

Zur Frage
der
Wasserversorgung Rigas

nebst
einem neuen Vorschlag zur Lösung
derselben.

Unter Anlehnung an den am 23. Februar c. im Tech-
nischen Verein gehaltenen Vortrag.

Von
Prof. **M. Glasenapp.**

~~~~~  
Mit 1 Zeichnung.  
~~~~~

Riga.
Druck von W. F. Häcker.
1893.

Zur Frage
der
Wasserversorgung Rigas

nebst
einem neuen Vorschlag zur Lösung
derselben.

Unter Anlehnung an den am 23. Februar c. im Tech-
nischen Verein gehaltenen Vortrag.

Von
Prof. **M. Glasenapp.**

~~~~~  
Mit 1 Zeichnung.  
~~~~~

Riga.
Druck von W. F. Häcker.
1893.

Дозволено цензурою. Рига, 18 Апрелья 1893 года.

(Sonderabdruck aus der Rig. Ind.-Ztg. 1893, Nr. 4 u. 5.)

Bereits seit mehreren Jahren finden im Rigaschen Stadtamte Verhandlungen zur Beseitigung der Missstände der gegenwärtigen Wasserversorgung Rigas statt, ohne dass diese nachgerade brennend gewordene Frage aus dem Stadium der Berathung herausgetreten wäre und ihre Regelung eine definitive Gestalt gewonnen hätte. In der That muss es unter den obwaltenden Verhältnissen auch als sehr schwierig und verantwortungsvoll bezeichnet werden, sich für eines der bisher aufgestellten und zum Vorschlag gelangten Projecte zu entscheiden, da einzelne derselben in der Ausführung und Unterhaltung sich als sehr kostspielig herausstellen und in ihren Erfolgen keineswegs eine absolut sichere Garantie dafür bieten, dass die Mängel der gegenwärtigen Wasserversorgung der Stadt durch ihre Realisirung auch wirklich vollkommen abgestellt werden, während auf der anderen Seite in neuester Zeit Vorschläge zur Lösung der Frage an die Oeffentlichkeit gelangten, die, auf völlig unzulänglicher Kenntniss der hydrologischen Verhältnisse der Stadt beruhend, den Stempel der Unzweckmässigkeit, so zu sagen, an der Stirn tragen. Ausserdem ist in jüngster Zeit eine Publication in Veranlassung der Rigaer Wasserversorgung erschienen, welche die bisherigen Projecte zur Lösung der Frage zwar kritisirt und auch ein neues Project aufstellt, aber wegen der vielfachen Irrthümer, die in ihr zum Ausdruck gelangen, die ohnehin bereits complicirte Wasserfrage mehr zu ver-

wirren als zu klären geeignet sein dürfte und deshalb selbst eine Kritik der dort offenbarten Ansichten und Behauptungen, sowie auch des vorgeschlagenen neuen Projectes dringend nothwendig macht. Ich meine hiermit die im October 1892 als Separatabdruck aus der „Ztg. f. Stadt u. Land“ herausgegebene Broschüre: „Zur Trinkwasserfrage nebst aphoristischen Bemerkungen zur Hydrologie Rigas. Von Edwin Johanson.“ Dieselbe hätte füglich übergangen werden können, wenn sie nicht, wie es den Anschein hat, selbst in den Kreisen, denen die Berathung der Wasserversorgungs-Angelegenheit augenblicklich obliegt, die Stellungnahme zu den bisherigen Projecten erschwert und damit die allendliche Entscheidung der Frage nicht noch weiter hinausgeschoben haben würde. Hat man doch öffentlich auf Grund jener Broschüre und im Namen der Wissenschaft (!) die Ausführung eines Projectes gefordert, vor dem bei genauerer Prüfung eindringlich gewarnt werden muss. Das Interesse an dem rascheren Tempo der Verhandlungen und der endgiltigen Lösung der Frage mag es rechtfertigen, wenn nachfolgend zunächst der Versuch unternommen worden ist, die Einwände, welche vom Herrn Verfasser der oben citirten Broschüre gegen die bisherigen Wasserversorgungsprojecte erhoben worden, soweit dies zur Klärung der Sachlage nothwendig erscheint, zu widerlegen, beziehungsweise auf das ihnen zukommende Maass zurückzuführen, und das von ihm in Vorschlag gebrachte Project der nothwendigen Prüfung zu unterziehen.

Bekanntlich ist bei dem einen der beiden älteren Projecte die Beibehaltung des gegenwärtigen Leitungswassers geplant worden, wobei jedoch das Wasser nicht mehr, wie bisher, dem durch die Flusscorrection

vom Hauptstrom abgeschnittenen sog. Delta, sondern dem Dünastrom direct entnommen und dabei eventuell durch eine Filtration über Sand gereinigt werden soll. Nun ist das Dünawasser und das diesem vollkommen gleiche Deltawasser als Trinkwasser und zum Hausgebrauch sehr wenig geeignet, — aus Gründen, die vom Verf. in einer „Zur Wasserversorgung der Stadt Riga“ betitelten, in der „Rig. Ind.-Ztg.“ Jahrg. 1888 S. 265 u. f. mitgetheilten Abhandlung ausführlich auseinandergesetzt worden sind und deshalb hier keiner Wiederholung bedürfen. Wie aus der Aufzählung derselben hervorgeht, sind es hauptsächlich gewisse physikalische Eigenschaften des Wassers, welche die Gebrauchsfähigkeit desselben beeinträchtigen, während ihm sanitäre Schädigungen seiner Consumenten bisher nicht haben nachgewiesen werden können, wenn man von den im verflossenen Herbst aufgetretenen Cholerafällen absieht, für welche eine Neigung, sie dem Wasser zuzuschreiben, allerdings besteht, — ob mit Recht oder Unrecht, wage ich nicht zu entscheiden.

Da das Dünawasser, wenn wahrscheinlich auch im filtrirten Zustande, nach dem einen Project doch noch zur Versorgung der städtischen Wasserleitung Anwendung finden könnte, Herr Mag. Johanson demselben aber noch einige anderweitige Eigenschaften zuschreibt, die, wenn vorhanden, dieses Wasser vom Gebrauch allerdings principiell ausschliessen müssten, so wird es nöthig sein, die bezüglichen Ausführungen desselben auf ihren Gehalt zu prüfen.

Nachdem der wechselnde Gehalt des Dünawassers an organischen Stoffen*) besprochen worden, äussert

*) Ein reiches Material zur Kenntniss des Rigaer Grund- und Tagewassers findet sich in dem vom Verf. bearbeiteten II. Abschnitt des „Berichtes über die Vorarbeiten für die systema-

sich der Verfasser auf S. 12 der Broschüre dahin, „dass unser Wasser zu gewissen Zeiten selbst 33—34 Theile, ganz erschreckende Mengen, von Fäulnisproducten in 100000 Theilen führt“ und sodann, nach einem Absatz, unmittelbar darauf: „Die seltene gänzliche Windstille auf der schönen breiten Düna und die verhältnissmässig kräftige Strömung lassen einen etwaigen Fäulnisgeruch durch die Sinnesorgane nicht wahrnehmen,“ . . .

Hiergegen wäre zunächst darauf aufmerksam zu machen, dass die vom Verf. der Broschüre gewählte Methode der Bestimmung der organischen Substanz (durch Kaliumpermanganat) keine genaue Berechnung der letzteren zulässt und hier vermuthlich zu hohe Resultate ergeben hat; denn der gesammte Verdampfungsrückstand des Dünawassers (organische + mineralische Substanz) variirt zwischen 12 und 27 Thl. in 100 000 Thl. Wasser, und nach den im chem.-techn. Laboratorium des Polytechnikums ausgeführten Untersuchungen scheint bloss etwa die Hälfte der oxydirbaren Stoffe beim Verdampfen des Wassers sich zu verflüchtigen. Viel wesentlicher ist indess der Umstand, dass die im Dünawasser enthaltenen organischen Stoffe durchaus nicht als Fäulnisproducte bezeichnet werden dürfen, da in diesem Wasser Fäulnisprocesse höchstens ganz local, in kleinstem Maassstabe etwa bei dem Absterben grösserer Wasserthiere sich abspielen können, solche Processe aber bei den grossen Mengen strömenden Wassers alsbald mit vollständiger Mineralisirung der

tische Entwässerung und Reinigung der Stadt Riga“ (1886) unter dem Titel: „Chemisch-analytische und mikroskopische Untersuchung des Bodens, des Grundwassers und einiger Brunnen und offener Gewässer der Stadt Riga“.

sich zersetzenden Substanz abschliessen. Die organischen Stoffe des Dünawassers, denen dieses auch seine bräunliche Färbung verdankt, sind in der Hauptsache Zersetzungsproducte der Cellulose, sog. Humussäuren, also stickstofffreie Stoffe, während man als Fäulniss die durch Mikroorganismen bewirkte Zersetzung stickstoffhaltiger animalischer und vegetabilischer Substanzen (sog. Proteinstoffe) bezeichnet, wobei ganz charakteristische Zersetzungsproducte (u. a. stets Ammoniak) auftreten, die im Dünawasser nicht nachweisbar sind; gelegentliche Spuren derselben dürften grösstentheils auf atmosphärischen Ursprung zurückzuführen sein. Die relativ sehr grossen Mengen von gelösten Humussubstanzen des Dünawassers erscheinen sehr erklärlich, wenn man das ausgedehnte Vorkommen von Wald- und Moorboden im Stromgebiete des Flusses in Betracht zieht; eine schädliche Beeinflussung der Wasserconsumenten dürfte ihnen kaum zukommen. Also nicht, weil Wind und Strömung den Fäulnissgeruch (den der Wind doch auch nicht verhüllen könnte, vergl. den Stadtcanal!) forttragen, sondern weil keine Fäulnissproducte im Wasser vorhanden sind, können diese durch den Geruch nicht wahrgenommen werden. Das Dünawasser fault nie; etwa secundär hinzugetretene, geringe Mengen wirklicher Fäulnissstoffe, verursacht z. B. durch Einführung fauligen Canalinhaltes, werden durch die enormen Mengen von Wasser schnell bis zur Unkenntlichkeit verdünnt (vergl. d. „Bericht über die Vorarbeiten“ etc., S. 66) und sodann durch die Thätigkeit von Spaltpilzen (Wasserbacillen, Algen) mineralisirt. Fäulniss des Wassers tritt erst ein, wenn die Fähigkeit des Mineralisirens in Folge von Ueberbürdung mit fäulnissfähigen Stoffen verloren geht; in dieser Be-

ziehung werden aber an die Düna zur Zeit noch sehr geringe Ansprüche gestellt. Es ist nothwendig, auf die scharfe Unterscheidung von Fäulniss und Cellulosezersetzung (Verwesung, Verwitterung) hinzuweisen, weil ein Wasser, das wirkliche Fäulnissproducte enthält oder gar in faulem Zustande sich befindet (S. 20 der Brosch.), für die Versorgung von Städten, überhaupt den Gebrauch im Haushalt, unbedingt verworfen werden muss, während es andererseits — mit Ausnahme des Meteorwassers — kaum ein Wasser in der Natur geben dürfte, das nicht geringere oder grössere Mengen von Celluloseabkömmlingen enthält. Die Verwitterungsproducte der Cellulose finden sich allenthalben in den oberen, in kleinen Quantitäten auch in den tieferen Erdschichten und werden von dem Alkalicarbonat des Wassers zu Humaten gelöst.

Bei oberflächlicher Betrachtung könnte es zuweilen den Anschein haben, als ob im Stromwasser der Düna sich wirkliche Fäulnissprocesse abspielen oder demselben Fäulnissproducte in grossen Mengen zufließen. So hatte der Herr Autor der Trinkwasserbroschüre im Frühling des Jahres 1889 im Düna- und Wasserleitungswasser Ammoniak in quantitativ bestimm- baren Mengen gefunden und folgert hieraus (S. 31): „Damit war nun der Beweis geliefert, dass der Düna faulende Jauchen (!) zufließen, die bei gedachter Concentration der mächtigen Wassermengen des Flusses ganz enorme Massen repräsentiren mussten.“ Woher aber sollten wohl diese enormen Mengen faulender Jauchen sich so plötzlich im Frühling des genannten Jahres eingefunden haben? Ich habe dieselbe Beobachtung gemacht, nicht allein im Frühling 1889, sondern bei jeder Frühlingshochfluth, wenn ich nach dem Ammoniak suchte, aus den Mengen, in denen es

im Wasser auftritt, aber geschlossen, dass dasselbe einen ganz anderen Ursprung haben müsse, als Herr Mag. J. ihm zuschreibt. Eine weitere Ueberlegung brachte mich bald auf die Spur: Die Fäulnissprocesse hören auf der Erdoberfläche zu keiner Jahreszeit auf, ununterbrochen wird Ammoniak producirt, wo das Material dazu vorhanden und die Temperatur hoch genug ist, und gelangt in die Atmosphäre; entstehen Niederschläge, so wird das Gas von ihnen aufgenommen und wieder dem Boden zugeführt; ob die Niederschläge tropfbar flüssig oder fest sind, ist dabei gleichgiltig. Das Ammoniak musste demnach im winterlichen Schnee zu suchen sein und wurde in demselben auch aufgefunden*). Die Ammoniakreaction tritt im Schneewasser in derselben Intensität ein, wie im Frühlingshochwasser, das ja mit jenem identisch ist. Mit fallenden Jauchen localer Provenienz hat demnach dieses Ammoniak kaum etwas zu thun, es ist atmosphärischen Ursprungs, entstammt zum grossen Theil fernen Ländern und Welttheilen und repräsentirt die in den winterlichen Niederschlägen enthaltene gesammte Ammoniakmenge des ganzen Stromgebietes der Düna**). Damit soll keineswegs eine

*) In Fischer, chem. Technologie, Aufl. 14, S. 346 finde ich übrigens die folgende Notiz: „Schnee enthält namentlich dann viel Ammoniak, wenn er längere Zeit am Boden gelegen hat.“

***) Diese Ammoniakmenge ist jedenfalls sehr beträchtlich. Im Frühling 1889 enthielt das Dünawasser in 100000 Thln. 0,02 Thl. Ammoniak; demnach in 5000 m^3 1 kg davon, was bei einer mittleren Wassermenge von 1000 m^3 in der Secunde und einer Dauer der Hochfluth von 30 Tagen ein Quantum von ca. 620000 kg Ammoniak repräsentirt; ein solches kommt etwa derselben Ammoniakmenge gleich, die die festen und flüssigen Excremente von 1 Million erwachsenen Personen, unter Voraussetzung einer Umwandlung des ganzen „organischen“ Stickstoffs in Ammoniak, in derselben Zeit (30 Tagen) zu liefern im Stande wären!

gelegentliche directe Aufnahme geringer Mengen fauliger Flüssigkeiten durch das Hochwasser in Abrede gestellt werden, deren Einfluss jedoch in Anbetracht der ungeheuren Wassermengen sehr bald spurlos sich verliert. Mit dem Eintritt normalen Wasserstandes, wann der Strom durch Grundwasser gespeist wird, findet sich keine nennenswerthe Spur von Ammoniak im Wasser: es ist dann bei seiner natürlichen Filtration von der Ackerkrume zurückgehalten worden.

Desgleichen erscheint die Behauptung des Herrn Verfassers der Trinkwasserbroschüre, dass das auf der Düna herabgeflossene und auf derselben lagernde Holz das Wasser verderbe, kaum stichhaltig; mindestens wird der nachtheilige Einfluss desselben sehr überschätzt. Herr Mag. Johanson hat Holz mit Wasser extrahirt und dabei aus dem Gewichtsverlust von 0,36 %, den dasselbe erlitten, die Menge der aus dem im Laufe einer Flössungsperiode die Düna passirenden Holze in das Wasser übergehenden Stoffe, die hier in Summa als organische angenommen worden sind, zu 231 188 Pud berechnet (S. 20 und 21), — „eine Quantität, die einen hübschen Heizeffect geben würde, aber auch genügend ist, dieses (d. h. das Dünawasser) in einen wunderschönen Culturboden niederer Organismen zu verwandeln, durch deren Thätigkeit der faulende Zustand (!) hervorgerufen und das Wasser zu Genusszwecken unbrauchbar gemacht wird“. Zunächst ist die Bestimmungsmethode für die organischen Stoffe nicht einwandfrei, insofern dem Holz durch die Extraction entschieden auch unorganische Stoffe (Aschenbestandtheile) entzogen worden sind und das Quantum der organischen Stoffe um diesen Betrag vermindert werden muss. Sodann erhält man von der verunreinigenden Wirkung der extrahirten Holzsub-

stanz auf das Wasser keine Vorstellung, so lange man das Wasservolumen nicht kennt, von welchem jene Substanz aufgenommen wird. Nimmt man nun während der Zeit nach der Hochfluth der Düna, in welcher wohl die grössten Holzmassen herabgeschwemmt werden, das vom Strome dem Meere zugeführte Wasserquantum zu 1000 m^3 pro Sekunde*) und die Aufenthaltsdauer des Holzes im Wasser im Durchschnitt zu 40 Tagen an, so wird die dem Holz entstammende organische Substanz, wenn man auch die obige Zahl für ihren Betrag gelten lässt, bereits auf 1 *mg* per Liter Wasser verdünnt. Zieht man nun noch in Betracht, dass die Menge des Auslaugewassers sicherlich sehr viel grösser, als oben angenommen ist, insofern ia die Flössungs- und Lagerungsperiode für das Holz vom Frühling bis in den Spätherbst währt, so dürfte es wohl kaum einem Zweifel unterliegen, dass die von dem Holz in das Wasser übergehenden Extractivstoffe, von denen auch nur ein kleiner Antheil aus Proteinstoffen bestehen dürfte, hier bis zur Unkenntlichkeit verdünnt werden, von einer merklichen Verunreinigung des Dünawassers durch das Flössholz somit kaum die Rede sein kann. Jedenfalls spielen Bruchtheile eines Milligrammes dort keine Rolle, wo die Menge der sonstigen organischen Stoffe des Dünawassers vom Herrn Autor selbst bis zu 330 bis 340 *mg* im Liter bestimmt worden ist (vergl. S. 2). Dass solche minimale Quantitäten organischer Stoffe weder einen wesentlichen Einfluss auf das Pilzwachsthum des Wassers ausüben, noch eine Fäulniss des letzteren verursachen können, liegt wohl auf der Hand. Eine Benach-

*) Zur Zeit der Hochfluth beträgt dieses Quantum nach Stadt-Obering. Agthe 4000—5000 m^3 .

theiligung der Qualität des Dünawassers durch das herabgeflossene Holz dürfte schwer nachzuweisen sein.

Nun bliebe noch in Bezug auf das Dünawasser die Frage zu erörtern übrig, ob dasselbe, zunächst im unfiltrirten Zustande, als sanitär unschädlich betrachtet werden darf und bei etwa zu erwartenden stärkeren Epidemien nicht als Träger pathogener Organismen functioniren und somit die Verbreitung jener fördern könnte. Bisher hat man keine begründete Veranlassung gehabt, den Mikroorganismen des Dünawassers, d. h. des Wassers im Hauptstrome, pathogene Wirkungen zuzuschreiben; es sind lediglich die bekannten Saprophyten, die nicht allein im Wasser, sondern ebenso in der Luft und den oberen Bodenschichten vorkommen, und denen die Aufgabe zufällt, den abgestorbenen Leib und etwaige Stoffwechselproducte organisirter Wesen durch ihre Lebensthätigkeit in unorganischen Stoff und somit in eine Form zu verwandeln, in welcher sie für die Pflanzenwelt wiederum assimilationsfähig werden; für den Kreislauf des Stoffes in der Natur sind sie von fundamentaler Bedeutung. Lebewesen erfahren durch sie nicht nur keine Schädigung, sondern gelegentlich auch directen Schutz, insofern pathogene Mikroorganismen im Kampf mit den Saprophyten mehr oder weniger schnell zu Grunde gehen oder ihre Virulenz einbüßen. Der Autor der Trinkwasserbroschüre äussert sich allerdings bezüglich dieser allgemein bekannten Thatsache (S. 50): „Mit aller wissenschaftlichen Strenge muss man gegen Behauptungen: „die überall vorkommenden Wasserpilze sind sanitär vollkommen indifferent, indirect durch Consumption pflanzlicher Zersetzungsproducte und durch die Concurrenz, welche sie etwaigen in das Wasser

gelangenden pathogenen Mikroorganismen bereiten, vielleicht gar von Nutzen““*), entschiedene Verwahrung einlegen“. Dieser Satz findet sich in einer von mir in d. „Rig. Ind.-Ztg.“ Jahrg. 1888 S. 265 u. f. veröffentlichten Abhandlung: „Zur Wasserversorgung der Stadt Riga“ und hat durch das eingeflochtene, jetzt wohl überflüssig gewordene „vielleicht“ die denkbar vorsichtigste Fassung erhalten. Dass einzelne pathogene Pilze sich etwas länger, sogar einige Tage dieser Concurrenz gegenüber zu erhalten vermögen, ändert an der obigen Thatsache nichts. Letztere ist vielmehr in dem Maasse zur Anerkennung gelangt, dass ich, anstatt weitläufiger Widerlegung des Irrthums, mich darauf beschränke, ein Paar Sätze von Hygienikern anzuführen, die durch die Besonnenheit, mit welcher sie die oft vielfach verschlungenen, von den Wirkungen zu den Ursachen hinaufführenden Fäden zu entwirren bestrebt sind, auf ihrem Specialgebiete wohl als mustergiltig betrachtet werden dürfen: Pettenkofer und Hueppe, letzterer zugleich namhafter Bacteriolog. Der erstere äusserte sich in Veranlassung der Hamburger Cholera-Epidemie (1892) in einem zu München gehaltenen Vortrage u. A.: „Man hat sie (die Kommabacillen) bisher überhaupt nur dann im Wasser gefunden, wenn das Wasser kurz vorher durch Darmentleerungen Cholerakranker oder durch das Waschen von Cholerawäsche frisch verunreinigt worden war. Im gewöhnlichen Wasser gehen die Kommabacillen im Kampf mit den Wasserbakterien stets rasch zu Grunde“; ebenso spricht sich auf Grund seiner Untersuchungen Fränkel aus, worauf ich später noch zurückkomme.

*) In der Trinkwasserbroschüre ist dieser Satz stilistisch entstellt, gleichwohl in Anführungsstrichelchen wiedergegeben worden; ich bringe ihn hier in der Originalfassung.

Hueppe hält in seinem soeben erschienenen Werk: „Die Cholera-Epidemie in Hamburg 1892“*) eine Desinfection der Choleraleichen im Grunde für überflüssig, und für genügend, „dieselben in feuchte Tücher einzuschlagen und mit diesen auf eine Lage Torf oder Häcksel zu legen“. „Ich halte das für den Transport zum Friedhof für entschieden ausreichend, und im Boden wird die Vernichtung der Kommabacillen durch saprophytische Mikroben am besten besorgt“! (S. 41). Weshalb nun gegen den oben erwähnten Satz, in dem Zusammenhange, in welchem ich ihn gebracht, gar die „Strenge der Wissenschaft“ zu Hilfe gerufen wird, vermag ich nicht zu enträthseln.

Wie sich das unfiltrirte Stromwasser bei Gelegenheit einer heftiger auftretenden Cholera-Epidemie verhalten würde, ist a priori natürlich nicht leicht zu entscheiden; indess bietet der Hueppesche Bericht in Bezug hierauf einiges Material, an dessen Hand sich vielleicht ein Schluss ziehen lassen dürfte. Dass das Hamburger Leitungswasser dort die Rolle eines Verbreiters der Krankheit gespielt hat, scheint nach Hueppe ausser Zweifel zu stehen; doch würde man sehr irren, wenn man vom Hamburger Wasser ohne Weiteres auf jedes andere Flusswasser schliessen wollte, worauf H. selbst wiederholt hinweist. Für das Hamburger Leitungswasser ist bekanntlich cha-

*) Diese vorzügliche Publication, die eine Fülle schätzenswerther Materialien und neuer Beobachtungen auf dem Gebiete der Cholera enthält, verdient angesichts der abermals drohenden Epidemie in den Kreisen der Sanitäts-Commissionen die eingehendste Beachtung; ganz besonders kann sie den Bacteriologen mit ihrer leider nur zu häufigen Ueberschätzung des einen Factors der Epidemien, des Bacillus, zum Studium empfohlen werden.

rakteristisch, dass demselben in Folge der eigenthümlichen Wasserversorgungsverhältnisse immer mehr oder weniger Fäcalienstoffe aus den Sielen beigemischt sind, wodurch es in der That in ein Medium verwandelt wird, in welchem auch der Kommabacillus zur Noth gedeiht; dass dieser in sehr schlechtem Wasser mehrere Tage lebend trotz Anwesenheit anderer Bacterien erhalten werden kann, ist von Hueppe selbst beobachtet worden (a. a. O. S. 7), — aber auch hier anscheinend nur unter Verminderung oder Verlust der Virulenz und Infectionsfähigkeit. In gewöhnlichem Wasser erliegen die Kommabacillen, wie früher erwähnt, sehr bald der Concurrenz der Wasserbacillen. Fränkel gelang es (1892), im Hafenwasser von Duisburg am Rhein Kommabacillen nachzuweisen, nachdem vorher die Excremente eines Cholerakranken in das Wasser gelangt waren. „Eine Epidemie hat sich an diese Bacterien nicht angeschlossen, also das gerade Gegentheil des Erwarteten trat ein: der als „verseucht“ nachgewiesene Fluss hat keine Cholera veranlasst“ (a. a. O. S. 7). Nach Maassgabe dieses vereinzelt Falles dürfte also auch wohl das Dünawasser für die Verbreitung der Cholera nicht besonders geeignet sein und von dieser Seite keine ernstere Gefahr drohen; eine Ausnahme davon würden aber eventuell die mehr verunreinigten todtten Arme des Stromes machen.

Von einer **Filtration des Dünawassers über Sand** glaube ich mir keine wesentliche Verbesserung unseres Leitungswassers versprechen zu können. Alles, was man bei normalem Functioniren der Filteranlage wird erreichen können, dürfte in der Abscheidung der trübenden, suspendirten Stoffe bestehen, und ob es gelingen wird, die grossen Mengen feinen Thones wäh-

rend der Frühjahrshochfluth zu beseitigen, ist noch ungewiss. Alle die übrigen, in der erwähnten Abhandlung „Zur Wasserversorgung der Stadt Riga“ aufgezählten Uebelstände würden vermuthlich bestehen bleiben. An und für sich sind nun die allein abscheidbaren Algen, Diatomeen etc., bez. auch der Thon, sanitär völlig harmlos, sie verunzieren eigentlich blos das Wasser, und ausserdem habe ich den Eindruck, als wenn ihre Menge, ausgenommen den Thon, in letzter Zeit sich vermindert hätte. Unter solchen Umständen bleibt es immerhin fraglich, ob das Erreichen eines praktisch nicht allzuhoch anzuschlagenden Vortheiles durch die Kostspieligkeit der Anlage und der Unterhaltung einer Filteranlage bei unseren klimatischen Verhältnissen nicht zu theuer erkaufte sein würde, namentlich dann, wann sich herausstellen sollte, dass eine Verbreitung der Cholera*) durch das unfiltrirte Düna-wasser nicht zu befürchten ist. Indess möchte ich hier dem Urtheil der Fachleute nicht vorgreifen.

Nach dem Project des ausgezeichneten Hydrologen Herrn **A. Thiem** ist eine Versorgung der Stadt mit **oberem Grundwasser aus der Gegend der „Weissen Seen“** in Aussicht genommen**). Dieses Wasser ist krystallhell, enthält äusserst geringe Mengen von organischer Substanz, ist etwas weicher als das Düna-wasser und meiner Meinung nach als Genusswasser vollkommen qualificirt. Von Herrn Mag. Johanson wird dieses Wasser indess als unbrauchbar zurückgewiesen, weil es als oberes Grundwasser Verunreinigungen durch Mikroorganismen zugänglich und so arm

*) Zu anderen epidemischen Krankheiten steht das jetzige Leitungswasser in keinem nachweislichen Zusammenhange.

***) Vergl. „Bericht über die neuen Bezugsquellen für Wasserversorgung der Stadt Riga“, von A. Thiem. München 1883.

an Kalk sei, dass bei seiner Verwendung die Gefahr einer mangelhaften Ernährung des Knochengerüsts bei Kindern befürchtet werden müsse und angeblich durch Kalkarmuth des Wassers verursachte Krankheiten, wie Rhachitis (sog. englische Krankheit), Osteomalacie u. a., die Folge sein würden.

Beide Befürchtungen halten einer näheren Prüfung nicht Stand. Hinsichtlich der Verunreinigung durch Mikroben ist zu beachten, dass der fragliche, anscheinend sehr ergiebige Grundwasserstrom von einer 5,5 m mächtigen Schicht reinen, feinen und groben Sandes überlagert wird und die Entnahmestelle ausserdem fern allen Ansiedelungen sich befindet, der Boden, unter dem der Strom wegfliesst, überhaupt nur spärlich besiedelt ist. Dass auf so grosse Tiefe noch Bacillen hinabgehen würden, ist nicht anzunehmen, wenn man berücksichtigt, dass der Boden nur wenige Fuss unter der Oberfläche von Wasser durchfeuchtet ist und feuchte Flächen die Mikroben fixiren. Untersuchungen von C. Fränkel im Laboratorium von Koch haben ergeben, dass das Grundwasser auch in Städten bei ca. 4 m Tiefe stets keimfrei ist. Wenn dies nun schon bei dem, Verunreinigungen in so hohem Maasse ausgesetzten Städteboden zutrifft, der in der Regel sehr viel mehr von fäulnissfähigen Stoffen aufzunehmen hat, als z. B. ein Kirchhof, so ist bei einem überaus schwach cultivirten Boden in einer Entfernung von 12—13 Werst von der Stadt vollends kein Zutritt von Mikroorganismen zu befürchten; im schlimmsten Falle könnte es sich ja hier auch nur um wenige harmlose Wasserbacillen handeln (vergl. übrigens die bez. Bemerkung Hueppes auf S. 6). Herr J. führt in seiner Broschüre (S. 80) von Reimers und Fülles an, nach denen bereits in 2 m Tiefe der Boden keimfrei sein kann. Die ge-

legentlich in diesem Grundwasser vorkommenden Spuren von salpetriger und Salpetersäure sind sehr wahrscheinlich atmosphärischen Ursprungs, wie das Ammoniak des Frühjahrshochwassers*); alle Gewitterregen enthalten dieselben. Bei den äusserst geringen Mengen organischer Substanz, durch welche das Bellenhofer Wasser vortrefflich charakterisirt ist und bezüglich derer es sogar dem artesischen Brunnenwasser Rigas nachsteht, ist eine andere Ableitung wohl ausgeschlossen.

Ebensowenig vermag ich die andere Befürchtung, nach welcher der geringe Kalkgehalt des Grundwassers die genannten Krankheiten verursachen könnte, zu theilen. Hier lässt sich der Beweis vom Gegentheil leicht und sicher führen. Zunächst bedarf bei dieser Gelegenheit die in der Trinkwasserbroschüre (S. 78) enthaltene Angabe, nach welcher das Bellenhofer Wasser 3 mal weicher als das Dünawasser sein soll, einer Zurechtstellung: es enthält blos um $\frac{1}{3}$ weniger Kalk als dieses, und überhaupt ist der Unterschied im Härtegrad sehr gering, beträgt blos $1,3^{\circ}$ (Dünawasser ist $4,5^{\circ}$, das Bellenhofer Wasser $3,2^{\circ}$ hart), kommt also schon aus diesem Grunde bei einiger Ueberlegung praktisch nicht in Betracht, wenn man berücksichtigt, dass das Dünawasser erfahrungsmässig bisher keine Veranlassung dazu gegeben hat, ihm die Entstehung von Rhachitis zuzuschreiben, sein Kalkgehalt also unter allen Umständen genügt. Indess lässt sich die völlige Grundlosigkeit der obigen Befürchtung auch noch zahlenmässig nachweisen, wie weiterhin folgt.

*) Hierbei ist zu bemerken, dass nach den Untersuchungen der Versuchsstation und den meinigen weder Ammoniak noch salpetrige, noch Salpetersäure im Bellenhofer Wasser gefunden worden ist.

Die der Rhachitidfurcht zu Grunde liegende Hypothese setzt voraus, dass 1) der in unorganischer Verbindung enthaltene Kalk des Wassers überhaupt assimilationsfähig ist, somit zur Bildung des Knochengerüsts beiträgt, und 2) der Kalk des Genusswassers eine für die Ernährung quantitativ hervorragende Rolle spielt. Zum Beweise der ersten Voraussetzung wird eine ganze Reihe von Aeusserungen verschiedener Chemiker und Physiologen citirt, die aber alle zusammen logischer Weise nicht mehr sagen können, als dass eine Assimilation des Wasserkalkes nicht ausgeschlossen ist, da es an exacten Experimenten zum Beweise bez. zur Widerlegung der obigen Ansicht gebricht; hier ist zur Zeit Alles Vermuthung. Bei der Citation der Autoren verfährt der Herr Verfasser der Trinkwasserbroschüre übrigens nicht immer mit der nothwendigen Objectivität und verschiebt gelegentlich den Standpunkt jener durch willkürliches Herausreissen einzelner Sätze aus ihrem Zusammenhange zu Gunsten seiner subjectiven Meinung. „Das Wesen und die Ursache der Rhachitis“, sagt Prof. Bunge, „sind noch völlig dunkel. Thatsache ist es, dass man künstlich durch Fütterung wachsender junger Thiere mit kalkarmer Nahrung eine Verarmung der Knochen an Kalksalzen und eine abnorme Biogsamkeit und Brüchigkeit derselben hervorbringen kann“, heisst es (S. 27) in der Trinkwasserbroschüre. Der unbefangene Leser dürfte doch hieraus den Schluss ziehen, Prof. Bunge neige mit seiner Ansicht der Rhachitishypothese zu; die weiteren Ausführungen desselben lassen aber eher das Gegentheil vermuthen. Denn unmittelbar nach dem von Herrn J. citirten Satz heisst es*): „Auch will man bei einigen derartigen

*) Bunge, Lehrbuch der physiologischen und pathologischen Chemie S. 100.

Versuchen wirkliche Rhachitis erzeugt haben mit allen charakteristischen Erscheinungen dieser Krankheit. Ebenso aber ist es Thatsache, dass Kinder rhachitisch erkranken, die an kalkreicher Nahrung niemals Mangel gelitten haben. Hier liegt es nahe, zu vermuthen, dass die Kalksalze in Folge gestörter Verdauung nicht genügend resorbirt, oder trotz genügender Resorption in Folge abnormer Vorgänge in den knochenbildenden Geweben nicht assimilirt worden seien. So lange sorgfältige und zuverlässige Untersuchungen über den Stoffwechsel rhachitischer Kinder, verglichen mit dem gleichaltriger und gleichernährter gesunder nicht vorliegen, sind alle Speculationen über die Berechtigung der einen oder der anderen Theorie vollständig fruchtlos.“ Bunge lässt, was nach dem derzeitigen Stande der Wissenschaft das allein Richtige ist, die Frage über die Bedeutung des Wasserkalkes für die Ernährung in völlig objectiver Weise offen, kennzeichnet aber seinen persönlichen Standpunkt zu derselben durch die Bemerkung, dass der Kalk in den Nahrungsmitteln dem Organismus in organischen Verbindungen zugeführt wird und es deshalb irrationell ist, rhachitischen Kindern den Kalk in unorganischer Form zu verabreichen*).

Da wir nun über die Assimilationsfähigkeit des Wasserkalkes nichts wissen, dieselbe immerhin nicht ausser dem Bereich der Möglichkeit liegt, so erübrigt es noch, die Voraussetzung 2, nach welcher dieser Kalk in quantitativer Beziehung eine für die Ernährung so wichtige Rolle spielen soll, dass dem Verfasser der Broschüre das Genusswasser gar nicht hart genug sein kann und er deshalb über die in

*) Bunge. Lehrbuch der physiologischen und pathologischen Chemie S. 100.

dieser Hinsicht fixirten höchsten Normen noch hinauszugehen empfiehlt (S. 28), auf ihren Gehalt zu prüfen. Zu dem Zweck dürfte es genügen, das quantitative Verhältniss der auf das Wasser und auf die Nahrungsmittel entfallenden Kalkmengen festzustellen, woraus sich dann die Berechtigung der einen oder der anderen Ansicht ergeben würde; es wird sich zeigen, ob und wie weit das animalische Knochengerüst seinen Kalk dem Wasser oder den Nahrungsmitteln verdankt. Ich denke, gegen diese Untersuchungsmethode und die sich aus ihr ergebenden Folgerungen werden auch die Physiologen nichts einzuwenden haben.

In der nachfolgenden Tabelle ist der Gehalt einiger Nahrungsmittel an Asche und der der letzteren an Kalk in Procenten*) aufgeführt und in der 3. Columne der Kalkgehalt für 100 Gramm dieser Nahrungsmittel berechnet worden; beigefügt ist sodann der Kalkgehalt des Düna- und des Bellenhofer Wassers.

	Proc. Asche.	darin Proc. Kalk.	100 g Nah- rungsmittel ent- halten Kalk in g.
Kuhmilch, normale	0,67	20	0,134
Kuhmilch, abgerahmt	0,67	20	0,134
Roggenbrod(m.40 % Wasser)	1,5	3	0,045
Roggenmehl	?	?	0,030
Erbsen (mit 12 % Wasser)	2,8	5	0,140
Kartoffeln	1,0	3	0,030
Kohl	0,7	11	0,077
Mohrrüben (Burkanen)	1,0	11	0,110
Fleisch	1,2	2,5	0,030
Seefische, ohne Gräten	1,6	15	0,240
Seefische, mit Gräten	3,0	15	0,450
Ein Ei			0,060
Dünawasser			0,0035
Bellenhofer Grundwasser			0,0023

*) Benutzte Literatur: Wolff, Aschenanalysen, und König, Nahrungsmittel; die aufgeführten Zahlen für Asche und Kalkgehalt repräsentiren Mittelwerthe.

Nachfolgend habe ich einige Rationen für Kinder verschiedenen Alters zusammengestellt und die ihnen der obigen Tabelle gemäss entsprechenden Kalkmengen beigefügt. Da die Rhachitis als Specialität Rigas nicht gelten und man deshalb mit Fug und Recht annehmen kann, dass das gegenwärtige Leitungswasser genügend Kalk enthält, um auch die Anhänger der Rhachitis-Hypothese zu befriedigen, so ist das Leitungswasser als Genusswasser bei den Nahrungsmittel-Rationen angenommen und späterhin der Ausfall an Kalk in Procenten für den Fall berechnet worden, dass das jetzige Leitungswasser (a) durch das Grundwasser von den Weissen Seen (b) ersetzt werden würde. Aus der so sich ergebenden Differenz in den Kalkmengen von a und b wird sich zeigen, wie weit die Befürchtung der Rhachitiker durch die thatsächlichen Ernährungsverhältnisse Begründung findet.

A. Tägliche Ration für ein 2jähriges Kind:

I bei guter Pflege	II bei schwacher Nahrung
600 g Milch, normale 0,006 g Kalk	300 g Magermilch 0,100 g Kalk
2 Eier 0,120 g "	100 g Mehl 0,030 g "
50 g Brod 0,022 g "	1 Ei 0,000 g "
50 g Fleisch 0,015 g "	25 g Fleisch 0,007 g "
200 g Dünawasser . 0,001 g " (0,0016 g *)	500 g Dünawasser 0,017 g " (0,0115 g *)

In Summa 0,064 g Kalk

In Summa 0,514 g Kalk

Bezeichnet man nun den Kalk der Nahrungsmittel mit NCa und den des Wassers mit WCa, so ist das Verhältniss von NCa : WCa

	bei Ration I	und bei Ration II
(a) für Dünawasser =	99,28 % : 0,72 %	96,70 % : 3,30 %
(b) f. Bellenh. Wasser =	99,52 % : 0,48 %	97,74 % : 2,26 %

Somit Ausfall an Kalk bei B. W. 0,24 % 1,04 %

*) Die eingeklammerten Zahlen bedeuten die entsprechenden Kalkmengen des Bellenhofer Wassers.

B. Tägliche Ration für Kinder von 6—10 Jahren.

III bei besserer Ernährung.		IV bei schwacher Ernährung.	
170 g Fleisch . . .	0,051 g Kalk	400 g Brod . . .	0,100 g Kalk
300 g Brod . . .	0,135 g "	300 g Kartoffeln . . .	0,080 g "
180 g Kartoffeln . . .	0,064 g "	200 g Kohl . . .	0,164 g "
250 g Milch . . .	0,320 g "	50 g Fische (ohne	
100 g Mehl . . .	0,030 g "	Gräten) . . .	0,120 g "
180 g Gemüse . . .	0,136 g "	50 g Erbsen . . .	0,070 g "
1500 g Dünawasser	0,053 g " (0,025 g *)	1500 g Dünawasser . . .	0,053 g " (0,025 g *)

In Summa 0,511 g Kalk

In Summa 0,561 g Kalk

Daraus Verhältniss von NCa : WCa

bei Ration III und bei Ration IV

(a) für Dünawasser	93,5 % : 6,5 %	92,1 % : 7,9 %
(b) f. Bellenhofer Wasser	95,6 % : 4,4 %	94,6 % : 5,4 %

Somit Ausfall an Kalk bei Bell. W. 2,1 % 2,5 %

Aus dieser Berechnung lassen sich zwei wichtige Ergebnisse ableiten, nämlich 1) — und dies ist ein Ergebniss von allgemeinerer Bedeutung — dass selbst bei schwacher Ernährung der Kalk des Wassers, falls dieses nicht sehr hart ist, eine quantitativ sehr geringe, kaum beachtenswerthe Rolle spielt, und 2) bei einem etwaigen Ersatz des Dünawassers durch das Bellenhofer Grundwasser der Ausfall an Kalk auch bei schlechterer Nahrung kaum über 3 Proc. des bisherigen Kalkquantums betragen würde**). Für eine reichlichere Nahrung berechnet sich dieser Kalkverlust, namentlich für jüngere Kinder, nur auf Bruchtheile eines Procentes***).

*) Die eingeklammerten Zahlen bedeuten die entsprechenden Kalkmengen des Bellenhofer Wassers.

***) Diese Zahlen ändern sich auch dann nur unwesentlich, wenn man den in den obigen Nahrungsmitteln etwa enthaltenen schwerer assimilirbaren Kalk in Abzug bringt, von welchem jedoch nur geringe Mengen vorkommen können.

****) Prof. König, wohl die berufenste Autorität auf dem Gebiete der Nahrungsmittelfrage, äussert sich in der eben neu er-

Es löst sich somit das aus der Kalkarmuth des Bellenhofer Wassers abgeleitete Gespenst der Rhachitis, dem in der Johansonschen Trinkwasserbroschüre ein breiter Raum gewidmet ist, in ein luftiges Phantasiegebilde auf, wenn man ihm auf dem Wege der Rechnung zu Leibe geht; hoffentlich ist es damit für alle Zeit gebannt. Zieht man jetzt in Betracht, dass 1) der Ausfall an Kalk bei Anwendung des Bellenhofer Wassers gegenüber dem Dünawasser sehr gering ist; 2) die Assimilationsfähigkeit dieses kleinen Quantums keineswegs feststeht; 3) der Kalk des Wassers dem der Nahrungsmittel gegenüber quantitativ ganz unbedeutend ist; sowie endlich 4) auch die Kinder im Harn noch ein beträchtliches Quantum überschüssig aufgenommenen Kalkes ausscheiden, der zum grossen Theil aus den Nahrungsmitteln stammen dürfte, so kann man mit voller Sicherheit behaupten, dass die Rhachitisfurcht vor dem Bellenhofer Wasser, wie vor weichen Wassern überhaupt, jeder Begründung entbehrt und die erwarteten oder vorausverkündigten Abnormitäten in der Ernährung der Kinder ganz bestimmt nicht eintreten werden. Die Stadt Riga darf sich in dieser Beziehung beruhigen; es ist nicht die geringste

schienenen Auflage seiner Abhandlung: „Procentische Zusammensetzung und Nährgeldwerth der menschlichen Nahrungsmittel“: „Die Mineralstoffe, so besonders für den wachsenden Organismus das Kalkphosphat, ferner Kalisulze etc. bilden ebenfalls einen nicht unwichtigen Bestandtheil der Nahrung; indess pflegen sie durchweg in den Nahrungsmitteln in der erforderlichen Menge vorhanden zu sein“ — eine Folgerung, die offenbar auf dem Wege der Rechnung abgeleitet ist. Einer gleichen Controle sind auch die bei Thieren beobachteten und auf Kalkarmuth des Wassers zurückgeführten rhachitisartigen Erscheinungen bedürftig, wobei sie sich vermuthlich als jeder wissenschaftlichen Begründung baar herausstellen dürften. Hier giebt es noch viel „unwissenschaftliche“ Wissenschaft!

Gefahr dafür vorhanden, dass die das Bellenhofer Wasser etwa consumirenden künftigen Generationen nicht über dieselben geraden Extremitäten verfügen werden, wie die gegenwärtigen. Wem das Gespenst trotzdem noch imponiren sollte, mag nicht vergessen, dass der Unterschied im Kalkgehalt beider Wässer so gering ist, dass er praktisch überhaupt nicht in Frage kommen kann.

Wenn in Petersburg die Rhachitis unter den Kindern auffallend verbreitet ist, so darf man das weiche Wasser nicht ohne Weiteres dafür verantwortlich machen; denn es giebt Städte mit noch weicherem Wasser, in denen die Rhachitis in nicht höherem Maasse, als in solchen auftritt, die über hartes verfügen. Wenn für die Aufnahme des Kalkes durch den Organismus nur die Quantität des zugeführten Kalkes maassgebend wäre, so müsste man nach Belieben durch Regelung der Kalkzufuhr starkknochige Individuen oder solche von zartem Knochenbau hervorbringen können, während wir sehen, dass bei gleicher Nahrung das Knochengerüst sehr verschieden ausfällt, die Erscheinung somit rein individuell ist und die Vererbung dabei eine grosse Rolle spielt. Durch Kalkmangel im Wasser die Entstehung der Rhachitis zu erklären, ist zwar sehr bequem und überhebt den Autor des Nachdenkens und Forschens; aber wissenschaftlich ist dieses Verfahren nicht. Aus der Coincidenz zweier Thatsachen darf man in Ermangelung eines directen Beweises erst dann auf einen ursächlichen Zusammenhang derselben schliessen, wenn dieselbe constant auftritt; anderenfalls ist sie zufällig; letzteres gilt auch für Petersburg. Die Ursachen der Rhachitis wird man jedenfalls nicht mehr im Wasser zu suchen haben.

Ein Vorzug des Bellenhofer Grundwassers besteht in dem selten geringen Gehalt desselben an gelösten organischen Stoffen, in welcher Beziehung es von dem jetzigen Leitungswasser 18 bis 189 mal*) und auch von dem Tiefbrunnenwasser Rigas erheblich übertroffen wird. Während der Sauerstoffbedarf bei dem letzteren bis 0,6 Thle. auf 100000 Thle. Wasser steigt, betrug derselbe bei dem Versuchsbrunnen am „Weissen See“ blos 0,022 Thle. und bei den verschiedenen Bohrlöchern für dieses Wasser 0,156 Thle. im Maximum, was jedenfalls als Beweis hoher Reinheit betrachtet werden muss. Dass unter diesen Umständen die gelegentlich auftretenden Spuren von salpetriger und Salpetersäure nicht aus der Zersetzung stickstoffhaltiger organischer Stoffe durch Mikroben abgeleitet werden dürfen, sondern wohl atmosphärischen Ursprungs sind, ist bereits erwähnt worden; sie kommen ebenso im artesischen Brunnenwasser vor, werden aber hier von dem Autor der Trinkwasserbroschüre für unbedenklich gehalten, welcher Ansicht ich mich ohne Rückhalt anschliesse; nur muss ich dasselbe Vorrecht auch für das Bellenhofer Wasser in Anspruch nehmen. Endlich wäre noch einer schätzenswerthen Eigenschaft zu erwähnen, welche ich bei dem Bellenhofer Wasser beobachtet habe. Dieses löst kein Blei, während das Dünawasser bei einem von mir angestellten Versuch 1,6 mg per Liter Wasser, bei einer Berührungsoberfläche von 560 cm², in 24 Stunden aufgenommen hatte, was in Rücksicht auf die bleiernen Hausleitungsröhren wohl in Betracht kommen

*) Der Gehalt des Dünawassers an gelösten organischen Stoffen ist sehr veränderlich und in der Hauptsache von dem Grundwasserstande abhängig; er nimmt zu mit steigendem und vermindert sich mit fallendem Grundwasser.

könnte; jedenfalls ist man bei dem Bellenhofer Wasser in dieser Beziehung sicher.

Das Bellenhofer Wasser ist für den Geschmack zwar etwas weich, erregt aber in dieser Hinsicht keinerlei Bedenken für den Consum; es entspricht im Uebrigen in chemischer, wie in physikalischer Beziehung allen Anforderungen, die man an ein gutes Genusswasser stellen muss, und wäre für die Versorgung Rigas vorzüglich geeignet. Der Punkt 7 der Wiener Wasserversorgungscommission lautet: „Den gestellten Anforderungen genügt nur ein **weiches Quellwasser**, dieses ist allein zur Trinkwasserversorgung geeignet.“ Das Bellenhofer Grundwasser ist ein solches; denn Quellwasser und Grundwasser sind in genetischer Beziehung identisch. Dieses Wasser als Tagewasser zu bezeichnen oder mit letzterem auf eine Stufe zu stellen, widerspricht aller Logik. Es können blos Erwägungen **finanzieller** Natur sein, welche bei seiner Einführung in Frage kommen dürfen.

Die vorgeschlagenen Projecte der Versorgung Rigas mit artesischem Brunnenwasser. Die Schwierigkeiten, welche sich einer befriedigenden Lösung der Rigaschen „Wasserfrage“ bisher entgegengestellt haben, sind vermuthlich Veranlassung gewesen, mit neuen Vorschlägen in dieser Richtung hervortreten, welche sich auf die Benutzung des Tiefgrundwassers der Stadt stützen. In dieser Beziehung sind zwei neue Vorschläge zu verzeichnen, die bisher noch keiner öffentlichen Erörterung unterzogen worden sind. Nach dem Vorschlage des Herrn Mag. Johanson soll eine grössere Anzahl von Tiefbrunnen, etwa 200,

in der Stadt, gleichmässig vertheilt, angelegt und das Wasser derselben als Genusswasser verwandt werden, während das dafür nicht geeignete Dünawasser, wie bisher, mittelst der Leitung den Consumenten für die übrigen häuslichen und für die gewerblichen Zwecke zugeführt werden soll. Herr v. Goetschel will dagegen dem unteren Grundwasserstrom das ganze für die Stadt erforderliche Wasserquantum entnehmen und die bisherigen Rohrleitungen damit speisen, während nach dem ersteren Project die Consumenten sich das Brunnenwasser in grösserer oder geringerer Entfernung von den Strassen zu holen hätten. Beide Vorschläge gehen von der Voraussetzung aus, dass das Tiefbrunnenwasser überall die für Genusszwecke nothwendigen chemischen und physikalischen Eigenschaften besitze oder doch in geeigneter Qualität beschafft werden könne. Hierin liegt aber, wie später gezeigt werden soll, ein sehr bedenklicher Irrthum, der das eine Project als ganz aussichtslos erscheinen lässt, das andere aber an Bedingungen knüpft, die vom Urheber desselben, dem die geologischen und hydrologischen Verhältnisse des Untergrundes der Stadt nicht bekannt sein konnten, nicht beachtet worden sind und die einer näheren Beleuchtung bedürfen.

Wie bekannt, sind seit etwa zwei Jahrzehnten die artesischen Brunnen in Riga sehr in Aufnahme gekommen und dienen z. Thl. zur Versorgung einzelner Stadttheile, wie der Mitauer Vorstadt, mit Genusswasser, theils zur Deckung des Wasserbedarfes vieler industrieller Etablissements*); einzelne dieser Brunnen

*) Vergl. M. Glasenapp: „Ueber Tiefbrunnen und Tiefbrunnenwasser in den baltischen Provinzen und den angrenzenden Gouvernements“, „Rig. Ind.-Ztg.“ Jahrg. 1885, S. 240 u. 252.

zeichnen sich durch eine bedeutende Ergiebigkeit aus. Der allem Anschein nach sehr beträchtliche Wasserreichthum des unterdevonischen Sandes hatte mich bereits früher veranlasst, dem Gedanken an eine allgemeinere Verwendung des Tiefbrunnenwassers für den städtischen Consum näher zu treten. Jedoch erschien es geboten, zuerst an die Ermittlung der Qualität des Wassers zu gehen, bevor Vorschläge zur allgemeineren Einführung gemacht werden konnten. Da analytisches Material bis dahin (1885) in nur sehr beschränktem Maasse zur Verfügung stand, so veranlasste ich die beiden Studirenden der chemischen Abtheilung des Rigaschen Polytechnikums, die Herren J. Goldstein und J. Starik, eine grössere Anzahl von Rigaschen Tiefbrunnenwässern einer vollständigen quantitativen chemischen Analyse zu unterziehen. Auf diese Weise wurden im Ganzen 19 Tiefbrunnen untersucht, und diese lieferten, zusammen mit 5 älteren, ein Material, das nicht nur den allgemeinen Charakter des städtischen Tiefbrunnenwassers erkennen liess, sondern auch in der Folge, zusammengehalten mit neuen Untersuchungsergebnissen, noch nach einer anderen Richtung ein interessantes und für die Lösung der Rigaschen Wasserfrage vielleicht zu verwerthendes Resultat ergab.

Wie nach einigen älteren Untersuchungen solcher Wässer*) und namentlich nach dem geologischen Charakter des Untergrundes der Stadt zu befürchten war, erwiesen sich mit wenigen Ausnahmen sämtliche Tiefbrunnenwässer dermaassen gypshaltig (von 29—377 mg Gyps in 1 Liter), dass von einer Verwendung derselben für Genusszwecke im Grossen von vornherein

*) Vergl. „Ueber Tiefbrunnen etc.“ vom Verf. a. a. O.

Abstand genommen werden musste und die Angelegenheit weiter zu verfolgen zwecklos erschien. Der Herr Verfasser der Trinkwasserbroschüre ist allerdings zu einem entgegengesetzten Ergebniss gelangt, indess auf Grund unzulänglicher Kenntniss des chemischen Charakters des Tiefbrunnenwassers*). Er behauptet zwar, Herr Thiem hätte mit der Wahl der 3 artesischen Brunnen, deren er in seiner früher genannten Schrift erwähnt, als Fremder wenig Glück gehabt, da ihr Wasser sich reich an Gyps zeigt. Doch charakterisiren diese 3 Brunnen die Qualität des Rigaschen Tiefbrunnenwassers sehr viel besser, als diejenigen, welche der Autor der Trinkwasserbroschüre als Norm annimmt (S. 81) und auf Grund deren er sein Project der 200 Tiefbrunnen für die Wasserversorgung der Stadt empfiehlt. Die 6 in der erwähnten Broschüre (S. 81) aufgeführten Analysen stammen ohne Ausnahme von Wassern aus der nordöstlichen Peripherie der Stadt, wo sich allerdings ein vorzügliches Wasser findet; doch sind sie für die übrige Stadt durchaus nicht maassgebend und dürfen aus ihnen keinerlei Schlüsse auf die allgemeine chemische Natur des Tiefbrunnenwassers der Stadt gezogen werden. Herr Mag. Johanson, welcher der Ansicht ist, dass gypshaltige Wässer nur in den mitteldevonischen Dolomiten vorkommen, empfiehlt für diesen Fall, die Bohrlöcher zur Correctur des Wassers zu vertiefen, bis in die unterdevonischen Sande hinabzuführen. Damit wird aber nach meinen Beobachtungen der beabsichtigte Zweck nicht erreicht. Die Dolomitetage ist, vermuthlich wegen ihrer Zerklüftung, überhaupt

*) Die Ergebnisse der Untersuchungen der Herren Goldstein und Starik sind erst im October vorigen Jahres in Nr. 17 der Ind.-Ztg. von mir veröffentlicht worden.

wasserarm, wie man an dem Stromlauf der Düna zwischen Stockmannshof und Kokenhusen und im Persehtal, wo die Profile dieser Etage auf weite Strecken hin entblösst sind und nur spärliche Wässerchen gelegentlich zwischen den Felsschichten zum Vorschein kommen, sehr gut beobachten kann. Aus diesem Grunde hat man die Sohle der weitaus meisten, wenn nicht aller städtischen Bohrlöcher bereits mehr oder weniger tief im unterdevonischen Sande angelegt, und doch sind diese Wässer, soweit sie unter dem Boden der Stadt hinfließen, fast immer sehr gypsreich. Ueberhaupt lässt sich ein Zusammenhang zwischen der Tiefe der Bohrlöcher und dem Gypsgehalt ihres Wassers nicht erkennen, wie die folgende Uebersicht zeigt:

B r u n n e n .	Tiefe in Fuss russ.	mg Gyps in 1 l Wasser.
Brauerei Kuntzendorff	99	115
Sprit- u. Hefefabrik Wolfschmidt	110	110
Makarows Badeanstalt (Pet. Vorst., Vorburg)	130	158
Seemannshaus	146	163
Hartmann, Oelfabrik, Thorensberg	150	296
Brauerei Stritzky	152	58
Haus Mohr, Hagensberg	166	167
Schmidt, Oelfabrik, Thorensberg .	185	95
Starr, Cichorienfabrik	200	252
Haus Hammer, Säulenstr.	204	108
Kroeger, Badeanstalt	250	139
Tusow, Badeanstalt	265	110

Es ist daher mindestens sehr zweifelhaft, dass es gelingen wird, durch Hinabgehen in noch tiefere Schichten als 250' ein geeigneteres Wasser aufzufinden, ganz abgesehen davon, dass tiefere Bohrung vermehrte Kosten zur Folge haben würde.

„Der Genuss gypshaltigen Wassers verursacht aber Verdauungsbeschwerden, und selbst den Kretinismus will man auf diese Ursachen zurückführen; die positiven Beweise fehlen allerdings für die letztere Behauptung“, — schreibt der Autor der Trinkwasserbroschüre (S. 9). Wenn nun auch der Kretinismus nicht ernst genommen werden kann, sondern sich als ein harmloser Complice des gefürchteten Rhachitis-Gespenstes, als eine Verlegenheitserfindung, gemacht, „um zu erklären, was man nicht weiss,“ ausweisen dürfte, so bleiben nicht allein die Verdauungsbeschwerden übrig, sondern die grosse Härte des Wassers (9,5—23,2°) würde im Haushalte als mannigfach sehr störend empfunden werden; so lassen sich Erbsen und Bohnen damit nicht weich kochen, die grosse Kalkmenge des Wassers wirkt härtend auf das Legumin dieser Hülsenfrüchte, vielleicht auch auf andere Proteinstoffe*), woraus sich die Verdauungsbeschwerden wohl auch ungezwungen erklären lassen. Schon aus diesen Gründen wird man auf die Ausführung des Johansonschen Vorschlages unbedingt verzichten müssen, ganz abgesehen von den vielen Unbequemlichkeiten, welche das Abholen und der Transport des Wassers von den Brunnen bei den vielfach engen Strassen und schmalen Trottoirs und die dadurch bedingten Verkehrsstörungen nothwendig zur Folge haben müssen und die den ganzen Zweck der Anlage illusorisch machen können. Eine derartige Lösung der Frage würde die Stadt voraussichtlich, nachdem sie sich an die häusliche Wasserleitung ge-

*) Nach Fischer machen sich ähnliche unangenehme Wirkungen auch beim Kochen von Gemüse und Fleisch geltend. Wegen derselben hat ein solches Wasser den Namen „hart“ erhalten.

wöhnt, wohl nur als einen „Fortschritt rückwärts“ empfinden. So verbietet sich dieses Project von selbst; im Namen der Wissenschaft die Ausführung desselben gar zu verlangen, zeugt von einer völligen Unkenntniss der einschlägigen Verhältnisse und der Verwirrung, welche die Trinkwasserbroschüre des Herrn Mag. J. angerichtet.

Ebensowenig darf ich Herrn v. Goetschels Project in der von ihm vorgeschlagenen Weise zur Ausführung empfehlen, da es von derselben irrigen Voraussetzung bezüglich der Qualität des artesischen Brunnenwassers ausgeht, wie das des Herrn Mag. Johanson. In der Nähe des Wasserwerkes, wo die Brunnen angelegt werden sollen, wird sich gypsfreies Tiefgrundwasser sicherlich nicht finden lassen.

Neuer Vorschlag zum Versuch der Lösung der Trinkwasserfrage Rigas.

Wie aus den vorhergehenden letzten Ausführungen ersichtlich und ich nachgewiesen zu haben glaube, sind die bisherigen Vorschläge zur Versorgung der Stadt mit Tiefbrunnenwasser nicht sonderlich geeignet, die Frage der Wasserversorgung Rigas zu fördern, bez. zu lösen. Eröffnen sich neue Aussichten für die Beschaffung eines brauchbaren Wassers nicht, so würde man sich ohne Zweifel entweder für das Dünawasser, filtrirt oder unfiltrirt, oder für das Bellenhofer Wasser entscheiden müssen; insofern bliebe keine Wahl. Als schädlich oder sanitär bedenklich kann das Dünawasser freilich nicht betrachtet werden; im Uebrigen gehen ihm alle Eigenschaften eines guten Genusswassers ab. Die Filtration über Sand kann daran nur wenig ändern, und die durch sie bewirkte Abscheidung der quantitativ jedenfalls nur minimen

Mengen von Algen, Diatomeen, des Thones und eines Theiles der durchaus harmlosen Wasserbacillen kann kaum als ein Aequivalent für die sehr grossen Anlage- und Betriebskosten der Filtration gelten. Auf Bacillenfreiheit lege ich bei fliessendem Wasser, das nicht etwa Stadtlaugen, überhaupt abnorme verunreinigende Stoffe, wie z. B. das Elbewasser bei Hamburg, aufzunehmen hat, nicht den geringsten Werth. Diese zu fordern, halte ich für einen zwar modernen, aber auf falschen Vorstellungen über das Wesen der saprophytischen Mikroorganismen begründeten Sport. Es entbehrt dieser Kampf des Menschen mit seinen kleinen Wohlthätern, deren stillen unermüdlischen Thätigkeit in der Zubereitung des abgestorbenen organischen Materials für die Assimilation durch die Pflanzenwelt, also Rückführung desselben in den Kreislauf des Stoffes in der Natur, er überhaupt die Möglichkeit der Existenz verdankt, nicht einer gewissen, sich natürlich nicht bewussten Tragikomik, wobei noch die Inconsequenz zu verzeichnen ist, dass man diese mikroskopischen Lebewesen durchaus nicht im Wasser haben will, während wir sie in den uns unmittelbar umgebenden Medien ruhig zulassen. Wer durchaus „keimfreies“ Wasser verlangt, sollte folgerichtig auch nur durch Baumwolle filtrirte Luft athmen und auf sterilisirtem Boden leben, in ausgedämpfter Wäsche einhergehen und sterilisirte Nahrung zu sich nehmen. Wir athmen aber die Bacillen der Luft ein, wie die Fische die des Wassers; und keinem geschieht dabei ein Leid. Es hat keinen Sinn, die eine Quelle zu verstopfen, wo noch viele andere fliessen, wenn es sich dabei um unschädliche Dinge handelt. Es klingt dem Laien zwar sehr erschrecklich, dass in einem Glase Rigaer

Leitungswasser (nach meinen eigenen Untersuchungen) bis zu 13 Millionen Sporen von Mikroorganismen vorkommen können; eine richtige Vorstellung von diesem Quantum erhält man aber erst, wenn man berücksichtigt, dass 1000 Mill. ausgewachsene Coccen (von $0,001\text{ mm}$ Durchmesser) dazu gehören, um den Raum von einem Cubikmillimeter, entsprechend etwa dem eines halben kleinen Stecknadelkopfes, auszufüllen, während die Sporen der Wasserbacillen so klein sind, dass sie mittelst des Mikroskopes direct überhaupt nur schwer aufgefunden werden können, und man zu einer Nährlösung greifen muss, um sie wachsen und dadurch erst wahrnehmbar zu machen. Ausgewachsene Bacillen sieht man bei directer Untersuchung des Leitungswassers überhaupt selten, und dies kann als der beste Beweis dafür gelten, dass dieses Wasser selbst für saprophytische Mikroorganismen ein sehr schlechter Nährboden ist! Nur ein sehr geringer Procentsatz der Sporen kommt aus Mangel an Nahrung zur Entwicklung. Anders verhält es sich natürlich mit den Schmarotzern, den pathogenen Bacillen; indess darf man aus der Thatsache, dass man in Riga bisher dem Leitungswasser eine Rolle bezüglich der Verbreitung epidemischer Krankheiten zuzuschreiben keinerlei Veranlassung hat, wohl schliessen, dass dasselbe für derartige Mikroorganismen einen ganz ungeeigneten Boden bildet, was, wie bereits früher erwähnt, auch voraussichtlich für den Cholerabacillus zutreffen wird; natürlich, soweit es sich um das Stromwasser und nicht um die mehr oder weniger verunreinigten todten Arme der Düna handelt. Wegen des Cholerabacillus wird man sich mit der Filtration des Dünawassers vermuthlich nicht zu beeilen brauchen, — und wegen der saprophytischen Bacillen halte ich sie für überflüssig.

Das Bellenhofer Grundwasser ist seiner Qualität nach für die Wasserversorgung zwar vorzüglich geeignet, und voraussichtlich dürfte auch die Quantität desselben genügen; denn es darf, sobald die durch die Wasserentnahme bewirkte Depression des Grundwasserspiegels das Niveau der benachbarten wasserreichen Seen erreicht, ein Zurückströmen deren Inhaltes in den Boden und zur Entnahmestelle hin wohl erwartet werden, ein Vorgang, der das Gegenheil zur Speisung der Seen durch das Grundwasser bildet. Dass die Qualität des Wassers dadurch vermindert werden könnte, ist bei dem langen Filtrationswege durch die reinen sandigen Schichten nicht zu befürchten. Leider befindet sich dieses vortreffliche Wasserreservoir in einer beträchtlichen Entfernung (ca. 13 Werst) von der Stadt, weshalb die Kosten der Ausführung dieses Projectes, namentlich bei doppelter Rohrleitung, bekanntlich so erheblich (über 2 Mill. Rbl.) ausfallen, dass die Realisirung desselben mit nur unverhältnissmässig grossen Opfern erkaufte werden kann, so wünschenswerth die Acquisition eines so vortrefflichen Wassers für die Versorgung der Stadt auch erscheint.

Angesichts dieser Sachlage, welche die definitive Entscheidung der Wasserversorgungsfrage Rigas bisher natürlich sehr erschwert und die Verhandlungen über dieselbe in die Länge gezogen hat, muss man sich die Frage vorlegen, ob durch das wenig geeignete Dünawasser und das theure Bellenhofer Grundwasser die Möglichkeiten der Wasserversorgung Rigas überhaupt erschöpft sind und die allerdings schwierige Aufgabe keine befriedigendere Lösung durch Beschaffung eines guten und billigeren Wassers zulässt?

Ich glaube diese Frage auf Grund von Beobachtungen aus jüngster Zeit verneinen zu dürfen; wenigstens erscheint mir eine günstigere Lösung nicht durchaus ausgeschlossen. Es sei mir gestattet, die Gründe für diese Annahme in Nachfolgendem auseinanderzusetzen.

Es wurde bereits (S. 45) erwähnt, dass die von mir veranlassten Tiefbrunnenwasser-Untersuchungen der Herren Goldstein und Starik einen meist sehr hohen Gypsgehalt und übergrosse Härte des Wassers nachgewiesen haben; gypsfreies Wasser hatte ich bis dahin in den artesischen Brunnen Rigas nicht gefunden. Wohl aber fiel mir sogleich die Thatsache auf, dass die Brunnen auf dem linken Dünaufer einen im Durchschnitt fast 2 mal so grossen Gypsgehalt zeigten, wie die der rechtsufrigen Stadt. (12 Brunnen des linken Ufers enthielten im Durchschnitt 195, — 8 Brunnen des rechten 100 mg Gyps im Liter Wasser.) Weitere Schlüsse aus dieser Erscheinung konnte ich damals (1887) aus Mangel an analytischem Material nicht ziehen. Im Jahre 1891 habe ich zum ersten Mal die völlige Abwesenheit von Gyps im Wasser des 150' tiefen artesischen Brunnens der „Rigaer Maschinenfabrik und Eisengiesserei vorm. Felsler & Co.“, gr. Alexanderstr. 164 (in der Nähe des Alexanderthores), constatiren können. Weiteres Wasser mit Spuren von Gyps fand Herr Mag. Johanson in den Tiefbrunnen des 2. Kinderasyles des Armendirectoriums (Hospitalstrasse) und in der Bleiweissfabrik von Kamarin (neben der Felserschen Fabrik), was ihn offenbar zu dem günstigen Urtheil über die Beschaffenheit des Rigaschen Tiefbrunnenwassers im Allgemeinen und später zu dem von ihm empfohlenen Modus der Trinkwasserversorgung aus gesonderten artesischen Brun-

nen geführt hat. Alle diese Brunnen sind am nördlichen bez. nordöstlichen Rande der Stadt belegen.

Trägt man nun die Milligrammziffern für den Gypsgehalt pro Liter Wasser unter Berücksichtigung der Lage der Tiefbrunnen auf den Plan der Stadt Riga auf, wie dies auf Taf. II geschehen, so findet man, dass der Gypsgehalt im S und SW der Stadt im Allgemeinen die grösste Ziffer erreicht, dann in der Richtung nach N bez. NO allmähig sinkt, um in der Linie Rothenberg-Felserfabrik schliesslich zu verschwinden. Sehr deutlich kommt diese Erscheinung in einer von NNO nach SSW verlaufenden, gebrochenen Linie zum Ausdruck, welche die Punkte Irrenanstalt Rothenberg und Gravenhof mit einander verbindet und die folgenden artesischen Brunnen berührt, deren Gypsgehalt nachfolgend gleichfalls verzeichnet ist:

Gypsgehalt des artesischen Brunnenwassers in mg per Liter.	Ort des artesischen Brunnens.
0*)	Irrenanstalt Rothenberg.
35	Kielsteins Gerberei.
58	Stritzkys Brauerei.
110	Wolfschmidts Hefe- u. Spritfabrik.
163	Schloss.
163	Seemannshaus.
167	Haus Mohr, Hagensberg.
187	Gravenhof.

*) In der Broschüre des Herrn Mag. Johanson ist in der Tabelle, welche die chemische Analyse verschiedener Rigascher Tiefbrunnenwässer enthält (S. 81), der Schwefelsäuregehalt des Rothenberger Wassers mit einem Strich (—) angegeben, woraus ich geschlossen habe, dass dieses Wasser gypsfrei sei. Privatim habe ich erfahren, dass die Schwefelsäurebestimmung hier indess überhaupt nicht ausgeführt worden. Wenn das Rothenberger Wasser demnach noch etwas Gyps enthalten sollte, so würde dieses doch im Allgemeinen die obigen Schlüsse nicht alteriren,

Aehnliche parallel der eben genannten verlaufende Linien würden sich bei reichlicherem analytischem Material voraussichtlich noch mehr construiren lassen. Diese Thatsache erscheint für die Erbohrung gypsarmen oder gypsfreien Wassers sehr wichtig. Während demnach, wie auf S. 46 gezeigt wurde, zwischen Tiefe des Bohrloches und dem Gypsgehalt des Wassers keine Relationen sich nachweisen lassen, nimmt der letztere in der Richtung von S nach N, bez. SW nach NO allmähig ab, um an der nordöstlichen Grenze der Petersburger Vorstadt völlig gypsfreiem Wasser Platz zu machen.

Diese Abnahme des Gypsgehaltes in der angedeuteten Richtung findet, soweit das jetzt verfügbare Untersuchungsmaterial einen Einblick in die Tiefgrundwasser-Verhältnisse der Stadt zulässt, mit einer solchen Regelmässigkeit statt, dass aus der Milligrammziffer für den Gypsgehalt annähernd die Zone des Tiefbrunnens bestimmt werden kann. Diese Erscheinung hängt auf das Engste mit den geologischen Verhältnissen des Bodens unter der Stadt zusammen. Letztere ist genau auf der Grenze des mittleren und des unteren Devon gelegen; auf diesem aber nur mit einem sehr kleinen peripherischen Antheil im N und NO der Stadt. Das mittlere Devon, auf welches der bei Weitem grösste Antheil der letzteren entfällt, zeichnet sich aber durch einen grossen Reichthum an Gyps aus, und da das Wasser des unter den gypsführenden Schichten befindlichen unterdevonischen Sandes, in welchem die Sohle der Brunnenbohrlöcher gelegen ist, stets mehr oder

da im NO der Stadt anderweitige drei Tiefbrunnen mit gypsfreiem Wasser ganz sicher bekannt sind. Im Uebrigen sollte die Bestimmung der Schwefelsäure bei artesischem, für Genussszwecke bestimmtem Wasser nie unterlassen werden.

weniger Gyps enthält, so fehlt es anscheinend an einem isolirenden Material, das die beiden devonischen Schichtensysteme von einander wasserdicht abschliesst, worauf auch Herr Thiem in dem genannten Bericht S. 55 hinweist. Die Grenzlinie beider Systeme hält bei Riga im Allgemeinen die Richtung OW ein und geht anscheinend etwas südlich der Irrenanstalt Rothenberg und der Felserschen Fabrik. Nördlich dieser Linie enthält das Tiefbrunnenwasser, wie die beiden letztgenannten Punkte zeigen, keinen Gyps mehr und ist von vorzüglicher Beschaffenheit, — soweit das bis jetzt vorhandene, allerdings recht unzulängliche Material einen allgemeineren Schluss gestattet.

Aber noch eine weitere Eigenthümlichkeit in der Aenderung der chemischen Beschaffenheit des Tiefbrunnenwassers lässt sich constatiren: es scheint die Härte desselben in der Richtung von Rothenberg zur Felserschen Fabrik hin abzunehmen. So beträgt dieselbe in Rothenberg selbst $12,9^{\circ}$, im zweiten Kinderasyl des Armendirectoriums $9,1^{\circ}$, bei der Felserschen Fabrik $9,5^{\circ}$, der Kamarinschen Bleiweissfabrik $5,4^{\circ}$; letztere entnimmt das Wasser allerdings in viel geringerer Tiefe (ca. 75'), als die benachbarte Felsersche Fabrik (ca. 150').

Aus der Thatsache, dass nördlich der oben erwähnten Grenzlinie der beiden devonischen Schichtensysteme das Tiefgrundwasser gypsfrei auftritt, muss geschlossen werden, dass der Lauf dieser unterirdischen Wasserströme im Allgemeinen NO — SW bis N — S gerichtet ist; denn im entgegengesetzten Falle wäre ein Verschwinden des Gypses aus dem Wasser ausgeschlossen. Bei der erwähnten Richtung tritt der Grundwasserstrom von NO bis N her unter das Terrain der Stadt ein, laugt hier die mittel-

devonischen Gypse des Randgebietes aus und reichert sich successive, seinen Weg nach SW bis S fortsetzend, mit denselben an, wie dies aus der Linie Rothenberg-Gravenhof hervorgeht. Auf eine solche Stromrichtung konnte aber auch schon a priori aus dem geologischen Aufbau der baltischen Provinzen, bez. Finnlands geschlossen werden. Denkt man sich von Finnland nach Kurland eine von N nach S gehende Linie gezogen, so zeigt sich, dass auf dieser die älteren geologischen Gebilde nach S hin immer mehr in die Tiefe hinabsteigen und sich ihnen in dieser Richtung die jüngeren Gebilde dachziegelartig auflagern: die finnischen Granite erscheinen am Südufer des finnischen Meerbusens, an der estländischen Küste, von untersilurischen Schichten überlagert; weiter nach Süden hin treten mittel- und obersilurische Gebilde an die Oberfläche, bis auch diese im nördlichen Livland tiefer hinabsteigen und das untere Devon sie bedeckt. Desgleichen treten die unterdevonischen Sande und Sandsteine, die z. B. an der livl. Aa, also nicht weit von Riga, noch oberhalb des Niveaus des Flusses (Gutmannshöhle) zu Tage gehen, bei Riga erst in Tiefen von 75 bis 100 Fuss und darüber auf; über ihnen lagern hier mitteldevonische Kalkstein-, Dolomit-, Mergel- und Gypsschichten, die im südlichen Kurland zum Theil wieder unter dem jüngeren Zechstein verschwinden. Alle diese Formationen zeigen anscheinend ein Gefälle von N nach S und weisen dadurch den in ihnen auftretenden Gewässern im Allgemeinen dieselbe Richtung an*).

*) Diese theoretische Ableitung der Stromrichtung des Tiefgrundwassers ist durch eine interessante Beobachtung aus der Praxis inzwischen bereits direct bestätigt worden. Herr Kunze theilte in der Sitzung des Technischen Vereins vom 2. März c. mit, dass bei dem Bohren des Brunnens in der Kymmelschen

Den allgemeinen geologischen Verhältnissen der baltischen Provinzen, sowie den speciellen der Umgebung Rigas und der Vertheilung des Gypses in den hier erbohrten Tiefbrunnen entsprechend, darf man also im Norden und Nordosten der Stadt, so zu sagen vor den Thoren derselben, einen Strom von Tiefgrundwasser erwarten, dessen chemische wie physikalische Eigenschaften voraussichtlich allen billigen Anforderungen genügen würden, die man dem Genusswasser zu stellen berechtigt und verpflichtet ist. Sollte dieses Wasser noch in einer für die Versorgung Rigas ausreichenden Quantität beschafft werden können, so würden die Anlage- und Betriebskosten einer solchen Wasserversorgung sich vermuthlich sehr viel billiger stellen, als die mit filtrirtem Dünawasser oder Bellenhofer Grundwasser; man würde dann nicht allein ein gutes, sondern auch relativ wohlfeiles Wasser haben können.

Die Bedeutung dieses von N bez. NO der Stadt Riga zufließenden unteren Grundwasserstromes für die Stadt liegt somit auf der Hand: es eröffnet sich hier eine neue Perspective für die Lösung der Frage über die Beschaffung geeigneten und nicht zu theuren Wassers zur Versorgung der Stadt, und falls sich meine Voraussetzungen bezüglich der Qualität des Wassers bestätigen und durch etwaige Versuche auch der Beweis erbracht werden sollte, dass die Ergiebigkeit des Tiefgrundwasserstromes ausreicht, um den

Brauerei ein an der Ecke der Säulen- und Alexanderstrasse, Haus Hammer, befindlicher artesischer Brunnen trübes Wasser zu liefern angefangen habe; es war somit hier dieselbe Wasserader oberhalb des Hammerschen Brunnens angebohrt worden. Verbindet man die beiden Punkte, so zeigt die Linie annähernd die Richtung N—S. (Die Trübung ist nach Vollendung der Bohrung verschwunden.)

Bedarf der Stadt zu decken, so würde diese Lösung der obigen Frage vermuthlich in jeder Beziehung befriedigen können; es ist indess aber auch noch eine andere denkbar, wie später ausgeführt werden soll.

Wenn nun auch die Qualität des Tiefgrundwassers im NO der Stadt ziemlich sicher gestellt erscheint, so lässt sich dasselbe natürlich von der Quantität nicht sagen; doch werden sich bezüglich dieser aus den speciellen geologischen Lagerungsverhältnissen und der an Rigaschen Bohrbrunnen hinsichtlich ihrer Ergiebigkeit gewonnenen Erfahrungen immerhin einige Folgerungen ableiten lassen. Herr Thiem äussert sich in seinem genannten Bericht S. 18: „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.“ Das Rigaer Tiefbrunnenwasser ist von ihm mit Recht verworfen worden, weil zu der Zeit (1882) nur stark gypshaltige Wässer bekannt waren und man nicht wusste, wo man ein weicheres und gypsfreies bez. gypsarmes Wasser zu suchen hat.

Die Thiemschen Bedenken, welche sich anscheinend gegen die Aufsuchung von Wasser in sehr alten primitiven Formationen mit complicirten Lagerungsverhältnissen — und hier sicherlich mit Recht — richten, haben für die Rigaer Verhältnisse eine wohl nur sehr beschränkte Giltigkeit. Die Lagerungsverhältnisse

der hier in Frage kommenden geologischen Gebilde sind die denkbar einfachsten: für die Aufsuchung des Tiefgrundwassers können hier nur die unterdevonischen Sande und Sandsteine, soweit sie nicht von den mitteldevonischen Kalksteinen, Dolomiten und Gypsen überlagert sind, in Betracht kommen. Spalten und Klüfte, sowie erhebliche Verwerfungen sind in diesen nicht zu erwarten; das Einzige, das hier den Wasserlauf in der Hauptsache bestimmt, ist die Streichrichtung der Schichten, und auf diese kann, wie früher ausgeführt, mit hinlänglicher Sicherheit geschlossen werden. Denkt man sich eine gerade Linie von Riga nach dem Süden des Peipussees gezogen, so bildet diese annähernd die Grenze, an welcher die mitteldevonischen Gebilde beginnen und die unterdevonischen Sande etc. nach Süden hin überlagern. Nördlich dieser Linie liegen die jüngsten, quartären Gebilde unmittelbar über den alten unterdevonischen Sanden und Sandsteinen; was von dem Wasser des Alluviums und Diluviums nicht als oberes Grundwasser durch die sichtbaren Wasserläufe (Tagewasser) abgeführt wird, versinkt in die unterdevonischen Sande und nimmt hier, als artesisches oder Tiefgrundwasser zwischen isolirenden Thonschichten eingeschlossen, der Neigung der Schichten entsprechend, seinen Weg nach S bez. SW; überschreitet es in dieser Richtung die obige Grenzlinie, dann nimmt es den am nördlichen Ufer des ehemaligen mitteldevonischen Meeres hauptsächlich abgelagerten, relativ leicht löslichen Gyps auf und wird successive härter und als Genusswasser unbrauchbar, wie bei Riga. Mitbestimmend für den Weg des Wassers können in zweiter Linie die eingelagerten Schichten von gröberem Detritus sein, in denen das Tiefbrunnenwasser anscheinend häufig auf-

tritt; denn es werden gelegentlich durch den Wasserstrahl kleinere Steine zu Tage gefördert.

Diese unterdevonischen Sande zeichnen sich durch einen seltenen Reichthum an Wasser aus: es ist mir kein Beispiel bekannt, bei welchem man durch Anbohren derselben nicht auf Wasser gestossen wäre; die vielen artesischen Brunnen Rigas bestätigen dies. Zieht man nur in Betracht, dass die Mächtigkeit dieser Gebilde bei Riga mindestens 300 Fuss beträgt; das Profil derselben von mehreren übereinander liegenden und von einander unabhängigen, mehr oder weniger parallel verlaufenden Wasseradern und -Gängen durchsetzt ist; sowie endlich die unbegrenzte Längenentwicklung dieses Profils von W nach O, also quer zur Stromrichtung des Wassers: so erhellt hieraus, dass man es in dem unteren Devon in Bezug auf Wasser mit einer äusserst productiven Bodenschicht zu thun hat, der auch dann noch sehr grosse Wassermengen entnommen werden können, falls die Ergiebigkeit der einzelnen Wassergänge keine sehr beträchtliche sein sollte. Hier ist das Ergebniss der Bohrungen gänzlich dem „Spiel des Zufalls“ und dem „glücklichen Griff“ entrückt und auf eine vollkommen sichere Basis gestellt, welche langjährige Erfahrung geschaffen. Diese Thatsache kann nicht genug betont werden gegenüber den auch jetzt noch vernehmbaren Aeusserungen von Rigensern, nach denen das Erbohren artesischer Brunnen in Riga und Umgegend ein Glücksspiel sei. Letzteres konnte bisher wohl nur in Bezug auf die Qualität gelten; seitdem aber die Gesetzmässigkeit im Auftreten des Gypses in den Tiefbrunnenwassern Rigas erkannt worden, lässt sich mit einiger Sicherheit auch der Ort in der Nähe der

Stadt bestimmen, an welchem man Wasser geeigneter Qualität und voraussichtlich auch in hinreichender Quantität erwarten darf, — letzteres unter Voraussetzung des Anschneidens eines genügend grossen verticalen und horizontalen Profiles der wasserführenden Schicht.

Die Beispiele von Erfolgen und Misserfolgen bei dem Heranziehen älterer geologischer Formationen zur Wasserversorgung von Städten, welche Herr Thiem in seinem Bericht (S. 19) anführt, sind auf die Beurtheilung des vorliegenden Falles nicht anwendbar; wir können keinen Schluss aus der Analogie ziehen, wo die Analogie mangelt. Man hat sich in jedem einzelnen Falle nach den geologischen Verhältnissen, nach Beobachtungen und, wo diese vorliegen, nach Erfahrungen zu richten; diese allein sind maassgebend; und so muss hier selbstständig vorgegangen werden.

Ich halte es nicht nur für äusserst zweckmässig, sondern angesichts der schwierigen Lösung der Rigaer Wasserfrage für dringend geboten, bevor man sich definitiv für das Dünawasser oder das Bellenhofer Wasser entscheidet, Versuche zur Erschliessung eines geeigneten artesischen Brunnenwassers anzustellen, und zwar auf dem in Taf. II bezeichneten, im NO der Stadt und nördlich der verlängerten Linie Rothenberg-Felsers Fabrik belegenen Terrain, rechts, nöthigenfalls auch weiter nach N, d. h. links von der St. Petersburger Chaussée. Weshalb dort ein gut qualificirtes Wasser erwartet werden kann, ist bereits erläutert worden. Zur Quantität möchte ich mir Folgendes zu bemerken erlauben:

So viele artesische Brunnen in Riga auch im Gebrauch sind, so ist doch über ihre Leistungsfähigkeit, soweit das Maximum derselben darunter zu verstehen ist, so gut wie nichts bekannt. Man weiss nur annähernd, bis zu welchem Maasse sie beansprucht werden, und dieses ist mitunter sehr beträchtlich. So entnimmt die Wolfschmidtsche Hefe- und Spritfabrik ihren drei 5zölligen Bohrbrunnen in 24 Stunden ein Quantum von ca. $540 m^3$, was für jeden Brunnen unter der Voraussetzung, dass er während der ganzen 24 Stunden beansprucht wird, ein Quantum von $2,1 sl$ (Secundenliter) ausmacht, — bei einer Depression von $2,5 m$. Zwei 3zöllige Bohrbrunnen haben seit Eröffnung jener drei grösseren das Wasser zu liefern aufgehört, nicht etwa, weil sie versiegt wären, sondern weil die Depression so stark geworden ist, dass das Wasser die Abflussröhren nicht mehr erreicht. Hier liegt also ein Fall vor, in welchem die Ergiebigkeit des einen Brunnens durch Eröffnung eines benachbarten abgenommen hat, um wie viel, ist nicht ermittelt worden; die 3zölligen Brunnen befinden sich in 100—120' Entfernung von den 5zölligen; alle liegen mit ihrer Sohle in einer Tiefe von ca. 110' und werden wohl von demselben Wassergange gespeist. Ganz in der Nähe ist in neuester Zeit ein 3zölliger Bohrbrunnen bis auf eine Tiefe von 350' hinabgeführt worden, dessen Wasser um mehrere Fuss über dem der 5zölligen Brunnen emporsteigt und von anderer Qualität ist; die Ergiebigkeit desselben ist nicht bekannt, jedenfalls recht beträchtlich. Man kann also Brunnen dicht neben einander anlegen, ohne dass sie sich gegenseitig in ihrer Ergiebigkeit beeinflussen, wenn man das Wasser verschiedenen Tiefen entnimmt, und dies ist ein Factor, welcher die Wasserversorgungsanlage in-

sofern günstig beeinflusst, als er eine Verkürzung des Sammelcanals gestattet, der das Wasser von den einzelnen Brunnen aufzunehmen hat. Auf die Entnahme des Wassers aus verschiedenen Tiefen wird man deshalb besonderes Gewicht legen müssen. Hierbei verdient bemerkt zu werden, dass es sich im Allgemeinen empfehlen wird, mit den Bohrlöchern zum Theil auf grössere Tiefen, eventuell auch über 300', hinabzugehen, vorausgesetzt, dass das Wasser in dieser Tiefe sich nicht etwa qualitativ nachtheilig verändert, was keineswegs ausgeschlossen ist. Einer grösseren Tiefe entspricht ein entfernterer Ursprung des Wassers, ein längerer Stromlauf, und diesem meist eine grössere Ergiebigkeit und ein stärkerer Druck; die beiden letzteren sind aber maassgebend für die Leistung des Brunnens. Bei dem Erbohren des artesischen Brunnens in der Kymelschen Brauerei sank der Bohrer, nachdem er zuvor eine 25' mächtige Thonschicht durchdrungen, in einer Tiefe von ca. 300' plötzlich 3' hinab, worauf das Wasser emporstieg. Der Brunnen leistet bei einem Durchmesser des Bohrloches von 3" und einem solchen des Saugrohres von $2\frac{3}{4}$ " ca. 4 sl bei anscheinend geringer Depression, würde aber ohne Zweifel bei entsprechend grösserem Rohrdurchmesser die doppelte Qdantität und mehr zu liefern im Stande sein. Hier ist vermuthlich ein sehr reicher Wassergang angebohrt worden. Nach Herrn Director Salm lieferten die in der Nähe des Wasserwerkes niedergebrachten Brunnen zwischen 4 und 7 sl; doch soll das Wasser, wohl in Folge unrichtiger Wahl des Ortes, sehr hart gewesen sein. Beobachtungen über die Constanz der Leistungen fehlen jedoch; bei der Wolf Schmidtschen Fabrik hat sich seit mehreren Jahren keine merkliche Veränderlichkeit in der Leistung der Brunnen gezeigt. Eine solche ist über-

haupt nur in demselben Maasse anzunehmen, wie bei dem oberen Grundwasser, da die Entstehung beider Wasser dieselbe ist und sie ausserdem auch in directer Beziehung zu einander stehen (vergl. S. 50).

Allem Anschein nach sind die Rigaer Bohrbrunnen, vielleicht mit wenigen Ausnahmen, sehr ergiebig; leider fehlen aber ziffernmässige Ausdrücke über ihre Leistungen. A priori liegt keine Ursache für die Annahme vor, dass der Wasserreichthum der unterdevonischen Sande dem des Diluviums und Alluviums in der Gegend der weissen Seen nachsteht; denn unter den Ergiebigkeitsziffern für die hier angelegten Bohrlöcher finde ich nur eine, die der des Kymmelschen Bohrbrunnens einigermassen gleichkommt*) (S. 42 des Thiemschen Berichtes), und es ist nicht anzunehmen, dass dieser letztere sich durch eine aussergewöhnliche Ergiebigkeit auszeichnet. Im Uebrigen ist jedes weitere Raisonement hierüber zwecklos, da die Frage der quantitativen Leistung der unterdevonischen Sande in Rücksicht auf die Wasserversorgung der Stadt nur durch exacte Versuche auf dem eben genannten Versuchsfelde beantwortet werden kann.

Wenden wir uns nun diesem auf Taf. II bezeichneten Versuchsfelde zu. Die eingezeichneten Pfeile bedeuten die muthmaassliche Richtung der Tiefgrundwasserströme. Da für die Entnahme des Wassers zur Versorgung der Stadt das Profil dieser Ströme angeschnitten werden muss, so bezeichnen die Linien *AB*, *CD* und *EF*, welche die Stromrichtung senkrecht durchschneiden, die Richtung, in der die Bohrbrunnen, zunächst für den Versuch, anzulegen wären. Diese

*) Man darf hier nicht übersehen, dass die Bohrlöcher am „Weissen See“ mit 20 *cm* Durchmesser, das der Kymmelschen Brauerei mit bloß 7,7 *cm* Durchmesser angelegt worden sind.

Linien können, bei einer etwaigen Entnahme des Wassers im Grossen, beliebig nach O bez. nach ONO verlängert werden, um das zur Versorgung der Stadt erforderliche Profil der Grundwassertröme bez. des unteren Devons anzuschneiden; nach dieser Richtung giebt es vermuthlich keine andere, als die durch den Kostenpunkt bedingte Grenze, ein wesentlicher Vorzug vor dem oberen Grundwasser von Bellenhof, dessen Quantum sich nicht beliebig vermehren lässt, wenn man das Wasser aus den Seen nicht heranziehen will.

Vorausgesetzt, dass die auszuführenden Bohrversuche die zu erwartende Qualität von artesischem Brunnenwasser wirklich ergeben, so erscheinen — je nach dem Ausfall der Quantität — unter Benutzung dieses Wassers zwei bez. drei Lösungen der Rigaer Wasserversorgungsfrage möglich.

Lösung I. Die Versuche wären hier durch Anlegen von Bohrlöchern in der Linie *AB* bis auf verschiedene Tiefen und Beobachtung ihrer Ergiebigkeit, sowie der Beeinflussung der letzteren durch benachbarte Brunnen während der Wasserentnahme, durchzuführen. Reicht das Quantum zur Versorgung der Stadt aus, so würde es sich vermuthlich empfehlen, das Wasserwerk in die Gegend des Griesenberges, jedenfalls in die Nähe der Bohrbrunnen, zu verlegen und auf dem Griesenberge oder einem der benachbarten Dünenhügel das Druckreservoir anzuordnen. Das Wasser könnte alsdann unter solchem Druck zur Stadt geliefert werden, dass eine Erweiterung der Rohrnetze der letzteren vielleicht als unnöthig erscheinen dürfte.

Lösung II. Die Brunnen auf der Linie *AB* erweisen sich als für die Deckung des ganzen Wasserquantums nicht genügend, das anzuschneidende Profil

fällt zu lang aus; indess ergeben sie eine immerhin beachtenswerthe, zur Heranziehung für die Versorgung der Stadt erwünschte Wassermenge. Dann würde es sich empfehlen, die Bohrbrunnen mehr in der Nähe des jetzigen Wasserwerkes, etwa in der Linie *EF*, anzulegen, das von ihnen gelieferte Wasser dem an seiner gegenwärtigen Stelle zu belassenden Wasserwerk zuzuführen und den noch fehlenden Rest des Wassers der Düna, sei es filtrirt oder auch unfiltrirt, zu entnehmen. Für den Fall der Filtration des Dünawassers könnte die theure Filteranlage eine der Quantität des artesischen Wassers entsprechende, sehr wünschenswerthe Reduction erfahren. Auf diese Weise liesse sich die geringe Qualität des selbst filtrirten Dünawassers erheblich verbessern; indess würde wegen des zu geringen Wasserdruckes eine Erweiterung des Wasserrohrnetzes wohl nicht umgangen werden können.

Wie weit es möglich erscheint, bei ungenügendem quantitativen Ergebniss bei Lösung I, das Dünawasser unter Verlegung des Wasserwerkes zur Deckung des Wasserrestes heranzuziehen, d. h. Wasser der Linie *AB* und gleichzeitig Dünawasser etwa vom Griesenberge aus der Stadt zuzuführen, darüber erlaube ich mir kein Urtheil (eventuell Lösung III).

Sollten die unverzüglich auszuführenden Vorversuche zur Erbohrung von artesischem Brunnenwasser auf dem bezeichneten Terrain ein sowohl in qualitativer, wie in quantitativer Hinsicht positives Resultat liefern, so wäre dadurch meiner Ansicht nach die Frage der Wasserversorgung Rigas im denkbar günstigsten Sinne gelöst: man würde gutes und voraussichtlich auch billiges Wasser haben. Die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Wassers würden kaum etwas zu wünschen übrig lassen. Dem Bellenhofer

Wasser gegenüber würden die unverhältnissmässig hohen Kosten für den Erwerb des fraglichen Grundstückes ganz und die noch viel höheren für die Rohrleitung zur Stadt zum grössten Theil in Wegfall kommen. Der Bellenhofer Rohrleitung von ca. 13 Werst Länge würde bei dem artesischen Brunnenwasser eine solche von kaum mehr als 3 Werst Länge gegenüberstehen; denn man wird kaum irren, wenn man annimmt, dass ein Querprofil von dieser Länge bei der enormen verticalen Ausdehnung des unteren Devons für die Beschaffung des erforderlichen Wasserquantums genügt. Dadurch allein würde sich mindestens $\frac{1}{2}$ Mill. Rbl. ersparen lassen. Bei später vermehrten Ansprüchen kann ein beliebiges weiteres Profil der wasserführenden Schicht nach O bez. ONO zur Lieferung herangezogen werden; das Wasserwerk wäre ausdehnungsfähig. Das Wasser befindet sich auf dem Grunde der Stadt; durch die Entnahme desselben wird das Terrain in kaum nennenswerthem Maasse entwerthet.

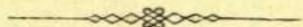
Aber selbst, wenn das ganze für die Versorgung der Stadt erforderliche Quantum durch artesisches Brunnenwasser nicht gedeckt werden sollte, würde die Lösung II bez. III immer noch den Vorzug vor der bisher in Erwägung gezogenen Versorgung mit Dünewasserverdienen, vorausgesetzt natürlich, dass das disponible Quantum des artesischen Wassers nicht gar zu gering ausfällt, was meiner Ansicht nach nicht zu befürchten ist. Die Filtration des Dünewassers ist und bleibt nur ein Nothbehelf, eine wesentliche Verbesserung des Wassers kann durch sie nicht erreicht werden*), und so bleibt eine Beimischung guten Wassers für die Erhöhung der Qualität immerhin sehr erwünscht. Dass

*) Vergl. hierüber auch Thiem, Bericht S. 15.

die Kosten der Filtration durch diese vermindert werden, wurde bereits erwähnt. Ist der fehlende Rest des Dünawassers nicht gar zu gross, übersteigt derselbe $\frac{1}{3}$ des ganzen erforderlichen Quantums nicht, so könnte auf eine Filtration desselben ohne nenneswerthe Schädigung der Qualität auch ganz verzichtet werden.

Die Modalitäten für die Ausführung der Bohrversuche wären am besten durch eine Commission geeigneter Fachleute festzustellen.

Endlich will ich es nicht unterlassen zu bemerken, dass bei einer etwaigen Versorgung der Stadt mit artesischem Brunnenwasser des bezeichneten Terrains eine Verminderung der Ergiebigkeit der städtischen Bohrbrunnen wohl nicht zu befürchten sein würde, da diese ihr Wasser einem weiter nach W gelegenen Profil des Grundwasserstromes entnehmen, wie aus Taf. II ersichtlich ist.



Glaserapp: Vorschlag zur Wasserversorgung Rigas.

Erläuterungen:

- Die Zahlen bedeuten mg. Gyps per Liter Wasser.
- H - Härte des Wassers in O.
- ⊙ Artesische Brunnen.
- Die muthmassliche Richtung des Tiefgrundwasserstromes.
- AB, CD, EF - Zur Stromrichtung senkrechte Linien nach denen die Brunnen anzulegen wären (nölhigen Falles noch weiter nach Norden vorzuschieben.)

