

Die
Wasserversorgung von Pola.

Von

FRANZ KRAUS.
k. k. Regierungsrath.

*Separat-Abdruck aus der Wochenschrift des österreichischen Ingenieur- und
Architekten-Vereines Nr. 31 und 32 1890.*

WIEN 1890.

Im Selbstverlage des Verfassers.

Druck von R. Spies & Co. in Wien.

Zu den Fragen, welche berufen sind, die Aufmerksamkeit der Mitglieder des Ingenieur- und Architektenvereines auf sich zu lenken, gehört unstreitig auch jene der Wasserversorgung von Pola, weil sie wegen der eigenthümlichen Schwierigkeiten, welche ihrer Lösung entgegenstehen, ein erhöhtes Interesse für die Fachkreise besitzt.

Daß die Wasserversorgung unseres ersten Kriegshafens sowohl in quantitativer als auch in qualitativer Hinsicht eine ungenügende sei, ist eine Thatsache, die in den sanitären Verhältnissen von Pola ihren Ausdruck findet. Nicht nur die zarter organisirten Frauen und Kinder, sondern auch wetterharte Männer fühlen den Mangel an gutem Trinkwasser durch häufige Störungen der Gesundheit, und die Trinkwasserfrage steht deshalb mit der Assanierungsfrage in untrennbarem Zusammenhange. Es ist daher erklärlich, daß sich die Marine-Section des k. u. k. Kriegsministeriums seit Jahren mit dieser hochwichtigen Wasserfrage beschäftigt hat; von den Resultaten der gepflogenen früheren Erhebungen ist jedoch leider nichts bekannt geworden. Die Berufung des ausgezeichneten Geologen Ober-Bergrath Dr. Guido Stache und die Publicirung seiner Wahrnehmungen*) war gewissermaßen der erste Act, durch den diese Angelegenheit der Oeffentlichkeit übergeben wurde, und es ist im Interesse der Sache nur zu wünschen, daß die berufenen Kreise diese Frage recht lebhaft discutiren mögen. Auf die Sache selbst aufmerksam zu machen, und der Discussion darüber einen Anstoß zu geben, ist der Zweck der nachfolgenden Ausführungen.

Für diejenigen Fachleute, welche die Arbeiten mit Aufmerksamkeit verfolgt haben, die in den letzten Jahren am Karste zu dem Zwecke gemacht worden sind, um einige unterirdische Wasserläufe zu erforschen, ist es wohl kein Geheimnis, daß für einzelne Fälle ganz verlässliche

*) Die Wasserversorgung von Pola. Geologisch-hydrographische Studie von Dr. G. Stache. Wien 1889, bei A. Hölder.

und durch die Erfahrung erprobte Methoden ersonnen worden sind, um solche Wasserläufe auffinden und weiterhin verfolgen zu können. Was aber über diese Errungenschaften publicirt worden ist, beschränkt sich auf einige Aufsätze in diesem Blatte; eine ausführlichere Zusammenstellung fehlt jedoch noch immer, trotzdem ein reichliches Materiale dafür vorhanden wäre. Dieser Umstand bringt es mit sich, daß jeder Forscher, der sich mit ähnlichen Fragen beschäftigt, genöthigt ist, ganz neue Methoden selbst zu ersinnen oder gewissermaßen das bereits Entdeckte nochmals zu entdecken. Nachdem aber, der bedeutenden Kosten wegen, vorläufig keine Aussicht ist, daß ein mit Karten, geologischen Durchschnitten, Plänen und anderen Illustrationen genügend reich ausgestattetes Werk über das, was man in Bezug auf Karsttechnik in neuerer Zeit erfahren hat, in absehbarer Zeit erscheine, so muss man es dankbar anerkennen, daß die vorliegende Arbeit von Ober-Bergrath *Stache* wenigstens in Betreff von Pola und Umgebung diese Lücke ausfüllt.

Eben solche Anerkennung verdient sowohl die schöne Ausstattung der Tafeln als auch der begleitende Text, der klar und deutlich gehalten, und der auch für Nichtfachleute verständlich und interessant zu lesen ist. Nur bezüglich der Uebersichtskarte möge es gestattet sein, zu bemerken, daß ein größerer Maßstab erwünscht gewesen wäre, denn es ist ganz natürlich, daß auf einer Karte im Maßstabe von 1:50.000 nur eine geringe Anzahl von den für die Beurtheilung der Frage so ungewein wichtigen Abgründen, Dolinen und anderen Karsterscheinungen platzfinden konnte. Dies erschwert die Beurtheilung für Jene, welche die Oertlichkeit nicht aus eigener Anschauung kennen, einigermäßen, weil der Fachtechniker heute schon gewohnt ist, sich durch oberirdische Anzeichen bei der Aufsuchung unterirdischer Wasserläufe im Karstterrain leiten zu lassen, deren untrennbarer Zusammenhang mit unterirdischen Erscheinungen durch vielfache Erfahrungen constatirt ist. Derlei Anzeichen gibt es im Terrain von Pola eine Unzahl, und es mögen vielleicht gerade einige von denen, die wegen Raummangel wegbleiben mussten, über das Vorhandensein von unterirdischen Wasserläufen Demjenigen als wesentliche Anzeichen gelten können, der sie nicht nur vom geologischen, sondern auch vom rein technischen Standpunkte aus betrachtet.

Hält man daran fest, daß die unter dem Namen Dolinen bekannten mulden- und trichterförmigen Bodensenkungen und die weitklaffenden Abgründe ein Resultat der im Karstterrain so wirksamen subterranean Erosion sind, während die engen Schlote durch oberirdische Erosion erweiterte Spalten sind, so wird man leicht zu dem Schlusse kommen, daß beide Formen mit noch thätigen oder mindestens mit ehemals thätigen unterirdischen Wasserspalten in Verbindung stehen müssen, die aber immerhin so enge sein können, daß sie den Namen „Höhlen“ nicht ver-

dienen. Es bedarf keines Beweises, daß überall, wo die Niederschläge rasch in den Karstmulden verschwinden, Spaltensysteme existieren müssen, welche das Wasser abführen, und es ist eben so erklärlich, daß diese Spaltensysteme um so größere Querschnitte haben müssen, je größer das Niederschlagsgebiet ist und je rascher die Aufsaugung stattfindet. Ist dieses Verhältnis nicht vorhanden, so müssen Wasseransammlungen durch Rückstau in den Mulden entstehen, und dies kann so weit gehen, daß förmliche periodische Tümpel oder Seen sich bilden. Wo sich also durch längere Zeit stagnierende Wasseransammlungen in den Karstmulden zeigen, kann man darauf schließen, daß bei den Abflußspalten Verengungen existieren, die entweder eine Folge noch ungenügender Erweiterung durch Erosion sein können oder die durch Deckenbrüche, Einschwemmungen, Verwerfungen oder sonstige mechanische Einflüsse entstanden sind. Es ist evident, daß Quellen, die mit solchen Spalten in Verbindung stehen, welche einen raschen Wasserabfluß gestatten, keinen so constanten Wasserstand zeigen können, wie jene, deren Verbindungspalten mit dem Niederschlagsgebiete so enge sind, daß nur ein langsames Abfließen der hinter dem Hindernisse aufgespeicherten Wassermenge stattfinden kann.

Die betreffenden Reservoirs können ebensogut oberirdisch als unterirdisch liegen, von ihrer Lage hängt aber die Qualität des Wassers, und insbesondere dessen Frische ab. Auch die Höhenlage des Niederschlagsgebietes, sowie die Entfernung desselben von den Quellen ist von Einfluß auf die Eigenschaften des Quellwassers, und thatsächlich sind die Quellen, die in der Umgebung von Pola bekannt sind, von sehr ungleicher Güte. Aber selbst das Wasser der besten davon (der bekannten Carolinenquelle) ist noch weit davon entfernt, die Bezeichnung „vortrefflich“ zu verdienen.

Wo das eigentliche Niederschlagsgebiet der Carolinenquelle liegt, wäre sehr wichtig zu erfahren. Ober-Bergrath *Stache* nimmt an, daß es mit jenem von Pisino identisch, und mit diesem durch unterirdische Canäle verbunden sei, was der Fall sein kann, aber nicht sein muß, weil ja südlich von der Foiba von Pisino noch ein so bedeutendes Niederschlagsgebiet liegt, daß aus demselben eine ganze Reihe von eben so ergiebigen Quellen gespeist werden können, wie die Carolinenquelle. Es würde die große Distanz von fast 40 Kilometer eher gegen die Identität der beiden Wässer sprechen, nachdem auch die Niveaudifferenzen nicht bedeutend genug sind, um den Reibungswiderstand zu überwinden. Nach der Angabe auf Seite 50 des *Stache'schen* Elaborates liegt der feste Grund des Foibakessels kaum mehr als 5 m über der Meeresfläche, und die Aufstauung beträgt bei Niederwasser ungefähr ebensoviel; die Wasseroberfläche liegt also unter normalen Verhältnissen

circa 10 m über der Meeresfläche. Nachdem aber diese Höhe ganz ungenügend ist, um den Reibungswiderstand zu überwinden*), so dürfte es zu empfehlen sein, auch das näher an Pola liegende Niederschlagsgebiet in den Rahmen der Discussion zu ziehen.

Das Durchschnittsgefälle der bereits vermessenen unterirdischen Karstflüsse ist stets ein bedeutendes, weil keiner der bekannten Karstflüsse mit ruhigem, gleichmäßigem Gefälle fließt, sondern stets bedeutenden Hindernissen auf seinem Laufe begegnet, die er zu überwinden hat**). Auch bei dem unterirdischen Laufe des Foibabaches dürfte dies gewiss der Fall sein, da ja die Stelle, wo das Wasser der Carolinenquelle geschöpft wird, schon auf des Bestehen eines Syphons hindeutet.

In dem Elaborate Stache's ist mit Recht auch der Möglichkeit Rechnung getragen, daß die Carolinenquelle aus einem anderen Niederschlagsgebiete stamme, indem die theoretische Erforschung des unterirdischen Laufes der Quelle durch Untersuchung der Schlünde in deren Umgebung empfohlen wird, von denen einige auch in der geologischen und Terrainkarte eingezeichnet sind, die der Arbeit beigegeben ist. Die

*) Professor G. Pillar sagt in seiner Arbeit über den kroatischen Karst (Die Wassernoth im Karste der kroatischen Militärgrenze, Agram 1874, Verlag von Albrecht & Fiedler) über den Reibungswiderstand (pag. 156): „Der Reibungswiderstand aber wächst 1. mit der Länge der Röhre, 2. umgekehrt zur Weite, und 3. im Quadrate der Geschwindigkeit. Für die Röhre zwischen Jasenica und der Sluincicaquelle nimmt er ein Verhältnis von 42 Höhe zur Länge von 3300 an, was allerdings so hoch gegriffen ist, daß man auf bedeutende Widerstände (Syphons etc.) schließen muss.“

**) Anmerkung.

	Länge in Kilom.	Totales Gefälle in Meter	Durchschnitts- gefälle pro mille
Rakitnica von den Schlünden bei Rakitnik bis zu den Spielöchern im Gottscheer Becken . .	2.6	12	4.61
Oberch von der Golubina bei Dane bis zum Quellsyphon bei Ober-Seedorf im Zirknitzerthale .	1.6	15	9.37
Unterirdischer Abfluss des Cepic-Sees von Kozljak bis Fianona am Quarnero	4.5	24	5.33
Poikfluss zwischen Adelsberg und Planina . . .	5.2	48	9.23
Rakbach von der großen Naturbrücke im Rakbachthale bis zur obersten Mülthalquelle bei Planina	3.1	44	14.19
Rakbach von der großen Karlovcahöhle im Zirknitzerthale bis zum Ausbruche an der Selzacher Säge	2.8	41	14.64
Šica von der Schwinde im Račnathale bis zur Gurkquelle	5.1	54	10.60
Unz-Laibach von Planina bis Ober-Laibach . .	9.5	146	15.37
Rasica vom Ponikvethale bis zur Šicaquelle im Račnathale	5.2	140	26.67

Anzahl der in dieser Karte ersichtlichen Schlünde, Dolinen etc. ist jedoch wie bereits erwähnt, eine sehr geringe gegenüber den zahllosen derartigen Erscheinungen, welche in Wirklichkeit vorhanden sind, und wäre die Anfertigung einer eigenen Karte in größerem Maßstabe, welche nur die Quellen, Flüsse, Tümpel und Naturschachte, Karstmulden etc. enthält, sehr vortheilhaft zur Erlangung einer besseren Uebersicht. Es kann ja nicht oft genug betont werden, daß alle Oberflächenerscheinungen, welche die Eigenthümlichkeit des Karstreliefs bilden, in untrennbarem Zusammenhange mit der unterirdischen Erosion stehen, weshalb gerade in der Wasserversorgungsfrage von Pola eine möglichst detaillirte Aufnahme dieser Erscheinungen nothwendig ist. Man würde daraus ersehen können, daß sie dort wie überall am Karste nach einem gewissen Systeme angeordnet sind, und daß sich die oft scheinbare Regellosigkeit in bestimmte Linien auflösen lässt, die sich anscheinend berühren oder kreuzen können, die aber schließlich doch divergirend auseinanderlaufen*).

Diese Linien deuten auf die unterirdischen Wege hin, die zu den Niederschlagsgebieten führen, und wenn sie auch mitunter selbst für den Fachmann schwer zu entwirren sind, so geben sie doch stets Anhaltspunkte, welche die Lösung des Problems erleichtern können. Aus der erwähnten Uebersichtskarte lassen sich nun solche Linien nicht mit Sicherheit construiren, denn es mussten im Interesse der Deutlichkeit manche Details wegbleiben, deren Angabe die Karte durch Ueberfüllung undeutlich gemacht hätte, da dieselbe zugleich Terrain- und geologische Karte ist. Man muss sich daher mit denjenigen Details begnügen, die unterbringbar waren. Diese gestatten es, zwei dieser Linien, allerdings in etwas unvollständiger Weise zu construiren. Die eine beginnt hinter dem Monte S. Daniele und geht durch die Depression nächst dem Kaiserwalde gegen das Hafenende hin. Eine zweite zieht sich vom Monte Turco gegen die Arena und dürfte mit der Carolinenquelle in Verbindung stehen. Wären sämmtliche Anzeichen unterirdischer Erosionsthätigkeit in der Karte verzeichnet, so ließen sich noch viele andere Linien mit ihren Verästungen theoretisch nachweisen, denn ein unterirdisches Flußsystem gleicht vollkommen einem oberirdischen, indem es wie dieses sein Hauptgerinne und seine Seitenzuzflüsse hat. Die beiden nächst dem Monte Turco angegebenen Foiben sind beispielsweise dahin zu deuten, daß sich unweit davon in der Richtung gegen Pola, zwei Arme vereinigen. Das Hauptgerinne aber muss seine Lage in der Gegend des Boschetto durch irgendwelche oberirdische Anzeichen verrathen.

*). Auf diese reihenweise Anordnung haben auch Tietze, Reyer und andere hervorragende Geologen längst aufmerksam gemacht.

Der Maßstab von 1 : 50.000 gestattete ferner nicht die Aufnahme der zahllosen offenen und verschlammten Foiben, deren es ja mitten in der Stadt eine größere Anzahl gibt. Bekannt sind jedem Besucher von Pola jene mit Lehm ausgefüllten Naturschächte, die an der Allee hinter der Arsenalmauer liegen und die mit Süßwasseraustritten im Hafeneingang correspondiren sollen. Gewiss besitzt das technische Bureau in Pola vollständige Aufnahmen, aus denen der verdienstvolle Verfasser nur das Wichtigste zur Anschauung bringen konnte. Aber auch das Gebotene ist schon höchst instructiv, insbesondere an der Hand detaillirter Erläuterungen im Texte der Schrift.

Die Resultate der Untersuchungen Stache's lassen sich in folgende Sätze zusammenfassen :

1. Das Wasser der Carolinenquelle ist das beste bekannte Quellenwasser im Festungsrayon von Pola.*)
2. Die Carolinenquelle ist demzufolge vor Allem für die Wasserversorgung in Betracht zu ziehen.
3. Die Heranziehung anderer Quellen ist trotzdem zu empfehlen, um in der Folge auch einem größeren Bedarfe genügen zu können.

Diesen Sätzen muss unbedingt zugestimmt werden. Bezüglich der in das rein technische Fach schlagenden Vorschläge, welche Ober-Bergrath Stache an diese Fundamentalsätze knüpft, dürften sich in technischen Kreisen hin und wieder divergirende Ansichten geltend machen. Dies steht besonders bei den Maßnahmen bevor, welche für die Vermehrung der Ergiebigkeit und für die Verbesserung der Qualität des Wassers der Carolinenquelle in Vorschlag gebracht werden. Eine sachgemässe Discussion kann diese Angelegenheit nur fördern, und wer dürfte hiezu wohl berufener sein als die Leser dieses Vereinsorganes, welche ja so vielfache Gelegenheit haben, gerade an schwierigen Aufgaben neue Erfahrungen zu sammeln.

Der missliche Umstand, daß über das eigentliche Niederschlagsgebiet der Carolinenquelle noch Zweifel bestehen, drängt dazu, dasselbe vor Allem genau zu ermitteln. Hierfür besitzt die moderne Technik genügende Mittel, und sie hat dies bewiesen bei den Unterfahrungen der Quellen der Wiener Hochquellenleitung, bei den Vorstudien für die Wasserversorgung von Laibach, Triest, Brünn, bei den Arbeiten zur Entwässerung der Kesselthäler von Krain, bei den landwirthschaftlichen Meliorationsarbeiten in der Herzegowina, und bei noch vielen anderen hydrotechnischen Aufgaben. Hierbei gibt es genügende Analogien, die

*) Daß die Wasserversorgung nur durch solche Quellen geschehen kann, die im Bereiche des Festungsraysons liegen, ist aus dem Grunde geboten, um im Falle einer Belagerung den Wasserbezug gesichert zu haben. Wasserleitungen aus entfernten Quellen sind daher nicht in das Programm aufgenommen worden.

herangezogen werden können, um die durch Seitenklüfte unbenützt in das Meer abfließenden Quantitäten nutzbar zu machen.

Vor Allem müsste der Spiegel der Carolinenquelle so weit gesenkt werden, daß eine Untersuchung der Communicationen möglich werde, welche die Quelle mit dem Niederschlagsgebiete einerseits und mit dem Hafen anderseits verbindet. Dazu müsste man in den Zeiten der Dürre die Rohre der Pumpen verlängern und letztere tüchtig arbeiten lassen, um der Hauptspalte näher zu kommen und diese eröffnen zu können. Diese Hauptspalte dürfte, nach der Schichtenstellung in Stache's Plan der Carolinenquelle zu urtheilen, im Anfange bergewärts abfallen, dann aber die Schichten selbst durchbrechen und einen aufsteigenden Verlauf annehmen. Es bedürfte daher nur einer Nachhilfe durch Sprengungen an der Decke, um einen Durchbruch zur Hauptspalte herzustellen, der sich jedoch aus naheliegenden Gründen über dem Niveau des Meeres befinden müsste.

Angesichts der Ergiebigkeit der Quelle kann der aufzuschließende Raum nicht unbedeutend sein, was auch der bedeutende Kalk- und Magnesiagehalt der Quelle andeutet. Gelänge es, diese Höhle aufzuschließen, so würde die Einmauerung der Saugrohre in einer Höhlensperre aus solidem Mauerwerk in einem höheren Niveau*) möglich, wodurch ein natürliches Reservoir geschaffen werden würde, welches nach Bedarf entleert werden könnte. Dann wäre es auch möglich, von Innen aus die Communicationen mit dem Meere so sorgfältig zu verschließen, daß kein Wasser mehr verloren ginge, und daß die Quelle ein- für allemal vor der Vermischung mit Meerwasser geschützt bliebe.

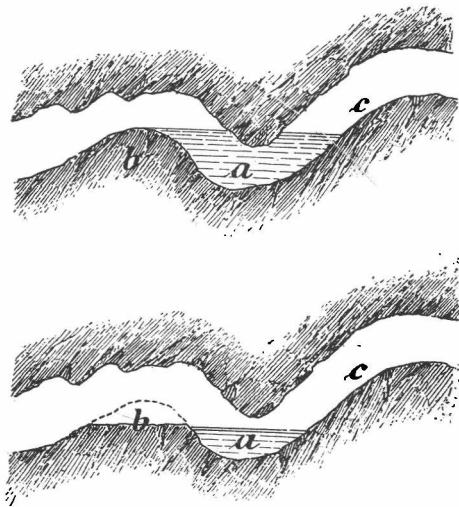
Wie es Stache andeutet, besitzt die Carolinenquelle mehrere Ausflußöffnungen, und er kommt daher zu dem ganz naturgemäßem Schlusse, daß diese Quellen aufgesucht werden sollen, was den Zweck hat, die tiefer liegenden, sowie die Seitenausflüsse in das Hauptgerinne zurückzudrängen. Die minutiöseste Erforschung der Umgebung der Carolinenquelle wird aber niemals die sämtlichen durch kleinere Spalten ausfließenden Quantitäten ermitteln können, indem gewiss viele dieser Spalten directe in den Hafen, und zwar tief unter dem Meeresniveau münden werden. Man kann daher einem Wasserverluste gründlich nur durch Verfolgung der Hauptspalte der Carolinenquelle vorbeugen.

Ist dieselbe einmal eröffnet, so wird es erst möglich sein, die Seitenspalten von Innen aus durch Betonirung zu verschließen**), wodurch allein schon die Ergiebigkeit der Quelle erheblich gesteigert werden muss.

*) Die Quelle käme dann auch mit einem natürlichen Ueberdrucke an der Stelle, wo heute das Pumpwerk steht, hervor.

**) Die von Stache erwähnte Absperrung der Seitenklüfte durch Vermauerung vom Tage aus kann nur bei jenen Spalten wirksam sein, die auffindbar sind, während es noch tiefer liegende geben dürfte, die unerreichbar bleiben.

Die weitere Verfolgung des Quellenlaufes ist unschwer zu bewerkstelligen, sobald man sich im höheren Niveau befindet, weil man dem Wasser entgegen arbeitet, und diejenigen Hindernisse zu beseitigen vermag, die es durch Rückstau an die Decke drängen. Es sei hier beispielsweise bemerkt, daß man bei den Arbeiten zur Entwässerung der Kesselthäler von Krain zu dem Resultate gekommen ist, daß es verhältnismäßig viel leichter ist, von den Quellenausläufen aus zum Niederschlagsgebiete (also von unten nach oben) vorzudringen, als auf umgekehrtem Wege, weil auf erstere Art die Syphons leicht überwunden werden können, während bei der Verfolgung von oben herab das Stauwasser ober demselben geradezu unüberwindliche Hindernisse verursacht, wie es die beigegebene Zeichnung veranschaulicht.



Durch Abtragung der Krone des Hindernisses *b* kann der Syphon *a* entleert werden, und das weitere Vordringen ist möglich, während man bei *c* auf das Stauwasser stößt, dessen Bewältigung unter Umständen ganz unmöglich ist. Derartige Arbeiten sind wiederholt und mit Erfolg am Karste durchgeführt worden. Ein zweiter unter das Meeresniveau reichender Syphon ist nicht zu befürchten. Nur das erste Stück ist daher schwierig, und auch bei diesem kann sich ein geübter Techniker dadurch helfen, daß er die durch Sondirung ermittelte Spalte nicht verlässt und die Stelle des stärksten Auftriebes stets verfolgt, was mit Hilfe des Woltmann'schen Flügels leicht zu bewerkstelligen ist. Sollten

alle diese Mittel nicht helfen, so bliebe noch die Untersuchung mit Hilfe von Taucherapparaten oder ein Stollenvortrieb übrig, deren es aber kaum bedürfen wird.

Sowohl zum Behufe der Vermehrung der Leistungsfähigkeit der Carolinenquelle, als auch zu ihrer Sicherung gegen das etwaige Eindringen von Seewasser ist daher die Aufschließung ihrer Hauptspalte unbedingt nothwendig.

Was Stache von dem beobachteten Eindringen von unreinem Sickerwasser bemerkt, ist von großer Wichtigkeit. Gegen dasselbe ist die Quelle aber nur ausreichend zu schützen, wenn ihr unterirdischer Verlauf mindestens so weit bekannt ist, als der Bereich der Wohngebäude reicht.

Dieser ganze Verlauf muss dann, wo es nöthig ist, erweitert und mit vollkommenen undurchlässigem Mauerwerk verkleidet werden. Je mehr Abzweigungen von Nebenquellen angefahren werden, desto geräumiger wird die Spalte werden, und es ist gar nicht ausgeschlossen, daß man bald auf Räume stoßen kann, die einer künstlerischen Erweiterung nicht mehr bedürfen. Dafür sprechen ja die bedeutenden Schachte, die in der Fortsetzung der Boschetto-Linie liegen und die jedenfalls in Bezug mit der Carolinenquelle stehen. Die Entfernung derselben von der Quelle beträgt kaum 3 km, und auf dieser Strecke dürften sich noch viele andere, vielleicht auf der Oberfläche nicht mehr deutlich sichtbare, deshalb aber doch durchlässige Schlünde befinden, welche aber bei heftigeren Niederschlägen zur Trübung des Quellwassers beitragen.

Im Momente, wo die Hauptspalte der Carolinenquelle zugänglich gemacht ist, ließen sich auch diese Trübungen unschädlich machen, indem man durch Einschaltung von Sperrvorrichtungen den Abfluß aus dem unterirdischen Reservoir verlangsamt und dem Wasser Zeit gönnt, die suspendirten mineralischen Bestandtheile in Form von Sedimenten in der Höhle selbst zu deponiren, was allerdings eine zeitweise Ausräumung erforderlich machen würde. Dagegen entfielen die kostspieligen Klärbassins, die ja ebenfalls von Zeit zu Zeit vom angesammelten Schlamm zu reinigen wären. Diese Qualitätsverbesserung ist aber noch nicht genügend, denn außer der zeitweisen Trübung besteht noch ein weiterer Uebelstand darin, daß dem Wasser der Carolinenquelle die nöthige Frische fehlt, was fast bei allen Karstwässern der Fall ist, die nicht ihr Niederschlagsgebiet in sehr hohen Lagen haben. Stache schlägt Kühlversuche mittelst Schnee vor, die aber kaum zu einem Resultate führen dürften, weil der Schnee in bedeutenden Mengen gesammelt werden müsste, um die Temperatur des gesammten Jahresquantums von $+ 15^{\circ} \text{C}$. auf $+ 11^{\circ} \text{C}$. zu erniedrigen. Die hierzu erforderliche Schneemenge dürfte in Pola kaum zu beschaffen und noch weniger zu conserviren sein.

Dagegen ließen sich andere Versuche anstellen, zu denen die Natur selbst den Fingerzeig in den natürlichen Eiskammern gibt, und auch die bei den Brunnen von Grenelle gewonnenen Erfahrungen wären heranzuziehen, wo ebenfalls die Verdunstung zur Qualitätsverbesserung des Wassers benutzt wird. Derartige Versuche ließen sich auch im Laboratorium in kleinem Maßstabe anstellen und würden gewiss günstige Resultate ergeben. Bei Benützung der Sonnenwärme wäre zudem der Betrieb ein kostenloser, und auch die Einrichtung würde sich darauf beschränken, den Reservoirs eine gewisse Form zu geben, welche die Kosten derselben kaum wesentlich vertheuern dürfte.

Die Einrichtung beim artesischen Brunnen von Grenelle ist bekannt und bedarf keiner Erläuterung; dagegen sind über künstliche Abkühlung durch Wärmeverbrauch bei der Verdunstung noch wenig Versuche im Großen gemacht worden, wie sie in Nachfolgendem angedeutet werden sollen.

Bekannt sind den Jagdliebhabern die Mittel, um Getränke, die man den halben Tag mitgetragen hat, mit Hilfe eines feuchten Tuches abzukühlen. Auch die Bierführer in den Großstädten feuchten ihre Fässer an heißen, sonnigen Tagen so oft als möglich an, damit die Frische nicht verloren gehe. Selbst bei den Eishöhlen arbeitet die Natur mit denselben Mitteln, d. h. mit der Umwandlung der latenten Wärme in Kraft. Bei den primitiven vorerwähnten Kühlversuchen wird letztere dazu verwendet, um die Umwandlung des Wassers mit Hilfe der Sonnenwärme und zugleich der latenten Wärme in Dampf zu bewirken, wobei die Wärme verbraucht, resp. in Kraft verwandelt wird.

Ohne auf die mechanische Wärmetheorie, noch auf die vielfach bestrittenen Eishöhletheorien näher einzugehen, möge nur darauf hingewiesen werden, daß man auch künstliche Eishöhlen erzeugen kann, wenn man ihnen dieselben Bedingungen zugrunde legt, unter welchen sich in natürlichen Eishöhlen das Eis bildet. Die geringe Anzahl von Beobachtungen in Eishöhlen bringt es mit sich, daß man über das denselben zugrunde liegende Naturgesetz so vielerlei Meinungen hat und daß sogar durch lange Zeit behauptet wurde, es sei nur aufgespeicherte Winterkälte die Ursache der Eisbildung, während es Eishöhlen gibt, in denen das Eis vollständig abschmilzt und sich trotzdem mitten im Sommer, jedoch stets nur nach Regentagen, abermals bildet.

Daß die Luft beim Austritte aus einem Gebläse eine geringere Temperatur zeigt als innerhalb desselben, ist bekannt. Die Ursache dieser Temperaturverminderung besteht in dem Verbrauche von Wärme, welche die Kraft zur Expansion beim Austritte liefern muss. Zerstäubtes Wasser verliert daher an Temperatur, und man kann dieselbe dem Gefrierpunkte nahe bringen, wenn man die sich entwickelnden Wasserdämpfe zum Aufsteigen durch

einen rauchfangartigen Schacht zu zwingen vermag, was durch eine in diesen Schacht eingeschaltete Wärmequelle leicht zu bewerkstelligen ist. Der in diesem Schachte aufsteigende Luft- und Wasserdampfstrom reißt die von der Wärmequelle nicht directe getroffenen tieferen Schichten empor, und zwingt sie zur Expansion. Mit Hilfe des Verbrauches der latenten Wärme können sie nachrücken, und es ist gar nicht nöthig, den Luftersatz durch künstlichen Druck zu bewirken, weil ohnedies eine Ansaugung stattfindet. Nur muss die anzusaugende Luft durch Canäle zugeführt werden, die in enge Spitzen auslaufen, was ganz dieselbe Wirkung hervorbringt, wie ein künstliches Gebläse. Eine derartige Anlage verursacht nur wenig Kosten und würde auch größeren Quantitäten von Wasser eine gewisse, im Vorhinein bestimmbare niedrige Temperatur verleihen*).

Außer diesem Mittel, Temperaturerniedrigungen künstlich hervorzurufen, gibt es noch viele andere. Comprimirte Luft, Kältemischungen aus Salzen, sowie der bekannte Vorgang bei der Erzeugung von Kunsteis wären bezüglich ihrer Anwendbarkeit auf die Verminderung der Temperatur des Wassers in den Reservoirs in Erwägung zu ziehen.

Alle Vorkehrungen nützen jedoch nichts, wenn der am Karste übliche Unfug, die Naturschachte (Foiben) als Ablagerungsplätze jeglichen Unratbes zu verwenden, nicht abgeschafft werden kann, und müsste für die Carolinenquelle ein eigener Schutzrayon geschaffen werden, um dieselbe von Bacterien möglichst frei zu erhalten. Bevor man aber nicht genau sagen kann, mit welchen Foiben die Quelle in Verbindung steht, nützen alle Vorsichtsmaßregeln nichts, und darum ist auch in dieser Hinsicht die Aufschließung der Quellspalte nothwendig.

Die Kosten dieser Aufschließung können, wenn dieselbe durch das technische Bureau der k. u. k. Marine geleitet und durch Marinemannschaft oder Pioniere durchgeführt wird, den Betrag von fl. 1000 kaum übersteigen. In Anbetracht der Wichtigkeit dieser Werkes wäre auch ein doppelter oder dreifacher Betrag eine verschwindend kleine Summe. Die vollste Klarheit über die Zufussverhältnisse muss herrschen, ehe man kostspielige Projecte in Angriff nimmt, und diese ist mit der angegebenen Vorarbeit nicht zu theuer erkauf.

Was von der Carolinenquelle gilt, das gilt auch von den Vallenga-Quellen und von allen übrigen bereits entdeckten, oder noch zu entdeckenden unterirdischen Wasserläufen. Ihre Hauptspalte muss aufge-

*) Im gegenwärtigen Momente ist Herr Alphons Erhart, Director der A. Dreher'schen Brauerei in Klein-Schwechat, damit beschäftigt, Studien über künstliche Eishöhlen, die den natürlichen nachgebildet werden sollen, zu machen und diesbezügliche Versuche im Kleinen anzustellen, deren Resultate für die Frage der Qualitätsverbesserung des Trinkwassers von grosser Wichtigkeit werden können.

geschlossen werden, und nachdem eine regelrechte Unterfahrung wegen der Nähe des Meeresniveau nicht möglich sein dürfte, so bleibt nur die Verfolgung vom Austrittspunkte aus übrig.

Viel günstiger stünde die Sache, wenn man landeinwärts in der Nähe der Quelle offene Klüfte, oder mindestens alte Foiben, finden würde, die mit dem unterirdischen Laufe communiciren, weil dadurch das weiteres Vordringen wesentlich erleichtert würde.

Nach solchen Anzeichen zu suchen, wäre vor Allem Pflicht, weil ja die ganze Wasserfrage dadurch eine andere Wendung nehmen könnte, daß der kostspielige Theil der Vorarbeiten entfiel*). Der von Stache vorgeschlagene Stollenvortrieb an den Vallenga-Quellen ist ja auch nichts Anderes, als eine Art von Unterfahrung dieser Quellen, nur das derselbe mit Rücksicht auf das Meerwasser in höherem Niveau vorgenommen werden soll, als dies bei den Quellen der Wiener Hochquellen-Wasserleitung der Fall war.

Wenngleich die meisten Vorschläge, die Stache befürwortet, in seiner Darstellung als ganz plausibel erscheinen und mit geringen Modificationen durchführbar sein dürften, so ist doch einer davon etwas bedenklicher Natur. Dieser ist der anempfohlene Versuch, die Carolinenquelle anzustauen, was nur unter der Voraussetzung zulässig wäre, daß sämtliche Communicationen mit dem Hafen hermetisch verschlossen sind. Durch die projectirte Aufstauung würde sich nämlich der Druck vermehren, unter welchem das Wasser durch die nicht erreichbaren und daher nicht verschließbaren tiefen Nebenspalten in den Hafen gelangt. Die Erosionskraft würde dadurch steigen, und die Spalten würden sich bald so sehr erweitern, das die künstliche Stauung auf Null reducirt würde. Eine hermetische Verschließung aller Nebenspalten ist aber vom Tage aus kaum denkbar, weil man ihre Anzahl und Lage nicht kennt und weil vielleicht außer den bekannten noch eine größere Anzahl derzeit wenig wirksamer Spalten in sehr tiefer Lage existirt, die sich bei der Vermehrung des Druckes erweitern würden.

Es ließe sich noch Vieles pro und contra der erwähnten Vorschläge anführen, was aber nicht der Zweck dieser Ausführung ist, der, wie gesagt, hauptsächlich darin besteht, auf die interessante Arbeit und auf die damit in Verbindung stehenden Projecte aufmerksam zu machen.

*) Auf ähnliche Weise gelang es dem krainerischen Landesingenieur J. V. Hrasky, von der Vrscinahöhe aus eine Verbindung mit dem Račnathale zu bewerkstelligen, welche einen Kostenaufwand von nur fl. 2500 verursachte. Durch diese Arbeit wurde eine dauernde Abhilfe gegen die Wasseransammlungen im Račnathale geschaffen, indem der früher bestandene Abzugs canal wieder eröffnet wurde, dessen Existenz sich durch keinerlei äußere Anzeichen verrieth.

Als Geologe ist Stache eine so anerkannte Autorität, daß man seinen Aufnahmen unbedingtes Vertrauen schenken kann. Was den physikalischen und technischen Theil seines Elaborates betrifft, so hat er gewiss hiefür Karten, Pläne und bestehende Projecte benützt, die nicht allgemein zugänglich sind, wengleich in den Elaborate Stache's davon nichts erwähnt ist.

Nur an der Hand von Karten, welche alle bekannten oberirdischen Karsterscheinungen und alle Wasserläufe und Quellenmündungen mit genauen Niveauangaben enthalten, ist es möglich, selbst vom grünen Tische aus positive Vorschläge zu machen, die technisch ausführbar und die geeignet sind, Wasser in genügender Menge und von besserer Qualität herbeizuschaffen, als man derzeit zur Disposition hat.

Ohne diese unbedingt nothwendige Vorarbeit aber muss ein jedes Project auf Hypothesen gebaut werden, die zutreffen, aber auch arge Enttäuschungen bereiten können. Wenn man heute einen der an den praktischen Arbeiten zur Erforschung der unterirdischen Communicationen im Karste beschäftigten Techniker befragen würde, so wäre er nicht im Stande, ohne diesen Behelf ein Urtheil abzugeben, und seine erste Arbeit bestünde darin, eine solche Karte anzufertigen. Derartige Techniker gibt es derzeit zwei*), und es würde sich jedenfalls empfehlen, Einen davon, oder Beide zu befragen, denn der Fall ist von der äußersten Schwierigkeit, und man kann nicht genug Meinungen darüber von competenten Fachleuten hören.

Von großer Wichtigkeit wären auch weitere Erhebungen über die in der Bucht von Veruda mündenden Quellen, deren Unterföhrung vielleicht minder schwierig ist, als jene der Carolinenquelle.

Auch von ihnen gilt das schon früher Gesagte in Bezug auf die Aufstauung, die bei den zahllosen Spalten und Klüften im Karste stets ein problematisches Unternehmen bleiben muss, insolange nicht alle Klüfte bis zu einem gewissen Niveau des Oberlaufes bekannt sind und gegen nachträgliche Erosion geschützt werden können. Die vorgeschlagenen Probeschürfe sind daher entschieden anzurathen. Das dafür verwendete Geld wird sich dadurch reichlich lohnen, daß man dann bei der definitiven Inangriffnahme größerer Arbeiten nicht im Finsternen zu tappen braucht und über die Druckverhältnisse der Quellen Klarheit besitzt. Ob die Linie Val Fontana — Pecina Grotte-Bianche eine selbstständige Quellenlinie ist, oder ob sie nur die äußerste Grenze der Quellenspalten von Pola bildet, wäre nicht uninteressant zu erheben.

*) Es sind dies: Herr Wilhelm Putick, k. k. Forstinspections-Adjunct bei der Section für Wildbachverbauung, der Entdecker des früher unbekanntes Theiles der unterirdischen Wege der Laibach, und Herr J. V. Hrasaky, Landesingenieur von Krain, der den unterirdischen Lauf der Gurk erforscht hat.

Besonders letztere Localität liegt in der geraden Fortsetzung der Boschetto-Linie und verdient daher eine eingehende Untersuchung, umso mehr, als die Rudistenkalke, welche hier anstehen, und die eine ununterbrochene Kette bis in das Stadtgebiet von Pola bilden, wegen ihrer Klüftigkeit die Bildung unterirdischer Quellenläufe, auch gegen die Schichtung, sehr begünstigen. Es sei überhaupt merkwürdig, aber sehr berücksichtigungswürdig, daß in den Kreidekalken des Karstes sich die Höhlenbildung nicht an die Schichtenstellung so genau kehrt, als man es vermuthen sollte, und daß die Schichten oft im rechten Winkel durchbrochen erscheinen, wofür Hunderte von Beweisen vorliegen. Dies ist besonders dort sehr häufig der Fall, wo Störungen in der Schichtenlagerung vorliegen, welche selbstverständlich die Bildung von Klüften oder Querbrüchen sehr begünstigen. Es dürfte aber am Karste kaum eine ungestörte Schichte von Kalken geben, weil ja die häufigen Erschütterungen durch Erdbeben fortwährende Dislocationen hervorrufen oder mindestens neue Brüche erzeugen.

Die vielen Störungen, Zerklüftungen und Verwerfungen sprechen auch gegen die Möglichkeit, durch Bohrung Steigquellen anzufahren. Mit Recht warnt G. Stache (p. 7—9) vor Tiefbohrungen und seine geäußerten Bedenken sind schwerwiegender Natur. Es gibt wohl keinen drastischeren Beweis für die Unverlässlichkeit von Bohrungen im Karstterrain, als den Bericht in der mehrerwähnten Schrift über die Wasserhältnisse des kroatischen Karstes, in welcher (p. 158) Professor Pilar sagt: „So hat beispielsweise die Eisenbahn-Gesellschaft der Karlstadt-Fiumaner Eisenbahn zwei Bohrungen vornehmen lassen, um die Stationen leichter mit Wasser zu versorgen. Mehr als 30.000 fl. kostete das Unternehmen, und kein Wasser wurde erreicht. Der Ausspruch eines sonst tüchtigen Geologen*), daß sich an jenen Orten das Wasser nicht tiefer als die nahen Flussrinnen befinden könne, daß überhaupt ein subterranees allgemeines Sättigungsniveau im Karste vorhanden sei, verleitete die Gesellschaft zu diesem Unternehmen. Dieser für geologische (aber nicht oroplastische) Becken und wasserdichte tertiäre Schichten wichtige Satz ist in den Karstländern null und nichtig. Hier gibt es keine übereinander gelagerten Schichtencomplexe, sondern zerklüftetes, massiges Gestein, wo alle kleineren Spalten mit der Zeit durch Secretionen und Ablagerungen verstopft werden, während blos in großen Canälen das Wasser beständig circulirt (Kalk bedeutet hier den Karst, und alle Unterscheidung der Formationsglieder ist fast überflüssig, wie man es daraus ersehen

*) Bergrath Wolf, der sich, aber nur mit Widerstreben, zur Angabe der betreffenden Punkte bestimmen ließ, da er selbst der Ansicht war, daß Bohrungen im Karstterrain resultatlos seien.

kann). Und um diese zu treffen, darf man bloß dort mit Wahrscheinlichkeit auf Erfolg die Abteufung vornehmen, wo man das Wasser hervorsteigen gesehen hat. Im Falle eines glücklichen Fortganges der Bohrung wird man hier auch keinen artesischen Brunnen bekommen, sondern einen gewöhnlichen, in seinem Niveau veränderlichen Brunnen, aus dem das Wasser mittelst besonderer Vorrichtungen herauszufördern ist. Artesische Brunnen kann man bloß dort herstellen, wo zwei wasser-dichte Schichtenlagen ein geologisches Becken bilden, was im Karste nicht vorkommt.“

In gleichen Sinne wie Professor Pilar spricht sich auch einer der genauesten Kenner des Karst, Dr. Emil Tietze, in derselben Publication aus, und citirt Aussprüche von Lyell („Principles of geology“, II. Bd.), von Ami Boué („Karst- und Trichterplastik“, p. 293), von Abbé Parameille („Quellenkunde“, übersetzt v. B. v. Cotta, Leipzig 1856), mündliche Mittheilungen von Bergrath Wolf, die alle gegen die Möglichkeit sprechen, im Karstterrain artesische Brunnen zu erbohren. Tietze fügt (p. 124) diesbezüglich hinzu: „In der That sind auch bisher „artesische Brunnen“ im Karste von Niemanden hergestellt worden, und selbst andere Brunnengrabungen haben selten einen günstigen Erfolg“*).

Auch Stache spricht sich, wie bereits erwähnt, gegen die Wahrscheinlichkeit des Erfolges von Tiefbohrungen aus, indem er sagt: „Es fehlt die Berechtigung zur Annahme der ungestörten Communication einer wasserführenden Schicht der untermeerischen Schichtenfolgen des Hafengebietes von Pola mit einer sehr hochgelegenen Wasseraufnahmszone derselben Schicht.“ Weiterhin weist er auf die Thatsache der großen Schollenversenkungen nach Bruchlinien im Quarnero hin, und bemerkt: „Diese können nicht gedacht werden ohne die gleichzeitig correspondirende Störung des continuirlichen Zusammenhanges und Gleichgewichtszustandes der Gebirgsunterlage und somit auch der zur Wasserführung geeigneten Werfener Schiefer.“ Trotz der schwerwiegenden Bedenken Stache's gegen Tiefbohrungen lässt sich derselbe doch (p. 95) darauf ein, an einem gegebenen Punkte innerhalb der Arsenalmauern eine Tiefbohrung auf 100 bis 150 m Tiefe in den Rahmen seiner Vorschläge aufzunehmen.

*) Die überraschenden Resultate bei dem Brunnen von Maunitz bei Rakek, welcher vom k. k. Forstinspections-Adjuncten Herrn Wilhelm Putick im Jahre 1889 angelegt worden ist, sind auf ausnehmend günstige Lagerungsverhältnisse des Dolomites zurückzuführen, der in dieser Gegend eine ziemliche Verbreitung hat. Das Wasser in diesem Brunnen, dessen Fertigstellung im heurigen Jahre erfolgen dürfte, soll von vorzüglicher Güte sein und seine Temperatur deutet darauf hin, daß es aus einem ziemlich hoch gelegenen Niederschlagsgebiete stammt. Dieser Brunnen wurde jedoch nicht erbohrt, sondern die Wasserader wurde durch Schachtabteufung angefahren.

Dies wäre ein schwer zu erklärender Widerspruch, wenn es nicht bekannt wäre, daß man sich in Pola seit Jahren mit der Idee getragen hat, durch einen artesischen Brunnen der Wassernoth abzuhelfen. Stache hat daher nun, in Ermanglung eines günstigen, den mindest ungünstigen Punkt angegeben; es ist aber Zehn gegen Eins zu wetten, daß ihm trotz der geäußerten Bedenken die Schuld in die Schuhe geschoben werden wird, wenn die Bohrung misslingt, wie es ja nicht anders zu erwarten ist. Wenn man Stache und den anderen angeführten wissenschaftlichen Autoritäten nicht glauben will, so befrage man Bohrtechniker von Fach, und man wird sofort hören, daß die Praktiker derselben Ansicht wie die Theoretiker sind.

Wenngleich die vorliegenden Ausführungen nur skizzenhafte Illustrationen zu dem Exposé Stache's sind, so dürften sie doch hin und wieder einzelne neue Gesichtspunkte enthalten und eine genügende Einleitung für die Discussion bilden. Die Wasserversorgung in den Karstländern ist eine so schwierige Sache, daß sie wohl erwogen werden muss. Damit soll aber nicht gesagt sein, daß man mit Erhebungen Jahre hindurch fortfahren müsse. Eine in loco abgehaltene Enquête von vier oder fünf Fachmännern wäre jedenfalls zu empfehlen, dann aber heißt es frisch an's Werk! — Wenn auch ein oder der andere Versuch fehlschlagen sollte, so schadet es nicht, denn auch das negative Resultat vermehrt die Kenntnis der localen Verhältnisse und bringt Erfahrungen mit sich, die wieder verwertbar sind. Bei den Entwässerungsarbeiten in Krain, die mit jenen zur Erforschung der unterirdischen Zuflüsse von Pola so viele Analogien haben, sind derartige negative Resultate nichts Seltenes gewesen; die dabei beschäftigten Techniker haben aber gerade an den unerwarteten Schwierigkeiten gelernt, wie man sie zu bewältigen vermag, und auch bei den Arbeiten in Pola werden einzelne Probearbeiten möglicherweise nur den Beweis liefern, daß infolge der subterranean Verhältnisse gewisse Dinge mit den gewöhnlichen technischen Behelfen nicht zu bewältigen sind und daß neue Methoden ersonnen werden müssen. Der Karst wäre ja kein Wunderland, wenn alle Verhältnisse so klar liegen würden, wie in den ungestörteren Schichten außerhalb desselben. Aber gerade die Schwierigkeit gibt den Anreiz, den Kampf mit der Natur aufzunehmen, und die schönen Erfolge im Krainer Karste beweisen es deutlich, daß die moderne Technik im Stande ist, denselben mit Aussicht auf Erfolg durchzuführen, zur Ehre der Wissenschaft und zum Heile der Bevölkerung.

Wer in der Lage ist, zur Lösung der Frage, „auf welche Weise unser erster Kriegshafen mit gesundem Trinkwasser in genügender Menge versorgt werden kann“, sein Scherflein

beizutragen, nützt dem Lande und der Wissenschaft, und darum möge dies ungescheut ein Jeder thun, der einschlägige Erfahrungen besitzt. An Raum für derlei Beiträge wird es in diesen Blättern gewiss nie fehlen. Eine rein sachliche Besprechung kann der Sache, die Ober-Bergrath Stache in so vorzüglicher Weise eingeleitet und der Oeffentlichkeit übergeben hat, nur nützen, denn eine objective Discussion wird das öffentliche Urtheil nur klären, und es kann auch eine eventuelle Aenderung in einzelnen Punkten die Verdienste Stache's nicht schmälern, auf dessen mühevollen Erhebungen ja alle späteren Vorschläge basirt werden müssen. Ebensowenig kann die Berufung einer Experten-Commission dem längst feststehenden Rufe unseres berühmten Geologen schaden. Das Votum einer solchen Commission, zu der die beiden erwähnten Specialisten der Karsttechnik jedenfalls beizuziehen wären, kann ja die Fundamentalsätze unmöglich umstoßen, und etwaige minder einschneidende Verbesserungen können nur dem Projecte selbst nützen, welches stets das geistige Eigenthum Stache's bleiben wird. Sache des Ingenieur- und Architekten-Vereines ist es, kein hervorragendes technisches Project unbeachtet und unbesprochen zu lassen, und wenn, wie eingangs gesagt, eines besondere Aufmerksamkeit verdient, so ist es jenes der Wasserversorgung von Pola, welche hiermit den sämtlichen Fachmännern zur eingehenden Prüfung an's Herz gelegt wird, wozu das Stache'sche Buch die beste Gelegenheit bietet.

Franz K r a u s.
