlegung lehrt.

Denkt man sich einen hinreichend grossen Raum mit unter sich gleichen Kugeln gefüllt, so betragen je nach dem Lagerungssystem die zwischen den Kugeln befindlichen Hohlräume — das Porenvolumen — 48 — 40 oder 26% des ganzen Raumes, gleichgiltig wie gross der Durchmesser der einzelnen Kugel ist.

Dasselbe gilt annähernd für Sande und Gerölle, die unter sich von nahezu gleicher Grösse sind, und in ihrer Gesammtheit eine Ablagerung bilden. Ganz bedeutend wird die letzte Procentangabe unterschritten, wenn die Korngrösse wechselt und dadurch in die Hohlräume zwischen den groben Körnern, die sonst bei gleichmässiger Korngrösse erhalten geblieben wären, sich kleinere Körner einschieben.

Der günstigste Bohrbefund bleibt stets: möglichst grosses Korn und Gleichheit der einzelnen Elemente. Denkt man sich durch einen Grundwasserstrom ein Querprofil gelegt, so werden durch dieses die Durchgangflächen im Schnitt gebildet, und deren Summe ist, *ceteris paribus*, constant, wenn die Elemente der Ablagerung unter sich gleich sind. Wächst jedoch die Grösse der stets unter sich gleichen Elemente, so verkleinert sich bei constanter Durchgangsfläche der benetzte Umfang und dadurch ist, wenn sonst Alles ungeändert bleibt, ein Wachstum der Ergiebigkeit bedingt, ganz nach Analogie eines sichtbar fliessenden Gewässers.

Sonst gestatten das Porenvolumen bezw. die Porenfläche, selbst wenn sie quantitativ bekannt wären, keinen Rückschluss auf die Durchlässigkeit; für deren Bestimmung muss experimentell verfahren werden.

Nach meinen praktischen Erfahrungen liefern selbst vereinzelte, in kleinen Dimensionen ausgeführte Bohrungen dann werthvolle und inductiv brauchbare Ergebnisse, wenn sie in einen zweckdienlichen Zustand versetzt werden.

Der Durchmesser der Bohrungen betrug 200 mm. Nach der Vollendung des Bohrloches zum Zweck der Feststellung der Schichtenfolge, wurde in passender Höhenlage ein dem obigen Durchmesser entsprechender Filterkorb eingebracht und das Futterrohr soweit gezogen, dass der Korb in unmittelbare Berührung mit dem wasserführenden Terrain kam: er bestand entweder aus einer in Cylinderform gerollten Rundeisenspirale, oder einem cylindrischen Gitter, welche mit einem Drahtnetz von

entsprechender Maschenweite überzogen waren, und hatte eine benutzbare Höhe von 2,5 m. bei einem äusseren Durchmesser von 0,18 m. Die so in einen Rohrbrunnen umgewandelten Bohrungen wurden mit einer zweistiefeligen Baupumpe von ca. 5 sl. Lieferquantum betrieben; ihre Anzahl war 12, während der Rest der ganzen Anzahl nur mit einem unten gelochten Gasrohr ausgesetzt und behufs Probeentnahme mit einer kleinen Handpumpe von etwa  $\frac{1}{3}$  sl. Ergiebigkeit betrieben wurde. Letzteres war auch der Endzustand der Rohrbrunnen nach erfolgter Beanspruchung.

Beilage B enthält die Angabe der bei jeder einzelnen Bohrung gemachten Beobachtungen, nebst Anführung der begleitenden Umstände. Der Uebersicht wegen möge aus den dort enthaltenen Specialangaben ein Auszug folgen mit Angabe der Lieferung, welche der unter den obwaltenden Verhältnissen möglichen maximalen Absenkung des natürlichen Wasserspiegels je zukam. Es war nämlich nicht erreichbar gewesen, und hätte auch gegen den Untersuchungszweck verstossen, alle Bohrorte so zu wählen, dass die überdeckende wasserlose Schicht von möglichst kleiner Mächtigkeit, der Wasserspiegel also in geringer Tiefe erreichbar war. Die Bohrungen mit hoher Ueberdeckung konnten wegen Begrenzung der Saughöhe der Pumpen also nicht so intensiv beansprucht werden, als diejenige mit geringer Ueberdeckung. Es hat sich jedoch herausgestellt, und es ist auch theoretisch begründet, dass innerhalb der relativ geringen Absenkungen die Ergiebigkeiten proportional der Absenkung sind. Bildet man also den Quotienten aus Ergiebigkeit

durch entsprechende Absenkung, so erhält man als Vergleichswerth zwischen den einzelnen Bohrungen die specifische Ergiebigkeit, also diejenige Literzahl, welche nahezu einem Absenkungsmeter zukommt.

Bohrungs- nummer.	Ergiebigkeit. sl	Depression. m	Spec. Ergiebigkeit. sl pro m
2	2,9	4,9	0,59
3	4,4	2,7	1,61
4	2,7	4,1	0,66
5	2,0	3,6	0,55
7	3,0	3,1	0,97
8	1,6	0,9	1,78
9	3,2	1,8	1,78
10	2,9	2,0	1,45
11	1,5	1,1	1,36
—————			
14	2,1	2,7	0,77
17	0,3	3,6	0,08
18	1,9	4,7	0,40

Theilt man die Bohrungen in zwei Gruppen: 2 bis 11, nordöstlich vom Jägelsee und 14 bis 18, südwestlich davon gelegen, so schwankt die specifische Ergiebigkeit der zur ersten Gruppe gehörigen Bohrungen zwischen 0,59 und 1,78 und ist im Mittel 1,19, während der zweiten Gruppe die entsprechenden Werthe 0,08—0,77 und 0,42 zukommen. Die mittlere Ergiebigkeit der zweiten Gruppe ist somit etwa nur ein Drittel derjenigen der ersten. Dieses Ergebniss würde sich durch Zuziehung der Bohrungen 15 und 16 noch erniedrigen;

wenn auch diese Bohrungen nicht bewirthschaftet wurden, so ergab schon der Befund der Schichtenfolgen ein Resultat ähnlich demjenigen der Bohrungen 17 und 18. Ferner war der chemische Befund derart, dass eine Benutzung dieser Wasserlagen von vornherein ausgeschlossen war.

Der einzige brauchbare Bohrort war somit in der zweiten Gruppe nur Bohrung 14 als zunächst dem Stintsee benachbart. Sie wurde der Zeitfolge nach niedergebracht nach vollständiger Abbohrung des Terrains der ersten Bohrgruppe, und zwar in der Absicht, sicheren Aufschluss über den hydrologischen Werth der Gegend zwischen den Seen und der Stadt zu erhalten. Da die Ergebnisse relativ gute waren, wurde aus diesem Grunde und aus Allgemeininteresse an dieser Bohrung die Einwirkung der Beanspruchung auf die nächste Umgebung der Bohrung untersucht. Das Ergebniss enthält Beilage B Seite 89. Einer künstlichen Depression von 2,7 und 1,9 m. im Bohrloch entsprach in 5 m. Entfernung eine solche von 0,035 bzw. 0,040 m., und in 10 m. Entfernung stromabwärts war die Wirkung der künstlichen Entnahme so unbedeutend, dass sie dem mit natürlicher Geschwindigkeit vorbeiziehenden Grundwasser eine Gefällsrichtung nach dem Bohrloch hin nicht mehr zu ertheilen vermochte, wie die Wasserspiegelnoten  $b_{10}$  und  $c_{15}$  darthun.

So vielversprechend nun auch diese Ergebnisse waren, so fanden sie leider in den Bohrungen 15—16—17 und 18 dieser Gruppe keine Wiederholung, und dadurch charakterisirt sich das Verhalten von Bohrung 14 nicht

als Allgemeinverhalten, sondern als ein durch nicht bestimmbare Umstände hervorgerufenes Einzelverhalten, dem jede inductive Brauchbarkeit abgeht. Von der unbefriedigenden Qualität wird später noch die Rede sein. Der Umstand, dass Bohrung 14 aus der Ebene nordöstlich vom Wasserwerk sein Speisewasser erhält, vermag an diesen Ausführungen nichts zu ändern.

In ähnlicher Weise wurde die Einwirkung der künstlichen Entnahme auf die Umgebung in Bohrung 9 und 18 bestimmt und gleich günstige Resultate gefunden, wenn auch hier der Unterschied zwischen den specifischen Ergiebigkeiten der beiden Gruppen ebenfalls sich scharf bemerklich machte. Das Nähere geht aus Beilage B Seite 84 und 93 hervor.

Diese Untersuchungen bilden den Schluss der Feststellung der drei Grössen: Gefälle, Durchflussprofil und Durchlässigkeit. Einer absoluten Beurtheilung ist keine von ihnen zu unterstellen; über die praktische Bedeutung der durch sie erzeugten Erscheinungen entscheidet einzig und allein Analogie und Erfahrung. Auf Grund eines auf etwa zehn verschiedenen Versuchsfeldern gewonnenen praktischen Maassstabes, für dessen Zuverlässigkeit die Ergebnisse der Versuchsbrunnen oder der definitiven Ausführung den Beweis lieferten, kann ich die Gegend nordöstlich vom Jägelsee als vorzüglich brauchbaren, quantitativ ausgiebigen Bezugsort des für Riga nothwendigen Wasserbedarfs bezeichnen.

Wenn es auch für den vorliegenden Zweck nicht durchaus nothwendig, so möge es doch gestattet sein, die Geogenesis des untersuchten Feldes insoweit zu beleuchten, als sie auf den gegenwärtigen hydrologischen Zustand von Einfluss gewesen ist. Der Geschiebelehm wurde an vier Orten gefunden: oberhalb der Stanzia bei den Steinbrüchen frei zu Tage liegend und in Bohrloch 16—18 und 8 als erbohrte Schicht. Zieht man eine Verbindungslinie von den Steinbrüchen auf Bohrloch 16, auf Bohrloch 8, so fällt der Geschiebelehm von rund: Cote 107 auf Cote 92, auf Cote 67, im Ganzen also um 40m. Da in Bohrung 16 und 18 der Geschiebelehm nahezu gleich cotirt ist, so ist die Verbindungslinie dieser beiden Punkte nahezu die Streichlinie.

Es ist nun schwer zu entscheiden, ob die an diesen drei Orten auftretenden Geschiebelehme derselben geologischen Epoche angehören. Zum Vergleich wurde noch bei Segewold, an der Aa, frei zu Tage liegender Geschiebelehm entnommen, mit Salzsäure behandelt und geschlämmt.

Nachstehende Tabelle giebt die Ergebnisse:

Geschiebelehm von:	Verlust durch Salzsäure %	Abgeschlämmte Theile %	Sande %
Segewold . . . . .	22	60	40
Stanzia . . . . .	35	60	40
Bohrloch 8 . . . . .	21	47	53

Aus diesen Zahlen lässt sich mit Sicherheit ein Schluss nicht ziehen. Unter der Annahme des geologisch gleichen Alters des Geschiebelehms in der oben genannten Verbindungslinie weisen die Coten ein Gefälle nach, welches der Bewegungsrichtung des auf der Grund-

moräne früher aufgelagerten bzw. rutschenden Gletschers mehr oder weniger entgegengesetzt ist.

Man hat es hier demnach mit einer mächtigen Auskolkung zu thun, wie sie ähnlich auf der Schwäbisch-Bayerischen Hochebene in Folge glacialer Erosion zu den gewöhnlichen Erscheinungen gehört. Diese Auskolkung ist später auf fluviatilem Wege mit den Erosionsproducten der unterdevonischen Formation, Geröllen, Sanden und Letten, ausgefüllt worden, und es ist auf diese Weise jenes mächtige Gefäss gebildet worden, welches gegenwärtig der Träger der besprochenen Grundwasserströme ist.

Lässt man die Annahme der Gleichaltrigkeit des Geschiebelehm nicht gelten, so ändert sich in der Betrachtung nur die Art derjenigen Kraft, welche die Auskolkung erzeugte. Gehört nämlich der tiefer liegende Geschiebelehm einer älteren Epoche an, so würde er irgendwo vom jüngeren Geschiebelehm überlagert sein. Diese Erscheinung fand sich in keiner Bohrung, mithin müsste letzterer und zwar lediglich auf fluviatilem Wege aufgearbeitet worden sein.

Es geht aus diesen Betrachtungen ohne Weiteres hervor, dass der quantitative Erfolg einer zukünftigen Wasserfassung um so mehr gewährleistet ist, je weiter man sich von dem Ufer der Auskolkung entfernt. Die Wahrscheinlichkeit des Erfolges nimmt ab mit der Annäherung an die obengenannte Streichlinie, also mit derjenigen an die Stadt.

## 2. Chemische und physikalische Beschaffenheit.

Die Sande, in welchen sich die hier besprochenen Grundwässer bewegen, sind zweifellos unterdevonischer Herkunft, also Quarzsande mit wenig Beimischung. Einige mit kochender Salzsäure behandelte Bohrproben ergaben im Durchschnitt einen Verlust von 3,5 % ihres ursprünglichen Gewichtes. Nach dem alten Satze: *tales sunt aquae, quales terrae*, waren schon durch diesen Umstand eine grosse Weichheit bezw. geringe Abdampfrückstände bedingt, und es war vorauszusehen, dass in dieser Richtung der einzige qualitative Vorzug des bisher benutzten Dünawassers mindestens erreicht, wenn nicht übertroffen werden würde. In gleicher Weise war durch die topographische und wirthschaftliche Beschaffenheit des Versuchsfeldes jedes Vorhandensein von stickstoffhaltigen, organischen Substanzen und deren Derivaten, Ammoniak, salpetrige Säure und Salpetersäure, mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen.

Diese aus dem Charakter des Versuchsfeldes sich unmittelbar ergebenden Schlüsse haben ihre Bestätigung durch die chemischen Analysen gefunden, welche durch Herrn Professor Thoms ausgeführt wurden.

In Beilage C sind die Untersuchungsergebnisse niedergelegt. Der Gang der Analyse war für alle Proben derselbe; er ist dargestellt in der Abschrift eines Schreibens d. d. Riga, 3. Juli 1882. Die Ergebnisse der in diesem Schreiben nicht genannten Wasserproben, sowie der Befund der Seewässer sind synoptisch in der a. a. O. folgenden Tabelle zusammengestellt. Die Ab-

dampfrückstände übertreffen mit Ausnahme von Bohrloch 11, welches als typisch noch besonders besprochen werden soll, kaum die Menge von 100 lmg. und unterschreiten sie in den meisten Fällen. Eine aus dem Jahre 1873 stammende Analyse der Herren Professoren Lovis und Weir bestimmt im Wasser der bestehenden Dünawasserleitung 142 lmg. und es beträgt somit der Rückstand des Wassers auf dem Versuchsfelde nur zwei Drittel von demjenigen des Dünawassers.

Sämmtliche Wässer sind absolut frei von Stickstoffverbindungen.

Was die sogenannte organische Substanz betrifft, so ist diese in doppelter Weise bestimmt, und zwar aus dem Glühverlust einschliesslich der additionellen Hydratwassermengen und aus der Behandlung mit Chamäleonlösung bzw. aus dem zur Oxydation nöthigen Sauerstoffbedarf. Wenn beide Zahlen nicht übereinstimmen, so liegt der Grund in dem Umstande, dass die hier auftretenden organischen Beimengungen nicht solche sind, welche zu ihrer Oxydation den 20-fachen Sauerstoff bedürfen. Nach einer gefälligen mündlichen Mittheilung seitens Herrn Professor Thoms ist aber diese Zahl der Berechnung zu Grunde gelegt. So ergibt Bohrloch 2 und 4 an organischer Substanz und Hydratwasser, als Glühverlust, 13 bzw. 11 lgm. und an oxydationsfähiger organischer Substanz 24 bzw. 32 lmg. Ich habe zur Beseitigung dieses scheinbaren Widerspruchs mir erlaubt, in der Tabelle die durch Oxydation bestimmte organische Substanz auf den Sauerstoffbedarf durch Division mit 20 zurückzuführen.

Beiläufig bemerkt, beträgt selbst der durch Multiplication mit 20 erlangte organische Gehalt kaum die Hälfte der zulässigen Menge, abgesehen davon, dass er in dieser Menge gar nicht vorhanden ist und entsprechend seiner Provenienz, als ein nur an besonders begünstigten Stellen entstehendes pflanzliches Zersetzungsproduct, sanitär vollkommen bedeutungslos ist.

Bohrloch 11 ist an einer solchen Stelle in unmittelbarer Nachbarschaft des Jägelsees niedergebracht; sein Wasser war eisenhaltig in Form von kohlensaurem Eisenoxydul. Dieses Salz wurde gebildet aus vorhandenem ungelösten Eisenoxydhydrat unter gleichzeitiger Gegenwart von organischer oxydationsfähiger Substanz und freier Kohlensäure; erstere entzieht für ihre Oxydation dem Eisenoxyd ein Sauerstoffatom und das so entstandene Eisenoxydul geht mit der Kohlensäure eine lösliche Verbindung ein. Welche Rolle den Huminstoffen noch dabei zufällt, muss unerörtert bleiben. Die Möglichkeit des Processes war bedingt durch die Nähe einer versumpften Stelle, welche organische Substanz und Kohlensäure lieferte.

In Lagen, welche eine einigermaassen bedeutende Ueberdeckung des Grundwasserspiegels besitzen, ist die Vermoorung der Oberfläche mit ihren Folgen ausgeschlossen. Diese günstige Bedingung der hohen Ueberdeckung erfüllt aber das Versuchsfeld jenseits der Seen, und nur das den Seen unmittelbar benachbarte Terrain und einige durch Erosion entstandene Fluthrinnen machen eine zu vernachlässigende Ausnahme. Bei einer zu-

künftigen Wasserfassung wird auf dieses Verhalten zu rücksichtigen sein.

Ein ähnliches Verhalten, wie Bohrloch 11, haben mit Ausnahme von Bohrloch 14 sämtliche zwischen den Seen und der Stadt gelegenen Bohrungen ergeben. Beim Beginn des Abpumpens zeigten sie theilweise jene bekannte gelbbraune Färbung, welche jedoch mit Ausnahme von Bohrung 15 durch andauerndes Pumpen beseitigt wurde und auch in dieser Bohrung, nach anderweitigen Erfahrungen, durch Verlängerung der Beanspruchungsdauer hätte entfernt werden können.

Die Ebene nordöstlich vom Wasserwerk bis zu den Dünenzügen befindet sich im Zustande der Vermoorung und es werden auf ihr durch pflanzlichen Stoffwechsel jene Huminstoffe erzeugt, welche dem Dünawasser und dessen Zuflüssen die gelbbraune Moorfärbung verleihen. Auf dem Wege der Infiltration und Mischung treten an Stellen mit geringer oder gar keiner Ueberdeckung des Grundwassers diese Stoffe in dasselbe ein und machen ihren localen Einfluss geltend. Durch anhaltendes Pumpen, dadurch bewirkte Senkung des Grundwasserspiegels und damit verbundene Austrocknung der Moordecke werden die bedingenden Ursachen insoweit beseitigt, dass das gepumpte Wasser von den organischen Stoffen grösstentheils und von dem ästhetischen Fehler der Färbung ganz befreit wird; ein sanitärer Fehler ist es überhaupt nicht. Wenn es nun auch gelingt, die Färbung zu beseitigen, so werden dadurch doch nicht sämtliche organischen Substanzen pflanzlichen Ursprungs entfernt. Der verbleibende Rest erzeugt die oben bei

Bohrloch 11 besprochenen Erscheinungen und bedingt einen Gehalt an löslichem Eisenoxydulsalz in den Wasserproben.

Die geschöpften Wasserproben der Bohrungen 15—16—17 und 18 waren ursprünglich vollkommen klar, erstere etwas gefärbt, und zeigten durch Geschmack und Geruch eine ganz unverkennbare Eisenreaction. Durch Aufnahme von Sauerstoff fand jedoch kaum eine Stunde nach der Fassung eine Reduction des Eisensalzes auf unlösliches Eisenoxyd statt. Die Wässer begannen zu opalisiren, ein gelbbrauner Niederschlag fand statt und nach vollendeter Sauerstoffaufnahme nahm das nun eisenfrei gewordene Wasser seine ursprüngliche Klarheit wieder an.

Ich habe diese mit dem Eisengehalt des Wassers verbundenen Erscheinungen gelegentlich der Untersuchungen für Wasserversorgung von Leipzig in Hunderten von Fällen beobachtet, und dabei zugleich gefunden, dass trotz der natürlichen Strömung des Grundwassers eisenfreie und eisenhaltige Bohrorte unter dem Einfluss der Zeit eine räumliche Verschiebung nicht erleiden, dass also eisenfreie Brunnen die betreffende Eigenschaft ebensowenig verlieren, als eisenhaltige.

Würde die volatile Ablagerung, die Dünen, welche bei der Filialgasanstalt, beim Rumpenkrug und an der Petersburger Chaussée sich vorfindet, sich über das ganze hier in Betracht gezogene Terrain erstrecken, so würde es, wie Bohrloch 14 beweist, qualitativ ebenso gutes Wasser liefern wie das Terrain jenseits der Seen. Die Bedenken, ja die Gewissheit der quantitativen

Unzulänglichkeit würden dadurch allerdings nicht beseitigt werden.

Die Haltbarkeit des der ersten Bohrgruppe zukommenden Wassers wurde durch zahlreiche der Wärme und dem Licht ausgesetzte Stehproben in unwiderleglicher Weise dargethan.

Die Temperaturen wurden in Function der Tiefe beobachtet; die Ergebnisse enthält Beilage B für jedes einzelne Bohrloch, an denen Messungen vorgenommen wurden. Die höchsten während der ganzen Untersuchungsperiode beobachteten Wassertemperaturen ergab Bohrloch 6 am 30. Juni in 4,5 m. Tiefe mit 8,6° C. und Bohrloch 8 am 28. August in 38,0 m. Tiefe mit 8,1° C.; die Minima ergaben Bohrloch 4 und 9 am 18. Juni bzw. 20. Juli in 11,5 bzw. 15,0 m. Tiefe mit je 6,7° C. Bemerkenswerth ist der rasche Temperaturwechsel zwischen Boden und Grundwasser; es wurde z. B. beobachtet in Bohrloch 8 in 5,0 m. Tiefe 15,3° C. und in 6,0 m. Tiefe 8,8° C.; zwischen beiden Tiefen lag der Grundwasserspiegel. Auf Blatt I ist der Temperaturgang einiger Bohrungen diagrammatisch aufgetragen\*).

Auf dem Transport nach der Stadt würde die Temperaturerhöhung kaum 0,5° C. betragen, das Wasser im Hochsommer also mit einer Temperatur von höchstens 9° C. oder etwa 7° R. in der Stadt ankommen.

Ueberblickt man nochmals die Tabellenwerthe der chemischen Analyse und die physikalische Beschaffenheit der eventuell in Benutzung zu ziehenden Wässer, so ist

---

\*) Die graphische Darstellung wurde nicht vervielfältigt.

im Zusammenhalt mit der topographischen, geologischen und wirthschaftlichen Beschaffenheit des Bezugsortes dasselbe günstige Ergebniss, wie es für die quantitative Ausbeute gilt, auch für die Qualität festgestellt und letztere in ihrer Beständigkeit für die Zukunft gesichert.

## Bohrungen in der Stadt.

Ausser den für den besprochenen Zweck niedergebrachten Bohrungen sind innerhalb der Stadt noch solche abgeteuft worden, deren Lieferung zur Versorgung einzelner gewerblicher Anlagen dient. Es sind dies die Bohrungen der Herren Wolfschmidt, Kuntzendorff und Stritzky und diejenige im alten Mitauer Bahnhof; letztere beiden sind in ihrer Schichtenfolge auf Blatt I graphisch dargestellt\*) und die chemischen Analysen der erstgenannten drei finden sich in Beilage C auszüglich und tabellarisch zusammengestellt.

Mit Ausnahme der Bohrung im alten Mitauer Bahnhof hat keine die Dolomit-Schichten durchfahren und dem entsprechend ist auch in Folge der Gypseinlagerungen, welche diesen Schichten eigenthümlich sind, der Schwefelsäuregehalt ein hoher; es entspricht ihm ein Gypsgehalt von 35 bis 77 lmg; der letzte Werth ist etwa dreiviertel des Gesamtabdampfdruckstandes des Wassers der Bohrungen an den Seen. Die Härte schwankt zwischen 4,7 und 14,6 deutschen Härtegraden und die Abdampfdruckstände zwischen 170 und 418 lmg.

---

\*) Die graphische Darstellung wurde nicht vervielfältigt.

Diese Zahlen beweisen die oben aufgestellte Behauptung, dass die vorgängige Beurtheilung der Qualität eines derartig erbohrten Wassers vollständig unmöglich ist. Sind auch diese Wässer für ihren speciell-technischen Verbrauchszweck vollkommen geeignet, so sind sie schon einzig und allein in Folge ihres hohen Gypsgehaltes für eine städtische Wasserversorgung ganz untauglich.

Selbst wenn man die Dolomite durchfährt, und die Bohrungen, wie die des Mitauer Bahnhofs, bis in die devonischen Sande hinabführt, wird eine Verbesserung der Qualität nur dann eintreten, wenn die Entnahme im Verhältniss zu der im Untergrunde vorhandenen Wassermenge eine geringfügige ist, wenn also, entgegengesetzt der Art einer städtischen Wassergewinnung, die Beanspruchung eine kleine ist. Trifft dies nicht ein, und werden die in den Sanden liegenden Wässer in verhältnissmässig grossen Mengen entnommen, so sinken die in den Dolomiten liegenden Wässer in die Tiefe, mischen sich mit ersteren und werden mit diesen gefördert. Ein die beiden Formationen im hydrologischen Sinne trennendes Glied, welches die Verbindung beider aufheben könnte, giebt es nicht. Der nächst benachbarte Ort, an welchem der Schichtenwechsel sichtbar zu Tage tritt, sind die Seitenthäler am linken Ufer der livländischen Aa in der Umgebung von Segewold; hier zeigen sich nirgends undurchlässige Schichtenbänder, welche ein Sinken des Wassers aus dem Dolomit in den Sandstein verhindern könnten. Zahlreiche Quellen treten erst am Böschungsfuss der Thälerränder aus den devonischen

Sanden zu Tage, während im Horizont des Schichtenwechsels nichts von solchen zu bemerken ist.

Die Ergiebigkeit der Bohrung im alten Mitäuer Bahnhofe betrug am 18. September für einen Depressionsmeter 1,25 sl., sie übertraf also den Durchschnitt der ersten Bohrgruppe an den Seen um nur 0,06 sl. Die Temperatur war 8,3° C. Eine chemische Analyse war zur Zeit noch nicht ausgeführt, indess sollen die oberen Schichten ein Wasser geliefert haben, welches durch Zusatz von Alkohol schon einen Niederschlag, wahrscheinlich seines Lösungsmittels beraubten Gyps, ergab.

Aus allen diesen Beobachtungen folgt, dass der Wasserbezug aus dem tieferen Untergrunde der Stadt zum Zwecke von deren Versorgung ohne alle Aussicht auf praktischen Erfolg ist, ganz abgesehen von der Frage der Quantität und constructiven Ausführung.

---

## Gewinnungs- und Versorgungs-Methoden.

Auf Grund der Voruntersuchungen ergibt sich als geeignetste Fassungsmethode die Anwendung von Rohrbrunnen, welche in entsprechenden gegenseitigen Entfernungen die Wirkung einer zusammenhängenden Filtergallerie geben und in ihrer linearen Zusammensetzung etwa eine Fassungslänge von 1 bis 2 Werst haben werden. An den Enden sind die einzelnen Rohrbrunnen derartig zusammengestellt, dass sie die Wirkung eines Centralbrunnens ausüben, so dass die Fassungsanlage in je einem Centralbrunnen an den Enden der Fassungslänge mit verbindender Filtergallerie bestehen würde.

Ob die Pumpstation sich in der Mitte, oder überhaupt innerhalb der Fassungsanlage, oder an einem von deren Enden befinden würde, ist jetzt noch nicht zu entscheiden.

Es möge nun im Weiteren die Annahme gelten: das bestehende Wasserwerk existire noch nicht.

In der Nähe der Wasserfassung bietet für Anlage eines Hochreservoirs die Erhebung des Terrains keine Vorzüge gegen diejenige bei der Stadt. Brauchbare Bauplätze cotiren dort mit etwa 115 m., während die Kuppe der höchsten Düne nordöstlich der Stadt mit

124,9 m., ein Bauplatz dort also mit 122 bis 123 m. cotiren würde.

Die für ein Hochreservoir nöthige Substructionshöhe würde, in Anbetracht der Reibungswiderstände für Zurücklegung des Weges von der Fassung zur Stadt, in unmittelbarer Nähe der Fassung somit etwa 15 m. mehr betragen, als in der Nähe der Stadt auf den dasigen Dünen.

Legt man das Reservoir in die Fassungsnahe, so muss die Leitung zur Stadt den maximalen Stundenverbrauch befördern, während die Lage in oder bei der Stadt ein Kaliber bedingt, welches dem Transport des durchschnittlichen Verbrauches genügt, also erheblich kleiner ist. Nach den statistischen Erhebungen des letzten Betriebsjahres würden sich die beiden Durchmesser verhalten wie  $(123 : 100)^{2/5} = 109 : 100$ , oder nach üblichen Annahmen, wie  $125 : 100$ , wobei dem letzteren Verhältniss die grössere Wahrscheinlichkeit zukommt.

Aus diesen einzelnen oder zusammengefassten Gründen ist allen Ausführungsvarianten die Anlage eines Hochreservoirs in der Stadt gemeinschaftlich.

Die weiteren allgemeinen Anordnungen ergeben sich aus der Wahl des Leitungsmaterials. Stellt man die Verbindung der Fassungsanlage bzw. Pumpstation mit der Stadt in Gusseisen her, so kann die Hebung des Wassers bei der Fassungsanlage derart erfolgen, dass sofort mit einmaliger Hebung die zur Versorgung der Stadt nothwendige Druckhöhe erzeugt wird und der Wassertransport nach der Stadt unter dieser erfolgt. Zieht man dagegen vor, die Verbindung, wenn auch den

Verhältnissen entsprechend, nicht in ihrer ganzen Ausdehnung, als Canalleitung in Mauerwerk, Cement und dergleichen auszuführen, so erfolgt die Hebung bei der Fassungsanlage nur bis zu derjenigen Höhe, welche einen freien Abfluss des Wassers bis zur Stadt ermöglicht, und die Erzeugung des zur Versorgung nöthigen Drucks wird durch eine zweite Hebung in der Stadt bewirkt.

Es verhalten sich aber die Kosten einer Gussrohrleitung zu denjenigen eines gemauerten Canals ohngefähr wie 10 : 6. Etwa 8 km. Canalleitung sind die Länge, welche die orographischen Verhältnisse als Canalleitung auszunutzen gestatten. Aus Gründen, deren Entwicklung hier zu weit führen würde, gehört für einen Transport von 220 bis 240 sl. ein Gusseisenrohr von 0,65 m. Durchmesser, dessen Kosten mit rund 40 Rbl. per laufenden m. zu veranschlagen sind. Eine gemauerte und schließbare Canalleitung, welche allerdings erheblich mehr als obige Menge befördern könnte, veranschlagt sich auf rund 22 Rbl., so dass obiger Länge eine Ersparniss von 144,000 Rbl. zukommt, wenn sie in gemauertem Canal anstatt in Gusseisenrohr ausgeführt wird.

Diese Summe ist so bedeutend, dass sie eine finanzielle Abwägung der Ausführungsvarianten überflüssig macht und dies um so mehr, wenn man das Bestehen des gegenwärtigen Wasserwerks noch in Betracht zieht.

Die in der Stadt schon vorhandene Pumpstation müsste für die Variante: Hebung bei der Fassungsanlage, abgebrochen und dort neu erbaut werden.

Die constructiven Maassnahmen und Anordnungen, welche die Benutzung des vorgeschlagenen Bezugsortes

zur nicht weiter discutablen Folge haben würde, sind demnach in ihren Grundzügen folgende:

- a) Fassung des Wassers in der Nähe von Bellenhof, Bonaventura oder von da weiter südöstlich.
- b) Anlage einer Pumpstation und Hebung des Wassers bis zu derjenigen Höhe, welche einen freien Abfluss des Wassers nach der Stadt ermöglicht.
- c) Kreuzung des Jägelthales längs der Petersburger Chaussée bis zur Erreichung eines Punktes von entsprechender Höhe und von da
- d) gemauerte geradlinige Canalleitung zum bestehenden Wasserwerk und schliesslich
- e) Anlage eines in die Erde gebauten Ausgleichsbehälters daselbst.

Die Ausführungskosten stellen sich angenähert:

a) Wasserfassung (geschätzt) mit Grunderwerb . . . . .	Rbl. 90000
b) Vorläufige Anlage zweier Dampfmaschinen von je 25 Pferdekräften mit Kessel, Gebäuden, Wohnhaus; mit Grunderwerb . . . . .	„ 85000
c) 2000 m. Gussrohrleitung 0,65 m. Durchmesser, einschliesslich Nebenarbeiten à Rbl. 40 . . . . .	„ 80000
d) 8200 m. Canalleitung 0,9 × 1, 2 m. à Rbl. 22 . . . . .	„ 180400

---

Uebertrag: Rbl. 435400

Uebertrag: Rbl. 435400

e) Ein Ausgleichbassin von 1000 cbm.	
Inhalt . . . . .	„ 12000
f) Telegraphenleitungen, Verschiedenes und zur Abrundung . . . . .	„ 4600
	<hr/>
	Summa Rbl. 452000

Zu Posten e) ist zu bemerken, dass das fehlende Quantum von 500 cbm. zu den früher erwähnten 1500 cbm. Inhalt sehr leicht durch veränderten Gang der Schöpfmaschinen an der Fassungsanlage ersetzt werden, und dass im Falle der künftigen Unzulänglichkeit eine Vergrößerung des Inhalts ohne nennenswerthen finanziellen Mehraufwand erfolgen kann. In Anbetracht der verhältnissmässig geringen Druckrohrängen ist die mit Aenderung des Ganges bzw. mit Erhöhung der Lieferung verbundene Druckerhöhung eine geringfügige; der Canal ist ganz ohne Einfluss darauf.

---

## Zusammenfassung und Schlussvorschläge.

Die Ergebnisse der vorstehend dargestellten Untersuchung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1) Auf Grund der Statistik des bestehenden Wasserwerks ergibt sich ein zu beschaffendes Quantum von 220 bis 240 sl. als ausreichend für die nächste Zukunft.

2) Diese Menge ist in Form von vorzüglichem Grundwasser einzig und allein innerhalb praktisch zulässiger Entfernungen in der Gegend nordöstlich vom Stint- und Jägelsee zu beschaffen.

3) Der finanzielle Aufwand ist im Verhältniss zur Einwohnerzahl von Riga kein hoher und beträgt etwa die Hälfte desjenigen, den eine künstliche Filtration des Dünawassers bedingen würde.

4) Die Anlage ist in Anbetracht der grossen Ausdehnung des wasserführenden Terrains entwickelungsfähig und in Folge des Umstandes, dass die Leitung zur Stadt grösstentheils in einem weiträumigen Canal besteht, kann eine spätere Ausdehnung ohne grossen Mehraufwand erfolgen.

5) Behufs specieller Auswahl des Fassungsortes, Bestimmung der Grösse der Fassungsanlagen und für

sonstige Maassnahmen eines detaillirten Projectes ist die Anlage und der Betrieb eines Versuchsbrunnens nothwendig, der eventuell als zukünftiges Glied der Anlage definitiv verbleiben kann. Es möge der Vorschlag gestattet sein: bei Eintritt der günstigen Jahreszeit diese Arbeit zunächst auszuführen.

# Statistische Tabellen.

**Tabelle I.**  
**Jahresverbrauch.**

Betriebsjahr	cbm	Betriebsjahr	cbm
1864/65	680300	1873/74	2255200
1865/66	848400	1874/75	2509500
1866/67	1132100	1875/76	2659700
1867/68	1179100	1876/77	2983400
1868/69	1232400	1877/78	3265000
1869/70	1391900	1878/79	3642900
1870/71	1673700	1879/80	3830200
1871/72	1869300	1880/81	4000500
1872/73	2002000	1881/82	3690200

**Tabelle**

**Maximaler, mittlerer und minimaler Stunden-**

Jahr	Tag	Periode des Tagesmaximums			
		Datum	maximaler Stunden- consum	tägliches Stunden- mittel	minimaler Stunden- consum
Betriebsjahr 1878/79 jährliches Stunden- mittel 416 cbm	Sonntag	13. Mai 1879	123	109	86
	Montag	14. " "	134	119	93
	Dienstag	15. " "	152	130	93
	Mittwoch	16. " "	138	123	95
	Donnerstag	17. " "	147	129	99
	Freitag	18. " "	147	127	100
	Sonnabend	19. " "	163	137	100
Betriebsjahr 1880/81 jährliches Stunden- mittel 457 cbm	Sonntag	29. Juni 1880	112	99	82
	Montag	30. " "	115	105	86
	Dienstag	1. Juli "	126	109	82
	Mittwoch	2. " "	123	111	90
	Donnerstag	3. " "	126	115	96
	Freitag	4. " "	127	115	95
	Sonnabend	5. " "	142	121	96
Betriebsjahr 1881/82 jährliches Stunden- mittel 421 cbm	Sonntag	9. Mai 1882	132	98	64
	Montag	10. " "	141	116	68
	Dienstag	11. " "	151	122	66
	Mittwoch	12. " "	142	115	73
	Donnerstag	13. " "	148	129	87
	Freitag	14. " "	156	127	79
	Sonnabend	15. " "	163	130	75
I	II	III	IV	V	VI

II.

consum in Procenten des jährlichen Stundenmittels.

Periode des Tagesmittels				Periode des Tagesminimums			
Datum	maximaler Stundencons.	tägliches Stundenmittel	minimaler Stundencons.	Datum	maximaler Stundencons.	tägliches Stundenmittel	minimaler Stundencons.
18. März 1879	99	85	68	24. Decbr. 1878	95	78	62
19. " "	106	94	75	25. " "	85	71	59
20. " "	116	100	76	26. " "	83	69	60
21. " "	106	94	75	27. " "	90	78	63
22. " "	121	102	79	28. " "	109	92	78
23. " "	124	101	79	29. " "	109	97	85
24. " "	128	101	67	30. " "	120	102	80
15. März 1881	104	89	76	9. Novbr. 1880	92	74	60
16. " "	107	99	83	10. " "	98	81	60
17. " "	115	105	90	11. " "	104	87	61
18. " "	109	100	87	12. " "	98	84	61
19. " "	112	102	84	13. " "	105	86	60
20. " "	114	100	85	14. " "	105	86	63
21. " "	127	107	84	15. " "	115	94	64
4. Octbr. 1881	121	92	70	11. April 1882	103	70	49
5. " "	119	100	77	12. " "	103	84	50
6. " "	129	108	78	13. " "	112	88	53
7. " "	118	99	71	14. " "	120	88	55
8. " "	124	103	75	15. " "	123	93	53
9. " "	124	100	72	16. " "	118	91	52
10. " "	134	107	71	17. " "	138	105	55
IIIa	IVa	Va	VIa	IIIb	IVb	Vb	VIb

**Tabelle**  
**Eintrittszeiten des maximalen und**  
**und deren Grösse in Procenten**

Jahr	Tag	Periode des Tagesmaximums				
		Datum	Eintrittszeit	Grösse	Eintrittszeit	Grösse.
Betriebsjahr 1878/79	Sonntag	13. Mai 1879	8	113	I	79
	Montag	14. " "	10	112	II	78
	Dienstag	15. " "	2	117	II	72
	Mittwoch	16. " "	10	112	I	77
	Donnerstag	17. " "	4	114	II	77
	Freitag	18. " "	3	116	I	79
	Sonnabend	19. " "	4	119	II	73
Betriebsjahr 1880/81	Sonntag	29. Juni 1880	8	113	XII	83
	Montag	30. " "	5	109	I	82
	Dienstag	1. Juli "	11	116	II	75
	Mittwoch	2. " "	9	111	XII	81
	Donnerstag	3. " "	VIII	109	II	83
	Freitag	4. " "	3	110	XII	83
	Sonnabend	5. " "	VII	117	II	79
Betriebsjahr 1881/82	Sonntag	9. Mai 1882	8	135	I	65
	Montag	10. " "	9	121	I	59
	Dienstag	11. " "	3	124	II	54
	Mittwoch	12. " "	10	123	XII	63
	Donnerstag	13. " "	3	115	II	67
	Freitag	14. " "	3	123	II	62
	Sonnabend	15. " "	VII	125	II	58
I	II	III	IV	V	VI	VII

Bemerkung: Für die Eintritts-  
 Arabische Ziffern die Stunden von 6 Uhr Früh bis 5 Uhr Abends.

**III.**

**minimalen Stundenconsums  
des täglichen Stundenmittels.**

Periode des Tagesmittels					Periode des Tagesminimums								
Datum	Eintrittszeit	Grösse	Eintrittszeit	Grösse	Datum	Eintrittszeit	Grösse	Eintrittszeit	Grösse				
										des		des	
										maxim. Stundenconsums	minimalen	maxim. Stundenconsums	minimalen
18. März 1879	8	116	II	80	24. Dec. 1878	9	122	II	79				
19. " "	9	113	I	80	25. " "	9	120	XII	83				
20. " "	3	116	I	76	26. " "	9	120	II	87				
21. " "	5	112	III	80	27. " "	10	115	I	81				
22. " "	4	119	III	77	28. " "	4	119	II u. III	85				
23. " "	5	123	II	78	29. " "	3	112	II	88				
24. " "	5	127	III	66	30. " "	4	118	III	78				
15. März 1881	8	117	II	85	9. Nov. 1880	8	124	II	81				
16. " "	5	108	IV	84	10. " "	9	121	I	74				
17. " "	VI	110	I	86	11. " "	2	120	I	70				
18. " "	10	109	II u. III	87	12. " "	4	117	I	73				
19. " "	5	110	III	82	13. " "	4	122	III	70				
20. " "	5	114	II	85	14. " "	3	122	II	73				
21. " "	4	119	IV	79	15. " "	2	122	IV	68				
4. Oct. 1881	9	132	I	76	11. April 1882	7	147	II	70				
5. " "	9	119	II	77	12. " "	8	123	XII	60				
6. " "	2	119	IV	72	13. " "	7	127	XII	60				
7. " "	10	119	II	72	14. " "	9	136	XII	62				
8. " "	4	120	III	73	15. " "	1	132	XII	57				
9. " "	2	124	I u. III	72	16. " "	10	130	XII	57				
10. " "	4	125	III	66	17. " "	3	131	III	53				
IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb				

zeiten bedeuten:

Römische Ziffern die Stunden von VI Uhr Abends bis V Uhr Früh.

**Tabelle**

**Tägliche Stundenmittel**

Jahr	Tag	Periode des Tagesmaximums					
		Datum	tägliches Stunden- mittel in cbm.	fluctuirendes Quantum			Zeitdauer der Fluc- tuation in Stunden
				in cbm.	jährlichen Stundenmittels	täglichen Stundenmittels	
Betriebsjahr 1878/79 Stundenmittel 416 cbm	Sonntag	13. Mai 1879	452	550	132	121	16
	Montag	14. " "	495	686	165	139	15
	Dienstag	15. " "	540	919	221	170	15
	Mittwoch	16. " "	512	696	167	135	16
	Donnerstag	17. " "	538	776	186	144	15
	Freitag	18. " "	530	662	159	125	16
	Sonnabend	19. " "	570	897	215	157	15
Betriebsjahr 1880/81 Stundenmittel 457 cbm	Sonntag	29. Juni 1880	453	516	113	114	15
	Montag	30. " "	481	503	110	105	15
	Dienstag	1. Juli "	499	734	161	148	16
	Mittwoch	2. " "	507	565	124	112	15
	Donnerstag	3. " "	525	598	131	114	15
	Freitag	4. " "	524	541	118	103	14
	Sonnabend	5. " "	553	723	158	131	15
Betriebsjahr 1881/82 Stundenmittel 421 cbm	Sonntag	9. Mai 1882	415	844	200	204	15
	Montag	10. " "	488	1320	313	269	15
	Dienstag	11. " "	516	1449	343	281	16
	Mittwoch	12. " "	486	1260	299	260	14
	Donnerstag	13. " "	544	942	223	173	15
	Freitag	14. " "	534	1222	289	228	15
	Sonnabend	15. " "	547	1334	316	243	17
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII

**IV.**

**und fluctuirende Quanta.**

Periode des Tagesmittels						Periode des Tagesminimums					
Datum	tägliches Stundenmittel in cbm	fluctuirendes Quantum			Zeitd. d. Fluctuation in St.	Datum	tägliches Stundenmittel in cbm	fluctuirendes Quantum			Zeitd. d. Fluctuation in St.
		in cbm	jährlichen Stundenmittels	täglichen Stundenmittels				in 0/0 des	in cbm	jährlichen Stundenmittels	
18. März 1879	353	419	101	118	15	24. Dec. 1878	325	435	104	133	13
19. " "	391	533	128	136	15	25. " "	295	360	86	121	14
20. " "	416	670	161	161	14	26. " "	289	296	71	103	11
21. " "	393	558	134	142	14	27. " "	323	409	98	126	13
22. " "	426	668	161	158	14	28. " "	382	445	107	117	13
23. " "	419	663	159	157	13	29. " "	403	363	87	90	11
24. " "	422	889	214	212	15	30. " "	423	583	140	137	14
15. März 1881	408	388	85	96	12	9. Nov. 1880	338	489	107	144	12
16. " "	451	395	86	87	14	10. " "	369	693	152	188	14
17. " "	479	489	107	102	14	11. " "	396	799	175	201	15
18. " "	457	428	94	94	14	12. " "	385	687	150	179	14
19. " "	466	519	114	112	15	13. " "	394	805	176	204	14
20. " "	459	482	105	105	14	14. " "	393	732	160	186	14
21. " "	490	643	141	132	15	15. " "	430	922	202	215	15
4. Oct. 1881	387	745	177	193	11	11. April 1882	297	692	164	234	11
5. " "	423	646	153	153	13	12. " "	354	875	207	246	15
6. " "	455	831	197	182	13	13. " "	373	1019	241	274	15
7. " "	417	851	202	204	13	14. " "	372	921	219	249	15
8. " "	435	872	207	201	14	15. " "	394	1061	251	270	15
9. " "	422	882	209	209	13	16. " "	385	1108	263	289	14
10. " "	452	997	236	220	15	17. " "	443	1208	286	272	16
III a	IV a	V a	VI a	VII a	VIII a	III b	IV b	V b	VI b	VII b	VIII b

## Schichtenfolgen und Verhalten der Bohrungen.

**Bohrloch 1:** an der Südwestecke des grossen weissen Sees,  
11,5 m vom Ufer entfernt.

Nummer der Schicht	Cote m	Schichten- stärke. m	Tiefe unter Terrain m	Bezeichnung
1	101,30	1,60	0,00	Moorboden.
2	99,70	2,40	1,60	sehr feiner grauer Sand.
3	97,30	2,60	4,00	feiner gelber Sand.
4	94,70	1,50	6,60	bräunliche lettige Sande und Letten.
5	93,20	1,30	8,10	grauer feiner Sand. Von 8,75—8,80 m
6	91,90	1,10	9,40	unter Terrain braunes Lettenstreifchen.
7	90,80	1,00	10,50	brauner Letten.
8	89,80	1,40	11,50	grauer feiner Sand.
9	88,40 folgt	3,90	12,90	brauner Letten. Von 12,60—12,75 m unter Terrain Torfeinlagerung.
	84,50		16,80	feiner grauer Sand.

Verhalten des Wasserspiegels während des Bohrens:

Constant in Terrainhöhe in allen wasserführenden Schichten.

Ergiebigkeit der Bohrung:

Wurde nicht untersucht.

Physikalische Beschaffenheit des Wassers:

In 15,5 m Tiefe aus Schicht 9 mittelst Nortonrohres entnommenes Wasser ist schwach eisenhaltig und von fauligem Geruch und Geschmack.

Temperatur 7,0° C. (2. Juni).

**Bohrloch 2:** an der Südostecke des grossen weissen Sees, 34,0 m. vom Ufer entfernt.

Nummer der Schicht	Cote m	Schichtenstärke m	Tiefe unter Terrain m	Bezeichnung
1	101,90	0,50	0,00	Muttererde und grober gelber Sand.
2	101,40	0,20	0,50	grob-er grauer Sand.
3	101,20	10,80	0,70	grob-er gelber Sand mit etwas Gerölle, in 2,0 m. tot. Tiefe etwas Letten.
4	90,40 folgt	3,80	11,50	mittelfeiner röthlicher Sand.
	86,60		15,30	

Verhalten des Wasserspiegels während des Bohrens:  
Constant 0,5 m unter Terrain.

Ergiebigkeit der Bohrung:

Filterkorb (180 mm. Durchmesser) von 12,5—14,8 m. unter Wasserspiegel in Schicht 4 freistehend liefert  
bei 4,9 m. Depression 2,9 Secundenliter.  
" 3,0 " " 1,8 "  
" 1,3 " " 0,8 "

Physikalische Beschaffenheit des Wassers:

Das Wasser ist völlig klar, geschmack- und geruchlos.  
Temperatur 7,2° C. (4. Juni).

**Bohrloch 3:** auf der Landzunge zwischen den beiden weissen Seen, 12,0 m. vom Ufer des grossen entfernt.

Nummer der Schicht	Cote m	Schichten- stärke. m	Tiefe unter Terrain m	Bezeichnung
1	102,10	4,00	0,00	Muttererde und grober graugelber Sand in 2,8 m. totaler Tiefe Gerölle.
2	98,10	3,30	4,00	hellgrauer mittelgrober Sand.
3	94,80	2,70	7,30	grauer feiner Sand.
4	92,10 folgt	5,30	10,00	grauer mittelgrober Sand.
	86,80		15,30	

Verhalten des Wasserspiegels während des Bohrens:

Constant 1,0 m. unter Terrain.

Ergiebigkeit der Bohrung:

Filterkorb von 11,9—14,3 m. unter Wasserspiegel in Schicht  
4 freistehend liefert

bei 2,7 m. Depression 4,4 Secundenliter.

„ 1,3 „ „ 2,1 „

Physikalische Beschaffenheit des Wassers:

Das völlig klare und reine Wasser zeigt einen kaum merkbaren  
Eisen-Geruch und Geschmack.

Temperatur 7,5° C. (10. Juni).

**Bohrloch 4:** an der Südwestspitze des Sallesees, 10,0 m. vom Ufer entfernt.

Nummer der Schicht	Cote m	Schichtenstärke m	Tiefe unter Terrain m	Bezeichnung
1	105,80	1,50	0,00	Muttererde, gelbbrauner lettiger Sand, bei 0,5 m. Tiefe, torfig.
2	104,30	2,50	1,50	graugrüner, sehr feiner lettiger Sand.
3	101,80	1,00	4,00	röthlicher, feiner Sand.
4	100,80	3,80	5,00	mittelgrober, gelblicher Sand; von 7,5 m. Tiefe ab kleine Gerölle.
5	97,00	0,70	8,80	grober, gelblicher Sand mit kleinen Geröllen.
6	96,30 folgt	3,40	9,50	mittelgrober, gelblicher Sand mit kleinen Geröllen.
	92,90		12,90	

Verhalten des Wasserspiegels während des Bohrens:

Constant 1,3 m. unter Terrain.

Ergiebigkeit der Bohrung:

Filterkorb von 9,2—11,1 m. unter Wasserspiegel freistehend in Schicht 6 liefert

bei 4,1 m. Depression 2,7 Sekundenliter.

„ 2,0 „ „ 1,3 „

Physikalische Beschaffenheit des Wassers:

Klar, geruch- und geschmacklos.

Temperatur 6,7<sup>o</sup> C. (18. Juni).

**Bohrloch 5:** an der Nordostspitze des Sekschesees,  
27,0 m. vom Ufer entfernt.

Nummer der Schicht	Cote m	Schichten- stärke m	Tiefe unter Terrain m	Bezeichnung
1	105,60	0,45	0,00	gelbbrauner feiner Sand.
2	105,15	1,95	0,45	grober gelber Sand.
3	103,20	15,00	2,40	graugelblicher mittelgrober Sand mit kleinen Geröllen.
4	88,20 folgt	0,30	17,40	feiner röthlicher Sand.
	87,90		17,70	

Verhalten des Wasserspiegels während des Bohrens:

Constant 0,9 m. unter Terrain.

Ergiebigkeit der Bohrung:

Filterkorb von 14,3—16,8 m. unter Wasserspiegel in Schicht 3  
freistehend liefert

bei 3,6 m. Depression 2,0 Secundenliter,

„ 2,5 „ „ 1,5 „

„ 1,8 „ „ 1,1 „

Physikalische Beschaffenheit des Wassers:

Klar, geruch- und geschmacklos.

Temperatur 8,00 C. (23. Juni).

**Bohrloch 6:** an der Südwestspitze des Langstingsees,  
15,0 m. vom Ufer entfernt.

Nummer der Schicht	Cote	Schichten- Stärke	Tiefe unter Terrain.	Bezeichnung
	m	m	m	
1	106,20	8,00	0,00	gelbgrauer mittelfeiner Sand.
2	98,20	1,00	8,00	gelbgrauer feiner Sand.
3	97,20 folgt		9,00	dunkelgraulettiger Sand.

Verhalten des Wasserspiegels während des Bohrens:  
Constant 0,9 m. unter Terrain.

Ergiebigkeit der Bohrung:  
Wurde nicht bestimmt.

Physikalische Beschaffenheit des Wassers:  
In 5,0 m. Tiefe aus Schicht 1 mittelst Nortonrohres ent-  
nommenes Wasser braun opalisirend und nach Geruch und  
Geschmack stark humineisenhaltig.  
Temperatur 8,6° C. (30. Juni).

**Bohrloch 6a:** ca. 100 m. südlich der Petersburger Chaussée  
bei Werst 14,2.

Nummer der Schicht	Cote m	Schichten- stärke m	Tiefe unter Terrain m	Bezeichnung
1	111,15	7,00	0,00	feiner gelber Sand.
2	104,15	2,10	7,00	grober gelbgrauer Sand.
3	102,05	1,90	9,10	grober grauer Sand,
4	100,15 folgt	5,00	11,00	grober grauer Sand, reich, v. 13,0 m. Tiefe ab ärmer an Geröllen.
	95,15		16,00	

Verhalten des Wasserspiegels während des Bohrens:  
Constant 7,4 m. unter Terrain.

Ergiebigkeit der Bohrung:  
Wurde nicht bestimmt.

Physikalische Beschaffenheit des Wassers:  
Aus 14,0 m. Tiefe aus Schicht 4 mittelst Nortons entnommenes  
Wasser ist klar, geruch- und geschmacklos.  
Temperatur nicht bestimmt.

**Bohrloch 7:** südlich der Petersburger Chaussée  
bei Werst 12,0.

Nummer der Schicht	Cote m	Schichten- stärke m	Tiefe unter Terrain m	Bezeichnung
1	104,10	3,35	0,00	sehr feiner gelber Sand, nach unten dunkler.
2	100,75	0,65	3,35	
3	100,10 folgt	13,25	4,00	grober gelber Sand mit kleinen Geröllen.
	86,85		17,25	

Verhalten des Wasserspiegels während des Bohrens:

Constant 1,9 m. unter Terrain.

Ergiebigkeit der Bohrung:

Filterkorb von 12,8—15,3 m. unter Wasserspiegel in Schicht  
3 freistehend liefert

bei 3,1 m. Depression 3,0 Secundenliter.

„ 2,8 „ „ 2,7 „

„ 2,3 „ „ 2,1 „

Physikalische Beschaffenheit des Wassers:

Klar, geruch- und geschmacklos.

Temperatur 7,0° C. (5. Juli).

**Bohrloch 7a: 31 m. nordöstlich Bohrloch 7.**

Nummer der Schicht	Cote m	Schichten- stärke m	Tiefe unter Terrain m	Bezeichnung
1	107,25	3,10	0,00	gelber sehr feiner Sand.
2	104,15	1,40	3,10	dunkelgelber feiner Sand.
3	102,75	1,20	4,50	mittelfeiner gelber Sand.
4	101,55	0,50	5,70	mittelgrober gelber Sand.
5	101,05	3,30	6,20	grober gelbgrauer Sand.
6	97,75 folgt	3,00	9,50	grober gelbgrauer Sand mit Ge- röllen.
	94,75		12,50	

Verhalten des Wasserspiegels während des Bohrens:  
Constant 5,0 m. unter Terrain.

**Bohrloch 7b:** 220 m. südwestlich Bohrloch 7.

Nummer der Schicht	Cote m	Schichten- stärke m	Tiefe unter Terrain m	Bezeichnung
1	102,35	4,00	0,00	Moorboden.
2	98,35	0,25	4,00	hellgrauer feiner Sand.
3	98,10	0,15	4,25	blaugrauer sandiger Letten.
4	97,95	2,30	4,40	mittelfeiner hellgrauer Sand.
5	95,65	3,80	6,70	mittelfeiner gelbgrauer Sand.
6	91,85 folgt	1,50	10,50	grober gelbgrauer Sand mit Ge- röllen.
	90,35		12,00	

**Verhalten des Wasserspiegels während des Bohrens:**

Nachdem sich in Schicht 2 geringer Wasserzudrang gefunden, steigt der Wasserspiegel mit Durchbohrung von Schicht 3 plötzlich auf 0,3 m. unter Terrain und verharret dort.

**Bohrloch 8:** nördlich der Petersburger Chaussée  
bei Werst 13,4.

Nummer der Schicht	Cote  m	Schichten- stärke  m	Tiefe unter Terrain  m	Bezeichnung
1	107,95	0,90	0,00	feiner gelber Sand.
2	107,05	0,35	0,90	feiner röthlicher Sand.
3	106,70	9,60	1,25	mittelgrober gelber Sand mit kleinen Geröllen.
4	97,10	1,65	10,85	mittelfeiner gelblicher Sand.
5	95,45	5,00	12,50	mittelfeiner röthlicher Sand, nach unten lettig.
6	90,45	0,80	17,50	brauner Letten.
7	89,65	1,70	18,30	sehr feiner braunlettiger Sand.
8	87,95	3,40	20,00	brauner Letten.
9	84,55	3,60	23,40	sehr feiner braunlettiger Sand.
10	80,95	0,40	27,00	grauer und brauner Letten.
11	80,55	0,70	27,40	sehr feiner braunlettiger Sand.
12	79,85	3,40	28,10	grauer Letten, bei 30,20 m totaler Tiefe rothbraune Schicht.
13	76,45	4,50	31,50	feiner röthlicher lettiger Sand.
14	71,95	2,40	36,00	gelbgrauer mittelfeiner Sand.
15	69,55	2,50	38,40	brauner, zum Theil sandiger Letten.
16	67,05	1,60	40,90	röthlicher graugesprenkelter fetter Geschiebelehm.
17	65,45 folgt	1,00	42,50	Grand in feinem Sande mit Knollen festen, braunen, sandigen Geschiebelehms.
	64,45		43,50	

Verhalten des Wasserspiegels während des Bohrens:

In den oberen wasserführenden Schichten constant 5,0 m. unter Terrain, stieg bei Erbohrung von Schicht 14 auf 4,9 m. unter Terrain.

Ergiebigkeit der Bohrung:

Filterkorb von 5,5—7,5 m. unter Wasserspiegel in Schicht 4 freistehend liefert

bei 0,9 m. Depression 1,6 Secundenliter,

„ 0,4 „ „ 0,7 „

Die Ergiebigkeit von Schicht 14 wurde nicht festgestellt.

Physikalische Beschaffenheit des Wassers:

Das Wasser aus Schicht 4 ist klar, geruch- und geschmacklos. Temperatur 7,1° C. (29. Juli).

Aus 38,0 m. Tiefe aus Schicht 14 mittelst Nortons entnommenes Wasser ist ebenfalls klar, geruch- und geschmacklos. Temperatur 8,1° C. (28. August).

Boden- und Förderwasser-Temperaturen, gemessen in den Monaten Juli und August.

Tiefe unter Terrain	Bohrloch	Förderwasser
5,0	15,3° C.	—
Grundwasserspiegel	—	—
6,0	8,8 „	—
10,0	—	7,4° C.
12,0	7,0 „	7,1 „
14,0	6,8 „	—
16,0	6,8 „	7,2 „
17,0	6,8 „	—
30,5	7,5 „	—
38,0	—	8,1 „

**Bohrloch 9:** am Langstingbach, nördlich der Strasse  
Baloschkrug-Maxeneck.

Nummer der Schicht	Cote m	Schichten- stärke m	Tiefe unter Terrain m	Bezeichnung
1	103,30	1,85	0,00	Humus, grauer mittelfeiner Sand.
2	101,45	0,45	1,85	blauer Letten.
3	101,00	5,95	2,30	grauer mittelfeiner Sand.
4	95,05 folgt	8,10	8,25	grauer mittelgrober Sand mit Ge- röllen.
	86,95		16,35	

Verhalten des Wasserspiegels während des Bohrens:

Nachdem sich in Schicht 1 geringer Wasserzudrang gefunden, steigt der Wasserspiegel nach Durchbohrung von Schicht 2 plötzlich auf 0,8 m. unter Terrain und verharret dort.

Ergiebigkeit der Bohrung:

Filterkorb von 12,9—15,4 m. unter Wasserspiegel freistehend in Schicht 4 liefert

bei 1,8 m. Depression 3,2 Secundenliter,

„ 1,5 „ „ 2,6 „

„ 1,2 „ „ 2,0 „

In einem 3,6 m. seitwärts gelegenen und 3,6 m. unter Wasserspiegel abgeteufte Bohrloche betrug die Depression beziehungsweise 0,10 — 0,10 — 0,09 m. von seinem natürlichen Wasserspiegel ab, welcher mit dem unbeeinflussten Spiegel in Bohrloch 9 in gleicher Höhe lag.

Physikalische Beschaffenheit des Wassers:

Das Wasser opalisirt braun und ist nach Geruch und Geschmack stark humineisenhaltig.

Temperatur 6,7<sup>o</sup> C. (20. Juli).

**Bohrloch 10:** an der Bucht des Jägels, vor seiner Mündung  
in den Jägelsee.

Nummer der Schicht	Cote m	Schichten- stärke m	Tiefe unter Terrain m	Bezeichnung
1	101,35	2,40	0,00	gelblicher mittelgrober Sand.
2	98,95	9,60	2,40	gelber grober Sand.
3	89,35	0,60	12,00	brauner mittelgrober schwach let- tiger Sand.
4	88,75	0,65	12,60	braungrauer Letten.
5	88,10	3,25	13,25	brauner mittelgrober schwach let- tiger Sand.
6	84,85 folgt	1,00	16,50	braungrauer Letten.
	83,85		17,50	

Verhalten des Wasserspiegels während des Bohrens:  
Constant 1,3 m. unter Terrain.

Ergiebigkeit der Bohrung:

Filterkorb 7,2—9,7 m. unter Wasserspiegel in Schicht 2 frei-  
stehend liefert

bei 2,0 m. Depression 2,9 Sekundenliter,

„ 1,1 „ „ 1,8 „

„ 0,6 „ „ 1,2 „

Physikalische Beschaffenheit des Wassers:

Klar, geschmack- und geruchlos.

Temperatur 7,2° C. (23. Juli).

Boden- und Förderwasser-Temperaturen, gemessen Mitte Juli.

Tiefe unter Terrain. Gefördertes Material. Förderwasser.

1,0 m.	16,50 C.	—
Grundwasserspiegel	—	—
1,5 m.	14,0 „	9,80 C. (Quelle)
2,2 „	13,0 „	—
3,5 „	11,5 „	—
4,7 „	10,0 „	—
6,0 „	9,1 „	—
8,0 „	9,1 „	7,2 „
12,5 „	8,2 „	—

**Bohrloch 11:** an der Wurzel der Landzunge am mittleren östlichen Ufer des Jägelsees.

Nummer der Schicht	Cote m	Schichten- stärke m	Tiefe unter Terrain m	Bezeichnung
1	103,65	3,65	0,00	gelber feiner Sand.
2	100,00	0,35	3,65	gelbrother mittelfeiner Sand.
3	99,65	8,00	4,00	gelblicher mittelgrober Sand.
4	91,65 folgt	5,20	12,00	gelblicher feiner lettiger Sand, durch braungraue Lettenschichtchen begonnen u. bei 14,7 m. durchsetzt.
	86,45		17,20	

Verhalten des Wasserspiegels während des Bohrens:

Constant 3,5 m. unter Terrain.

Ergiebigkeit der Bohrung:

Filterkorb von 5,2—7,7 m. unter Wasserspiegel in Schicht 3 freistehend liefert

bei 1,1 m. Depression 1,5 Secundenliter,

„ 0,7 „ „ 1,1 „

„ 0,4 „ „ 0,8 „

Physikalische Beschaffenheit des Wassers:

Das Wasser opalisirt bräunlich und ist dementsprechend schwach eisenhaltig.

Temperatur 7,4<sup>o</sup> C. (28. Juli).

**Bohrloch 12:** am Ausflusse des grossen weissen Sees.

Nummer der Schicht	Cote m	Schichten- stärke m	Tiefe unter Terrain m	Bezeichnung
1	103,25	2,00	0,00	Dammerde.
2	101,25	6,20	2,00	gelber mittelfeiner Sand.
3	95,05 folgt	7,30	8,20	graugelber mittelfeiner Sand, bis 10,0 m. unter Terrain mit Holz.
	87,75		15,50	

Verhalten des Wasserspiegels während des Bohrens:

Constant 2,3 m. unter Terrain.

Ergiebigkeit der Bohrung:

Wurde nicht untersucht.

Physikalische Beschaffenheit des Wassers:

Aus 15,0 m. Tiefe aus Schicht 3 mittelst Nortonrohres entnommenes Wasser ist nach Geruch und Geschmack schwach eisenhaltig.

Temperatur 8,0° C. (3. September).

Boden-, Förder- und Seewasser-Temperaturen, gemessen Anfang Septbr.

Tiefe unter Terrain.	Gefördertes Material.	Förder- wasser.	Seewasser.	Tiefe unter Seespiegel.
1,5 m.	13,6° C.	—	—	—
Grundwasserspiegel	—	—	17,0° C.	0,0 m.
2,5 m.	12,3 "	—	—	—
6,0 "	10,3 "	—	—	—
6,3 "	—	—	16,9 "	4,0 "
9,0 "	9,3 "	—	—	—
12,0 "	9,0 "	—	—	—
15,0 "	8,8 "	8,0° C.	—	—

**Bohrloch 13:** am südöstlichen Rande des Ingeseesumpfes.

Nummer der Schicht	Cote m	Schichten- stärke m	Tiefe unter Terrain m	Bezeichnung
1	105,25	0,90	0,00	weisser feiner Sand.
2	104,35 folgt	15,10	0,90	mittelgrober Sand, oben dunkel- braungelb, nach unten reiner und heller.
	89,25		16,00	

Verhalten des Wasserspiegels während des Bohrens:

Constant 1,5 m. unter Terrain.

Ergiebigkeit der Bohrung:

Wurde nicht untersucht.

Physikalische Beschaffenheit des Wassers:

Aus 13,0 m. mittelst Nortonrohres aus Schicht 2 entnommenes  
Wasser ist eisenhaltig.

Temperatur 8,0° C. (6. September).

**Bohrloch 14:** südlich der Petersburger Chaussée  
bei Werst 7,6.

Nummer der Schicht	Cote	Schichten- stärke	Tiefe unter Terrain	Bezeichnung
	m	m	m	
1	103,70	16,00	0,00	gelber mittelfeiner Sand, bei 11,3 m. unter Terrain Gerölle.
2	87,70 folgt		2,00	
	85,70		18,00	gelbgrauer mittelfeiner Sand mit Geröllen (darunter ein Traubendolomit).

Verhalten des Wasserspiegels während des Bohrens:

Constant 1,7 m. unter Terrain.

Ergiebigkeit der Bohrung:

Der Filterkorb stand von 13,3 — 15,8 m. unter Grundwasserspiegel in Schicht 2 frei. Während der Entnahme aus demselben wurden zugleich die Wasserspiegel in drei Bohrungen a<sub>5</sub> — b<sub>10</sub> — c<sub>15</sub> beobachtet, welche in gerader Linie von Bohrloch 14 stromabwärts in bezw. 5—10 und 15 m. Entfernung von demselben bis 2,0 m. unter Grundwasserspiegel abgeteuft worden waren; es ergaben sich folgende Resultate:

Depressionen bei verschiedenen Entnahmegrößen:

Entnahme	Bohrloch 14	Bohrloch a <sub>5</sub>	b <sub>10</sub>	c <sub>15</sub>
2,1 Secundenliter	2,7 m.	0,035 m.	0,025 m.	0,025 m.
1,1 „	1,9 „	0,040 „	0,030 „	0,030 „

Wasserspiegelnoten in den verschiedenen Zuständen:

Entnahme	Bohrloch 14	Bohrloch a <sub>5</sub>	b <sub>10</sub>	c <sub>15</sub>
2,1 Secundenliter	99,3 m.	101,925 m.	101,925 m.	101,915 m.
1,1 „	100,1 „	101,920 „	101,920 „	101,910 „
natürlich. Zustand	101,970 „	101,960 „	101,950 „	101,940 „

Zur Wiederherstellung des natürlichen Zustandes nach Einstellung des zweiten Versuches bedurfte es einer Zeit von 90 Minuten. Bei beiden Versuchen war der Beharrungszustand erreicht und der anscheinende Widerspruch der Resultate beruht nur auf unvermeidlichen Messungsfehlern.

Physikalische Beschaffenheit des Wassers:

Klar, geschmack- und geruchlos.

Temperatur 7,4° C. (10. September).

**Bohrloch 15:** nordwestlich der Bickernschen Kirche.

Nummer der Schicht	Cote  m	Schichten- stärke  m	Tiefe unter Terrain  m	Bezeichnung
1	105,50	2,50	0,00	Moorboden.
2	103,00	12,20	2,50	schmutziggrauer grober Sand.
3	90,80	0,20	14,70	brauner Letten, unten steinig, aber fluviatil.
4	90,60 folgt	2,50	14,90	gelbgrauer mittelfeiner schwach- lettiger Sand.
	88,10		17,40	} Schichtchen braungrauen Lettens und dann wieder schmutzigbrau- ner lettiger Sand.

Verhalten des Wasserspiegels während des Bohrens:

Constant 0,9 m. unter Terrain.

Ergiebigkeit der Bohrung:

Wurde nicht untersucht.

Physikalische Beschaffenheit des Wassers:

Aus 9,5 m. Tiefe mittelst Nortonrohres aus Schicht 2 entnom-  
menes Wasser enthält nach Geruch und Geschmack bei intensiv  
gelber Farbe Eisen.

Temperatur 7,6°C. (22. September).

**Bohrloch 16:** nördlich der Lubahnschen Strasse zwischen Purrekrug und Scheimann.

Nummer der Schicht	Cote  m	Schichten- stärke  m	Tiefe unter Terrain  m	Bezeichnung
1	106,65	0,30	0,00	Wiesenerde.
2	106,35	3,85	0,30	schmutziggrauer grober Sand.
3	102,50	0,05	4,15	Kalkstein.
4	102,45	5,40	4,20	schmutziggrauer grober Sand mit Geröllen.
5	97,05	4,40	9,60	gelbgrauer feiner schwachlettiger Sand m. einem Lettenschichtchen beginnend.
6	92,65	0,20	14,00	gelbgrauer grober Sand, stark geröllführend.
7	92,45 folgt	1,00	14,20	braunlettiger feiner Sand mit Geröllen.
	91,45		15,20	Geschiebe, meist Kalke in braunlettigem Sande, aufgearbeitet.

Verhalten des Wasserspiegels während des Bohrens:

Constant 0,5 m. unter Terrain.

Ergiebigkeit des Bohrlochs:

Wurde nicht untersucht.

Physikalische Beschaffenheit des Wassers:

Aus 9,0 m. Tiefe mittelst Nortonrohres aus Schicht 4 entnommenes Wasser enthält Eisen.

Temperatur 8,1° C. (21. September).

**Bohrloch 17:** nördlich der Petersburger Chaussée bei Werst 4,4.

Nummer der Schicht	Cote  m	Schichten- stärke  m	Tiefe unter Terrain  m	Bezeichnung
1	106,50	1,85	0,00	mittelgrober lettiger Sand, oben dunkelgelb, nach unten heller.
2	104,65	6,15	1,85	
3	98,50	2,00	8,00	gelbgrauer grober Sand mit wenig Geröllen.
4	96,50	0,70	10,00	grauer mittelgrober Sand.
5	95,80	5,40	10,70	grauer grober Sand mit Geröllen und Knoten braunen, fluviatilen Lettens.
6	90,40	1,60	16,10	gelbgrauer feiner lettiger Sand.
	folgt			brauner fluviatiler Letten.
	88,80		17,70	

Verhalten des Wasserspiegels während des Bohrens:

Constant 1,5 m. unter Terrain.

Ergiebigkeit der Bohrung:

Filterkorb von 10,0—12,5 m. unter Wasserspiegel in Schicht 5  
freistehend liefert

bei 6,2 m. Depression 0,8 Secundenliter

„ 3,6 „ „ 0,5 „ „

Physikalische Beschaffenheit des Wassers:

Stark eisenhaltig.

Temperatur 7,6° C. (24. September).

**Bohrloch 18:** nördlich des Weges von Bohrloch 15 nach Bohrloch 17, etwa in der Mitte zwischen beiden.

Nummer der Schicht	Cote m	Schichtenstärke m	Tiefe unter Terrain m	Bezeichnung
1	108,55	2,50	0,00	gelber feiner Sand.
2	106,05	8,40	2,50	
3	97,65	7,10	10,90	gelbgrauer mittelfeiner Sand. { Geschiebe in braunleutigem Grande und zuletzt einige braune fluviatile Lettenstücke.
4	90,55 folgt	0,50	18,00	
	90,05		18,50	

Verhalten des Wasserspiegels während des Bohrens:  
Constant 1,7 m. unter Terrain.

Ergiebigkeit der Bohrung:

Der Filterkorb wurde in Bohrloch 18 in 12,1—14,6 m. Tiefe unter Grundwasserspiegel freistehend in Schicht 3 eingesetzt und ferner noch drei Bohrungen, a 0,5 in 0,5 m. Entfernung bis 5,5 m. unter Grundwasserspiegel, b 10 und c 20 in je 10 und 20 m. Entfernung von Bohrloch 18 bis 2,0 m. unter Grundwasserspiegel niedergebracht. Die vier Bohrungen lagen in einer Geraden senkrecht zur Strömungsrichtung des Grundwassers. Die gleichzeitige Beobachtung ergab folgende Resultate:

Depressionen bei verschiedenen Entnahmegrößen:

Entnahme	Bohrloch 18	a 0,5	b 10	c 20
1,9 Sekundenliter	4,7 m.	0,13 m.	0,015 m.	0,005 m.
1,2 „	2,6 „	0,04 „	0,000 „	0,000 „

Wasserspiegelcoten in den verschiedenen Zuständen:

Entnahme	Bohrloch 18	a 0,5	b 10	c 20
1,9 Sekundenliter	101,1 m.	105,68 m.	105,815 m.	105,825 m.
1,2	103,2 „	105,79 „	105,830 „	105,830 „
natürlicher Zustand	105,830 „	105,830 „	105,830 „	105,830 „

Physikalische Beschaffenheit des Wassers:

Stark eisenhaltig.

Temperatur 6,9<sup>0</sup> C. (29. September).

## Chemische Analysen.

Chemische Versuchs-  
und Samen-Control-Station  
am Polytechnikum  
zu Riga.  
Nr. 287.

R i g a, den 3. Juli 1882.

An

das ständische Gas- und Wasser-Werk zu R i g a.

Die chemische Untersuchung der beiden Wasserproben gez.: „Bohrloch II am grossen weissen See“ und „Bohrloch IV am Sallessee,“ welche Sie am 28. Juni c. der Versuchsstation übersandten, hat zu nachfolgenden Resultaten geführt:

Es enthalten 1000 Gew. Thle. Wasser

	Bohrloch II a. gr. w. See	Bohrloch IV a. Sallessee	
Abdampfrückstand	0,0878	0,0843	Gew. Thle.
darin sind enthalten			
Glührückstand	0,0645	0,0645	„ „
Glühverlust	0,0233	0,0198	„ „
	<hr/> 0,0878	<hr/> 0,0843	Gew. Thle.

Wenn man den Glührückstand mit kohlensaurem Ammoniak behandelt, um die kohlensauren Salze wieder herzustellen, so erhält man als

	Bohrloch II	Bohrloch IV
	a. gr. w. See	a. Sallessee
Festen Rückstand	0,0748	0,0733 Gew. Thle.
Somit verbleiben für Organische Substanz und Hydratwasser (Glühverlust)	0,0130	0,0110 Gew. Thle.
	<hr/>	<hr/>
	0,0878	0,0843 Gew. Thle.

1000 Gew. Thle. Wasser enthalten:

	Bohrloch II	Bohrloch IV
	a. gr. w. See	a. Sallessee
Schwefelsäure	0,0032	0,0023 Gew. Thle.
Chlor	0,0376	0,0351 " "

Die durch Seifenlösung bestimmte Härte, sowohl für die Gesamthärte, als auch für die bleibende Härte, ausgedrückt in deutschen Härtegraden, belief sich auf:

	Bohrloch II	Bohrloch IV
	a. gr. w. See	a. Sallessee
Deutsche Härtegrade	1,85	1,78

NB. 1) In keiner der beiden Wasserproben war selbst nach längerem Stehen ein Sediment bemerkbar.

2) Salpetrige Säure war weder in den am 5. Juni eingesandten, noch in den vorliegenden Wasserproben nachweisbar.

Resumé.

	Bohrloch II a. gr. w. See	Bohrloch IV a. Sallessee
Verdampfungsrückstand .	0,0878	0,0843
Chlor. . . . .	0,0376	0,0351
Salpetersäure . . . . .	0,0000	0,0000
Salpetrige Säure . . . . .	0,0000	0,0000
Ammoniak . . . . .	0,0000	0,0000
Schwefelsäure . . . . .	0,0032	0,0023
Organische Substanz . .	0,0240	0,0320
Deutsche Härtegrade . .	1,8500	1,7800

In Vertretung von Prof. G. Thom s

gez. Max Eduard von Keussler,  
d. Z. erster Assistent der Versuchsstation.

---

Ergebnisse der chemischen Untersuchung,

a) Wasser des

Entnahme-Ort:	Kleiner weisser See	Grosser weisser See	Salles-See	Langsting-See	Bohrloch II
geschöpft am	28. Mai 1882	28. Mai 1882	27. Mai 1882	27. Mai 1882	3. Juni 1882
Abdampfrückstand.....	(106,5) 92,3	(113,0) 113,7	(53,0) 60,3	(23,9) 26,0	87,8
Glührückstand.....	(74,0) 60,3	(79,5) 75,8	(21,0) 33,3	(9,9) 8,3	64,5
Fester Rückstand.....	73,3	87,3	37,3	10,8	74,8
Glühverlust <sup>(Hydratwasser, org. Substanz)</sup>	19,0	26,4	23,0	15,2	13,0
Chlor.....	13,5	29,8	13,5	11,4	37,6
Schwefelsäure.....	1,7	8,2	3,4	Spur	3,2
Salpetersäure.....	0	0	0	0	0
Salpetrige Säure.....	0	0	0	0	0
Ammoniak.....	0	0	0	0	0
Zur Oxydation verbrauchter Sauerstoff.	(1,59) 1,30	(2,36) 1,10	(2,14) 2,90	(3,99) 4,70	1,20
Gesammthärte.....	(3,72) 3,23	(2,36) 3,57	(0,72) 1,00	(0,22) 0,35	1,85
Bleibende Härte.....					

NB. Die eingeklammerten Zahlen sind von Herrn Seidler, Chemiker der

ausgeführt von Herrn Professor Thoms.

Versuchsfeldes.

Bohrloch IV	Bohrloch VII	Bohrloch X	Bohrloch XI	Bohrloch XIV	Bohrloch XV	Bohrloch XVI	Bohrloch XVII	
18. Juni 1882	5. Juli 1882	24. Juli 1882	29. Juli 1882	10. Sept. 1882	22. Sept. 1882	21. Sept. 1882	25. Sept. 1882	
84,3	78,3	115,5	684,0	107,5	--	—	—	Litermilligramm
64,5	54,8	85,0	482,5	84,0	--	—	—	
73,3	67,8	107,3	573,8	94,5	—	—	—	
11,0	10,5	8,2	110,2	13,0	—	—	—	
35,1	2,7	7,5	17,4	4,3	—	—	—	
2,3	Spuren	Spur	23,8	Spur	—	—	—	
0	0	0	0	sehr geringe Spur	—	—	—	
0	0	0	0	0	—	—	—	
0	0	0	0	0	—	—	—	
1,60	1,60	0,78	4,10	0,46	—	—	—	
1,78	2,50	3,40	13,61	3,10	3,3	3,7	10,0	Deutsche Härtegrade
	2,00	2,30	5,00	2,50	2,8	3,1	8,6	

Mineralwasseranstalt, bestimmt.

b) W ä s s e r a u s d e r S t a d t.

Entnahme-Ort:	Brennerei von Wolfschmidt	Brauerei von Kuntzendorf	Brauerei von Stritzky	
Abdampfrückstand..	418,0	170,5	337,0	Litermilligramm
Glührückstand .....	316,0	120,5	221,0	
Kalk .....	126,5	33,5	73,0	
Magnesia.....	14,4	10,1	41,0	
Chlor .....	49,7	14,2	35,5	
Schwefelsäure.....	45,6	21,6	34,7	
Salpetersäure .....	0	0	1,1	
Ammoniak.....	0	0	0	
Zur Oxydation ver- brauchter Sauerstoff	0,6	0,1	1,1	
Härte.....	14,6	4,7	13,0	Deutsche Grade

