

Die Wasserversorgung von Pola.

Geologisch-hydrographische Studie.

Von Dr. Guido Stache.

Mit vier Tafeln (Nr. I—IV).

I. Geologische Verhältnisse.

Die Besprechung der geologischen Zusammensetzung und der Tectonik der Senkungs- und Einbruchsregion des Hafengebietes von Pola und der damit in Beziehung stehenden peripherisch gruppierten, randlichen Wasseraufnahms- und Sammlungszone erfordert eine kurze, einleitende Darstellung des geologischen Gesamtbaues des Küstenlandes. Der Südwestabschnitt der istrischen Halbinsel zwischen dem Arsathal, dem Karstrand der Linie Pedena-Pisino-Caroiba, dem unteren Quietothal und dem Meer, innerhalb dessen das engere und weitere Niederschlagsgebiet der unterirdischen Zuflüsse und sichtbaren Abflüsse der Hafenregion liegt, zeigt bedeutend einförmigere geologische Verhältnisse als die nordöstlich anschliessenden Gebirgslieder mit der krainisch-kroatischen Hochgebirgsstufe und das kroatisch-dalmatische Küstengebirge.

Gewisse Fragen und unter diesen insbesondere solche, welche sich auf die Möglichkeit der Gewinnung besseren Trinkwassers auf dem Wege einer artesischen Tiefbohrung beziehen, lassen sich nicht leicht ohne Bezugnahme auf den Gesamtbau des Küstengebirges erörtern. Es muss daher der Behandlung des zunächst in Betracht kommenden, besonderen Terrainabschnittes eine kurze Uebersicht der Grundzüge des allgemeinen Gebirgsbaues vorausgeschickt werden.

Grundzüge des geologischen Baues der Küstenländer.

Aus der geologischen Uebersichtskarte der Küstenländer von Oesterreich-Ungarn ist es ersichtlich, dass die Kreideformation und die Eocänformation fast ausschliesslich die Zusammensetzung der Gebirgslieder und der Inselreihen der Küste zwischen dem Isonzolauf und der Bocche di Cattaro beherrschen. Gesteinsschichten älterer Formationen sind in etwas grösserer Ausdehnung nur längs der Hauptwasserscheide

der Hochgebirgsstufe (Ternovener Wald, Krainer Schneeberg, Velebitrücken) entwickelt und treten nur innerhalb des grossen dalmatinischen Kreidegebietes auch in vom Hinterland isolirten grossen Aufbruchgebieten (Svilaja-Gebirge zwischen Dernis und Sign, Gebirgszone Bocche di Cattaro-Budua) als Basis der Kalksteincomplexe der Kreideformation hervor. Unter diesen Schichtenreihen der Gebirgsbasis nehmen Complexe der Triasformation den ersten Platz ein in Bezug auf Mächtigkeit und Verbreitung, nächst den Schichtenfolgen der Jura- und Liasformation, wogegen Schichten der Carbonzeit nur in beschränkteren Aufbrüchen zu Tage treten.

Ablagerungsreste der jüngeren (neogenen) Tertiärzeit, sowie solche der Quartärperiode von rein marinem Ursprung fehlen. Das ganze Küstenland war ein zusammenhängendes weiter nach West ausgedehntes Festlandgebiet während der Schlussperiode der Tertiärzeit und der Hauptperiode der Quartär-Ablagerungen. Es ist erst nach der Ablagerung des jungquartären Sandes von Sansego durch Einbruch und Absenkung grosser Gebirgsschollen und die Wirkung der Brandungs-erosion auf die Küstenlinien der verschiedenen Senkungsräume nach Eindringen des Meeres, sowie durch Klüftungsnachsturz von den Steilufnern zu der jetzigen an Buchten und Vorsprüngen reichen, zerrissenen Küstenentwicklung mit verschieden gestalteten Inselvorlagen umgeschaffen worden. Das Auftreten ganz ähnlicher Ablagerungsreste von feinem Sand auf festem Kalksteinboden oder auf einer Umschwemmungsdecke der mit sandigem Material vermischten, relativ älteren, rothen Karstlehme auf den Inseln (Pago, Arbe, Unie, Canidole, Scoglio Felonica bei Porer, Lissa, Curzola u. s. w.), sowie auf dem Festlande (Küste zwischen Val Bagniol und Val Sentenera, Halbinsel Promontore, Umgebung von Punta Merlera) beweist den einstigen Zusammenhang dieser Gebiete, sowie das jugendliche geologische Alter ihrer Trennung durch das Meer.

Abgesehen von gewissen dem Leithakalk ähnlichen jungtertiären Schichtenresten der Insel Pelagosa sind Bildungen, welche auf eine Meeresbedeckung des ausgedehnten istro-dalmatischen Festlandes während der neogenen Tertiärzeit und der anschliessenden Quartärperiode deuten würden, in den jetzt bestehenden Küstengebirgs- und Inselgruppen bisher nicht nachgewiesen worden. Dagegen sind Ablagerungen, welche das Vorhandensein von grösseren und kleineren Binnenseen, von Flussläufen und Deltabildungen, sowie von Dünenansammlungen während dieser geologischen Zeitabschnitte anzeigen, sowohl im istrischen, wie im kroatischen und dalmatinischen Küstenland Zeugen des einstigen Festlandbestandes. Das Auftreten derartiger Ablagerungen auf verschiedenen, jetzt völlig isolirten Inseln ergänzt die Beweise für deren directen Zusammenhang mit dem Festlandgebiet während der bezeichneten Periode.

Eine besondere Bedeutung gewinnt unter allen Bildungen dieser der letzten Umbildungskatastrophe vorangegangenen Zeit des relativen tectonischen Gleichgewichtes und der Ruhe der Festlandsbasis vorzüglich für Südistrien die als „Terra rossa“ bekannte Bodenart ein jetzt ungleich gemischtes Umschwemmungsproduct aus älteren Thonerde- und Eisenoxydhydrat-Beständen, welches vor der streckenweisen Ueberlagerung und Vermischung mit der jüngeren Sandablagerung (von Pro-

montore und Sansego) eine zusammenhängendere und zumeist auch mächtigere Vegetationsdecke des Kalksteingebirges vermittelte, als wir jetzt vor uns sehen. Nicht nur in Bezug auf Bodencultur, sondern auch in Bezug auf die Trinkwasserfrage spielt diese jetzt und seit historischer Zeit fortdauernd in grösster Ausdehnung durch Culturarbeit und abgestorbene natürliche Vegetationsdecken verschiedengradig veränderte Bodenart eine bedeutsame, wenn auch nicht gerade in jeder dieser beiden Richtungen gleicherweise nützliche Rolle.

Aus der Farbenerklärung zu der bezeichneten Karte lässt sich ersehen, dass nicht nur die den grössten Theil des küstenländischen Gebirgskelettes zusammensetzende mächtige Kreideformation, sondern auch die nach abwärts folgenden Formationen bis zu dem Grenzhorizonte der mittleren und unteren Gruppe der Triasschichten, also alle hier vertretenen Ablagerungen der Jura-, Lias- und oberen Triasformation fast durchaus aus Kalkstein oder Dolomit bestehen. Dergleichen herrscht die Kalkstein-Facies auch in dem Zwischengliede zwischen der Kreidezeit und der Eocänzeit, in welchem Süss- und Brackwasserabsätze den hervorragendsten Platz einnehmen, sowie in der unteren Stufe der marinen Eocänformation, wo Nummuliten- und Alveolinenkalke eine constant verbreitete und zum Theil auch mächtige Zone bilden, welche die im unteren Theil noch mit kalkigen Bänken wechselnden Mergelschiefer und Sandsteincomplexe der oberen Eocänstufen (Flyschfacies, Tassello und Macigno der Istrianer) von der Hauptmasse des Kalksteingebirges trennt. Wie nach oben durch diese vom Haupttypus der Gebirgsbildung in Erscheinung und hydrographischer Anlage abweichende Schichtenreihe, so wird auch nach unten die ganze, durch 3 Formationen bis in die vierte reichende, anscheinend einförmige und ungegliederte Kalkstein- und Dolomitgebirgsmasse der Küstenländer durch Mergelschiefer und Sandsteincomplexe begrenzt. Diese gehören theils der untersten Hauptabtheilung der Triasformation, theils der oberen Abtheilung der Carbon- oder Steinkohlenformation an. Mit den hydrographischen Verhältnissen des südwest-istrischen Gebirgssegmentes stehen diese Mergelschiefer und Sandsteincomplexe theils nur in beschränkten, indirecten, theils in noch ferner liegenden, vorwiegend fraglichen Beziehungen.

Von einem eocänen Mergelschiefer- und Sandsteingebiet aus bricht ein Wasserlauf (der Foibabach bei Pisino) in den Nordostrand des südistrischen Kalksteingebirges ein und verfolgt einen noch unerforschten und gewiss auch in seinen Ablenkungen und Verzweigungen schwer zu erforschenden Lauf durch unterirdische Spalten und gewölbartig überdeckte Sammelbecken.

Um das Verhältniss zu erörtern, in welchem die in der Hochgebirgsstufe der Kapella-Vorlage bei Fučine und längs der Wasserscheidelinie des Velbitrückens in Aufbrüchen der Kalksteinmassen der Trias zu Tage tretenden Schiefer- und Sandsteinzonen der unteren Trias (Werfener Schichten) und des Obercarbon zu der gleichartigen Gebirgsunterlage der Kreideformation Südistriens und speciell des Hafengebietes von Pola möglicher Weise stehen könnten, sowie um die Frage zu beantworten, inwiefern dieses Verhältniss gegen oder für das Project einer Tiefbohrung spricht, müssen wir uns einen Augenblick

die Grundzüge der Tectonik des Nordabschnittes des ostadriatischen Küstengebirges vergegenwärtigen.

Die Grundzüge dieser Tectonik wurden in dem Zeitabschnitte zwischen dem Ende der Ablagerung der Mergelschiefer und Sandsteinschichten der obereocänen Flyschfacies (Tassello und Macigno der Istrianer) und dem Festlandbestande der jungtertiären Zeitstufe gelegt. Dies ist im Wesentlichen die Zeit der unteren marinen Neogenablagerungen des Wiener Beckens (Badener Tegel und Leithakalk) oder der Miocänstufen der Tertiärperiode und zugleich die Hauptperiode der gebirgbildenden Andesit- und Trachyt-Eruptionen in Ungarn und Siebenbürgen.

Ein von Nordosten wirkender Seitendruck staute während dieser geologischen Zeitstufe die unter Meeresniveau befindlichen Schichtenreihen der Eocän- und Kreideformation zu nordwest-südöstlich streichenden Längsfalten empor und schuf damit die Hauptgrundlage des jetzigen Küstenlandes, sowie die Hauptlinien seines faltigen Gebirgsbaues, welche wir jetzt noch zu erkennen und zu verfolgen vermögen, trotz der gewaltigen Störungen, denen das alte Felsgerüst und seine Decke während der jüngsten Umbildungsperiode nach Ablagerung der Sande von Sansego und Promontore ausgesetzt war.

Während nun die alte nacheocäne Gebirgsfaltung, welche aus Ueberschiebung der gebrochenen Faltenflügel und Steilaufrichtung der Schichtenzüge der generellen Gebirgsabstufung entsprechend gegen West in flachere Wölbungs- und Muldenzonen übergeht, vorzugsweise in der orographischen Längsgliederung noch scharf zum Ausdruck gelangt, folgen die Hauptgerinne der Wasserabfuhr in das Meer einer diese durchquerenden Richtung.

Die Hauptstreckung von Gebirgsrücken, Inseln, Küstenlinien, Faltenhälern, Seitenzuflüssen und Meereskanälen, sowie der Formations- und Gesteinsgrenzen verläuft ganz oder nahezu parallel mit dem Hauptstreichen der Schichtung. Quer darauf von Nordost nach Südwest mit Ablenkungen bis Süd oder bis West sind die tiefen Bruchlinien und Gebirgsspalten eingeschnitten, welche durch Erosion erweitert und dem stufenförmigen Hauptabfall des Küstengebirges folgend zu Hauptadern des oberirdischen Wassernetzes ausgebildet wurden.

Wenn auch ein grosser Theil der Wasserwege, und zwar besonders der Oberlauf der grösseren Flüsse innerhalb der höheren Gebirgsstufen dem Hauptstreichen der Schichtung und der Längsstreckung der Faltenthäler und Muldentiefen in der Richtung SO. gegen NW. oder NW. gegen SO. folgt, so zeigt doch der Mittel- und Unterlauf und besonders der Mündungsdurchbruch stets die directe Abhängigkeit von der quer dazu verlaufenden Klüftung und Spaltung des Gebirges. Dieselbe Abhängigkeit liegt in den Durchfahrten und Querstrassen ausgesprochen, welche die Längskanäle der Küste und der Inselgruppen miteinander verbinden.

Dieser zweite, die hydrographische Anlage, sowohl bezüglich der oberirdischen als der unterirdischen Wassersammlung und Wasserabfuhr beeinflussende Grundzug der Gebirgstectonik hat seinen Ursprung in den grossen Störungen der Gebirgsbasis, welche nach Ablagerung der Sande von Sansego das von einem zusammenhängenden Flussnetz durchzogene Festlandgebiet der älteren Quartärzeit zu dem jetzigen

Küstenland-Typus umgestaltet haben. Die regionale Ablenkung der normalen Streichungsrichtung, die Entstehung von muldenförmigen Senkungsgebieten, von unterirdischen Wasserläufen und Hohlräumen, sowie der Trichter-Plastik des Kalkfelsbodens und die starke Zerklüftung der oberen Gesteinsdecken sind ihrer Hauptanlage nach Folgen dieser gewaltsamen Störung des Zusammenhanges der älteren Gebirgsstruktur. Die in historische Zeit reichenden, vielfach sich wiederholenden Erdschütterungen sind nur schwache Nachwirkungen jener Gleichgewichtsstörung der Grundgebirgsschollen des Küstenlandgebietes und haben im Verein mit der erodirenden Thätigkeit der Meeresbrandung und der lösenden und unterwaschenden Arbeit der Niederschlagswässer während ihres Weges durch die zerklüfteten Gesteinslagen und die unterirdischen Klüfte und Kanäle nur die bereits vorgefundenen zahlreichen Angriffspunkte benützt, um das Oberflächen-Relief und die innere Gebirgs-Plastik noch weiter auszuarbeiten und mannigfaltiger zu gestalten.

Schon auf Grund dieser kurzen allgemeinen, das Bild der geologischen Uebersichtskarte erläuternden Darstellung lässt sich die grosse Unwahrscheinlichkeit des Erfolges einer Bohrung bis in grössere Tiefen ableiten. Es fehlt die Berechtigung zur Annahme der ungestörten Communication einer wasserführenden Schicht der untermeerischen Schichtenfolgen des Hafengebietes von Pola mit einer sehr hoch gelegenen Wasseraufnahmszone derselben Schicht. Die einzige Schichtengruppe, in welcher man überhaupt ein constantes wasserführendes Schichtenband zwischen ganz oder nahezu wasserundurchlässigen Thonschieferlagen zu suchen haben würde, ist die Gruppe der Werfener Schiefer und Sandsteine, welche in schmaler Längszone mit steiler West- bis Südwest-Neigung unter das mächtige Kalksteingebirge der croatischen Küste einfällt. Diese Zone liegt nun zwar in vollauf ausreichender Höhe, um eventuell Wasser von riesiger Steigkraft bei einer Anbohrung innerhalb des Hafengebietes liefern zu können, denn sie reicht zu den Sattelpunkten des Velebitrückens, aber die Hoffnung auf das wirkliche Vorhandensein eines solchen Steigwasser-Reservoirs unter den Kalksteingebirgsmassen, welche den Meeresboden dieses Theiles der Adria bilden, wird eingeschränkt, ja fast zu Nichte gemacht durch die Thatsache der grossen Schollenversenkungen nach Bruchlinien im Quarnero. 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 Schichten.

In dem Falle also, dass die Werfener Schichten wirklich bis über die Westküste Südistriens hinaus einmal eine constante Verbreitung hatten, was ja durch die Bohrung gleichfalls erst entschieden werden könnte und dass dieser Zusammenhang in Bezug auf die Wirksamkeit des hydrostatischen Druckes nicht schon bei dem Processe der Gebirgsfaltung während der älteren Neogenzeit aufgehoben wurde, muss eine solche Unterbrechung der Schichtencontinuität und damit die Aufhebung der hydrostatischen Wirksamkeit jedenfalls zur Zeit der Entstehung der Bruchlinien und der Inseln des Quarnero in erhöhtem Grade er-

folgt sein. Als ein deutliches Anzeichen der Unterbrechung des Druckverhältnisses muss die bekannte, von Fischern constatirte und mir auch von dem Herrn Abtheilungsvorstand Gareis bestätigte Thatsache hervorgehoben werden, dass nicht nur entlang der Hauptbruchzone im Quarnero, sondern auch in der directen Fortsetzung derselben in der Richtung gegen die italienische Küste bei Ancona etwa bis zur Hälfte der Strecke Porer-Ancona noch das Aufsteigen von kälterem Süßwasser wahrzunehmen ist und auch durch das Vorkommen von in der Nähe von Quellwasser im Meere lebenden, bestimmten Krebsformen (*Astaci-Nephrops norwegicus*) angedeutet wird.

Die Spalten der Bruchzone werden bis in diese Gegend eben wahrscheinlich nur durch lockeren Meeressand und losen Schlamm bedeckt, welcher von aufsteigendem Wasser leicht durchbrochen und zur Seite gespült werden kann. Weiterhin gegen die italienische Küste zu dürfte die alte Bruchlinie im Kreidegebirge, insofern sie weiter fortgesetzt, durch überlagernde Schichten der Tertiärzeit überdeckt und geschlossen sein. Es ist die Annahme daher gewiss berechtigt, dass im Hafengebiet von Pola und überhaupt westwärts vom Quarnero der vom Hochrücken der croatischen Küste ableitbare hydrostatische Druck nicht mehr wirksam sein könne, weil er in der hinterliegenden weit südwestwärts fortsetzenden Bruchzone bereits durch das Aufsteigen zahlreicher untermeerischer Quellen zum Ausdruck kommt und seine Triebkraft erschöpft.

Abgesehen aber von diesem sehr einschneidenden, wissenschaftlichen Gegenbeweis lassen sich auch noch sehr gewichtige praktische Bedenken gegen die Erspriesslichkeit der Hoffnung auf den Erfolg einer artesischen Tiefbohrung für die Trinkwasser-Frage von Pola geltend machen. Diese wurde bereits in einem Gutachten vom 7. April 1880 niedergelegt.

Wenn wir selbst annehmen wollten, die Wassermenge, welche durch die schmale Aufnahmszone am Velebitrücken dem supponirten tiefliegenden Gegenflügel derselben Schichtenlage unter Pola zugeführt wird, sei eine constant reichliche und das Druckverhältniss sei in dem Zwischenabschnitt, welcher unter dem Quarnero liegt, wunderbarer Weise doch nicht völlig unterbrochen und aufgehoben worden, so ist nicht voranzusetzen, dass man schon in mässiger Tiefe unter der Kreideformation des Hafengebietes von Pola auf den Complex der Werferner Schichten stossen werde. Es wäre ein unerwarteter Zufall, wenn gerade hier ganze Formationen, wie Jura, Lias oder obere Trias, fehlen oder auffallend schwach entwickelt sein sollten. Mag man nun aber auch die Gesammtmächtigkeit der bei Pola zu durchbohrenden Kalkstein-Complexe von der mittleren Kreide bis zur unteren Trias ausnahmsweise auf 500 oder normal auf 2000 Meter schätzen, so wird man immerhin mit dem höchst wahrscheinlichen Eintritt zweier unerwünschten Eventualitäten zu rechnen haben.

Erstens liegt die Wahrscheinlichkeit nahe, dass man schon in verhältnissmässig geringer Tiefe oder auch später noch auf irgend einen grösseren Hohlraum oder eine tiefgehende Kluft stösst und zweitens dürfte, im Fall man auch das besondere Glück hatte, auf ein derartiges Bohrhinderniss nicht zu stossen, aus solcher Tiefe nicht das erwünschte

Trinkwasser, sondern Thermalwasser eventuell bis zum Meeresniveau aufsteigen.

Gewiss würden die bei Tiefbohrungen durch mächtige Schichtenfolgen von Kalkstein hier erzielten technischen Erfahrungen von Werth und die dabei gewonnene Feststellung der Aufeinanderfolge und der Mächtigkeit der geologischen Formationsglieder von hohem Interesse und wissenschaftlicher Bedeutung sein; aber diese Gesichtspunkte könnten erst in Betracht kommen, wenn überflüssige Mittel noch vorhanden wären, nachdem die praktische Hauptfrage bereits in vollkommen befriedigender Weise ihre Erledigung gefunden hätte.

Wenn aber auch eine factische Tiefbohrung ausser Frage bleiben muss, so können doch ein oder mehrere Bohrversuche bis zur geringen Tiefe von 100 bis 150 Meter immerhin von Nutzen und eventuell von einem gewissen Erfolg begleitet sein. Die Begründung dieser Ansicht lässt sich nicht aus den allgemeinen geologischen Verhältnissen des küstländischen Gebirgsbaues ableiten, sondern nur mit den besonderen Verhältnissen des Hafen- und Senkungsgebietes von Pola selbst in Verbindung bringen.

Es wird daher dieses Thema erst nach Erläuterung der specielleren geologischen Zusammensetzung und der hydrographischen Gestaltung des genannten Gebietes nochmals in Betracht genommen werden.

Geologische Zusammensetzung des Hafengebietes von Pola und seiner Umgebung.

Die genauere Untersuchung der geologischen Zusammensetzung des Westabdachungsgebietes des südlichsten Theiles von Istrien, welchem das Einbruchs- und Senkungsgebiet des Hafens von Pola angehört, hat gezeigt, dass in diesem Gebiet tiefere Schichten als solche der Kreideformation nirgends zu Tage treten, dass diese mächtigen Complexe der Kreideformation in zwei petrographisch und paläontologisch trennbare Gruppen zerfallen, welche ungleichen Werth und Einfluss auf Wasserführung und Wasserhaltung haben, und dass endlich diese beiden Typen von Kalksteinboden auf grosse Strecken und in Flecken von sehr unregelmässiger Begrenzung durch Schwemm- und Anschwemmungsablagerungen der Neogen- und Quartärzeit noch bedeckt sind, durch den „Terra rossa“- oder Karstlehmboden und einen lössartig sandigen Boden. Von Ablagerungsresten, welche aus einem zwar nach-cretacischen, aber älteren Zeitabschnitt stammen müssen, als diese Reste der neogen-quartären Gebirgsdecke sind nur Quarzite zu erwähnen, welche sporadisch in kleinen Partien, selten in etwas grösserer Ausdehnung auf erodirten Kreidekalkschichten sitzen. Andere Reste aus der Zeit der älteren Tertiär- oder Eocänablagerungen, sowohl Nummulitenkalke als auch Tassello und Macigno fehlen. Dieselben erscheinen im Osten erst jenseits der Arsa und im Norden geht die Grenze zwischen dem oberen Kreidekalkhorizont des südistrischen Karstgebietes gegen das Eocängebirge, dem die Arsa, der Quieto und zwischen beiden der Foiba-Bach entspringt, oberhalb Pisino nach der Linie (*a—b*) durch, wie auf der Karte der Niederschlagsgebiete angemerkt wurde und aus der Uebersichtskarte zu ersehen ist.

Es sind daher hier nur, entsprechend den Auscheidungen der beigegebenen geologischen Karte: 1. Die Schichtengruppe des Plattenkalksteines und der dolomitischen Zwischenzonen. 2. Die Schichtengruppe des Rudisten-Kalksteines. 3. Die zerstreuten Quarzitvorkommen. 4. Der rothe Karstlehm in Verbindung mit der regionalen, sandigen und humösen Bodenbedeckung. 5. Der Culturechutt — an sich und in ihren Beziehungen auf die Wasserfrage zur Erörterung zu bringen.

Daran wird sich eine kurze Darstellung der tectonischen Verhältnisse als Uebergang zur Betrachtung der natürlichen Wasserführungsanlagen dieses Gebietes schliessen.

Kreide-Formation.

Die Schichtengruppe des Plattenkalksteines und der dolomitischen Zwischenzonen.

Dieser grosse und mächtige Schichtencomplex herrscht im Bereich des ganzen Hafengebietes und der nächsten Umgebung von den äussersten Punkten der westlichen Küstenlinie bis zur südöstlichen Hauptgrenze gegen die höhere, darüber gelagerte Schichtenfolge, welche den Zeitstufen der jüngeren Kreideformation angehört. Die geologische Karte zeigt, dass diese Grenze, nach welcher sich die Hauptfacies der südtrischen Mittel- und Unterkreide von der an organischen Resten weit reicheren Oberkreide meist deutlich, wenn auch nicht überall gleich scharf scheidet, von der Einfahrt in den Hafen Olmo grande unterhalb Monte Bombista zunächst nordwärts durch Val Sentenera und Val Bagniol bis zum Monte delle Gallie zieht, von da ab nach östlicher Einbuchtung gegen Monte Cave romane und Monte Carozza weiter nordwärts die Strassen nach Medolino und Lissignano (unter Villa Fabro und Stanza Krežanovič) schneidet und fortdauernd eine nordöstliche Hauptrichtung einhaltend, mit mehr oder weniger stark nach SO. bis Ost eingreifenden schwachen Buchtungen unter dem Westhang der Berggruppe Monte S. Daniele über die Strasse Pola-Altura nach Lavarigo und am Nordwestabhang des Monte Buoncastel vorüber zwischen Blasevice und dem Höhenpunkte Uejak hindurch sehr nahe westwärts von Marzana fortstreicht.

Die Grenzzone tritt selbstverständlich nicht continuirlich zu Tage, sondern ist ebenso wie die verschiedenen Oberflächengebiete jeder der beiden Gesteinsexplexe der Kreideformation überhaupt, vielfach verdeckt durch den rothen Karstlehm Boden und dessen Misch- und Umbildungsformen zu Garten- und Ackererde oder zu Wald- und Wiesenboden.

Das ganze Gebiet des Plattenkalksteines hat sowohl bezüglich der Bodencultur, als bezüglich der Wasserhaltung günstigere Grundbedingungen, als das südostwärts davon ausgebreitete Territorium des oberen Rudistenkalksteines. Der letztere Vorzug würde noch mehr hervortreten, wenn die durch den mehrfachen Wechsel von ungleich wasserhaltenden und durchlässigen Schichten bedingten, besseren Uranlagen nicht in Folge der grossen Hauptstörung während der jüngsten

Quartärzeit, sowie späterer Erderschütterungen durch vielfache Zerklüftung zum grösseren Theil unwirksam gemacht worden wären.

In Bezug auf structurelle und petrographische Verschiedenheit sind innerhalb des ganzen Complexes einige Gesteinsschichten und Zwischenlagen zu unterscheiden, welche auch bezüglich ihres Verhältnisses zur Aufnahme, Fortführung und Ansammlung von Niederschlagsmengen regional und local eine verschiedene Rolle zu spielen berufen waren.

Die Hauptmasse der ganzen unteren Schichtenreihe besteht aus einem Wechsel von diekeren, scharf nach Schichtflächen gesonderten Bänken mit je 0.5 bis 6 Fuss Mächtigkeit und plattigen bis dünn-schiefrigen Lagen. Wegen des Vorherrschens von Platten als ursprüngliche Schichtungsform, sowie wegen der Neigung eines grossen Theiles der mächtigeren Bänke unter dem Einfluss des starken Wechsels der Temperatur und des Durchfeuchtungsgrades sich nach mit der Hauptschichtung parallelen Zwischenflächen (Lassen) plattig abzusondern und wegen des Ueberwiegens von äusserlich wenig von einander abweichenden, dichten Kalksteinvarietäten über dolomitisch-sandige und merglige Zwischenlagen entspricht die gewählte Bezeichnung „Gruppe des Plattenkalksteines“ der in Steinbrüchen, Steilabfällen der Küste und sterilen und schwach bedeckten Gehängflächen vorwiegend in's Auge tretenden Erscheinung.

In Bezug auf die Färbung zeigen sowohl die bankförmig als die plattig und schiefrig geschichteten Kalksteinlagen fast ausschliesslich lichte gelblichgraue bis hellgelbe oder weissgraue Nuaneen.

Ein intensiveres Gelb und dunkleres Blaugrau kommt selten und in grösserer Ausdehnung beispielsweise nur bei dem berühmten Kalkstein des Scoglio St. Girolamo vor, welcher auch in Bezug auf Dichte und Festigkeit und Gleichartigkeit der Consistenz bei auffallender Mächtigkeit jede Gesteinslage der Plattenkalksteingruppe übertrifft und als die regionale Ausbildung eines tieferen Niveaus anzusehen ist, welche im Bereich der auf der istrischen Halbinsel selbst verbreiteten unteren Abtheilung der Kreideformation bisher an keiner Stelle nachweisbar war. Wir haben uns demnach hier mit dieser Gesteinsform nicht näher zu beschäftigen.

Die dickbankförmigen, sowie die plattigen Kalksteinschichten der ganzen Gesteinsreihe erscheinen im Allgemeinen in zwei Ausbildungsformen.

Es gibt sowohl bankförmige als auch dünnplattige Schichten, welche sich durch gleichförmig dichte Beschaffenheit, grössere Härte und scharfkantig splittrigen bis unvollkommen muschligen Bruch auszeichnen und auch in Aufschlüssen, welche der unmittelbaren Einwirkung der Insolation, der Niederschläge und des jähen Temperaturwechsels ausgesetzt sind, keine oder nur geringe Neigung zu innerer schichtenförmiger Parallelabsonderung oder zu schiefriger Ablösung der Oberflächen verrathen. Die grössere Härte scheint durch einen gewissen, wenn auch geringen Gehalt an Kieselerde bedingt zu sein.

Im Allgemeinen ist diese Ausbildungsform in dem unteren Complex der ganzen Schichtengruppe häufiger als in dem oberen. In diesem herrschen nämlich zumeist mürbere, ungleichartig dichte Kalkgesteinsvarietäten mit vorwiegend uneben erdigem Bruch vor, deren zum Theil

mächtige Bänke, je unmittelbarer und länger sie der Berührung mit Sickerwässern, Luft und Sonnenstrahlen ausgesetzt waren, eine umso stärkere plattige Parallelabsonderung erkennen lassen, während dünne Plattenlagen wiederum eine Anlage zur Schieferung und schiefrigen Ablösung bis zum Zerfall zeigen.

Ueberdies sind noch Kalksteinschichten oder streifenförmige Lagen innerhalb dickerer Bänke zu unterscheiden, welche ein mehr sandig-körniges, und solche, welche ein poröses bis zelliges oder unregelmässig durchlöchertes Gefüge haben. Dies hängt zumeist mit der Auflösung und Wegführung der Schalenreste kleinster oder grösserer Organismen zusammen, welche an der Bildung dieser Kalksteinhorizonte Theil genommen haben. Die fein poröse Beschaffenheit wird zumeist durch Auflösung kleinster Foraminiferenschalen, das grobzellige oder durchlöcherte Aussehen gewisser Kalksteinbänke durch die Ausschwemmung und das Herausfallen der Gehäusereste kleiner und grösserer Gastropoden herbeigeführt.

Unter diesen spielen einige Nerineenarten bezüglich der stellenweisen Massenhaftigkeit des Auftretens und der constanten Verbreitung die erste Rolle. Dieselben sind das bezeichnendste paläontologische Merkmal der ganzen Gruppe und erscheinen am häufigsten in den Kalksteinbänken und -Platten der mittleren Abtheilung.

Wie die scharfbrüchigen, dichten Kalksteine zum Theil das Ansehen eines kieseligen Kalkgesteins annehmen, weisen die mürberen Gesteine mit erdigrauhem Bruch mehrfach Uebergänge in Kalkmergel auf.

Im Verhältniss zu den mürberen erdigen und porösen Kalksteinschichten, welche eine allgemeinere Circulation und Aufsaugung der Sickerwässer ermöglichen, würden die dichten Kalksteinbänke und Plattenlagen als undurchlässige Schichten erscheinen, wenn sie nicht wie diese durch starke Zerklüftung, erweiterte Spalten und Brüche in einem sehr hohen Grade durchbrochen wären. — Bei Besprechung der hydrographischen Anlage und Ausbildung des ganzen Niederschlagsgebietes werden die Beziehungen dieser und anderer Gesteinsschichten zur Wasseraufnahme, Verdunstung, Wasseransammlung und -Abfuhr näher in Betracht kommen.

Eine speciellere Abgrenzung der beiden Hauptgesteinsformen der Gruppe gegeneinander ist undurchführbar, weil jede derselben in verschiedenen Horizonten vorkommt. In fast jedem grösseren Steinbruch, an jeder hohen Steilwand wird man die eine, wie die andere vertreten finden.

Das Vorkommen untergeordneter und petrographisch schärfer abweichender Schichten und Zwischenlagen kann jedoch unter Hinweis auf bestimmte Verbreitungsregionen oder Aufschlusspunkte markirt werden.

Von Bedeutung und Interesse sind unter diesen: 1. Mergel-Zwischenlagen, welche häufig mit conglomeratischen Zonen in Verbindung stehen und in solche übergehen 2. Dolomitische Bänke und dünnplattige Schichten.

1. Die Mergel, im Wesentlichen Kalkthonmergel von bläulich- bis gelblich-grauer Färbung, treten meist nur als schwache, im Verlaufe ungleich breite dunklere Bänder dort in's Auge, wo der mittlere Complex der Schichtenreihe des Plattenkalksteines in grossen Steinbrüchen oder hohen Bruchwänden der Küste aufgeschlossen ist.

An Berggehängen und auf Felsböden sind sie selbst dann, wenn sie etwa in grösserer Flächenausdehnung durch Zerstörung und Erosion der überdeckenden Kalksteine freigelegt wurden, nicht leicht erkenntlich, weil sie leicht mit Humus vermischt und von einer Vegetationsdecke überkleidet werden konnten, wo sie nicht schon zugleich mit Terra rossa-Material durch Umschwemmung eine Umbildung erlitten.

Gut zu beobachten ist beispielsweise ein solches Band von thonigem Mergel an den Steilwänden und in den Steinbrüchen der Küste im Gebiete von Val Zonchi und längs der Streeke zwischen Punta Christo und Val Raneon.

Dem welligen Verlauf der Schichtung nach dem Streichen entsprechend, erscheint die Zwischenlage in verschiedener Höhe über dem Meeresniveau, streckenweise in 6 bis 10 Meter Höhe und dann wieder nahe zur Strandlinie absinkend.

Die Mächtigkeit der reinen Mergellage wechselt zwischen wenigen Zoll und etwa 3 bis 4 Fuss. Stellenweise fehlt die Lage gänzlich und ist nur durch das merglige Bindemittel einer conglomeratischen Liegend-schicht angedeutet. Diese Zone von Kalkconglomerat hat gleichfalls zumeist nur eine geringe Mächtigkeit. Im Vereine mit dem Thonmergel deutet sie eine Unterbrechung der gleichförmigen Ablagerung und eine Strandbildung von kurzer Dauer an.

Das Conglomerat besteht aus eckigen und durch die Brandung abgewetzten und gerollten Bruchstücken der nächsten Kalksteinschichten der Basis und liegt auf streckenweise deutlich erodirten Flächen. Es entspricht demnach wahrscheinlich alten Strandlinien von flachen Inseln der unteren Kreide und einer Grenze zwischen dieser und den petrographisch gleichartig ausgebildeten Schichten eines mittleren Kreidehorizontes von Istrien. Da jedoch weder diese conglomeratischen Lagen, noch auch die Mergel bestimmbare Fossilreste enthalten und solche auch weder aufwärts noch abwärts in den zunächst liegenden Kalksteinbänken zu finden waren, kann die genauere Position dieser Grenzschicht innerhalb der Schichtenreihe der mittleren oder unterhalb der oberen Abtheilung der Kreideformation nicht scharf fixirt werden.

In Bezug auf die Wassercirculation kann diese thonigmergelige Zwischenlage trotz ihrer geringen Mächtigkeit immerhin eine gewisse Rolle spielen und wenn auch nicht eine constante allgemeine, so doch eine regionale Bedeutung gewinnen.

Wo diese Schicht nämlich im Bereiche des Muldenbodens einer Schichtenwelle in grösserer Ausdehnung und in nicht zu geringer Mächtigkeit ausgebreitet ist, wird der Abfluss der in die Mulde zusitzenden Sickerwässer durch die Klüfte der Kalksteinbasis nach der Tiefe durch die wenig oder gar nicht durchlässige thonige Lage gehemmt.

Es entsteht eine bassinartige Wasseransammlung mit Ueberfall, und der Ablauf des Wassers wird über dem Niveau der durch die thonigen Zwischenlagen abgeschlossenen Muldenflanken durch die den Kalkstein durchsetzenden Spalten vermittelt.

Eine ganz andere Bedeutung gewinnt eine solche thonige Zwischenlage auf solchen Strecken, wo sie durch einen stärkeren Wasserzug aus seitlichen Spaltungen getroffen und in der Richtung der Schichtenneigung ausgewaschen werden konnte.

In diesem Falle entstehen niedrige Hohlräume mit Absenkungen und Abfall des klüftigen Kalksteines der Decke, in welchen das Niederschlagswasser schneller und reichlicher nach der localen Neigung der Schichtenflächen und in der Hauptrichtung der Gebirgsabdachung abfließt.

Dies sind natürlich nur unterirdisch auftretende Fälle, aber als solche bei der Beurtheilung der Circulations- und Abflussverhältnisse des in Tiefe dringenden Niederschlagsquantums des bedeckten und unbedeckten Karstkalkreliefs mit in Rechnung zu bringen.

2. Die dolomitischen Schichten treten in dickeren Bänken und dünneren Plattenlagen, vorzugsweise in der unteren Abtheilung des ganzen im Gebiete der Karte zu Tage tretenden Complexes der Plattenkalksteine, in vereinzelt mehr regionalen Lagen jedoch auch höher auf.

Bezüglich der Färbung herrschen dunklere rauchgraue bis blaugraue Töne vor, seltener sind licht-gelblichgraue Nuancen. Unter den stärkeren Bänken herrschen dichte, zum Theil fast hornsteinartig aussehende und feinsandige Gesteine mit scharfkantig unebenem bis unvollkommen muschligem Bruch. Einzelne Lagen sind mürb, porös, gröbersandig, mit zum Theil krystallisch ausgebildeten Körnern.

In chemischer Beziehung erreichen dieselben zum Theil ein Verhältniss der Zusammensetzung, welches dem Normaldolomit ($CaO CO_2 + MgO CO_2$) mit 54·3 kohlen-saurem Kalk und 45·7 kohlen-saurer Magnesia sehr nahe kommt.

Zwei Proben aus dem Verbreitungsgebiet von Valle S. Pietro (Holzconserven) wurden von einem Punkte in der Nähe des ersten östlichen Quellaustrittes der Vallelunga-Quellen in das Meer entnommen; die eine aus einer von der Fluthöhe stets erreichten Schichtenlage dicht am Meeressaum, die andere aus einer nur wenig Fuss höher liegenden Bank.

Die von Herrn Dr. Leopold v. Tausch durchgeführte chemische Untersuchung ergab:

bei Nr. 1.		bei Nr. 2.	
Gelblichgraues Dolomitgestein, im Bereiche der Fluthöhe:		Dichter bläulichgrauer Dolomit, 4 Fuss über dem Fluthniveau:	
CaO	. . . 34·15	60·98 kohlen-saurer Kalk	. . . 32·50
CO_2	. . . 26·83		. . . 25·54
MgO	. . . 17·44	36·63 kohlen-saure Magnesia	. . . 20·19
CO_2	. . . 19·19		. . . 22·21
SiO_2	. . . 0·45 Kieselerde		. . . 0·55 Kieselerde
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$. . . 0·55 Thonerde und Eisenoxyd		. . . 0·30 Thonerde und Eisenoxyd
Cl 0·04 Chlor		. . . 0·00 Chlor
Summe	. . . 98·65		. . . 101·29

In grösserer Ausdehnung und auf einer geologischen Karte gut markirbar kommen die dolomitischen Horizonte dort zum Vorschein, wo bei verhältnissmässig flacher Lagerung die Bedeckung durch die oberen Plattenkalksteine im Wege der Erosion abgetragen erscheint.

Solche Gesteinsflächen sind, wie die Kartenbeilage zeigt, nördlich und östlich des Quellengebietes von Valle lunga zu beiden Seiten der Strasse von Pola nach Galesano besonders häufig zu beobachten. Insbesondere können genannt werden: Das Gebiet zwischen Valle lunga (Holzconserven-Abchnitt), Monte Carsiole, Monte grande und der Bahnstrecke von Valle lunga bis Stanza Leonardelli bei Madonna

delle grazie, das Gebiet nordwärts von Monte Valmarin und Stanza Zonca und das Gebiet westwärts der Strassenstrecke nächst Stanca Mascarda und Lago di Fragna südlich von Galesana, ferner die Gegend zu beiden Seiten der Strassenstrecken zwischen S. Giacomo und St. Cecilia und derjenigen zunächst westlich von Penesiè der Hauptstrasse von Dignano nach Marzana, ferner die Partien südöstlich von der Haltstelle Galesana, sowie in der Umgebung von Stignano und Val Rancon.

Minder leicht sind Ausscheidungen vereinzelter Bänke oder schmaler Schichtenzonen kenntlich zu machen, wo dieselben in der Schichtenfolge von Steilwänden und Strandlinien der Küste und von Steinbrüchen oder tiefen Dolinen erscheinen. Derartige schmale, auf der Karte nicht gut ausscheidbare Streifen wurden in den Buchten von Fisella und Val Fisella, an der Steilküste zwischen Punta Compare und Cap Brancorso und des Val Sabion im Hafengebiet von Veruda, am Küstensaum von Val Rancon, im Val Randon und Val Maggiore und auf der Strecke zwischen dem Artillerie-Laboratorium und dem Marine-Laboratorium des Hafens von Pola und in den Steinbrüchen unter dem Monte grande beobachtet und treten stückweise auch am Wege nach dem Fort S. Daniele unter dem Monte Sorbo zu Tage.

In Bezug auf die Wasserfrage muss den dolomitischen Schichten in zweifacher Richtung grössere Aufmerksamkeit zugewendet werden.

Erstlich in Bezug auf die Qualität des in denselben längere Zeit zurückgehaltenen Wassers und der vorzugsweise aus solchen Gebieten stammenden unterirdischen Quellzuflüsse und zweitens in Bezug auf die geringere Wasserdurchlässigkeit bei grösserer Feuchtigkeitsaufnahme im Verhältniss zu den zwischenliegenden, sowie den überlagernden, stark zerklüfteten Plattenkalksteinhorizonten.

Ein zu starker Gehalt an kohlensaurer Magnesia des Wassers der wegen der erreichbaren Quantität in Betracht kommenden Quellgebiete würde seine Verwendbarkeit als Trinkwasser in Frage stellen.

Der Umstand, dass in den nördlichen Karstgebieten von Istrien und Krain, im Triestiner Karst, in dem Tschitschen-Karst längs der Strasse Herpelje-Fiume, an der östlichen Steilküste von Istrien zwischen Volosea und Porto Rabaz, sowie auch im Schneeberger Waldgebirge in der tieferen Abtheilung der Kreideformation die dolomitischen, sandigen Schichten eine bedeutende Mächtigkeit erreichen, während in dem Grenzcomplex zwischen der oberen Rudisten-Kreide und der untersten Kreide ein verschiedenartiger Wechsel von Kalksteinbänken und dolomitischen Lagen zu beobachten ist, lässt vermuthen, dass auch in dem Gebiet des Hafens von Carpano noch ein tieferer sandiger, dolomitischer Haupthorizont unter dem Meeresniveau folge, welcher die Wasserabfuhr in die Tiefe insoweit hemmt, dass eine stärkere Wasseransammlung innerhalb der zunächst darüber liegenden Schichtenfolge sich constant erhalten kann.

Die Schichtengruppe der Rudisten-Kalksteine.

Südöstlich von der soeben (pag. 8) näher bezeichneten und auf der grossen Umgebungskarte des Hafengebietes von Pola ersichtlichen

Hauptgrenze der unteren Schichtengruppe, folgt in mehrfach deutlich zu beobachtender Auflagerung eine mächtige Reihenfolge von Kalkstein-Bänken, deren Gesamthabitus ebenso wie die speciellere Gesteinsbeschaffenheit sich zumeist schon äusserlich als ein von der Ausbildungs- und Erscheinungsform der Plattenkalksteingruppe verschiedener erkennen lässt.

Ausser dem auffällig stark zerrissenen und durchlöcherten Oberflächen-Relief, dem Ueberwiegen von dickbankigen oder massig mächtigen, unvollkommener abgesonderten Schichten und dem Vorherrschen weisser und lichtgrauer Gesteinsvarietäten verräth auch der Reichtum an Fossilresten sehr bald, dass man diese Grenze überschritten hat auch dort, wo man dieselbe wegen Ueberdeckung des Felsbodens durch die junge, überwiegend rothe Deckablagerung nicht unmittelbar zu Gesicht bekommt, sondern erst jenseits derselben auf einzelne vorstehende Blöcke oder Felskuppen stösst.

Diese Schichtengruppe bildet die felsige Unterlage der Vegetation tragenden Eisenthon-, Lehm-, Sand- und Humus-Decke bis hinaus über die Ostgrenze der Karte und im Süden bis an das Meer.

Wie die untere Schichtengruppe am besten in den Steinbrüchen der nächsten Umgebung von Pola, des Monte grande und der Nord- und Südseite des Hafens von Pola studirt werden kann und das Gesteinsmaterial derselben an der Umfassungsmauer des Arsensals, so bieten die entfernter liegenden römischen Steinbrüche bei Veruda etc., sowie die Steinbrüche des Gebietes von Medolino und Promontore die beste Gelegenheit zur Auffassung des besonderen Habitus der oberen Schichtenfolge der südtrischen Kreideformation und das Baumaterial der Arena und anderer römischer Kunstbauten zeigt die vorherrschende Richtung ihrer Verwendbarkeit im Grossen.

Unter den Fossilresten, welche hier einen hervorragenden Antheil an der Gesteinsbildung selbst genommen haben, herrschen die dicken blätterigen und zellig structurirten Schalen von verschiedenen Formen der ausgestorbenen Zweischaler-Familie der „Rudisten“ vor.

In der nach dieser Schalthier-Familie benannten Schichtengruppe der „Rudisten-Kalksteine“ nehmen die Gattungen *Sphaerulites*, *Radiolites* und *Hippurites* in Bezug auf Allgemeinheit der Verbreitung, Mannigfaltigkeit der Formen und Massenhaftigkeit der regionalen oder localen Anhäufung die erste Stelle ein.

Wie man innerhalb der Plattenkalkstein-Gruppe wegen der besonderen Häufigkeit der Gastropoden-Gattung „*Nerinea*“ in gewissen Bänken und Lagen von „Nerineen-Kalkstein“ sprechen kann, so kann man hier je nach der grösseren Häufigkeit dieser oder jener Gattung wohl auch von Hippuriten-Kalkstein, von Radiolitenkalkstein und Sphaeruliten-Kalkstein sprechen. Minder stark verbreitet sind wohl-erhaltene Schalenreste der Chamidenfamilie, doch sind die Gattungen *Caprina* und *Plagioptychus* stellenweise nicht gerade selten. Durch ihre Grösse und kuhhornartige Gestalt fallen stellenweise die Hippuriten auf, von welchen einzelne Exemplare über Meterlänge erreichen. Nächst den Rudisten spielen stellenweise auch Austern (*Ostrea*), besonders grössere stark gerippte Formen, sowie Kammmuscheln (*Pecten* und *Janira*) eine gewisse Rolle in der Fauna dieser oberen Gruppe.

Zuweilen sind auch kleine Brachiopoden und Orbituliten etwas reichlicher neben den genannten Hauptformen vertreten.

Vor Allem aber überwiegt über besser und vollständiger erhaltene Schalen aller genannten Gattungen grobes und feineres Bruch- und Trümmerwerk derselben, welches durch die Brandung des einstigen Meeres der Kreidezeit in Strandzonen angehäuft und durch feinen Kalkschlamm zu Trümmerbreccien-Massen oder bankförmigen Lagern verkittet wurde. Ausser dem Schalen-, Breccien- und Trümmerkalkstein, welcher besonders häufig porös und löcherig erscheint durch ungleichartige Löslichkeit der Schalreste und Herausfallen der Kerne, sind in Bezug auf petrographische Verschiedenheit noch dichte bis feinzuckerig krystallinische Kalkstein-Varietäten und erdigmehlige kreidige, schneid- und sägbare, an der Luft mit der Zeit etwas erhärtende Gesteinslagen hervorzuhelien.

Dünnen geschichtete, fast plattige Schichtenbänder kommen hier gleichfalls, aber mehr untergeordnet in verschiedenen Horizonten zwischen den massigen und dickbänkigen Hauptfolgen vor. Dieselben sind stellenweise reich an Hornstein in Knollen und Plattenform. Das stärkste derartige Vorkommen findet sich längs der steilen Westküste des südlichen Theiles der Halbinsel von Promontore. Hier gehört es wahrscheinlich schon in eine Grenzgruppe zwischen der oberen und unteren Schichtenfolge. Ausserdem wurden Hornstein führende Schichten im Gebiete der oberen Kreideformation nördlich von Medolino (Blagovica) und von Sissano, wengleich in geringer Ausdehnung, aufgefunden. Eine genauere Angabe der bestimmaren Arten der Kreidefauna und der Versuch einer Gliederung der beiden Hauptcomplexe ist hier nicht am Platz und kann diesbezüglich auf die Uebersicht der geologischen Verhältnisse der Küstenländer (Abhandl. der k. k. geol. R.-A. 1889, Bd. XIII, Einleitung) verwiesen werden.

Der Charakter der Faunen der Rudistenkalkstein-Gruppe weist darauf hin, dass die ganze Schichtenreihe im Wesentlichen die Altersstufen der Kreidestufen aufwärts von der mittleren oder Cenomanstufe, also die anderwärts vielgestaltiger gegliederten Stufenfolgen des Turon und Senon als eine petrographisch und faunistisch sehr gleichförmige Ausbildungsform (Facies), und zwar in aussergewöhnlich mächtiger Entwicklung darstellt.

In Bezug auf ihren Werth für Wasseransammlung und Wasserführung spielt diese Schichtengruppe schon an sich und noch mehr in Bezug auf die Niederschlagsgebiete der Umgebung des Hafens von Pola nur eine passive und untergeordnete Rolle. Dieselbe lässt das Niederschlagswasser wegen ihres an Dolinen reichen, karstartig ausgebildeten Oberflächen-Reliefs und wegen der vielgestaltigen unterirdischen Durchsetzung mit grossen und kleinen Hohlräumen, (Schlünden, Kanälen, Gewölbräumen), sowie von Klüften und Spalten noch schneller nach der Tiefe ablaufen, als der Complex der Plattenkalksteine.

Das Abfließen der directen Niederschlagsmengen nach der Tiefe erfolgt natürlich schneller auf nacktem oder schwach verdecktem Felsboden und in der Umrandung der aus der rothen Lehmdecke hervorstehenden inselförmigen Kalkfelspartien als auf den auch hier sehr ausgedehnten Gebieten der thonreichen Deckablagerung selbst. Ueberdies

reicht diese obere Schichtengruppe nur mit einem verhältnissmässig kleinen Südost-Abschnitt in die unmittelbaren, durch die generellen und besonderen Abdachungsverhältnisse bedingten Niedererschlagsgebiete des Absenkungsraumes gegen den Hafen hinein und es ist endlich auch die Neigung der Schichtflächen überwiegend eine davon gegen Ost und Süd abgekehrte. Es kommt die ganze Schichtengruppe daher nur für indirecte Abflüsse aus unterirdischen Sammelräumen der hinterliegenden peripherischen Wasseraufnahmszone im Wege von gegen das mittlere Senkungsgebiet gerichteten unterirdischen Kanälen und Spaltenzügen etwas mehr in Betracht.

Dieses Verhältniss wird bei Besprechung der tektonischen Gestaltung und der hydrographischen Anlage der Umgebung des Hafens nochmals berührt werden.

Jüngere, nachcretacische Ablagerungen.

Unter den bereits (pag. 8) aufgeführten und auf der geologischen Karte der Umgebung von Pola durch Farben näher markirten Ablagerungen, welche aus der Tertiärzeit und Quartärzeit auf der festen Gesteinsbasis der beiden Schichtengruppen der Kreideformation zurückgeblieben sind oder schon aus historischer Zeit herkommen, hat nur die an Thonerde und Eisenoxyd reiche rothe Bodenart wegen ihrer allgemeinen Verbreitung und ihrer relativ geringen Wasserdurchlässigkeit in Bezug auf die Gestaltung der hydrographischen Verhältnisse des Gebietes einen stärkeren Einfluss.

So interessant und wichtig vom geologischen und genetischen Standpunkt auch einzelne andere Bildungen, wie z. B. die Süsswasser-Quarzite von Lavarigo oder die sandigen Lehme und Sande von Promontor sind, so stehen sie doch zur Frage der Wasserführung, theils wegen ihrer nur sporadischen Verbreitung, theils wegen ihrer vom Hafengebiet ganz abgetrennten und entfernten Lage in keiner Beziehung. Wir können denselben daher an dieser Stelle nur mit Rücksicht auf die Erklärung der Karte ein paar Worte widmen.

1. Die Quarzite erscheinen in zwei verschiedenen Ausbildungsformen oder vielmehr in zwei verschiedenen Stadien der Zerstörung einer einst in grösserer Ausdehnung verbreiteten Kieselsinterbildung in unmittelbarer Auflagerung auf dem bereits vor der Zeit ihres Absatzes erodirten Felsboden der Kreideformation. Die eine dieser Ausbildungsformen besteht aus grösseren, zum Theil mehrere Meter mächtigen Felsmassen, welche schichtenförmige Absonderung zeigen und noch mit der Kalksteinbasis enger zusammenhängen.

Oberflächlich und in Klüften zeigen dieselben vielfach rothe Färbung, welche von dem Eindringen des feinen Schlammes der nachträglich weggewaschenen oder noch theilweise zurückgebliebenen Bedeckung mit ursprünglichem oder umgeschwemmten Terra rossa-Material herrühren. Innen jedoch zeigen sie sich als reiner weisser, feinkörnig krystallinischer, zum Theil feinzellig poröser Quarzit mit kleinen Drusenräumen, in welchen kleinste Quarz- und Calcitkrystalle zu beobachten sind. Die reinen Quarzite bestehen aus über 90, zum Theil bis 98 Procent Kieselerde und enthalten nur 1 Procent kohlensauren Kalk und etwas Thonerde.

Die zweite Form ist ein Zerstörungsproduct der ursprünglichen Quarzitablagerung und besteht aus eckigen und unvollkommen abgewetzten Quarzitbrocken von Nuss- bis Faustgrösse mit rother Eisen-thonerde vermischt. Diese Form findet sich mehrfach isolirt innerhalb der Terra rossa-Gebiete, aber auch besonders innerhalb und im Umkreis der festen Quarzitfelsmassen. Unter den Quarzitbrocken scheinen unreinere, stärker mit Kalk durchzogene Stücke vorherrschend zu sein. Wahrscheinlich waren solche Lagen und Partien der ursprünglichen Ablagerung leicht kluftig und leichter zerstörbar und erfuhren bei späterer Umschwemmung des ursprünglichen Terra rossa-Materials theilweise einen Transport nebst Umlagerung.

Ihre Entstehung verdankte die ursprüngliche Ablagerung ohne Zweifel heissen, an Kieselerde reichen Quellen, welche während der nacheretacischen Festlandperiode Kieselsinterlagen auf dem Kalksteinboden absetzten.

Im Karstgebiete von Triest, Nordistrien und Krain erscheinen in dem Süss- und Brackwasser-Ablagerungen der sogenannten liburnischen oder Protocän-Stufe, zwischen dem obersten Kreidekalk und dem alttertiären Nummulitenkalkstein gleichfalls an Kieselerde reiche Ablagerungen. Der Nachweis, dass die Quarzite des südistrischen Karstgebietes in dieselbe Altersstufe gehören, ist jedoch vorläufig noch nicht zu führen und kann am wenigsten an dieser Stelle versucht werden.

Das Farbenschema der Karte zeigt, dass die Reste dieser Ablagerung in sehr ungleich grossen Partien vorzugsweise in dem Hauptgebiete des Plattenkalksteines nordwestlich und nördlich von Lavarigo und an der Strasse zwischen Dignano und Marzana sich erhalten haben.

2. Der rothe Eisenthon und Karstlehm, die „Terra rossa“ und ihre Mischproducte. In dem ganzen Gebiet der Umgebungen von Pola und überhaupt in dem ganzen Abschnitt westlich von der Arsa und südlich von der Formationsgrenze der Kreide- und der Eocänablagerungen, welche südwärts von der Bergreihe ober Pisino durchstreicht, fehlt jede Spur jener Schichtenfolge des Nummulitenkalk-, Flyschmergel- und Sandstein-Gebirges, welche sich in so bedeutender Mächtigkeit im Norden dieser Grenzlinie erhebt und ausbreitet.

Dieser Schichtencomplex muss, insoweit er sich einst über diesen grossen Abschnitt von Istrien ausgebreitet haben mag, vollkommen durch Brandungsabrasion und Erosion zerstört worden sein. Es ist bisher keine sichere Spur eines Rückstandes aufzufinden gewesen.

Unmittelbar auf dem Felsboden, welcher in dem nordwestlichen Hauptabschnitt von den Schichten der Plattenkalksteingruppe und in vereinzelt Flecken von dem alttertiären Quarzit, — in dem südöstlichen Hauptabschnitt jedoch von den Bänken des Rudistenkalksteines gebildet wird, breitete sich einst, alle Vertiefungen, Löcher und Spalten des während der zwei nacheretacischen Festlandsperioden durch die Brandungsabrasion und die atmosphärische Lösungserosion modellirten Oberflächenreliefs überdeckend, in noch ausgedehnteren und mächtigeren Lagen eine Decke von eisenreichem Thon aus. Die am wenigsten veränderten Rückstände dieser Absätze von Thonschlamm finden sich noch jetzt an der Basis der mächtigeren „Terra rossa“-Böden. Dieselben wurden jedoch seit der jüngsten Tertiärzeit und während der Quartär-

zeit durch Umschwemmung und Abschwemmung, sowie durch vollständige Umwandlung des einst vorherrschender als Eisenkies und Eisenoxydul in dem Thon vertheilten Eisengehaltes in Eisenoxyd in Bezug auf Vertheilung, Mischung und Färbung mehrfach verändert. Die grösste und durchgreifendste Umänderung erlitt diese ältere Bodendecke ohne Zweifel in Folge der gewaltsamen Störungen und Veränderungen des inneren Gebirgsbaues und der äusseren orographischen Umgestaltung, welche den Schluss der Quartärzeit nach Ablagerung der Sande von Sangeso, Pta. Merlera und Promontore durch Gebirgsschollen-Versenkung und Gewölbnachsturz unter gleichzeitigem Eindringen des Meeres kennzeichnen.

Wie die Hauptanlage der jetzigen zerrissenen Gestalt des Küstenlandes und die Trennung von Küstenstrichen und Inselreihen, so stammt auch der Einbruch und die Absenkung der Hafengebiete von Medolino und von Pola und die Terraingestaltung der Umgebung dieser Gebiete im Grossen aus dieser Zeit. Der mannigfaltige Wechsel von muldenförmigen Senkungen, mit Bergrücken und Einzelkuppen, sowie die starke Zerklüftung und Durchsetzung des Felsbodens mit Bruchlinien und Spalten, die Bildung von unterirdischen Hohlräumen und Kanälen und die Entstehung der zahllosen Kessel oder trichterförmigen Vertiefungen (Dolinen) sind eine weitere Folge dieser grossen Epoche der Störung des Gebirgsbaues. Die bis in die historische Zeit fortdauernden Nachwirkungen haben durch schwächere Erderstütterungsperioden, durch regionale und locale Senkung der Küste, sowie durch speciellere Anarbeitung des oberirdischen Gebirgsreliefs und der unterirdischen Bassin- und Kanalisationsanlagen für Wasser-Ansammlung, Zufuhr und Abfuhr den gegebenen Grundriss der Umgestaltung auch in dem hier in Rede stehenden Gebiete im Verein mit der Wirksamkeit der atmosphärischen Agentien noch vollständiger und mannigfaltiger ausgearbeitet.

Dass die alte Decke der rothen Thone unter solchen Verhältnissen im Laufe der Zeit und durch starke Regenfluthen von Steilgehängen und Bergkuppen nach Mulden zusammengeschwemmt, durch Klüfte und Spalten nach der Tiefe geführt und im Ganzen geringer und zerrissener werden musste, ist begreiflich. Ebenso ist es andererseits naturgemäss, dass die Restbestände derselben durch Beimischung der von den Gehängen zugeführten Lösungsrückstände, durch vom Winde herbeigeführten Flugsand und durch die ungezählten, abgestorbenen Vegetationsfolgen eine verschiedenartige Beschaffenheit und eine ungleich grosse Zunahme ihrer oberen Lage schon in vorhistorischer Zeit erhalten haben.

Augenfälliger und ausgedehnter wurden diese Veränderungen in historischer Zeit durch die Culturarbeit des Menschen. Die Flächenausdehnung von mit Mischproducten aus älterem Schwemmmaterial der rothen Thone, aus Lösungsrückständen der Kalksteinschichten und Humus verdeckten Felsunterlagen nahm zu und schreitet noch jetzt fort durch Umwandlung in Garten- und Ackerböden.

Dies geschah und geschieht noch jetzt am leichtesten in den Gebieten, wo die mürberen, flach gelagerten Gesteinszonen der Plattenkalksteinsgruppe die erodirte Basis der abgeschwemmten und nur in Erosionsvertiefungen und Klüften zurückgebliebenen, älteren rothen Thone oder der späteren Umschwemmungsabsätze derselben gebildet haben. Der rothe Thonschlamm ist hier nämlich nicht nur in die zahlreichen

Verticalklüfte und Spalten, sondern auch mit dem circulirenden Wasser zwischen die schichtenförmigen Absonderungsflächen und die Schichtflächen geführt worden. Dadurch wurde die Sickerung nach der Tiefe allmählig verlangsamt, das Niederschlagswasser blieb endlich immer wieder lange genug zurück in den mit rothem Thonenschlamm erfüllten Zwischenlagen, um während der heissen Perioden, wo die Verdunstung der Sickerwasser auch tiefer unter der Oberfläche noch in Wirksamkeit tritt, den aus den Plattenkalkflächen in Lösung genommenen Kalk zum Theil an dieselben wiederum in Form von Sinterkrusten oder krystallinischen zarten Stalaktiten- und Stalagmitengruppen beiderseits anzusetzen. Dadurch wurde das Gefüge aller oberen Schichtenlagen mehr und mehr gelockert und das ursprüngliche lose Material mit Lösungsrückständen aus den Kalklagen vermischt und somit auch vermehrt.

Bei Bearbeitung solcher Flächen mit der Hacke ist das Herausheben und Entfernen der festeren Plattenstücke leicht, und es bleibt das lose rothe Zwischenmaterial sammt dem mürberem, zerbröckelnden Material des Kalksinters und des Kalksteines zurück. Auch mit dem Pfluge werden später noch grössere und härtere Stücke des Plattenkalksteines an die Oberfläche gebracht und von der Ackerfläche entfernt. Die kleinen Stücke zerfallen bei dem steten Wechsel von Feuchtigkeit und von Austrocknung durch die Insolation; sie werden durch Ablösung und Lösung des Kalkgehaltes im Niederschlagswasser immer kleiner. Ein Theil des gelösten Kalkes wird durch die Sickerwässer in die Tiefe mitgenommen, ein anderer Theil sammt den geringen Procenten der unlöslichen Rückstände bleibt in der rothen Erdschicht zurück und liefert sammt den zurückgebliebenen Vegetationsresten und dem aufgeführten Culturdünger alljährlich zur Veränderung der Mischung und zur Verstärkung der losen, rothen Ackererde einen bestimmten Beitrag.

Auf diese Weise dehnte sich die Bedeckung von während der vorhistorischen Zeit nicht zu stark von dem älteren, rothen, an Thonerde und Eisenoxydgehalt reicheren Decklagen freigewaschenen Felsböden unter günstigen Umständen wiederum weiter aus.

In dem Plattenkalksteingebiet der Karte der Umgebung von Pola war dies in ausgedehnter Weise der Fall.

Auf einer geologischen Karte, zumal wenn dieselbe in der kurzen Zeit von zwei bezüglich der Witterung sehr ungünstigen Monaten durchgeführt werden musste, ist eine Trennung von äusserlich sehr ähnlichen und durch vielfache Abstufungen in einander übergehenden Bodenarten nicht möglich. Auch kann nicht jede kleine Felspartie ausgeschieden werden.

Die Anfertigung einer speciellen Agriculturkarte für ein so grosses Gebiet würde Jahre in Anspruch nehmen. Ueberdies genügt die Art der Trennung von felsreichen Partien und ganz oder vorherrschend überdeckten Flächen vollständig dem hier in Frage kommenden Hauptgesichtspunkt.

Dieser ist zu suchen in dem Verhältnisse des Bodens zur Aufnahme und Abgabe der Niederschlagsmengen nach oben und unten.

Der rothe, an Thonerde reiche Boden, welcher gut zwei Drittheile der Kartenfläche des geologisch colorirten Gebietes der Umgebung des Hafens von Pola, wengleich in sehr verschiedener und wechselnder Mächtigkeit bedeckt, wirkt ungünstig in Rücksicht auf die Speisung der

unterirdischen Reservoirs, weil er das Sickerwasser aufhält und zu langsam durchlässt, somit der Verdunstung der Niederschlagswässer in doppelter Weise starken Vorschub leistet. Wo er direct freiliegt oder in geringer Tiefe unter gemischtem, loserem Erdreich den klüftigen Felsboden überdeckt, gibt er Anlass zur Bildung von offenen Wasseransammlungen. Unzählige Tümpel und Ackerfurchen sowie grössere teichartige Wasserflächen von kurzer Dauer liefern nach jedem stärkeren Regen einen grossen Theil der gefallenem Niederschlagsmenge durch freie Oberflächenverdunstung wieder an die Atmosphäre zurück. Ebenso wird bei tiefgründigem Boden die thonreiche Unterlage das aus dem durchfeuchteten Boden abgegebene hohe Verdunstungsprocent noch dadurch erhöhen, dass sie das Absickern nach der klüftigen Felsunterlage sehr verlangsamt und das von der oberen Bodenschicht aufgenommene Wasserquantum durch eine längere Zeit der Einwirkung der die Verdunstung bewirkenden und beschleunigenden Factoren (Temperatur, Insolation, Wind etc.) aussetzt. Schwache Regen oder starke Regen von kurzer Dauer sind in diesem Terrain daher überhaupt und ganz besonders in den heisseren Monaten fast bedeutungslos für die Abgabe von Sickerwasser nach der Tiefe und selbst andauernde und starke Regenmengen kommen während der starken Verdunstungsperiode der Sommermonate nur mit einem sehr geringen Procent als Sickerungszuschuss für die unterirdischen Reservoirs zur Geltung, wo der „Terra rossa“-Boden als freies Ackerland oder Weideland erscheint. Günstiger muss nach den Erfahrungen in anderen Waldgebieten auf den mit Waldstreu bedeckten dichten Niederbusch und Waldstrecken dieses Verhältniss sein.

Für den Ackerbau und die Vegetation überhaupt ist jedoch die Wasser schwerdurchlässige, thonreiche Basis der stärker gelockerten humusreicheren Mischböden der „Terra rossa“-Gebiete von Vortheil, weil die Feuchtigkeit sich für die Aufnahme durch Wurzelfasern länger im tieferen Bodenniveau erhält.

Der Feuchtigkeitsverlust wird in dieser Hinsicht nur einseitig nach oben durch die starke Verdunstung während der heissen Monate, nicht aber auch zugleich nach unten durch zu schnelle Absickerung nach der Tiefe ein empfindlicher.

Im Gegensatz zu den ausgedehnten, tiefgründigen, thonreichen Flächen der rothen Bodenart, ist ein starker Wechsel mit hervorstehenden Kalkfelsen oder leicht bedeckter, fast nackter Kalksteinboden, so beschränkt seine Vegetation und culturale Verwendbarkeit sein mag, günstig für die Versorgung der Tiefenräume mit Niederschlagswasser.

Hier verschwindet das Regenwasser so schnell durch zahlreiche Spalten und Klüfte, nach abwärts, dass nur ein geringes Procent derselben zur Verdunstung kommen kann, weil derselben eine verhältnissmässig nur kurze Zeit für ihre Wirksamkeit gelassen bleibt. Eine stärkere Verdunstung findet nur bei Beginn eines jeden Niederschlages und am Schluss seiner Zeitdauer statt, und zwar vorzugsweise im Sommer. Die starke Durchwärmung der oberen Gesteinszone bedingt das erste, die Wirkung der höheren Lufttemperatur und der Insolation auf den letzten Durchfeuchtungszustand der Oberfläche, der Klüfte und Hohlräume der zunächst zu Tage liegenden Kalksteinpartien das zweite Stadium des Hauptverlustes.

Zu den bemerkbaren, nachtheiligen Wirkungen, welche die rothe Bodendecke auf die unterirdischen Sammelwässer und die durch dieselben gespeisten Küstenquellen zeitweise auszuüben vermag, gehört vorzugsweise nur die Trübung durch fein vertheilten röthlichen Thon-schlamm nach andauernden starken oder wolkenbruchartigen, kurzen Regengüssen.

Dies fällt jedoch nicht den grossen zusammenhängenden Bodenflächen der rothen Erde im Allgemeinen zur Last, sondern den offenen, nach der Tiefe mit den Sammelräumen und Abflusskanälen zusammenhängenden Schlünden und Spaltengängen, welche innerhalb solcher Gebiete oder nahe der Grenze derselben im Kalkfelsterrain vorkommen. Ueber speciellere derartige Fälle und über die mögliche Abhilfe gegen diesen Uebelstand wird bei Besprechung einzelner Niederschlagsgebiete Näheres mitzutheilen sein.

3. Die sandigen Lehme und loseren Sandlagen, welche im Gebiete der Karte beobachtet wurden, fallen ihrer Verbreitung nach nicht mehr in das nähere Niederschlags-Territorium des Hafens von Pola. Sie haben eine grössere Verbreitung nur auf der langgestreckten Halbinsel von Promontore. Sie sind von hohem geologischen Interesse, weil sie auf einem umgeschwemmten, röthlichen Mischproducte des abgeschwemmten rothen, alten Eisenthones liegen und darin und in ihrer Beschaffenheit übereinstimmen mit den sandigen Schichten nahe liegender, niedriger Inseln und Scoglien, sowie mit den Resten der einst weit ausgebreiteten Sandablagerung, welche ausserhalb des Gebietes der vorliegenden Karte in der Gegend von Punta Merlera und Porto Cuje, auf Unie, Canidole und besonders auf Sansego, sowie auf verschiedenen Inseln des dalmatinischen Meeresdistrictes (Lissa, Curzola u. A.) zurückgeblieben sind.

Nur die südlichen Winde vermitteln eine entferntere Beziehung zwischen dem Boden des Hafengebietes von Pola und dem losen Sand der Oberfläche dieser bereits sehr ungleich zerstörten und abgetragenen jüngsten Ablagerung der Quartärzeit, indem sie das feine Material spurenweise wohl auch auf den rothen Boden dieser nördlichen Gebiete tragen.

4. Der Cultur-Schutt aus römischer und neuester Zeit, welcher in bedeutender Verbreitung und verschiedener Mächtigkeit auf den Gehäng-Stufen des unmittelbaren Stadtrayons und in der ebenen Anschüttungszone der Ostküste des Hafens angehäuft liegt, kann unter gewissen Umständen einen schädlichen Einfluss auf die Güte und die sanitäre Zulässigkeit des Wassers gewinnen. Es geschieht dies in dem Falle, dass die die Schuttmassen durchdringenden Sickerwässer in grösserer Menge, als dies schon jetzt der Fall zu sein scheint, Spalten und Lücken finden, durch welche sie den das unterliegende Gestein passirenden Zuflüssen der nächstgelegenen, tieferen Küstenquellen vor dem Austritt derselben in die Sammelbassins oder dem Wasser der Quellbassins selbst zuzusitzen vermögen. Diesem Uebelstand ist auch die Karolinenquelle in geringem Grade schon jetzt ausgesetzt. Vorschläge zu Vorkelhrungen gegen die Gefahr einer derartigen Verunreinigung werden in dem die Karolinenquelle speciell behandelnden Capitel gemacht werden.

Ueberdies aber ist der Staub der unbedeckten Culturschutthalden wegen des möglichen Eindringens in die Athmungswege und der Berührung mit den Schleimhäuten sanitär immerhin bedenklich und kann jedenfalls viel schädlichere Einflüsse gewinnen, als der rein mineralische Kalkstaub der Strassen.

Es ist gegen diese in der trockenen Jahreszeit bei bewegter Luft gewiss empfindliche und stetig wiederkehrende Verunreinigung mit Aufspritzen wenig auszurichten, wenn es nicht reichlich und regelmässig durchgeführt werden kann. Immerhin ist das Aufspritzen nur als eine beschränkte und in Bezug auf die grössere Reihe von Culturstaub abgebenden Flächen provisorische Abhilfe anzusehen.

Ausgiebig kann nur eine vollständige Bekleidung solcher Flächen mit Rasen- und Gartenanlagen oder mit Beton wirken.

Die Ablagerung und Ausbreitung von altem Mauerschutt, sowie von Haus-, Hof- und Strassenkehricht innerhalb der Stadt und der nächsten Umgebung sollte durchaus verboten und ausserhalb derselben nur an bestimmten Stellen gestattet werden, wo weder der Wind den Staub wieder nach der Stadt führen, noch auch Sickerwässer eine Verunreinigung der Grundwässer, welche Brunnen und Quellen speisen, verursachen können.

Es gilt das Gesagte natürlich nicht für den Gesteinsschutt der Steinbrüche und die Kohlenlösche, deren Verwendung zu Terrainausgleichung und Anschüttung ein geeignetes Material bildet.

Tektonische Verhältnisse.

In dem einleitenden Capitel über die allgemeinen Grundzüge des geologischen Baues des Küstenlandes wurde bereits hervorgehoben, dass in den über Meeresniveau verbliebenen Theilen der unteren, südwestlichen Hauptstufe des Gebirgsabfalles und der Gebirgsfaltung die Steilfaltung der Schichtencomplexe, welche in der mittleren Hauptstufe herrscht in flachere Wölbung und Wellung übergeht.

Das grosse südistrische, karstartig ausgebildete Kreidekalkgebirge im Westen der grossen Arsathalspalte, welches gegen West und Süd zum Meer abfällt, ist der Hauptabschnitt dieser niedrigeren Wölbungsstufe. Die auf der beiliegenden Karte geologisch illustrierte, nähere und weitere Umgebung des Hafens von Pola wiederum umfasst das südlichste und zugleich am stärksten gestörte und durch Einbruch und Absenkung am mannigfaltigsten unterbrochene Stück dieser Wölbungsstufe.

Die Zeichen für die Richtung des Streichens und der Neigung der Schichten, welche auf den Karten eingetragen sind, zeigen, dass die normale, nordwest-südöstliche Hauptrichtung der tektonischen Grundlinien (Längsfalten und Längsbrüche) auch im Streichen des breiten, höheren und etwas steileren Gewölbfügels des südistrischen Karstkörpers herrscht, welcher unter das Mergelschiefer- und Sandsteingebirge (Flyschgebirge) von Pisino einfällt und dessen Schichtencomplex von dem unterirdischen Foibalauf durchbrochen wird.

Die unter Neigungswinkeln von 20 bis 40 Grad gegen NO. unter das Flyschgebirge fallenden Schichten dieser Gewölbseite gehen gegen

Gimino zu in flache bis schwebende Lagerung über und zeigen dieselbe in einer verschieden breiten mittleren Wölbungszone, welche durch die Dragathal-Spalte geschnitten wird.

Um Gimino in Ost beginnt eine allmälige Drehung des Schichtencomplexes aus dem nordwest-südöstlichen Normalstreichen in die directe Südrichtung und endlich in ein südwestliches Hauptstreichen. Zugleich flachen sich die Neigungswinkel der Schichten und der mittleren Terrainabdachung ab und verbreitert sich die ganze Zone der aus nord-östlicher, durch östliche in südöstliche Fallrichtung übergehenden Schichten der gegen die Arsalinie abfallenden Ostflanke der Wölbung.

Ostwärts und südostwärts vom Senkungsgebiet von Pola entlang der Grenzzone des Plattenkalksteines gegen die obere Rudistenkreide und innerhalb der breiten Abfallsgebiete dieser letzteren gegen das Meer des Quarnero und des Golfes von Medolino herrscht die südöstliche Neigung der Schichten unter 10 bis 20 Grad vor.

Dass dieses Verhältniss nur einer grossartigeren, regionalen, buchtartigen bis faltenförmigen Ablenkung aus dem Hauptstreichen entspricht, wie sich selbe in Istrien und Dalmatien unzähligemal in kleinerem Maassstabe wiederholt, — nicht aber zugleich den Beginn einer Abänderung der Hauptrichtung des ganzen tektonischen Gebirgssystemes bedeutet, geht daraus hervor, dass bereits an der Südspitze von Promontore die Schichten wiederum in die südöstliche Streichungsrichtung einzuschwenken beginnen, welche deutlich wieder auf der Inselgruppe Lussin-Sansego vorherrscht.

Dieselbe Erscheinung, wengleich in noch etwas complicirterer Form, kommt in dem Streichen und Fallen der Schichten der westlichen flacheren und in welligen Biegungen bei normaler Anlage gegen SW. abfallenden Wölbungsflanke des südistrischen Kreide-Karstkörpers zum Ausdruck.

Längs der Küstenstrecke Rovigno-Fasana ist die normale Streichungsrichtung der Schichten übereinstimmend mit derjenigen der Küstenstreckung — NW nach SO — vorherrschend und man findet dieselbe auch wieder, wenn man aufwärts über diesen Abdachungsabschnitt der westlichen Gewölbflanke gegen die Strassenlinie Galesano-Valle steigt bei den synklinalen und antiklinalen Schichtenzonen, welche den Wechsel von durch Abrasion und Erosion unkenntlich gemachten tektonischen Längsmulden und Längswällen oder Sattellinien andeuten.

Bei Fasana jedoch schon und südwärts gegen Val Bandon dreht das Streichen in direct südliche Richtung ab, sowie die östliche Wölbungsflanke dies auf gleicher Linie in der Gegend zwischen Buon Castel und Altura zeigt. In dem halbinselartigen Vorgebirgsrücken mit der Punta Christo ist die vollständige Abdrehung der südöstlichen in die südwestliche Richtlinie bereits ebenso durchgeführt, wie auf der Südostseite des Hafengebietes innerhalb der Grenzzone der beiden Kreidekalkgruppen zwischen Punta S. Giovanni und Monte Sorbo und S. Daniele. Diese Wendung der Streichungsrichtung im Betrage eines rechten Winkels macht sich auch in dem Schichtenstreichen und der Längsstreckung der Insel S. Girolamo, sowie in der Umbiegung des „Canale di Fasana“ aus der SO. in die SW. Richtung geltend.

In dem Raume der grossen bogenförmigen Ablenkungen zwischen zwei Regionen normaler Streichungsrichtung liegen die tektonisch anormalen Einbruchs- und Senkungsgebiete des Hafens von Pola und des Golfes von Medolino, sowie die buchtenreiche Küstenstrecke zwischen Cap Compare und Punta Chersine, welche ihre steilen Abbruchswände dem grossen westlichen Hauptsenkungsfelde der Adria direct zukehrt.

Die grosse langgestreckte Mittelzone der Hauptwölbung wendet sich mit ihrem unterirdischen Kanal- und Spaltensystem gegen das Hafengebiet zu natürlich ebenfalls aus der directeren Südrichtung nach West um, wie die beiden Wölbungsflügel. Das Hafengebiet selbst mit dem grösseren Theil seines östlichen Senkungsterrains ist eben aus dem Zusammenwirken verschiedener Factoren entstanden, die in einem gewissen Zusammenhang stehen.

Diese sind: Die Lage innerhalb des Drehungswinkels der Streichungsrichtung, — die Zugehörigkeit zu der am stärksten zur Ausbildung von Hohlräumen (Höhlen, Kanälen, Spalten) und demnach zur unterirdischen Wassercirculation und Unterwaschung geneigten, mittleren Wölbungs- und Gefällszone und endlich der Reichthum an in verschiedener Richtung sich kreuzenden Klüftungs- und Bruchlinien in den bestandenen und noch bestehenden Theilen der Gewölbdecke und des Bodens.

Das Hafengebiet von Pola war einst wohl ein grossartiger, aus verschiedenen Abschnitten bestehender, überwölbter Grottencomplex mit durch Süsswasserbecken bedeckten Bodenstufen. Die ungleiche Absenkung einzelner Bodenschollen, wodurch einzelne Inseln stehen blieben, der Einsturz der Gewölbdecke und der Einbruch des Meeres stammen aus derselben jungquartären Zeit nach Ablagerung der Delta- und Flugsande von Sansago und Promontore etc., in der die Umbildung des alten neogenquartären, durch ein grösseres Flussgebiet ausgezeichneten Festlandes in das jetzige buchten- und inselreiche Küstenland durch abyssomotorische Gleichgewichtsstörung der Gebirgsunterlage erfolgte.

Die damals geschaffene erste Anlage wurde durch Klüftungsnachsturz von den steilen Bruchrändern, durch die Brandung und durch weitere Veränderungen des untermeerischen Bodenreliefs und der über dem Meeresniveau verbliebenen Küstenstufen in Folge von Erdererschütterungen, sowie durch die Anschüttungen und Quaibauten der älteren und jüngsten Culturperioden zu dem jetzigen Bestande umgearbeitet.

Die auf den drei Seiten der Hafenküste und zum Theil auch noch im Umkreis des östlichen Senkungs- und Niederschlagsrayons zu beobachtenden tektonischen Verhältnisse stimmen zu der entwickelten Ansicht und machen das Bestehen von grösseren zu Wasseransammlungen geeigneten, unterirdischen Hohlräumen im Norden und Osten des Hafengebietes, welche ihr Ueberfallwasser durch die Spaltenwege und über den variablen Grundwasserstand der Küstenzone in das Salzwasser des Hafenrayons abfliessen lassen, durchaus wahrscheinlich.

Längs der südlichen Steilküste des Hafens überwiegt die südwestliche bis direct südliche Schichtenneigung, die gegen die Niederschlagsgebiete von Prato grande, Boschetto und Siana gekehrte Hügelreihe der Ostseite zeigt an den dem Hafen zugekehrten Bruchwänden und in ihren Steinbrüchen südöstliche bis östliche Fallrichtung, in der Hügelzone endlich, deren Abfall die nördliche Küstenlinie des Hafens

bestimmt, zieht zwischen Punta grossa und Monte grande ein Zone mit aus nordwestlicher, durch nördliche in nordöstliche Abfallsrichtung übergehenden Schichten um das Quellen- und Niederschlagsgebiet von Valle lunga. Diese Zone fällt einerseits in welligen durch Brüche und Spalten geschnittenen Biegungen mit südlicher bis südöstlicher Neigung zur Hafenküste ab und steigt andererseits mit dem Wechsel von zwei deutlichen Mulden- und Sattelzonen gegen Nordost aufwärts. Sie bildet hier den Uebergang in die breite Westabdachung gegen das Meer, welche die durch den Wechsel der Schichtenneigung markirte Anlage zu dem Streichen parallelen, tektonischen Längswellen schon in der Abfallsregion gegen den Canale di Fasana in schärferer und minder gestörter Ausbildung zeigt.

Aus den in Kürze charakterisirten geologischen Verhältnissen lassen sich in Bezug auf die Frage der Wasserversorgung die folgenden Thatsachen als besonders beachtenswerthe Anhaltspunkte hervorheben:

1. Der obere Rudistenkalk und der Plattenkalkstein wirken wegen ihrer starken Zerklüftung als wasserdurchlässige Schichten und befördern den schnellen Abzug der Niederschlagswässer nach der Tiefe.

2. Als relativ undurchlässige, die Versickerung verzögernde Schichten kommen nur die sandig-dolomitischen Zwischenschichten und die Mergellagen des Plattenkalkstein-Complexes in Betracht.

3. Die wellige, von Bruchspalten unterbrochene tektonische Anlage der ganzen Gesteinsunterlage der die Vegetationsdecke tragenden ungeschichteten Ablagerungen des Landgebietes und die regional beschränkte Ausbreitung dieser Lagen reducirt deren Wirksamkeit auf besondere Fälle der Muldenbildung in verschiedenen Höhenstufen.

4. Nächst den genannten Factoren der geologischen Zusammensetzung haben nur — der thonerdereiche Terra rossa Boden und indirect eventuell der Culturschutt — als die Absickerung nach der Kalksteinunterlage und die Qualität des Sickerwassers modificirende Deckablagerungen Einfluss auf die Gestaltung der Wasserverhältnisse.

5. Der tektonische Bau bedingt die Ausbildung einer mittleren Wölbungs- und Gefällszone, welche den unterirdischen Wasserabfluss nach Süd in die Senke der Hafenregion vermittelt.

Als Schlusswort zu dem Capitel über die geologischen Verhältnisse des Hafengebietes von Pola und seiner Umgebung mag eine kurze Bemerkung über die Karte, welche das Bild derselben wiedergeben soll, dienen. Die Genauigkeit der Abgrenzungen zwischen der Gesteinsunterlage und den Deckablagerungen ist natürlich eine ganz relative. In der kurzen Zeit von nur zwei und überdies bezüglich der Witterungsverhältnisse sehr ungünstigen Monaten, wie Februar und März 1888 für Pola es waren, blieb die Begehung zur Eintragung von geologischen Grenzpunkten und Linien natürlich eine beschränkte. Ueberdies zwingt die unregelmässig zerrissene, complicirte Vertheilung des Terra rossa-Bodens und zum Theil auch der sandigen Ablagerung überhaupt, und zwar wäre dies auch bei einer Specialkartirung in weit grösserem Maassstabe der Fall, zur schematischen Behandlung. Es wird daher zum Zwecke der richtigen Beurtheilung der geologischen Karte bemerkt, dass 1. gewiss viele kleine Kalkfelspartien innerhalb grosser Flächen

des rothen Bodens fehlen und complicirt ineinandergreifende Vertheilung beider nur schematisch ausgedrückt werden könnte, dass 2. die Angabe des Vorkommens der sandigen Deckreste, insbesondere auf den Scoglien und an der Westküste des Golfes von Medolino, mehrfach nur auf Combination beruhen, und dass 3. wegen des zu geringen Maassstabes das Auftreten schmalere Dolomit- und Mergelzonen an Steilküstenstrecken nicht markirbar war. Alle diese Mängel beirren jedoch in keiner Weise das richtige geologische Gesamtbild und haben keinen Einfluss auf die Beurtheilung der Wechselverhältnisse zwischen dem geologischen Bau und der hydrographischen Gestaltung.

II. Hydrographische Verhältnisse.

Die Ausbildung und Gestaltung der hydrographischen Verhältnisse eines bestimmten Landgebietes ist im Wesentlichen abhängig: 1. von der jährlichen Niederschlagsmenge und der Art der Vertheilung derselben auf bestimmte Perioden, 2. von der orographischen Anlage und dem Bodenrelief in Verbindung mit der allgemeinen und speciellen Terrainabdachung, endlich 3. von der Beschaffenheit der verschiedenen Vegetationsformen tragenden Bodendecke und derjenigen ihrer geologischen Unterlage.

Die Neubildung und der Bestand von oberflächlichen und unterirdischen Wasseransammlungen (Laeken, Teichen, Seen) und von jeder Art von Wasserab- und ausflüssen (Quellen, Bächen, Flüssen) beruht auf einem verschiedenartigen Zusammenwirken dieser Hauptfactoren. Wir erörtern dieselben im Folgenden mit Bezug auf das vorliegende Gebiet. Eine kleine Kartenskizze ist zur beiläufigen Orientirung über die besonders in Betracht kommenden Wasseraufnahms- und Abflussgebiete beigegeben.

Niederschlagsmenge.

Die Ergebnisse aus den zehnjährigen Beobachtungsdaten des hydrographischen Amtes zu Pola werden hier nicht nur für die nächsten hydrographischen Abschnitte der unmittelbaren Umgebung des Hafengebietes, sondern auch für die entfernteren, damit in Beziehung tretenden Abschnitte als Grundlage angenommen werden. Die zunächst in Betracht kommende Beobachtungsstation für die hier noch in Beziehung gebrachten Abschnitte der Umgebung von Pisino wäre Triest, welches einen merklich höheren 10jährigen Niederschlagsdurchschnitt als Pola aufweist, wenn auch in Bezug auf das während dieser Zeit vorkommende Maximum und Minimum die Jahresmengen nicht besonders stark gegeneinander abweichen.

Man könnte also Mittelwerthe aus den für Triest und für Pola gefundenen Durchschnittsmengen speciell nur für diese höher gelegenen Wasseraufnahmsabschnitte annehmen; es könnte dies für einzelne der zu ziehenden Schlussfolgerungen auch in gewisser Richtung von Belang sein. Wir sehen jedoch davon ab, weil wir schliesslich nur Minima abschätzen wollen.

Aus den Beobachtungsdaten über die 10jährigen Niederschläge der Gebiete von Pola und von Triest geht hervor, dass die Gesamt-

höhe des 10jährigen Niederschlages in Pola von 1878 bis 1887 (inclusive) 9474 Millimeter, d. i. nahezu 9·5 Meter, in Triest jedoch 11140 Millimeter oder etwas über 11·1 Meter betrug.

Es kommen auf das Jahr in Pola daher etwas weniger als ein Meter, nämlich nahezu 9·5 Decimeter, in Triest etwas mehr als ein Meter, nämlich 11·10 Decimeter.

Das Niederschlagsmaximum während dieser 10 Jahre zeigte:

in Pola das Jahr 1878 mit 1401 Millimeter
in Triest „ „ 1885 „ 1458 „

Das Niederschlagsminimum fiel in Pola auf das Jahr 1883 mit 776 Millimeter und in Triest gleichfalls auf dieses Jahr mit 819 Millimeter.

Der regenreichste Monat war der October sowohl in Triest als in Pola. Die Summe der 10jährigen Niederschläge betrug in Pola 1365·7, in Triest 1447·7 Millimeter

Nächstdem kommt in Pola November mit 1189·8 Millimeter, in Triest jedoch September mit 1418 Millimeter.

Der regenärmste Monat war nach der 10jährigen Gesamtsumme in Pola der Monat Juli mit nur 309·4 Millimeter. Gesamtniederschlag oder 30·94 im Mittel; wogegen Triest für diesen Monat einen Gesamtniederschlag von 718 Millimeter = 71·8 im Mittel, das ist mehr als das Doppelte aufweist.

Als regenärmster Monat erwies sich für Triest der Februar mit nur 486 Millimeter, welcher in Pola 464 Millimeter als 10jährige Gesamtniederschlagsmenge ergab, somit hier selbst bezüglich der Trockenheit erst in zweiter Reihe steht.

Die auffallendste Differenz zwischen den Regenverhältnissen von Triest und Pola zeigt nächst dem Juli auch der Juni. Im Juni stehen 1214·9 Millimeter Gesamtniederschlag für Triest der Summe von nur 735·8 Millimeter für Pola gegenüber.

Ausserdem übertrifft auch im Mai und September die Regenmenge von Triest diejenige von Pola merklich, wenn man die 10jährige Gesamtmenge vergleicht.

Etwas günstiger für Pola stellt sich der Vergleich der Gesamtmenge des Monates December, sowie auch des März und April. Sehr nahe, wengleich etwas günstiger für Triest stellen sich die Zahlen im Jänner, Februar und August.

Die während der 10jährigen Beobachtungsperiode überhaupt vorkommenden Extreme der Trockenheit und des Regenreichthums bestimmter Monate oder bestimmter Perioden, sowie die Ausnahmefälle lassen sich aus der beigegebenen Tabelle herauslesen. Für Vorkehrungen gegen mögliche Stockungen des normal eingerichteten Wasserbezuges müssen diese Verhältnisse besonders mit in Berechnung gezogen werden.

Die extremsten Niederschlagsminima sind der Reihenfolge nach:

für Pola:	Februar,	August,	November,	Juli,	Jänner,	März,	Mai	Juni,
	1878	1879	1881	1880	1884	1880	1884	1879
	1·4	5	7	8	11	15	16	19
		December,	September,	April,	October.			
		1880	1886	1883	1879			
		28	31	33	70			

für Triest:	Jänner, 1880 0·0	Februar, 1887 0·0	März, 1880 1	November, 1881 1	August, 1883 10	April, 1887 12·3	December, 1881 19
	Mai, 1886 23	Juli, 1879 33	Juni, 1887 36·2	October, 1883 46	September, 1886 61		

Man sieht hieraus, dass vollständig oder nahezu regenfreie Monate in Triest häufiger vorkommen als in Pola, trotz des höheren allgemeinen Regenreichthums von Triest.

Wenn man nicht einzelne extreme Fälle, sondern die grösste durchschnittliche Regenarmuth ziffermässig ausdrücken will, so reiht man die Monate am besten im Vergleich darnach an einander, wie oft in 10 Jahren die Regenmenge desselben Monats unter 50 Millimeter zurückgeblieben ist, und nach dem 10jährigen Monatsmittel. Dies ergibt

Für Pola:	Juli,	Februar,	Jänner,	Mai,	Juni,	April,	März,
Unter 50 Millimeter:	8mal	8mal	6mal	5mal	5mal	3mal	2mal
10jähr. Mittel Mm.	31	40	52	64	73	70	74
	August,	December,	September,	November,	October.		
Unter 50 Millimeter:	2mal	2mal	2mal	2mal	2mal	0mal	
10jähr. Mittel Mm.	84	93	111	114	136		

Für Triest:	Februar,	Jänner,	April,	Juli,	December,	März,	Mai,
Unter 50 Millimeter:	6mal	6mal	4mal	4mal	4mal	3mal	2mal
10jähr. Mittel Mm.	49	50	74	72	83	71	84

	August,	November,	Juni,	October,	September.		
Unter 50 Millimeter:	2mal	2mal	2mal	1mal	0mal		
10jähr. Mittel Mm.	87	105	121	145	152		

Man sieht, dass in beiden Niederschlagsgebieten einzelne Monate eine ganz abweichende Rolle spielen und einen zum Theil weit verschiedenen Platz innerhalb der Reihe einnehmen. Ueberdies nimmt im Niederschlagsgebiet von Pola der Monat April, im Gebiet von Triest der März und der December nach dem 10jährigen Monatsmittel nicht ganz dieselbe Stelle in der Reihe ein, wie nach der Anzahl der Trockenheitsfälle.

Die Niederschlagsmaxima fallen der Reihenfolge nach in Millimetern.

Für Pola im:	November,	October,	September,	August,	Juni,	December,	April,
	1878	1878	1878	1885	1886	1886	1885
„ „ auf:	262	241	227	219	201	189	153

Für Pola im:	Jänner,	Februar,	März,	Mai,	Juli.
	1881	1879	1883	1879	1878
„ „ auf:	139	132	125	115	98

Für Triest im:	October,	Juni,	September,	November,	August,	December,	Februar,
	1885	1886	1882	1880	1885	1886	1879
„ „ auf:	300	274	250	239	206	190	150

Für Triest im:	April,	Mai,	Juli,	Jänner,	März.
	1879	1887	1878	1879	1881
„ „ auf:	162	159	147	123	114

Will man die Reihe der an Niederschlägen reichsten Monate nach der 10jährigen Beobachtung gruppieren, so dienen nicht nur die Monatsmittel der 10jährigen Periode, sondern auch der Vergleich in Bezug auf die Zahl der die Niederschlagsmenge von 100 Millimeter überschreitenden Monatsperioden zur Erläuterung.

Ueber 100 Millimeter Niederschlag zeigte in Pola:

Der Monat:	October,	November,	September,	December,	August,	Juni,	März.
	6mal	5mal	5mal	4mal	3mal	3mal	2mal
10jähr. Mittel Mm.	136	114	111	93	84	73	74

Der Monat:	April,	Mai,	Jänner,	Februar,	Juli.
	2mal	2mal	1mal	1mal	0mal
10jähr. Mittel Mm.	70	64	52	40	31

Für Triest stellt sich die Reihe der Monate nach diesem Princip wiederum abweichend dar:

Es zeigte über 100 Millimeter Niederschlag in 10 Jahren:	September,	October,	Juni,	November,	December,	August,
	7mal	6mal	5mal	5mal	5mal	4mal
bei einem Mittel von:	152	145	121	105	83	87

Es zeigte über 100 Millimeter Niederschlag in 10 Jahren:	April,	März,	Mai,	Juli,	Jänner,	Februar.
	4mal	3mal	2mal	2mal	1mal	1mal
bei einem Mittel von:	74	71	84	72	50	49

Wichtiger als die Betrachtung der Niederschlagsmengen nach dem Jahresdurchschnitt und den Monatswerthen ist diejenige nach den grösseren und constanteren, mehrere Monate umfassenden Hauptregenperioden, sowie nach den gewöhnlichen und ausnahmsweisen Trockenperioden mit gleichzeitiger Bezugnahme auf die gesteigerte Verdunstung.

Das regenreichste Jahr war für Pola 1878 mit einem Monatsmittel von 117 Millimeter, das regenärmste 1883 mit einem Monatsmittel von 65 Millimeter, für Triest war 1885 mit einem Monatsmittel von 121 Millimeter das reichste und 1883 mit 79 Millimeter Monatsmittel das regenärmste Jahr.

Als Hauptregenperiode und zugleich also die Periode der Wasseraufspeicherung für das ganze Jahr wirkt die Hauptperiode, welche die 4 Monate September, October, November, December umfasst. War dieselbe sehr reich oder normal, so wird eine gefährliche Verringerung oder ein gänzlich Versiegen der aus beschränkten Wasseraufnahmsgebieten gespeisten unterirdischen Reservoirs und daher auch der zu Tage tretenden Quellen nur dann stattfinden, wenn eine auffallend lange und starke trockene Sommerperiode Juni, Juli, August von der üblichen Trockenperiode des Winters Jänner, Februar nicht durch eine günstige Frühjahrsregen-Periode getrennt wurde.

In manchen Jahren trägt zwar entweder der Juni oder der August dazu bei, das Verbrauchsdeficit der angesammelten Herbstwassermengen etwas zu verringern. Die stärkere Verdunstung beschränkt jedoch die Wirksamkeit selbst starker und andauernder Sommerregen in zu beträchtlicher Weise.

In den überwiegenden Fällen tragen die Sommerregen eventuell zur Belebung der Vegetation und zur Nachfüllung ausgetrockneter Cisternen bei; für die Circulation als Sickerwässer und die Stärkung der erschöpften unterirdischen Speisungsreservoirs der Quellabflüsse gegen das Meer bilden dieselben einen nur selten nachhaltend in das Gewicht fallenden Factor.

Um ersichtlich zu machen, wie oft in den als Basis gewählten 10 Jahren sich verschieden ungünstige Constellationen im Verhältniss der normalen Regen- und Trockenperioden zu günstigen und normalen Jahresverhältnissen wiederholt haben, mag das beigegebene Schema dienen.

Übersicht der in Pola beobachteten monatlichen Niederschlagsmengen¹⁾ mit Bezeichnung der Minima und Maxima während der zehnjährigen Periode von 1878 bis Ende 1887.

P o l a	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December	Jahres-	
													summe	Monats- mittel für das Jahr
													M i l l i m e t e r	
1878	36	1	82	80	39	116	98*	77	227*	241*	262*	136	1401	116
1879	60	132	46	115	94	[19*]	18	5*	179	70*	63	51	852	71
1880	22	35	15*	65	115*	37	8*	139	108	88	187	28*	847	70
1881	139*	35	104	56	45	48	16	59	87	230	7*	124	950	79
1882	25	30	69	52	46	56	21	56	210	201	68	92	926	77
1883	32	69	125*	[33*]	50	79	35	25	58	86	126	58	776	64
1884	11*	8	91	49	16*]	101	52	130	116	111	49	112	846	70
1885	63	32	75	153*	109	29	17	219*	52	111	112	43	1015	92
1886	85	45	57	42	28	201*	14	74	31*	78	80	189*	924	77
1887	47	17	44	52	95	49	30	60	48	159	195	89	937	78
Zehnjähriger Ge- samt - Nieder- schlag	522	404	736	697	637	735	309	844	1116	1365	1149	932	9474	
Zehnjährige Monats- mittel	52	40	73	69	63	73	30	84	111	136	114	93	947	
Zehnjährige Monats- maxima	139	132	125	153	115	201	98	219	227	241	262	189		
Zehnjährige Monats- minima	11	1	15	33	16	19	8	5	31	70	7	28		
Differenz	128	131	110	120	99	182	90	214	196	171	255	167		

¹⁾ Nach den Beobachtungen des hydrographischen Amtes der k. k. Kriegsmarine in Pola mit Hinweglassung der Zehntheile.
 [] Bezeichnung für die beiden Hauptperioden der Trockenheit und des niedrigsten Wasserstandes im Karolinenquellbassin.

Die regenreichste Herbstperiode hatte demnach das Jahr 1878; derselben ging überdies die regenreichste Sommerperiode des 10jährigen Beobachtungscyclus voraus und eine mittelwerthige Frühjahrsperiode. Es folgte auf diese höchstwerthige Herbstperiode von 1878 (von 869 Millimeter) dann auch noch die höchstwerthige Winterperiode 1879 (mit 192 Millimeter) und eine nasse Frühjahrsperiode (mit 274 Millimeter), welche die zweite Stelle in der 10jährigen Reihe hat. Hierauf folgte nun die extremste Trockenperiode der 10 Jahre des Sommers 1879 (mit nur 42 Millimeter Niederschlag), noch gefolgt von einer geringwerthigen Herbstperiode (mit nur 364 Millimeter). Da nun auch die Winterperiode 1880 (mit nur 58 Millimeter Niederschlag) eine trockene war und auch die Frühjahrsperiode (mit 195 Millimeter) und die Sommerperiode (mit 184 Millimeter) nur ganz mittelmässige Stellen einnahmen und genügenden Ersatz nicht liefern konnten, war es begreiflich, dass in dieser Zeit die von den beschränkteren, unmittelbaren Niederschlagsgebieten der Umgebung von Pola allein abhängigen Quellen, Brunnen versiegten und auch die Cisternen spärlichen Ersatz von den Fangflächen erhielten. Selbst die mit einem grösseren, entfernteren Niederschlags- und Sammelgebiet in Verbindung stehende Karolinenquelle wurde von dieser langen Trockenperiode derart berührt, dass ein allmäliges constantes Sinken des Mittelwasserstandes im Quellbassin von 85·5 auf 10 Centimeter eintrat. Dass eine grössere Beunruhigung bezüglich der weiteren, ausreichenden Leistungsfähigkeit der Karolinenquelle eintrat und die Frage einer vollkommeneren Sicherstellung der Wasserversorgung des Kriegshafens und der Stadt Pola in dieser Zeit eine kräftigere, neue Anregung erfuhr, ist begreiflich. Dieser Fall wird bei der speciellen Besprechung der Verhältnisse der Karolinenquelle nochmals zur Sprache kommen.

Auffallend ist dabei, dass der Beginn des Sinkens jenes Mittelwasserstandes der Karolinenquelle bereits, wie aus den Agenden darüber hervorgeht, seit Jänner 1879 zu bemerken war, wenn auch der tiefste Stand erst im Juli 1880 erreicht wurde. Wenn dies richtig ist, dürfte das Ausbleiben von Ueberfalls-Zuflüssen aus höher gelegenen Sammelbassins entfernterer Gebiete mitgewirkt haben, denn der Beginn der Erschöpfung der Wirksamkeit der extrem regenreichen Herbstperiode von 1878 hätte eigentlich erst im Verlauf der extremen Trockenperiode des Sommers 1879 eintreten sollen. Im Jänner 1880 musste die Zufuhrabnahme bereits stärker zum Ausdruck kommen, und Ende Juli 1880 (da Juni nur 37 Millimeter, Juli nur 8 Millimeter Niederschlag hatte) natürlich das Maximum erreichen, bis im ausnahmsweise nasseren August dieses Jahres (bei 139 Millimeter Niederschlag) der niedrige Wasserstand von 10 Centimeter vor noch weiterem Sinken bewahrt wurde.

Im Ganzen genommen ist die 14monatliche Periode vom Juni 1879 bis zum August 1880 eine der ungünstigsten in den 10 Jahren. Dieselbe hatte nur 702 Millimeter Niederschlag, das ist ein Monatsmittel von nur 50 Millimeter, während selbst das trockenste Jahr des ganzen 10jährigen Beobachtungscyclus (also nur 12 Monate) noch 776 Millimeter Regenmenge oder ein Monatsmittel von 65 aufweist. In diese grosse Trockenperiode von 14 Monaten fallen 4 Monatsminima (August und October 1879, März und Juli 1880), zwei nasse Monate (Mai-Maximum

von 1880, und der ziemlich hochwerthige September 1879); von den übrigen 8 Monaten sind alle — und zwar die meisten sehr stark — unter dem Mittelwerth.

Eine zweite Trockenperiode kam im Mai des Jahres 1884 durch die Abnahme des Wasserstandes der Karolinenquelle vom 1. bis 23. dieses Monates zum Ausdruck. Dieselbe umfasst gleichfalls 14 Monate; sie begann nach dem Märzmaximum von 1883 und dauerte bis zu dem mässig nassen Juni 1884. Dieselbe beginnt also in dem regenärmsten Jahr der 10jährigen Periode (776 Millimeter) und setzt in das, diesem zunächst stehende (mit 846 Millimeter) fort und schliesst auch die weitaus regenärmste 4monatliche Herbstperiode (mit nur 328 Millimeter) ein. Von diesen 14 Monaten überschreiten nur der November 1883 und der März 1874 das betreffende Monatsmittel, alle übrigen bleiben meist sehr stark dagegen zurück. April 1883 (mit 33 Millimeter), Jänner 1884 (mit 11 Millimeter) und Mai 1884 (mit 16 Millimeter) zeigen nur Minimalmengen. Im Ganzen hatten die 14 Monate zusammen nur eine Niederschlagsmenge von 705 Millimeter, also kaum etwas mehr als 50 Millimeter Monatsmittel, fast genau so wie die vorbezeichnete erste Trockenperiode.

Die zweitgrösste Regenperiode der 10jährigen Beobachtungsreihe ist diejenige, welche die 7 Monate, Juni 1884 bis Februar 1884 (exclusive) umfasst. Dieselbe weist 671 Millimeter Niederschlagshöhe, also 96 Millimeter pro Monat auf. Das regenreichste Jahr für Pola nächst dem Jahre 1878 war das Jahr 1885, aber es zeigte einen mehrfachen Wechsel von trockenen und sehr nassen Zeitabschnitten.

Die grössten Differenzen zwischen dem in 10 Jahren beobachteten Niederschlagsminimum und Maximum, und zwar von 256 bis auf 197 Millimeter zeigen der Reihe nach die Monate November, August und September, während der thatsächlich regenreichste Monat, der October, in dieser Beziehung mit 172 Millimeter zwischen Juni mit 182 Millimeter und December mit 161 Millimeter Differenz erst in zweiter Stelle erscheint. Jänner, Februar, März, April zeigen nahezu gleichartige Abstände zwischen Maximum und Minimum, 130—120 Millimeter. Der Mai (mit 99 Millimeter Differenz) steht dem regenärmsten Monat, dem Juli, welcher zugleich in den 10 Jahren den kleinsten Unterschied (90 Millimeter) zeigte, zunächst.

Der Vergleich der Niederschlagshöhen von Pola und Triest, welche allein für die Niederschlagsverhältnisse in Betracht kommen, da aus dem Mittelgebiet von Istrien, — etwa von Pisino — keine Beobachtungsreihen vorliegen, mit anderen wichtigen Beobachtungsstationen, ergibt für die directe Wasserversorgung aus dem Regenfall relativ sehr günstige Voraussetzungen. Pola gehört schon zu den regenreichen, Triest zu den regenreichsten Stationen, wie man z. B. aus dem Vergleich gegen Rom, Marseille und Wien ersieht. Die Niederschlagshöhen betragen nach 10- bis 40jährigen Beobachtungsmitteln:

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	pro Jahr
	C e n t i m e t e r				
für Marseille	13·3	11·8	5·5	20·5	51·1
„ Wien	10·2	15·3	19·2	11·9	56·6
„ Rom	23·6	18·5	8·7	27·1	78·5
„ Pola	8·3	21·1	18·9	45·6	94·9
„ Triest	18·2	23·5	25·3	43·1	110·1

In Deutschland beträgt das Jahresmittel im Durchschnitt 68 Centimeter und fällt die grösste Regenmenge 36 Procent im Sommer wie in Wien. Pola und Triest sind durch ungewöhnlich regenreiche Herbstperioden ausgezeichnet, hinter welchem das gleichfalls am Meer gelegene Marseille auffallend zurückbleibt, wobei hier die Herbstperiode gegen die Sommerperiode fast die vierfache, in Triest und Pola nur nahezu die doppelte Ziffer zeigt.

Zu einer sehr genauen Beurtheilung des Effectivwerthes für die Grösse der Wasseransammlung und die Constanz der Speisung der natürlichen Sammelbecken und des Ersatzes der Abflüsse und des Verdunstungsabganges wäre auch die Feststellung des Procentsatzes der langandauernden und der starken Regen von Bedeutung. Wir müssen uns hier jedoch mit einer allgemeineren Abschätzung genügen lassen.

Der wichtigste Factor, der im Betracht genommen werden muss, jedoch zugleich der am wenigsten leicht genau zu berechnende ist die Verdunstung. Einen gewissen Anhaltspunkt für die Höhe des Verlustes in den Niederschlagsperioden und im Jahresmittel muss man jedoch zu gewinnen suchen, wenn man überhaupt zu einer beiläufigen Abschätzung der bei normalen Durchschnittsverhältnissen und bereits beobachteten, anormalen Abweichungen verfügbar gebliebenen und zu erwartenden Zuflussminima gelangen will. Durch aussergewöhnliche Störungen, wie etwa starke Erdbeben, möglicherweise einmal eintretende Veränderungen der Zufluss- und Abflussrichtung in einzelnen Niederschlagsgebieten oder auf grösseren Strecken liegen natürlich ausser jeder Berechnung.

Verlust durch Verdunstung.

Von den Niederschlagsmengen, welche auf den Erdboden niederfallen (d. i. im Gebiet von Pola 94 bis 95 Centimeter, im Gebiet von Triest 110 Centimeter für das Jahr) — kommt in den verschiedenen Perioden des Jahres ein sehr ungleicher Theil für die unterirdischen Ansammlungen, welche die Grundwasserreservoirs und die an der Küste zumeist im Meeresniveau oder unter demselben aus diesem und über dasselbe abfliessenden, sowie die aus den tieferen Schichtenhorizonten des Meeresbodens aufsteigenden Quellen speisen, in Verwendung.

Im Allgemeinen gilt zumeist die allerdings für jedes Gebiet wegen specieller Verschiedenheit des Bodens und der geologischen Beschaffenheit und der meteorologischen Verhältnisse variable Annahme, dass im Durchschnitt $\frac{1}{3}$ der jährlichen Niederschlagshöhe durch Verdunstung verloren geht, während $\frac{1}{3}$ auf dem Wege der Versickerung in die Tiefe fliesst, und $\frac{1}{3}$ in den offenen Gerinnen der Oberfläche — in Bächen, Flüssen und Strömen — wiederum dem Meere zugeht.

Schon von diesem allgemeinen Durchschnitts-Verhältniss weichen die im Relief und in der Tektonik karstartig angelegten Kalksteingebiete insofern ab, als hier der constante sichtbare Abfluss auf wenige Fälle beschränkt bleibt, gleichsam verkümmert oder fast gänzlich fehlt. Dies letztere ist in unserem südistrischen Niederschlagsgebiet überhaupt und im Besonderen auch in dem direct an das Meer grenzenden Aufnahmsgebiet des Hafens von Pola und in dessen Grenzgebieten

der Fall. Hier würde von der Gesamtniederschlagsmenge nicht ein Drittheil, sondern es würden zwei Drittheile durch rasches directeres oder verlangsamtes Eindringen in den Boden und die zerklüftete Gesteinsunterlage in die Tiefe gehen, um die Abflussverluste der Grundwasserdépôts zu ersetzen, wenn sich der effective Verdunstungsverlust wirklich nahezu auf das generelle Drittheil beschränken würde.

Die Beobachtungen, die an Messapparaten über Verdunstung von freien Wasserflächen und über das Verhältniss von Verdunstung und Versickerung in verschiedenen Bodenarten, im freien Feld, auf dichten Grasflächen und im Walde mit oder ohne Streubedeckung des Bodens gemacht wurden, lassen sich zumeist nicht ganz direct für die Praxis verwerthen, sondern geben nur Anhaltspunkte für eine allgemeine Abschätzung.

In jedem Gebiete sind verschiedene Combinationen von die Verdunstung befördernden und von hemmenden Factoren vorhanden und diese sind zum Theil verschieden wirksam in den verschiedenen Niederschlagsperioden, ganz abgesehen davon, dass die Messapparate einer Station nicht zu gleicher Zeit auf alle in einem grösseren Wasseraufnahmsrayon sich kreuzenden Einflüsse eingerichtet sein können.

Der Besprechung der in den für Pola wichtigen Niederschlagsgebieten wirksamen Factoren mögen zur vergleichenden Orientirung nur einige der anderwärts gefundenen Verdunstungs- und Versickerungswerte vorangeschickt werden.

Unter den allgemeinen Resultaten, welche aus den bisher gemachten Beobachtungen hervorgehen, sind wegen der Bezugnahme auf das in Rede stehende Karst- und Küstenterritorium folgende in Betracht zu nehmen:

Die Abhängigkeit der Verdunstung von der Luftströmung kommt auch darin zum Ausdruck, dass kleinere Wasserflächen relativ höhere Werthe abgeben, als grössere und solche mit erhöhter Terrainumrandung geringere Werthe, als freie gegen Luftströmungen ganz ungeschützte Wasserspiegel.

In Bezug auf die Temperatur zeigt die Verdunstung unter sonst gleichartigen Verhältnissen eine mehr als einfache Zunahme mit dem Grade des Steigens derselben; dagegen steigert sich ihre Abnahme mit der Zunahme der Feuchtigkeitsgrade der Luft. Das Continentalklima bewirkt daher hohe Verdunstungswerte im Vergleich zum Seeklima.

Während des Regens und unmittelbar nach demselben, wo sich die Bodenfläche noch im Zustande vollständiger Benetzung befindet, gibt die gesättigte Bodenschicht etwas mehr Wasserdampf in die Luft ab, als eine gleichgrosse freie Wasserfläche; sobald das Wasser der oberen Schicht verdampft ist, tritt jedoch eine starke Verminderung der weiteren Wasserabgabe ein, weil der Luftzutritt zu den tieferen Schichten erschwert ist. Dass in ein Meter Tiefe des Bodens jede Verdunstung aufhört, dürfte jedoch selbst bei solchen klimatischen Verhältnissen, wie sie England besitzt, nicht immer und auch dort nur bei bestimmter Bodenbeschaffenheit, Geltung haben. Die Verdunstung im Walde ist bedeutend geringer als im freien Felde, besonders bei streubedecktem Boden (um 41 Procent bis 85 Procent) und es liefert derselbe im Sommer das $2\frac{1}{2}$ —3fache an Sickerwasser als das freie Feld, im Winter jedoch eine geringere Grundwassermenge als dieses.

Dagegen fällt im Wald wiederum weniger — bis etwa 71 Procent — zu Boden; besonders das Laubdach fängt viel (bis 47 Procent) auf, wovon nur der kleinere Theil verbraucht, der grössere wieder verdunstet wird. Die über dem Wald befindlichen und ebenso die über dichterem Pflanzendecken anderer Art ausgebreiteten Luftschichten sind mit Wasserdampf stärker gesättigt als die der kahlen Bodenflächen u. s. w.

Aus der Gesammtheit aller Versuche geht überdies hervor, dass die Verdunstung im Sommer eine sehr starke ist, im Herbst und Frühling eine bedeutende Abnahme zeigt und im Winter ihr Minimum erreicht.

Dass im Sommer auch vorhandene Grundwassermengen im Allgemeinen nicht vermehrt, sondern vermindert werden, dazu trägt wesentlich auch die Wurzelthätigkeit der Vegetation bei.

In Bezug auf ziffermässige Werthe mögen einige Daten genügen:

Das Verhältniss der Verdunstungshöhe (freier Flächen) zur Regenhöhe (mit Atmometer, Sierimeter etc. gemessen) ergibt nicht selten Verdunstungswerthe, welche höher sind als die Jahresniederschläge. So fand D u f o u r (Lausanne) 1865—1873 bei Jahresregenhöhen von 85·5 bis 98·5, Verdunstungshöhen von 63·8 bis 86 Centimeter, im Jahre 1870 jedoch eine Verdunstungshöhe von 100·2 Centimeter auf 85·9 Centimeter Jahresniederschlag. Dass selbst auch bei am Meere gelegenen Gebieten ein ausnahmsweise ungünstiges Verhältniss zwischen dem Verdunstungseffect, welcher sich aus der Messung mit Apparaten ergibt und dem Jahresmittel der Regenhöhe vorkommt, zeigen beispielsweise die für Marseille veröffentlichten Daten.

Der angeführten, mittleren Niederschlagshöhe von 51·1 Centimeter steht hier ein Verdunstungsmaximum von 230 Centimeter gegenüber.

Wie verschieden das Resultat bei einem freistehenden und einem im Wasser eingestellten, also dem natürlichen Vorgang möglichst entsprechenden Apparat ist, zeigen im Jahre 1871—72 (März bis Februar) ausgeführte Beobachtungen von S t e r k.

Bei einer Mitteltemperatur von 9·8 Celsius und einer Regenhöhe von 74·4 Centimeter ergab der freistehende Verdunstungsmesser: Nachts 14·0, bei Tag 69, im Ganzen 83 Centimeter; der im Wasser stehende: Nachts 9·8, bei Tag 48·0, im Ganzen 57·8 Centimeter!

Die Aufnahme im Erdreich wurde (von Dalton und Dickinson) bei sandig-kieshaltigem Lehm mit 24—25 Procent der Regenmenge bestimmt, in verwittertem Dolomithoden (von Ch. Charnok) betrug dieselbe nur 20 Procent, dagegen in Thon 28 Procent; in Lehm und Mischung von Sand 40—41 Procent (nach Moellendorf und Waege, — Görlitz, Preussen). Im Sommer betrug die Verdunstungsmenge in sandigem Lehm und Kiesboden (nach Dickinson's Versuchen) 94·8 Procent, im Winter nur 46·0 Procent, also im Jahr 60·4 Procent der Regenhöhe.

In Oberdöbling bei Wien — (durch Woldrich 1869—70 in von lehmigem Acker in 16 Centimeter Höhe bedecktem, geröllhaltigem Lehm-boden mit 16 bis 126 Centimeter langen, unten durch Sieb geschlossenen, in die Erde eingelassenen Röhren von 18 Centimeter Durchmesser) — gemachte Messungen ergaben eine Abnahme der Verdunstung zwischen 16 und 63 Centimeter Tiefe von 73 auf 62 Procent gegenüber der Versickerung im Jahresmittel. Die Jahresperioden ergaben folgende

Abweichungen: Während im Herbst bei den angegebenen Tiefenstufen das Verdunstungsprocent von 58 auf 55, im Winter von 63 auf 48 und im Sommer von 84 auf 79 Procent herabging, zeigte die Frühjahrsperiode eine weit geringere Verdunstung in der 16 Centimeter starken oberen Bodenschicht, und zwar nur 29 Procent, als in den tieferen Lagen (nämlich 55 Procent in der Röhre von 32 Centimeter und 49 Procent in der Röhre von 63 Centimeter Länge).

Wenn wir hinzufügen, dass die Meerwasserverdunstung (nach Chapman) nur wenig über die Hälfte (0·55—0·56) der Süßwasserverdunstung erreichen soll, jedoch eine mittlere Verdunstungshöhe des Meeres von einem Meter angenommen werden muss, weil das Durchschnittsmittel aller beobachteten Regenhöhen dieser Grösse entspricht und die Continente eben nur einen Theil des niedergefallenen Regens wieder verdunsten, so haben wir die Orientirung über die bei dem Verdunstungsproblem des vorliegenden Gebietes etwa in Betracht zu nehmenden allgemeinen Gesichtspunkte genügend gekennzeichnet.

Die Anwendung der allgemeinen Gesichtspunkte, welche die bei der Abschätzung des Verdunstungsverlustes zu berücksichtigenden günstigen und abträglichen Factoren oder Einflüsse betreffen, auf das vorliegende Gebiet, ist nicht ganz einfach und eine genaue Berechnung vorläufig sogar undurchführbar, weil eine Reihe dazu erforderlicher Daten erst durch Einführung neuer und längerer Beobachtungsreihen gewonnen werden müsste. Immerhin dürfte eine beiläufige Abschätzung auf Grund der vorhandenen Beobachtungen und Daten genügen und zur Feststellung eines der Grundwasserzone des Hafengebietes von Pola in den Hauptjahresperioden jeweilig zugeführten Ersatzminimums vollständig ausreichen. Die von Seite des hydrographischen Amtes auf dem Monte Zaro gewonnenen Beobachtungen lassen sich eben nicht direct auf das Verdunstungsverhältniss im Kaiserwald oder am Boden einer tiefen Karstdoline übertragen. Unter den von der Beschaffenheit der Bodenfläche und des geologischen Untergrundes abhängigen, sowie unter den aus den meteorologischen Verhältnissen resultirenden Einflüssen gibt es ganz besonders in dem in Rede stehenden Beobachtungsfeld solche, welche die Verdunstung sehr begünstigen und solche, welche dieselbe stark hemmen. Es ist jedoch schwierig, auszurechnen, um wie viel die schädlichen Factoren überwiegen oder gegen die conservirenden Factoren zurückstehen. Immerhin hat es jedoch fast den Anschein, als ob die gegensätzlich wirksamen Verhältnisse sich nahezu das Gleichgewicht halten, so dass die Messungen der Verdunstungshöhe freier Wasserflächen auf der Beobachtungsstation annähernde Mittelwerthe des wirklichen Verdunstungsverlustes im Terrain zum Ausdruck bringen dürften, wenn im Wasser stehende Messapparate angewendet werden.

Das kahle, klüftige und schwach oder sparsam bedeckte, felsige Kalksteinterrain ist der Verdunstung wenig förderlich. Das darauf direct oder in nächster Umgrenzung niederfallende Regenwasser verschwindet zu rasch in die Tiefe. Selbst bei starker Durchwärmung vor oder gegenüber der intensiven Einwirkung der Sonnenstrahlen nach dem Regenfall kann die starke Verdunstung nur eine zeitlich beschränkte sein und nur einen geringen Theil des Niederschlagswassers betreffen, weil sich bald sowohl über der Oberfläche als innerhalb der obersten Spalten-

zone des Gesteins eine Wasserdampfschicht bilden muss, welche die weitere Abgabe von Wasserdampf nach oben aus den tieferen Klüftungszonen und Ansammlungen vermindert.

Man kann annehmen, dass, so verschieden auch die Ausdehnung dieses schnell und leicht durchlässigen Terrains in einzelnen Abschnitten der directen und indirecten Niederschlagszone des Hafengebietes von Pola sein mag, dasselbe doch ein Drittheil der wirksamen Aufnahme-fläche im Ganzen beträgt und nicht mehr als 30 bis 35 Procent seiner directen Niederschlagsmenge als Wasserdampf an die Luft zurückgibt.

Diesem für die Wasserversorgung der unterirdischen Sammelräume und Abflüsse wirksamsten Terrain gegenüber stehen demnach zwei Drittheile des durch den thonigen Untergrund vor schneller Versickerung nach der Kalksteinunterlage geschützten, verschieden mächtigen Terra rossa-Bodens gegenüber, welcher vorwiegend als Ackerfeld, Weingärtenbestand und Grasboden, zu nicht geringem Theil auch als Wald und dichtes Niederbuschgebiet in Erscheinung tritt.

Man kann wohl annehmen, dass ein Viertheil dieses Gebietes durch dichtere Niederbuschbedeckung und sparsame höhere Waldbestände eine verhältnissmässig günstigere Wirkung durch das längere Festhalten der Bodenfeuchtigkeit und die Verhinderung einer zu schnellen Verdunstung ausübt, wenn auch keine Beobachtungen darüber vorliegen, inwieweit hier diese Form der Vegetationsdecke der Rolle eines normalen Waldgebietes nahe zu kommen vermag. Jedenfalls muss es im Sommer bei weitem mehr auf eigene Rechnung verbrauchen, als etwa nach der Tiefe abzugeben vermögen. In dem freien Terra rossa-Boden verdunstet in warmer Zeit und bei bewegter trockener Luft in kürzester Zeit die Gesamtmenge der kurzen und mässigen Niederschläge, so dass selbst die Vegetation davon nur wenig für den Eigenbedarf aufzunehmen vermag. In nassen Perioden von mässiger Temperatur bleibt das Regenwasser nach Sättigung des Bodens in Ackerfurchen, Gräben und auf Waldwegen, sowie in zahlreichen kleineren und grösseren Senkungen — Teiche, Tümpel und Lacken bildend — stehen. Sonnenschein, Luft, Bodentemperatur und Winde haben also durch längere Zeitabschnitte wiederholte Gelegenheit, hierbei jedes Niederschlagsquantum durch Verdunstung zu reduciren.

Dabei tritt also der Fall der Verdunstung zahlreicher, kleiner, freier Wasserspiegel neben der Verdunstung jener vom Ackerboden und dem thonreicheren Untergrund aufgenommenen Infiltrationsmengen ein, welche noch den Weg in die Spaltenräume der Kalksteinunterlage bei der stark verlangsamten Versickerung im Thon nicht erreichen konnten.

Für drei Viertheile des Terra rossa-Bodens ist somit ein Verdunstungsverlust wirksam, welcher zum mindesten der gemessenen Verdunstungshöhe der Station entspricht, dieselbe in den trockenen Perioden jedoch merklich übertrifft. Der mittlere Verdunstungsverlust, welcher aus den Beobachtungen der beiden letzten Jahre 1886 und 1887 berechnet wurde, stellt sich auf 58·8 Centimeter; für 1881—87 jedoch auf 65·0 Centimeter. Obgleich das Niederschlagsmittel der 10jährigen Periode von 94 Centimeter von dem Mittel aus diesen beiden letzten Jahren 93·4 Centimeter nahezu erreicht wird, soll doch die Verdunstungshöhe dieser Jahre nicht als Mittelwerth angenommen werden. Für die hier in Betracht gestellten, einzelnen vier Perioden des Jahres ergibt sich, dass

in diesen letzten zwei Jahren die mittlere Niederschlagsmenge der zwei Wintermonate (Jänner, Februar) und die der drei Sommermonate etwas grösser, dagegen diejenige der dreimonatlichen Frühjahrs- und der viermonatlichen Hauptregenperiode des Herbstes ein wenig geringer war, als die entsprechenden Mittelwerthe aus einem mehrjährigen Durchschnitt betragen würden. Zu den eben citirten Mittelwerthen kommt als Beobachtungsmittel für die Periode 1872 bis 1881 noch die hohe Ziffer von 75·9 Centimeter, welche minderes Vertrauen verdient. Verschiedene Messapparate (wie z. B. auch die in Pola verwendeten von *Lamont* und von *Dr. Wild*) geben verschiedene, nicht gut vergleichbare Resultate. Für uns haben die Beobachtungen von 1881 ab den Vorzug.

Bei Abrundung der Werthe ergibt sich für Pola ein mittlerer Niederschlagsrest von 30—34 Centimeter oder von etwas über 30 Procent.

Dass die Verdunstungshöhe verhältnissmässig niedrig ist, hängt wohl mit der Lage der ganzen Südspitze Istriens mitten im Meere zusammen. In der Zeit der Windstille und der feuchten Süd- und Westwinde liefert die Verdunstung des Meeres eine Dunstschicht, welche den Procentsatz der Bodenverdunstung verringert. Der schädliche Einfluss, den die häufigen und starken trockenen Winde aus Nord und Ost durch Beschleunigung der Verdampfung der vielen kleinen, freien Wassertiempel und des Infiltrationswassers der unbewaldeten Terrainflächen ausüben, wird im Jahresmittel durch die Wirkung der feuchten Winde und der Ausbreitung des Wasserdunstes der Meeresfläche über das ganze directe Niederschlagsgebiet und einen grossen Theil der Grenzgebiete aufgehoben. Selbst die Wirkung der trockenen Winde ist eine ungleiche und reducirte wegen des mulden- und kesselreichen Dolinenreliefs grosser Strecken. Auf der Bodenfläche der tieferen Kessel, wie solche sowohl im kahlen Felsterrain, wie innerhalb der grossen Terra rossa-Flächen vorkommen, muss die Verdunstung viel geringer sein, als auf den grösseren und kleineren Zwischensätteln der Mulden und den Gehängflächen der Bergrücken, wenn schon eine erhöhte Umrandung bei Seebecken die Verdunstung des Wasserspiegels herabmindert.

Zu den die Verdunstung begünstigenden Factoren gehört bis zu einem gewissen Grade hingegen die starke und tiefgehende Durchwärmung des Bodens. Wenn auch die von der Beobachtungsstation des *Monte Zaro* vorliegenden Beobachtungen über die Höhe und den Wechsel der Bodentemperatur in bestimmten Bodenzonen bis zu zwei Meter Tiefe nur für ähnlich isolirte Bergkuppen direct gültig sind, nicht aber auch für grosse umschlossene Mulden, breite plateauförmige Rücken oder für Waldgebiete, so lässt sich doch auch für diese der Schluss ziehen, dass die Boden-erwärmung eine starke und tiefgehende ist, jedoch ohne jene aussergewöhnlichen Schwankungen und Extreme zu zeigen, wie sie dem Wechsel von Abkühlung und Durchwärmung entsprechen, dem der obere Theil von Kegelbergen ausgesetzt ist.

Da nach den Daten des hydrographischen Amtes die Erwärmung des Gesteinsbodens auf der Höhe des *Monte Zaro* Anfang Juni bis Ende September in der Tiefe von 0·50 Meter etwa 22 bis 26 Grad Celsius, sowohl Morgens, als Mittags und Abends (und zwar Juli-August 25 bis 26 Grad Celsius — Juni-September 22 bis 24 Grad Celsius) erreicht und selbst in zwei Meter Tiefe während der Monate Juni und

October noch 15 bis 18 Grad Celsius, während der Monate Juli, August und September sogar 18 bis 21 Grad Celsius beträgt, so ist anzunehmen, dass die Disposition zur Verdunstung in diesen Monaten noch unter zwei Meter Tiefe vorhanden ist.

Die der mittleren Jahrestemperatur entsprechende, constante Bodentemperatur dürfte in tiefgründigem Terra rossa-Boden grösserer Flächen nicht ganz in der gleichen Tiefenzone liegen, wie im klüftigen, unbedeckten Kalksteinboden, aber nahe der Zone von zwei Meter Tiefe. Auf die Temperatur der Wasseransammlungen dieser und der nächstliegenden Tiefenzonen hat die starke Bodendurchwärmung jedenfalls einen constanteren Einfluss als auf die Höhe des Verdunstungsverlustes. Die gewissermassen nur latente Verdunstungsanlage der tieferen Bodenschicht kann eben auch nur effectiv werden durch die rasche und häufige Entfernung der sich erneuernden Verdunstungsschicht der Oberfläche bei trockener und bewegter Luft, also im Wesentlichen bei nördlichen bis östlichen Luftströmungen.

Wenn Scirocco im Anzuge ist, bleibt in Pola der Boden Tage lang feucht, ehe ein Tropfen Regen fällt, weil die Luftschicht über dem Boden mit Wasserdampf so gesättigt ist, dass sie die Verdunstungsfeuchtigkeit des Bodens nicht mehr aufzunehmen vermag.

Wenn auch die Summe der Stunden, während welcher austrocknende, den Verdunstungsprocess der Terra rossa-Gebiete beschleunigende Winde wehen, die Summe der den Windstillen und den feuchten Winden zukommenden Stunden im Jahresmittel übersteigen würde, so wäre doch dieser Factor im Verein mit der hohen Jahrestemperatur und dem Procent der Stunden des Sonnenscheins nicht ausreichend, um — gegenüber allen den Verdunstungseffect des Jahres erniedrigenden Factoren, unter welchen das Meer und der das schnelle Verschwinden des Regenwassers unter den Horizont der mittleren Jahrestemperatur befördernde, klüftige nackte oder nur schwach bedeckte Kalksteinboden die ausgiebigsten sind, — die Summe der nach dem ungleichartigen Verdunstungsprocess für den Abfluss nach den unterirdischen Sammelreservoirs verbliebenen Niederschlagsreste unter das Mittel von 30 Procent herabzudrücken. Dies geschieht mit grösserer Regelmässigkeit nur in der Sommerperiode und nur ausnahmsweise durch eine Combination mehrerer anormal heisser und regenarmer Perioden in der Aufeinanderfolge zweier Jahre in auf fallendem Grade.

Das Verdunstungsprocent, welches für die Berechnung der Niederschlagsreste jeder der vier Jahresperioden angenommen wird, entspricht nur einer vergleichenden Abschätzung. Um dasselbe genauer berechnen zu können, fehlen vergleichende Beobachtungsreihen über die Verdunstung in den Waldgebieten, in den grossen Terra rossa-Mulden, in ebenen, nicht exponirten, unbedeckten Gesteinsflächen und in geschützten tieferen Kesseln. Vielleicht könnte durch Zuthellung einer Hilfskraft die auf die nutzbringende Erweiterung ihres Wirkungskreises so gern bedachte, ausgezeichnete Leitung des hydrographischen Amtes in Pola in den Stand gesetzt werden, ohne Ueberlastung der vorhandenen Kräfte, ihr grosses Beobachtungsfeld auch noch in dieser Richtung zu erweitern.

Für Pola liegen die Verhältnisse in Bezug auf die Höhe, Sammlung und Gewinnung der Niederschlagsreste des Jahres günstiger als für

das hinterliegende, höhere Karstland. Bei Abschätzung des Cubikinhaltes der Sammelmengen bestimmter Flächen und ganzer Niederschlagsgebiete wird für künstlich hergestellte, directe Fangflächen 25 Procent, für den nackten Kalksteinboden 30 Procent, für Busch- und Waldboden 50 Procent, für den freien Terra rossa-Boden 75 Procent Niederschlagsverlust von der mittleren Regenhöhe von 94 Centimeter angenommen werden. Ueberdies wird der Verlust im Verhältniss von 90, 60, 50 und 40 Procent zwischen Sommer, Frühjahr, Herbst und Winter vertheilt, so dass als Jahresmittel 60 Procent und für Aufstellung von Minimalwerthen sogar 65 Procent auf Verdunstungsverlust in Abzug gebracht werden sollen.

Niederschlagsgebiete.

Eintheilung und Begrenzung. Orographische und hydrographische Anlage. Relativer Wasserreichthum.

Der schematische Entwurf der Eintheilung und Begrenzung der in Südtirien westwärts der Arsaspalte überhaupt in Betracht kommenden besonderen Wasseraufnahmsgebiete (Kartenbeilage Nr. III) macht natürlich nur auf annähernde Richtigkeit der Grenzlinien Anspruch. Derselbe gibt jedoch sicher ein principiell richtiges Bild darüber, woher dem Hafengebiet von Pola Niederschlagswasser unterirdisch zugeführt wird oder zugeführt werden kann und woher sicher nicht und wie gross die Fläche der verschiedenen, vollständig oder nur theilweise wirksamen Wasseraufnahmsgebiete ist. Es lässt sich damit annähernd berechnen, wie viel Wasser in den Küsten und Grundquellen des Hafens in das Meer geht und inwieweit daher durch Behinderung der sichtbaren Hauptabflüsse das Niveau der nächst rückwärts der Küstenzone liegenden von der Ebbe und Fluth beeinflussten Grundwasser-Reservoirs gehoben und constanter gemacht werden könnte.

Das ganze Territorium zwischen dem Wasseraufnahmsgebiet des Foiba-Baches von Pisino, dem Arsalauft und dem Meer zerfällt nach der Bedeutung, welchen es für die Wasserabgabe nach dem Hafen von Pola hat oder haben kann, in sechs Gruppen.

Die beiden ersten Gruppen stehen in Bezug auf die Abflussrichtung der oberflächlichen Niederschlagsgerinne und des thatsächlichen unterirdischen Wasserabzuges in gar keiner Verbindung mit dem Sammelgebiet des Hafens von Pola.

Die Niederschlagsgebiete der durch den Hafen von Pola unterbrochenen Westabdachung (*W a, b, c* und *d*) senden in Wasserriemen der Oberfläche nur bei sehr starken und andauernden Regengüssen einen Theil des Niederschlages, dagegen die ganze Menge des Sickerwassers auf unterirdischen Wegen nach den nahezu im Meeresniveau oder unter demselben liegenden Austrittsstellen der Küste. Die beiden ausgedehntesten Abfallsgebiete nach West, nämlich (*a*) das der Küstenstrecke von Parenzo-Orsera und das der Küstenstrecke Rovigno-Fasana (*c*), werden durch ein schmales Zwischengebiet (*b*), das des Canale di Leme von einander getrennt, in welchem die Niederschlagsmengen der Gehängseiten-Zonen der von Ost nach West in das Kreidegebirge bis tief unter Meeresniveau einschneidenden, erweiterten Bruchspalte nicht direct, sondern durch diesen Meerescanal

dem offenen Meere zugeführt werden. Während die 16 bis 18 Kilometer landeinwärts von der sich noch zu 30 bis 60 Meter Höhe erhebenden Hügelzone der Küste gelegene Höhenzone des Nordgebietes (*Wa*) in ihren Bergkuppen zwischen 370 und 300 Meter Seehöhe liegt und das Abdachungsverhältniss des grösseren Mittelgebietes von Rovigno-Fasana (*Wc*) durch eine, mit Abrechnung des schmalen Südens, 5—10 Kilometer betragende Entfernung der zwischen 250 und 100 Meter Seehöhe erreichenden Bergzone von der durch eine 20 bis 60 Meter hohe Hügelzone begleiteten Küstenlinie zum Ausdruck kommt, zeigt das südlichste, durch den Hafen von Pola abgetrennte Gebiet (*Wd*) nur eine sehr schmale vielgebuchtete, steile Küstenzone ohne gleichsinniges, hinterliegendes Abdachungsterrain. Die höchsten Punkte desselben erreichen zwischen 70 und 80, die meisten mittleren Kuppen zwischen 30 und 50 Meter Seehöhe. Die Kehrseite ist dem Hafen und Senkungsgebiet von Pola und dem Einbruchgebiet des Golfes von Medolino zugewendet.

Die Niederschlagsgebiete der *Stilabfälle* der Ostseite (*Oa, b, c, d*) senden durch zahlreiche, tiefingeschnittene Gräben und Runsen und noch tiefer reichende Spalten die aufgenommenen Wassermengen zum grossen Theil indirect durch die grossen nordsüdlichen Spaltenthäler der Arsa und des Valle Badó, theils direct dem Spiegel des Meeres oder tiefer liegenden Austrittsstellen zu.

Das vom *Peruncovae*-Berge bei *Galignana* von 469 Meter bis auf 156 Meter Seehöhe bei *Cavranò* nächst *Punta Forticeio* sich senkende, etwa 37 Kilometer von Nord nach Süd gestreckte nur 3 bis 6 Kilometer breite Gebiet (*Oa*), welches die westlichen Steilgehänge und eine Niederschlagszone der *Arsaspalte* bildet, fällt für eine Abschätzung der Niederschlagsmengen, welche dem Hafengebiet von Pola etwa zu gute kommen können, ebenso wenig in Betracht, wie die Gebiete des Valle Badó (*Ob*), der Küstenstrecke *Zuffo-Merlera* (*Oc*) und des Golfes von Medolino (*Od*). Das Val Badó führt seine von Nord, West und Ost in dasselbe aus Karstmulden und von hohen Steilgehängen abfliessenden Regen- und Sickerwasser durch den gegen Ost gerichteten Einbruchshafen *Porto di Badó* dem Meer des *Quarnero* Gebietes zu. Ebenso gehen dem Einbruchgebiet des Golfes von Medolino, wengleich in beschränkterer Menge nach Massgabe der geringen Breitenentwicklung der dasselbe umgebenden Gefällsflächen die Niederschlagswasser aus West, Nord und Ost zu.

Das zwischen den beiden Häfen liegende Küstengebiet von *Zuffo-Merlera* zeigt von der Zone der directen Küstenabfälle bis zum Grenzgebiet gegen den Hauptbezirk der Terrainabsenkung gegen Pola ein zwischen *M. Magrano* und *Lissignano* sich ausbreitendes Aufnahmesterrain mit einer 60 bis 100 Meter erreichenden Höhenlage.

Die grösste Bedeutung unter den verschiedenen Kategorien von Niederschlagsgebieten hat für das Hauptsammelgebiet der Hafenquellen (*Ha, b, c, d*) die Gruppe *M* oder die Gruppe der mittleren, nordsüdlichen Gefällszone gegen das in der Richtung Ost nach West abdachende und eingetiefe Mulden- und Einbruchgebiet des Hafens von Pola.

Mit dieser Zone von stufenweise in der Höhenlage der umgrenzenden Hügelreihen und Einzelkuppen und der dazwischen eingesenkten, von Kesseln, Trichtern, Schlünden und Spalten durchbrochenen Karstböden

abfallenden Niederschlagsabschnitten steht das grosse, ganz im eoänen Flyschgebirge gelegene Niederschlagsgebiet des oberirdischen Foibalaufes (*Ma*) in Verbindung. Der Foibabach bricht in die Karstzone unterhalb des Schlossberges von Pisino mit seiner letzten, scharfen Wendung nach Südsüdost ein und setzt seinen Lauf unterirdisch fort. Die Wahrscheinlichkeit ist eine sehr grosse, dass der Hauptzug des unterirdische Hohlräume und weite Gewölbe mit Wasseransammlungskesseln und Muldenböden durch Canäle und Spalten verbindenden Wasserweges bis zum Senkungsgebiet des Hafens von Pola fortsetzt und dass die Quellabflüsse von Valle lunga nicht nur durch die Niederschläge des unmittelbaren und nächstliegenden Niederschlagsgebietes (*Ha* und *Zb*), sondern zum Theil noch von dem in die Foibaschlucht von Pisino einströmenden Wasser und besonders durch die den unterirdischen Lauf des südlich gerichteten Wasserabzuges verstärkenden Absiekerungszuzüge aus den zwischenliegenden Niederschlagsgebieten (*Mb, c, d*) gespeist werden.

Die südliche Grenzscheide zwischen dem Wasserzflussgebiet des oberirdischen Foibalaufes und der Niederschlagszone der unterirdischen Fortsetzung desselben, d. i. der Höhenzug zwischen Monte Canus (440 Meter) und Peruncovaz (469 Meter) erreicht in der höchsten Kuppe (Prezanovreg) 474 Meter, im niedersten Sattel 432 Meter.

Der südlich zunächst angrenzende Karstabschnitt der unterirdischen Niederschlagsammelnzone hält in den Hügeln der Ostgrenze auf 469 bis herab zu nahe 400 Meter, der Westgrenze auf 440 bis herab zu 380 Meter und in denen der Südgrenze von 432 bis zu 400 Meter Seehöhe. Die tieferen grösseren Muldenflächen (abgesehen von einzelnen Kesseln und Schlünden) liegen im Mittel zwischen 400 und 370 Meter.

Das langgestreckte Niederschlagsgebiet der zweiten Abfallsstufe (*Mc*) fällt in der Höhenlinie der Ostseite von 421 auf 240 Meter, in derjenigen der Westseite von 432 auf 256 Meter ab. Der höchste Punkt der Südgrenze (Skolk) zwischen dem Tiefenpunkt von 240 und dem Grenzpunkt von 256 Meter steigt auf 265 Meter. Die tiefsten Mulden und Senkungsböden liegen im höheren nördlichen Theil etwa zwischen 320 und 300 Meter, im südlichen Theil zwischen 250 und 230 Meter Seehöhe.

Der südlichste, in das Depressionsgebiet der äusseren Grenzzone (*Zb*) übergehende Abschnitt der nordsüdlichen Mittelgefällszone (*Md*) zeigt gegen Osten zwischen dem Triangulierungspunkte Skolk und dem Buonacastel eine Höhenabnahme von 265 auf 161 Meter, im Westen zwischen Orsini und Monticcio bei Galesana von 256 auf 141 Meter. Die grösseren Eintiefungen dieses Niederschlagsabschnittes liegen im südlichen Theile seiner Terrainstufen etwa zwischen 150 und 120 Meter Seehöhe.

In allen diesen Wasseraufnahmsgebieten nun findet das Regenwasser kein offenes Oberflächengerinne, in welchem es bei starkem und andauerndem Niederschlag etwa seitwärts nach West oder Ost in die Abzugsgräben der Flankengebiete gelangen könnte. Was nicht durch Verdunstung verloren geht, muss vielmehr direct nach abwärts gehen und zur Füllung des unterirdischen Wassernetzes der Mittelgefällslinie beitragen.

Dieses Gefälle beträgt bei Annahme der Höhenlage der Einbruchsstelle der Foiba unter Pisino mit 240 Meter und der Entfernung von

dem Austritt der Küstenquellen von Valle lunga mit rund 40 Kilometer für den angenommenen unterirdischen Wasserlauf im Durchschnitt $\frac{1}{166}$. — aber es verläuft jedenfalls in sehr unregelmässiger Stufung in verschiedenen verzweigten Canälen und Spaltwegen, welche grössere und kleinere Sammelreservoirs und Karstgewölbräume miteinander verbinden.

Es ist nun natürlich nicht mit Sicherheit festzustellen, wo und in welcher Höhenlage über dem Meer sich die letzte durch ein grösseres Sammelreservoir und Gewölbräume bezeichnete unterirdische Gefällsstufe befindet. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine solche unter oder nahe an der Grenze der Höhenzone sich befindet, welche das nördliche und nordöstliche Zwischengebiet (*Zb* und *c*) von der 4gliederigen Mulden- senke zum Hafen trennt, ist jedoch naheliegend.

Das directe Niederschlagsgebiet für die Küsten- quellen und deren hinterliegendes Sammelreservoir, dessen oberirdische und unterirdische Abflüsse sie bilden, d. i. der Gefälls- abschnitt der Karte (*Ha, b, c, d*) wird von einer ringförmigen Zone von Hügeln umkränzt, welche zwischen 30 und 108 Meter Seehöhe erreichen. Es hat eine Flächenausdehnung von etwa 27,500.000 Quadratmeter. Die gegen Nord gekehrte Grenzlinie bildet der Höhenzug von Brada- mante und Monte Vernale (85 Meter), welcher im Mittel zwischen 60 und 70 Meter Seehöhe hat, gegen West auf 30 Meter, gegen SO auf 55 Meter sinkt und gegen Süd nach dem in die nördliche Aus- spitzung des Hafens verlaufenden, langgestreckten Thalgebiete von Valle lunga abfällt.

Die lange Ostgrenze zwischen dem Strassenpunkt unter Bosco Sevie und Stanzia Marinoni (59 Meter) zieht vom höchsten Punkt des ganzen Ringwalles, dem Monte S. Daniele (108 Meter), über Stanzia Cattaro und die Höhen von Giadreschi gegen SO. und weiterhin aus dem Gebiete von Terra grande gegen SW. einbiegend über den Monte Turcian (70 Meter) zum Anschluss an die südliche Grenzlinie, deren Höhe sich zumeist zwischen 40 und 50 Meter hält und mit der kleinen Kuppe ober S. Polycarpo (44 Meter) die Verbindung mit der 4fach durch- brochenen Westgrenze gegen den Hafeneinbruch herstellt.

Die Bruchlinie gegen die Hafenabsenkung wird durch die Einzel- kuppen des Monte Zaro (31 Meter) und des Schlossberges (31 Meter) mit den Auslaufthoren des Prato grande-Thales, durch die Arena-Stufe mit dem Austritt der Karolinenquelle, durch die Berggruppe des Monte Ghiro (46 Meter) und St. Giorgio (51 Meter) mit der Ausmündung des Val Siana im Fieberkanal nächst den Fieberbrückenquellen und endlich durch den Hügelrücken des Monte Carsiole (37 Meter) mit der Mündung der Valle lunga-Quellen im Val S. Pietro, das ist der Hauptabflüsse der nördlichen Gefällszone markirt.

Diese ganze, vom Einbruchgebiete des Hafens selbst, durch eine aus sich stumpfwinklig krenzenden Bruchflächen zusammengesetzte und nordsüdlich gestreckte Abbruchzone abgeschnittene, letzte muldenförmige Senkungsstufe der nordsüdlichen Mittelgefällszone Süddistriens umfasst die directen unmittelbaren Niederschlagsflächen und Zuflusswege aller für die Wasserversorgung von Pola in erster Linie in Betracht kommenden Wasseransammlungen und Küstenquellen.

Der orographischen Anlage nach müsste das Niederschlagswasser ringsum radial der Muldentiefe zufließen. Der grossen Durchlässigkeit des zerklüfteten Kalksteinbodens wegen geschieht dies aber nicht in constanten, oberflächlichen Bächen und Grabenrinnen, sondern unterirdisch durch zahllose Spalten, insoweit Wald und Niederbuschflächen, sowie geschlossene, tiefgrundige Terra rossa-Gründe die schnellere Versickerung nicht hemmen und den Verdunstungsverlust erhöhen.

Nur bei sehr starken und anhaltenden Regenperioden überwiegt die Abflussgeschwindigkeit nach dem Gefälle zum Theil die Aufnahmefähigkeit des Bodens und es bilden sich stellenweise wildbachartige Gerinne, wo das Gehängsrelief dies, wie z. B. in dem Bergrücken des Valmarin, Monte Vernale und Bosco Sevie, begünstigt.

Auch die tektonische Anlage ist hier zum Theil wenigstens muldenförmig und der Wasseransammlung günstig. Die am Bruchrande gegen den Hafen herrschende Schichtenstellung zeigt landeinwärts gegen Ost gerichtete Neigung. In Verbindung mit synklinalen Fallrichtungen, welche an den unteren Gehängszonen der nördlichen und östlichen Umwallung noch den Bestand eines einst vollkommeneren, tektonischen Muldengebietes anzeigen, würde dieselbe in dem Falle, dass innerhalb des an der Küste zu Tage stehenden Plattenkalksteincomplexes eine constante wasserundurchlässige Schicht sich befände und dass überdies keine Unterbrechung eines solchen Abschlusses gegen das Meer nach quer auf das Streichen dieser Schichtenzone durchsetzenden Spalten und Bruchflächen vorhanden wäre, die Bildung mehrerer Süsswasserseen mit Ueberfallabfluss nach dem Meer veranlasst haben müssen.

Eine solche abdämmende Schicht ist jedoch nicht vorhanden und es wird der Wall von gegen Ost einfallenden Plattenkalksteinschichten, abgesehen von der untergeordneten allgemeineren Zerklüftung der zu Tage stehenden Abschnitte, an vier Stellen auch in äusserlich durch das Hauptrelief kenntlich gemachter Weise und durch unter Meeresniveau reichende stärkere Spaltenzüge unterbrochen. Dieselben hängen allem Anscheine nach mit Horizontalverschiebung von Segmenten des aus der normalen Streichungsrichtung gedrückten, südlichsten Theiles der mittleren Wölbungszone zusammen, als deren meist gestörten Einbruchsrest wir das specielle Niederschlags- und Hafengebiet von Pola erkannt haben. Einen Beweis für derartige dynamische Wirksamkeit bilden die in Steinbrüchen (z. B. nahe ober der Arena) aufgeschlossenen, grossartigen Klüftungsdruckflächen dieser Spaltenrichtung mit fast horizontalen Riffen und Schlifflinien.

Im Verein mit der stärkeren Zerklüftung und Unterwaschung, welche in diesen nordwestlich bis südwestlich gegen die Scheitelstrecke der Umbiegung im Streichen convergirenden Spaltenzonen herrscht, hat auch verschiedengradiges Senken oder Nachsitzen von Bodenschollen, sowie seitlicher Klüftungsnachsturz und Erosion mit Lösung des kalkigen Absturzmaterials an der Ausarbeitung der radial gegen den Hafen zu ausmündenden Depressionen oder Thalgebiete mitgewirkt, so dass sie uns als besondere Niederschlagsabschnitte und als Sammelbecken für Grundwässer mit verschiedenartigem Abfluss in das Hafengebiet erscheinen.

Durch die zwischen den radialen Depressionszonen stehen gebliebenen Zwischenrücken werden diese inneren vier Niederschlagsabschnitte, in welche die ganze Senkungsstufe sich abgliedert, ungleich scharf, und zwar im Allgemeinen am auffälligsten in dem Grenzrayon gegen den Küstenabbruch, dagegen schwach und ungleichförmig in der mittleren Strecke getrennt. Der specielleren Besprechung eines jeden der vier durch besondere Abflüsse und Abflussformen gekennzeichneten Abschnitte des ganzen Sammelrayons lassen sich am besten zugleich die Angaben über die zugehörigen äusseren Grenzgebiete anschliessen.

I. Das Niederschlagsgebiet von Valle lunga.

Taf. II, 2, 3 und 4. Taf. III *Ha*.)

Ohne Zweifel ist dieses Gebiet das wichtigste und interessanteste wegen der Wassermenge, die ihm zuströmt, wegen des reichlichen und sichtbaren Austrittes derselben in Küstenquellen, wegen des Vorhandenseins eines vom Grundwasserstand abhängigen, periodischen, unbedeckten Wasserspiegels (Foiba-Kessel) im Norden der Hauptabflüsse und wegen seines nothwendig zu vermuthenden, unterirdischen Zusammenhanges mit dem südlich angrenzenden Gebiete von Siana.

Der untere, mittlere und obere Theil ist in der geologischen Anlage, sowie bezüglich der Terrainsgestaltung verschieden.

Im oberen thalartigen Abschnitt, welcher von dem Sattelgebiet zwischen dem Monte Vernale und dem Waldrücken des Forstes Siana (57 Meter) und dem hinterliegenden Senkungsgebiet sich gegen SW. streckt, herrscht der Plattenkalkstein mit nordöstlicher bis östlicher Fallrichtung auf der gegen Süd gekehrten Gehängseite des Vernale (85 Meter) — dagegen eine mächtige Terra rossa-Bedeckung auf der gegen NW. abfallenden Gehängseite des Siana-Waldrückens (75 Meter) vor. In der breiten, muldenförmigen Depression (mit nur 25 bis 15 Meter Seehöhe), welche das obere Thalgebiet von dem verengten, stärker nach Süd abgedrehten Ausmündungsabschnitt trennt und eine weite offene Verbindung mit dem Sianagebiet herstellt, tritt die Dolomitzone der Plattenkalksteingruppe in grösserer Ausdehnung zu Tage. Dieselbe bildet hier nicht nur die untere Gehängstufe der nördlichen Bergseite unter dem Verbindungsrücken zwischen Fort Bradamante und dem Monte Vernale, sondern auch den grössten Theil der festen Gesteinsunterlage der über den Muldenboden ausgebreiteten, mächtigen Terra rossa-Decke. Die gegen Nord und Nordost gekehrten, unter diese Deckablagerung abfallenden Gehänge der Berggruppe des alten Forts S. Giorgio bestehen wiederum aus Plattenkalkstein. Die Neigung der Schichten ist am Nordrand des Muldengebietes gegen SO. gekehrt, am Ostrand wendet sich dieselbe gegen Süd um und die den Südrand bildenden Schichten der Abhänge von S. Giorgio und Giorgette zeigen wellige Biegungen mit vorherrschend nordöstlichem Einfallen. Somit entspricht nicht nur die orographische, sondern auch die tektonische Umgrenzung dem Begriff einer muldenförmigen Depression und einem für Wasseransammlung besonders geeigneten Gebiete. Dass diese Ansammlung nur eine unterirdische ist und nicht auch in Teichbildung oder quellenartigen Abflüssen oberflächlich zum Ausdruck kommt, beruht auf dem Vorhandensein sich kreuzender, unter Meeresniveau reichender Spalten und dem Mangel einer constanten, wasserundurch-

lässigen Schicht. Dennoch hält sich dieser Anlage zufolge das Wasserniveau hier in einer Höhenlage, welche zeigt, dass selbst bei ungünstigen Zuflussverhältnissen nach längeren Trockenperioden noch der Abfluss nach der Küstenzone unter schwachem Druckverhältniss stattfindet. Es ist somit sicher, dass die Absperrung des durch die Hauptspaltenzonen bis unter Meeresniveau unterbrochenen, natürlichen, landeinwärts gegen die Muldentiefe geneigten Schichtenwalles den Auftrieb verstärken, sowie das Wasserniveau des Muldengebietes erhöhen und bis zu einem gewissen Grade constanter machen müsse. (Geologische Karte und Taf. IV, 1.)

Den Hauptabzug hat das Sammelwasser der Mulde natürlich durch die Spalten des Felsbodens, welche sich am Mündungsabfall derselben gegen die östliche Küstenbruchlinie des Hafens mit dieser schneiden. Die in die Fortsetzung dieser Bruchlinie aus der Hafenspitze von Val S. Pietro gegen Nord mit südwestlicher Ablenkung einmündende, von Terra rossa verdeckte Grenzlinie zwischen dem Plattenkalkstein der SO.-Seite und der Dolomitzone der Nordgehänge fällt ohne Zweifel mit der tiefsten Gefällsrimme des Mündungsabschnittes vom Valle lunga und der Hauptentwicklung von Abzugsspalten zusammen.

Der Wasserstand in diesem Theile des Niederschlagsgebietes lässt sich aus dem Niveau des Bodens und der Wasserfläche der Schöpfbrunnen von Tivoli östlich von der Bahnlinie und des natürlichen Felsbrunnens der unteren Steinbruchstufe nordwärts nächst der Bahnlinie am Fuss des Monte grande entnehmen, während für den Wasserstand an der Grenze zwischen dem oberen Bergabschnitt und der weiten Mittelmulde der neuerarische Brunnen beim Jägerhaus des Forstes Siana den wichtigsten Anhaltspunkt liefert. Der Abfluss wird durch die Küstenquellen der Ostseite von Val S. Pietro (Holzconservenplatz der k. k. Marine) und eine nahe von der Buchtspitze untermeerisch aufsteigende Hauptquelle markirt.

Einen zweiten Abzug hat das mittlere Muldengebiet gewiss auch durch einen südöstlichen, die westsüdwestlich streichende Hauptspalte des Sianagebietes schneidenden, unterirdischen Verbindungsweg nach der Ausmündung dieses Thales an der Fieberbrücke, denn die Abflussmenge aus dem dortigen Quellbezirk wäre allein aus der directen Niederschlagsmenge, welche diesem Abschnitt zu Gebote steht, nicht zu erklären. Von weit grösserer Bedeutung noch als die Wasseransammlung im hinteren Muldengebiete von Valle lunga selbst ist die Wassermenge, welche in den zahlreichen Küstenquellen der westlichsten Berggruppe des nördlichen Grenzrückens direct in die zu Valle lunga gehörende und die verengte südliche Ablenkung der Senkung fortsetzende Hafenbucht abfließt.

Diese Wassermenge kommt direct aus einem besonderen, höheren innerhalb der Berggruppe des Monte grande zwischen dem Monte Carsiole und dem Monte Valnarin eingesenkten tektonischen Muldengebiete, welches zugleich auch orographisch durch ein starkes Senkungsgebiet mit einem tiefen Einbruchskessel (der sogenannten Foiba) und durch die Lage desselben zwischen den vier Hauptkuppen des Westabschnittes der nördlichen Umgrenzung deutlich markirt wird.

In den Felswänden des Kessels und nördlich davon fallen die Kalksteinschichten südwärts, vom Nordabhang des Monte Carsiole gegen das Depressionsgebiet zu ist die nördliche Fallrichtung vorherrschend. Vom Monte Carsiole gegen das Meer ist ein wellenförmiges Abfallen

der Schichten gegen die Küstenzone mit den quellenartigen Ausflüssen durch Spalten und durch kanalartige Schichtenwölbungen zu beobachten, während im Norden von der Hauptsenkung die Schichten noch eine schwächere, westöstlich streichende, muldenförmige Biegung zeigen, ehe sie auf der Strassenhöhe gegen Galesano, wo die Dolomitzone in grösserer Breite wiederum zu Tage tritt, in dieser auf kurze Strecke die schwebende Lagerungsform eines Wölbungssattels (in 64 Meter Seehöhe) annehmen. Unterhalb dieser Sattelzone, welche zugleich in die orographische Grenzzone des unmittelbaren Niederschlagsgebietes von Vallelunga und des hinterliegenden Depressionsrayons von Galesano fällt, neigen sich die Schichten wiederum nordwärts.

Es wird damit die Anlage zu einer weiten, in höherer Gefällsstufe ausgebreiteten, muldenförmigen Bodeusenkung, welche im Terrainverhältniss durch das Abfallen der Strasse bis unter 40 Meter und durch das Wiederansteigen bis Galesano auf 108 Meter markirt ist, auch tektonisch umso mehr ausgedrückt, als in Galesano selbst trotz starker Abweichungen und Störungen in den Schichtenstellungen des ganzen Depressionsgebietes wiederum südliche Schichtenneigung zu Tage tritt.

In dem Bereich dieser Mulde sammelt sich unterirdisch ohne Zweifel das aus den höher gelegenen Höhlenbecken der mittleren Wölbungs- und Niederschlagszone durch Verbindungskanäle und Spalten nach Süd abfliessende Sickerwasser, welches aus dem durch die Kalksteinschlucht von Pisino zuströmenden Foibabach gewiss noch eine ansehnliche Verstärkung erhält. Von diesem durch stärkere Waldbedeckung in West und Ost bedeckten und begrenzten Sammelbecken findet der weitere Abfluss mit grösster Wahrscheinlichkeit in drei Haupttrichtungen statt.

Eine schwächere Wasserader fliesst nach West ab und vereinigt sich mit dem auf dem Westgehänge zwischen Dignano und Galesano zum Theil in gegen SW. convergirenden Terrainfurchen des Karstbodens versickernden Niederschlagswasser, welches dem Val Bandon und Val Randon zugeht. Direct gespeist wird von diesem Abfluss ohne Zweifel das Quellenbassin westlich von Lusina Moro, dessen Ueberfall bis zur trockenen Jahresperiode das flache Becken von Pragorgo in einen kleinen See verwandelt. Der Umstand, dass sich das Wasser in von Jägern beliebter Frische und Güte in dem unterirdischen Spaltenraum des Kalksteins stets noch erhält, auch wenn das Grundwasserniveau sinkt und damit auch der Seespiegel sich verringert und endlich durch das Zusammenwirken der verringerten Zuflüsse und der freien Verdunstung verschwindet, deutet auf einen constanten, wenn auch schwachen Sommer-Zufluss aus einem höheren Sammelreservoir und auf das locale Vorhandensein einer minder durchlässigen Bodenschicht. Die Abdämmung und Stauung dieses Trinkwassers, von dessen Güte ich mich wegen seiner starken Verunreinigung nicht selbst überzeugen konnte und die Reinigung des Bassins und Zufusskanales, wäre mit geringen Kosten zu bewerkstelligen.

Der offene Theil des Bassins wäre zu ummauern, zu verdecken, mit Abflussrohr nach der Seemulde zu versehen. In der tiefsten Stelle des constant wasserhaltenden Raumes wäre das Saugrohr einer Druckpumpe anzubringen. Eine untere steinerne Viehtränke wäre mit Ueberfall des geschlossenen vorderen Bassins, eine höher gelegene aus dem Auslaufsrohr der Pumpe in der trockenen Zeit nach Bedarf zu füllen.

Die grösste Wassermenge fliesst ohne Zweifel in direct südlicher bis südöstlicher Richtung in die nächste und letzte tektonische Muldenstufe ab, in welcher der periodische Wasserspiegel des Foiba-Kessels sich befindet. Der Wasserstand der Foiba war im März dieses Jahres (1888) 4·5 bis 5 Meter über dem festen Grund. Die Neigung der Kalksteinbänke der Felswände des Kessels ist eine fast direct südliche unter 20 bis 25 Grad. Der Gegenflügel mit nördlicher Neigung liegt zwischen Fort Monte grande und Monte Carsiole. Die Bodenfläche des Kessels dürfte nicht mehr als 3 bis 4 Meter über Meeresniveau liegen, die obere Umrandung in der Höhe des Waldweges 25 Meter. In der Höhe des Wasserstandes betrug der Durchmesser des Kessels nahezu 50 Meter. Man kann demnach bei einer Annahme von 2000 Quadratmeter die zur Zeit der Besichtigung vorhandene Wassermenge auf 8000 bis 10.000 Cubikmeter schätzen.

Der Wasserstand der Foiba ist sehr wichtig für die Beurtheilung der Grundwasserhältnisse des Muldengebietes selbst und der Zuflüsse der nördlichen höheren Sammlungsstufen. Es könnte der Foibakessel überdies durch Reinigung und geeignete Adaptirung eventuell zu einem werthvollen Object für die Wasserversorgung eines grossen Truppen-Lagerplatzes gemacht werden. Die Senkung zwischen dem Fort Monte grande, dem Monte Carsiole und dem Foibakessel bietet dafür einen besonders geeigneten grossen Raum.

Der Wasserspiegel des Foibakessels sinkt in Trockenperioden, im August nicht bis zur Sohle auf Grund der speciellen Verdunstung. Diese ist bei der geschützten Lage verhältnissmässig gering. Das Sinken und das Steigen hängt mit dem Sinken des allgemeinen Grundwasserniveaus der Mulde zusammen, welches durch das Abnehmen oder Zunehmen der Zuflüsse aus dem nördlichen Niederschlagsgebieten bedingt ist. Die Wasserzufuhr aus dem kleinen directen Niederschlagsrayon des Kesselgebietes erhöht wohl den Grundwasserstand des Kesselgebietes, aber dieselbe könnte weder die Höhe desselben, noch die Stärke der Abflüsse durch die Hohlräume und Spalten der Wölbungsvorlage des Monte Carsiole gegen die Bucht von Valle lunga und S. Pietro allein erklärbar machen. Das Kesselbassin hat keinen sichtbaren Quellzufluss und keinen seitlichen oberflächlich bemerkbaren Abfluss. Der Abfluss und Zufluss findet gemäss des Steigens oder Fallens der allgemeinen Grundwasserhältnisse durch die Schichtenfugen und zahlreiche kleine Spalten der Seitenwände, im Wesentlichen aber durch den Boden statt. Besonders dürfte der Abfluss in der Richtung der Schichtenneigung durch mit grösseren Kanälen zusammenhängende Bodenspalten des Kessels erfolgen.

Das Wasser ist durch Zutreiben von Vieh, durch lebende und abgestorbene Vegetation und thierische Organismen verschiedener Art verunreinigt. Eine Reinigung und Ausräumung des Bodens, in Verbindung mit genauerer Untersuchung desselben bezüglich der Abflussspalten, sowie eine constante Beobachtung der Temperatur des Wassers und der Verdunstungshöhe des Wasserspiegels während der Monate vor dem Versiegen, muss einer ersten Adaptirung und einer chemischen Prüfung des gereinigten und vor erneuerter Verunreinigung geschützten Wassers vorangehen.

Das nothwendigste ist daher nach der ersten Reinigung der Abschluss durch eine Cementmauer gegen den für die Viehtränke nothwendigen Platz und eine Einrichtung zum Hinüberpumpen des Wassers in die Steintröge.

Die Reinigung und Reinhaltung des Foibakessels ist nicht nur für den Fall nothwendig, dass man seine Adaptirung zu einem Hilfsreservoir für den Bedarf des nahen Lagerplatzes in Aussicht nimmt, sondern sie ist auch wichtig, um einer indireecten Verunreinigung des directen Wasserbezuges aus den Küstenquellen von Valle lunga vorzubeugen. Der Wasserbezug aus einer zwischen der Ausflussregion und dem Monte grande liegenden, unterirdischen, höheren Sammelstelle würde dadurch gegebenen Falles gleichfalls geschützt.

Die Stellen, an welchen das unterirdische Sammelwasser der nördlichen Mittelgewölbs- und Niederschlagszone den bedeutendsten sichtbaren Ausfluss nimmt, können nach ihrer Position und Lage, sowie nach der Stärke des Wasseraustrittes nicht allein von einem gegen Süd von der Foibamulde abzweigenden Spalten- oder Kanalweg durch Ueberfallwasser gespeist werden. Es ist vielmehr wahrscheinlich, dass ein solcher sich mit einem grösseren, mehr östlich unter dem Monte grande-Gebiet durchziehenden Hauptabfluss der grossen, höheren Muldenstufe vereinigt, um unter dem Ostgehänge des Carsiolerückens zunächst südlich und zuletzt mit südwestlicher Wendung den westlichen Hauptausflusspunkt nächst dem östlichen Hauptgebäude des Marine-Artillerie-Laboratoriums zu erreichen (Taf. IV, 1).

Auf der letzten Wegstrecke zu diesem westlichen kanalartigen Ausflussthore in's Meer, durch welchen auch die Süswasserströmung im Meer noch eine südwestliche Richtung einhält, zweigen nun quer auf das NNO.-Streichen der faltigwellig gebogenen und von Bruchspalten durchschnittenen oberen Grenzschichten der Dolomitzone 6 verschieden starke Nebenarme ab. Ob die Trennung dieser früheren Mündungsabzweigungen mit ost- bis südöstlicher Ausströmungsrichtung nach der Holzconservenbucht von S. Pietro direct vom Hauptkanal oder von einer letzten beckenartigen Erweiterung desselben unterhalb des Carsiolerückens erfolgt, kann nur durch einen in der Richtung gegen WNW. getriebenen Versuchsstollen festgestellt werden. Die nothwendige Länge dieses Stollens ist auf 150 Meter bis höchstens 200 Meter zu veranschlagen. Eine genügende Höhe des Wasserstandes in einer am Ende des Stollens anzulegenden Wasserkammer ist bei der geringen Entfernung von den Küstenausflüssen nicht zu erwarten. Man wird jedoch in die Lage kommen, zu entscheiden, ob die Güte des angestauten Wassers und die hier erreichbare Menge schon eine entsprechende ist und inwieweit der Hauptsammelstollen und ein seitlicher Zweigstollen in der Richtung gegen Nord und gegen NO. in das Zuflussgebiet westlich und östlich von Fort Monte grande weiter getrieben werden müsse. Wenn auch das erreichte Höhenniveau der Grundwasserstufe in der Schichtenmulde unter dem Monte grande bei Rückstauung der Küstenausflüsse durch einen unter das Maximum der Ebbe reichenden Cementabschluss und bei Aufstauung der Zuflüsse in einer am Vereinigungspunkt des Haupt- und Zweigstollens angelegten Druck- und Sammelkammer es ermöglichen sollte, das Wasser dieses Gebietes in einer

directen Röhrenleitung mit einem Ueberdruck von 1 bis 2 Meter entlang der Hafenanlage in das Arsenal zu leiten und schon auf dem Wege bis dorthin an geeigneten Punkten durch schliessbare Auslaufsbrunnen auch für den Civil- und Sanitätshafen zu verwerthen, so dürfte bei der zu erwartenden Wassermenge und nach Feststellung der technischen Verwendbarkeit für Dampfkessel-Versorgung und der sanitären Zulässigkeit als Nutz- und Trinkwasser, die Anlage eines Hochdruckreservoirs auf dem Monte grande (45 Meter) oder Monte Valmarin (67 Meter Seehöhe) und einer Wasserhebungsanlage mit Dampftrieb so viele Vortheile bieten, dass die grösseren Kosten nicht in Betracht kommen könnten. Der Punkt, an welchem die Verbindung einer unterirdischen Sammelkammer der Stollenanlage mit dem Pumpenhaus durch Schachtabteufung oder Schachtbohrung hergestellt werden müsste, ist natürlich von dem Resultat der stollenmässigen Voruntersuchung abhängig. Sollte derselbe schon zwischen den Südwestabhäng des Forts Monte grande und das Muldengebiet des Lagerplatzes fallen, so würde der Schacht oder das Bohrloch bei nicht viel über 20 Meter unter dem Schachtkranz des Pumphauses den Wasserspiegel der Stollenkammer erreichen. Es ist ersichtlich, dass mit einer solchen Anlage nicht nur der Lagerplatz, sondern auch die ganze Küstenstrecke mit dem Marine- und Artillerie-Laboratorium und die Küstenstrecke des Civilhafens und des Kriegshafens mit dem Arsenal, sowie der nordwärts vom Castell gelegene Stadttheil zwischen der Arena und Val Siana mit Wasser in ausreichender Weise versorgt werden könnte und dass, für den Fall der Noth bei Betriebsstörung der Hauptleitung der Karolinenquelle durch geeignete Kuppelung der Hauptleitungsrohre in der Nähe der Karolinenquelle vorgesorgt werden könnte. Dies könnte natürlich nur dann geschehen, wenn das Pumpwerk am Monte grande vom Anfang an auf eine aussergewöhnliche, höhere Leistung eingerichtet würde, und wenn das Resultat der Voruntersuchungen bezüglich der erzielbaren Qualität ein hinreichend günstiges sein sollte. Es ist vorläufig kein Grund, daran zu zweifeln, dass aus diesem Gebiet ein demjenigen der Karolinenquelle sehr nahestehendes Wasser zu erlangen sein werde.

Als die günstigste Position für die Stollenkammer und die zugehörige Schachtanlage dürfte sich der auf der geologischen Karte südwestlich vom Monte Valmarin bezeichnete Punkt erweisen.

Es erscheinen demnach Vorschläge für Vor- und Untersuchungsarbeiten in diesem Gebiet wegen der Wahrscheinlichkeit eines grösseren Erfolges und wegen der Sicherheit der relativen Verwendbarkeit der durch die Vorarbeiten selbst geschaffenen und verbesserten Wasserbezugsobjecte für sich oder als Ausgangspunkte für die planmässige Erweiterung im Grossen vollständig gerechtfertigt.

Ausser für das Hauptproject, welches auf der stollenmässigen Erschliessung und Hebung des Zuflusswassers der Küstenquellen von Valle lunga innerhalb des nächstliegenden höheren Sammelgebietes basirt ist, zeigt das Gebiet von Valle lunga auch für noch andere Formen der Wassergewinnung günstigere Verhältnisse, als jedes der anderen Gebiete. Dasselbe hat sowohl in seiner Grenzregion gegen das Gebiet von Val Siana, als in dem an den östlichen Abschnitt seiner Grenze anstossenden Theil seines indirecten Niederschlag- und Zufluss-

gebietes für Schachtabteufung oder Bohrung von geringer Tiefe in Bezug auf tektonische und Terrainverhältnisse günstigere Stellen aufzuweisen, als in den anderen Gebieten aufzufinden wären. Dieselben haben jedoch im Vergleich zu dem Hauptproject nur eine secundäre Bedeutung. Der für eine Bohrung und Schachanlage geeignete Rayon an der Grenze des Depressionsgebietes zwischen Valle lunga und Val Siana (nordwestlich unterhalb des Jägerhauses am Forst Siana, südwestlich von Stanza Leonardelli) würde zur Erschliessung des tieferen unter der Dolomitzone gelegenen Grundwasserhorizontes der Hauptmulde geeignet sein. Es würde damit jedoch nur für den Fall eine ausgedehntere Verwendung des gehobenen Wasserquantums zu erzielen sein, wenn man dasselbe in ein auf der Höhe von S. Giorgio (51 Meter) anzulegendes Druckreservoir mittelst eines besonderen Dampfdruckwerkes heben wollte. Dies wäre überflüssig, wenn die ausgedehntere und in Bezug auf das Wasserquantum leistungsfähigere Anlage auf dem Monte grande ausgeführt werden sollte. Es wäre dann hier der Schacht oder das Bohrloch nur als Schöpfbrunnen für die nähere Umgebung zu installieren.

Eine Untersuchung der Grundwasserhorizonte des Muldengebietes in dieser Gegend wäre jedoch jedenfalls von Nutzen. Dasselbe gilt von einer Bohrung in dem höheren Muldengebiet nordöstlich von Fort S. Daniele. Diese hätte nur Berechtigung, wenn man das Wasser des tieferen Grundwasserhorizontes in ein auf dem Monte S. Daniele zu installirendes Druckwerk auf 108 Meter Höhe heben wollte. Der Vortheil läge hier in der alle Punkte des Hafengebietes und der Stadt beherrschenden Höhenlage. Die Nachtheile gegenüber eines auf das Hauptzuflussgebiet der Küstenquellen von Valle lunga zu basirenden Ergänzungswerkes für die bestehende Hauptanlage der Karolinenquelle sind jedoch zu gross, als dass man in erster Linie eine Versuchsbohrung für diesen Zweck empfehlen könnte.

Die Nachtheile sind: Erstlich, dass man hier sowohl, als auch mit einem Pumpwerk im Grenzrayon zwischen Valle lunga und Siana Zuflussgebiete desselben Hauptdepots abzapfen würde, von dem aus auch die Quellabflüsse an der Fieberbrücke und die Karolinenquelle zum Theil gespeist werden. Mit einer Vergrösserung und Verbesserung des Pumpwerkes der Karolinenquelle um 1 bis 2 tiefer gelegte Saugrohre könnte man bezüglich des Wasserquantums nahezu denselben Effect auf einfachere und minder kostspielige Weise erreichen. Dem Monte grande-Gebiet geht im Gegensatz dazu das grösste, unabhängig vom östlichen Hauptmuldengebiet abfliessende, den Ersatz des Tiefendepots der Karolinenquelle in keiner Weise beeinflussende Wasserquantum zu. — Zweitens hätte man nicht in gleicher Weise, wie beim Monte grande-Gebiet, die Möglichkeit vor sich, die Grösse und Stetigkeit des Zuflusses an dem Punkte, von dem aus man das Wasser heben müsste, zu beurtheilen und durch Stauung und Verlängerung eines Hauptstollens oder durch Seitenstollen dessen Ansammlung zu erhöhen.

Drittens endlich, wäre die Anlage der Leitungsrohre zu complicirt und zu kostspielig. Es würde der Vortheil, alle Forts des Festungsgürtels von einem Druckreservoir auf dem Monte St. Daniele aus mit Wasser versehen zu können, die grossen Kosten und die eventuelle

Benachtheiligung der Leistungsfähigkeit der Karolinenquelle nach Trockenperioden nicht aufwiegen. Ueberdies könnte die Anlage von guten Cisternen auf keinem der Forts in Ersparung gebracht werden, weil bei der ausgedehnten und complicirten Leitungsführung Röhrenbrüche nicht ausgeschlossen wären und die Reparatur gewiss nicht immer in genügend kurzer Zeit durchgeführt sein könnte.

Die natürlichen Verhältnisse weisen demnach in erster Linie auf eine möglichst weitgehende Ausnützung der unterirdischen Wasserreservoirs von Valle lunga und auf die Inangriffnahme desselben in dem Westabschnitte von der Region der stärksten sichtbaren Abflüsse aus.

Mit Einbezug eines wahrscheinlichen Wasserzuzuges aus dem durch die Foibaschlucht von Pisino in die Mittelgewölbs- und Südgefällszone abfließenden, im Sommer jedoch oft stark reducirten Foibabaches, ergibt sich für das ganze Niederschlagsgebiet von Valle lunga nach Abrechnung grosser Verlustprocente ein täglicher Durchschnittsabfluss von 150.000 Cubikmeter im Herbst, der zwar schon im Winter und Frühjahr sehr bedeutend sinkt, aber selbst im Sommer auf mindestens 16.000 Cubikmeter zu schätzen ist.

Eine Darstellung der Minimalwerthe der Leistungsfähigkeit dieses und der übrigen 3 Sammel- und Abflussgebiete des Hafens wurde in der (pag. 67 und 68) nachfolgenden Vergleichstabelle versucht.

2. Das Niederschlagsgebiet von Val Siana.

Taf. II, 5 und Taf. III-II, b.

Dieser Nordabschnitt des Mittelgebietes der Hauptsenkung ist auf etwas über 3 Quadratkilometer Fläche abgeschätzt und erhält nur von einem Theil des hinterliegenden Grenzgebietes, welches zugleich auch als indirectes Niederschlags- und Zuflussgebiet des Südabschnittes mit der Karolinenquelle fungirt, unterirdische Speisung seiner Grundwasserdepots. Die Wasserzufuhr, die es unterirdisch höchst wahrscheinlich überdies noch durch directe Spaltenverbindung mit dem mittleren Depressionsrayon von Valle lunga und durch indirecte Zuzüge aus dem östlichen Theil der unmittelbaren Grenzzone *Zb* des Niederschlagsgebietes von Valle lunga erhält, könnte nicht leicht abgeschätzt werden. Es ist demnach die für Val Siana angenommene Ziffer der indirecten Zuflussmenge sicher zu gering: das als Ersatz der Abflüsse berechnete Tagesquantum von 14.500 Cubikmeter für den Herbst und 1600 Cubikmeter für den Sommer sind ohne Zweifel Minimalwerthe.

Die Abgrenzung des Gebietes gegen Ost bietet der Rücken des Monte S. Daniele, die Grenze gegen Süd verläuft vom Monte Sorbo nach dem Rücken mit der Stanza Artusi, welcher sich in der Kuppe mit dem Fort (Monvidal) ober der Arena noch auf 48 Meter erhebt und wird an der unteren Gehängstufe, auf welcher die Arena steht, durch die Abbruchlinie der Hafensenkung abgeschnitten.

Die flacheren Nordgehänge dieses Mittelrückens der Hauptsenkung und die steilen Südabhänge des Monte Ghio und Monte S. Giorgio bilden das untere Thal- und Ausflussgebiet mit dem sogenannten Fieberbrückenkanal. Die Nordseite des Thalabschnittes der Via Siana ist bis zur Strassenlinie im Wesentlichen steinig. Sie zeigt nach Ost bis NNO. geneigte, wellig gebogene Plattenkalkschichten und nur wenig mit Terra

rossa überdeckte Flächen. Die Thalsohle mit dem Abzugsgraben und das flachere Gehänge der Südseite sind mit zum Theil sehr mächtigem Terra rossa-Boden bedeckt. In der Tiefe der Grabenrisse und an einzelnen Stellen des Gehänges kommt das Gestein zu Tage. In grösserer zusammenhängenderer Masse erscheint hier der Plattenkalkstein nur am Thalausgang nächst dem Fieberquellenbrunnen und der Brücke, sowie aufwärts, den durch Steinbrüche aufgeschlossenen Abfall des Rückens bildend, auf dessen unterster Abfallsstufe gegen West die Arena steht. Man sieht auf dieser Seite nächst dem städtischen Brunnen gleichfalls deutlich das östliche Einfallen der Plattenkalkschichten. Ebenso deutlich, wie die Neigung dieses äusseren Muldenflügels gegen das mittlere Depressionsgebiet, ist seine Unterbrechung durch die Spaltenzone, nach welcher die Tiefenlinie des Thales verläuft. Nächst der letzten theilweisen Stauung an der Aufbiegung der Schichten tritt ein Theil des Abflusswassers landeinwärts gelegener, höherer Grundwasserhorizonte mit Auftrieb quellenartig aus verschiedenen Spaltenpunkten hervor; ein grösserer Theil fliesst unterirdisch durch die Fortsetzung der Thalspalte und seitlich durch die offene Thalrinne in die Schuttvorlage und das Meer. Das Meer seinerseits tritt bei jeder gewöhnlichen Fluth, umsomehr bei aussergewöhnlichen Fluthhöhen und niedrigem Stande des obersten Grundwasserhorizontes der hinteren Mulde durch die Spaltenzone landeinwärts und versalzt immer von Neuem wieder alle Spaltenräume und zum Theil auch die Grenzlagen des Terra rossa-Bodens.

Es ist begreiflich, dass alle Brunnen bis weit thalaufwärts einen zu starken Salzgehalt haben, um als Trinkwasser empfehlenswerth zu sein.

Selbst das Wasser des Fieberquellenbrunnens hat 4.84 Theile Chloride in 100.000 Theilen Wasser gegenüber 1.75, dem Normalgehalt der Karolinenquelle und es ist ziemlich wahrscheinlich, dass zeitweise aussergewöhnliche Erhöhungen des Salzgehaltes der Karolinenquelle durch eine vielleicht nur unter gewissen Verhältnissen eintretende Verbindung mit Zuflüssen aus dem Siana-Rayon herbeigeführt wurden.

Der Abschluss dieses Gebietes durch eine noch ziemlich tief unter den Minimalstand der Ebbe reichende Cementmauer ist eine der dringendsten Arbeiten, nicht nur im Interesse der Aussüssung und Aufstauung der Wasserabflüsse des Sianagebietes, sondern auch im Interesse des Schutzes der Karolinenquelle gegen Ausnahmzustände. Schon der verstorbene Bergrath H. Wolf hat (1880) einen theilweisen Cementabschluss zum speciellen Schutz des städtischen Sammelbassins der Quellen nächst der Fieberbrücke anempfohlen. Es kann dieser Abschluss allein jedoch möglicherweise nicht einmal für die völlige Freihaltung dieses Bassins und seiner von Wolf hier bei der Freilegung der Beckensohle constatirten 9 Austrittspunkte von dem indirecten Zufluss stärker versalzener Sickerwässer ausreichend sein. Von diesen Auftriebsquellen der Grundwasserabflüsse des hinterliegenden Muldengebietes erwiesen sich einige als minder salzhaltig. Solche steigen aus einem tieferen Schichtenhorizont durch Verbindungsspalten mit der oberen Hauptspaltenzone auf und vermischen sich erst im oberen Horizont oder beim Austritt in den Boden des Fassungsraumes mit dem der Infiltration mit Seewasser zunächst ausgesetzt gewesenem Wasser, welches direct aus den höheren Schichtenlagen des Plattenkalksteines mit oder ohne Auftrieb nach der Ausmün-

dung der Thalsole und Hauptspalte in das Hafengebiet abfließt. Es ist begreiflich, dass ein Theil der Zuflüsse des Quellenauftriebes dieses seitwärts selbst durch wasserdichte Cementmauerung geschützten Bassins dennoch von Brackwasser-Zusickerung aus hinterliegenden Schichten und Grundwasserhorizonten nicht gesichert wäre, insolange nicht durch eine zwischen der Brücke und dem ganzen Spaltenzuge des Thalbettes, also nahe abwärts von dem mit einer Pumpe versehenen Bassin der 9 Quellpunkte Wolf's möglichst tief einzulassende, wasserdichte Schutzmauer, das Eindringen des Meerwassers in das Thalgebiet überhaupt verhindert wird. Dies kann durch bloße Verseüttung des Kanales aufwärts von der Brücke nicht erreicht werden.

Das gewöhnliche Ueberfallwasser von Val Siana müsste aus einem kanalartigen, gemauerten Sammelbecken, welches unmittelbar an die mit der Grundmauer des Brückenbogens verbundene Cementschutzmauer anschliesst, durch ein beiderseits mit Klappen schliessbares, weites Rohr nach einem zweiten, auf der Meerseite der Brücke befindlichen längeren, in stufenförmige Kammern getheilten, gemauerten, langgestreckten Sammelreservoir abfließen.

Das Abflussrohr wäre über dem Niveau der höchsten Fluthmarke in die Schutzmauer einzulassen. Aussergewöhnliche Stauungswässer müssten über die mit geringerer Abflussfläche versehene Mauer eventuell durch rinnenförmige Einschnitte in dieselbe unter dem Brückenbogen hindurch über eine betonirte oder gepflasterte Abfallsfläche dem für Wäscherei bestimmten, vorderen Sammel- und Abstauungsreservoir zugeführt oder eventuell auch seitlich abgeleitet werden können.

Dieser in zwei bis drei Sammelstufen mit Ueberfall abzutheilende und wöglich mit unterbrochener Ueberwölbung zu verschende Theil des Süßwasser-Abflusskanales wäre gegen den längeren unteren, dem Eindringen des Meeres ausgesetzten Theil durch eine Schliessenvorrichtung abzusperren, damit das reine Zuflusswasser gestaut und das verunreinigte Wasser abgelassen werden könne. Eine vollständige Ueberwölbung des ganzen Kanales dürfte vielleicht nicht nothwendig sein, wenn das Bett desselben regulirt, ausgemauert und die obere Böschung der seitlichen Aufschüttung mit Rasen belegt und durch Anpflanzung eines Naturzaunes und einer Baumreihe beiderseits gefestigt würde.

Das untere Sianagebiet zeigt sich sehr günstig für die Rückstauung der Grundwasserabflüsse des hinterliegenden Sammelbeckens und daher für eine Erhöhung des mittleren Wasserstandes, welcher aueh der Karolinenquelle zugute kommen kann. Es ist überdies auch günstig für die Abhaltung des tiefen Eindringens von Meerwasser in das Sammelgebiet, weil die Ausmündung des Thales und der Spaltenzone des Thalbettes sehr eng ist und die Abschlussmauer daher mitsammt der seitlichen Einfügung in die Gesteinsschichten eine geringe Ausdehnung hat, wenn auch die erforderliche grössere Tiefe die Kosten etwas erhöhen dürfte. Weniger günstig ist es jedoch in Bezug auf die Zeit, in welcher eine vollständigere Aussüßung zu erreichen sein wird, weil die alte Versalzungsregion ziemlich weit thalaufwärts reicht und sich aueh seitlich ausgedehnt haben dürfte. Dennoch dürfte schon naeh zwei Herbstregenperioden eine merkliche Besserung der Qualität des Wassers in dieser Hinsicht eintreten.

Ungünstig kann möglicher Weise auf die Qualität des Wassers der Brunnen im untersten Mündungsabschnitt und selbst des städtischen Fieberquellbassins das Sickerwasser des oberhalb desselben gelegenen Friedhofgrundes wirken. Bei der östlichen Neigung der unter denselben durchgehenden Schichtenzonen und der starken Durchklüftung der Plattenkalkschichten ist die Gefahr nicht ausgeschlossen, dass ein grösserer Theil dieser sanitätswidrigen Sickerwässer in die Region der oberen Grundwasserzone in und unterhalb der Eimmündung des zwischen Monte Ghio und Fort S. Giorgio herabziehenden Seitengrabens eindringt. Eine diesbezügliche genauere Untersuchung mit Rücksicht auf Anlage einer besonderen Abzugseinrichtung für das Niederschlags- und Sickerwasser des Friedhofrayons wäre daher dringlichst anzurathen.

Dagegen besitzt dieses Gebiet an der Bergkuppe (51 Meter) mit dem Fort S. Giorgio und den oberhalb und östlich von dem Friedhof und dem Grabenriss gelegenen Berggehängen einen Flächenraum, welcher sich ausserordentlich gut zur Anlage von betonisirten Fangflächen für die directen Niederschläge und eines grösseren, hinreichend hochgelegenen Sammelreservoirs für dieselben eignen würde. Für ein mehrtheiliges Sammelreservoir, welches zugleich als Druckreservoir zu fungiren hätte, würden hier bei der Wahl einer Höhenlage von 34 Meter für den Reservoirboden 150.000 bis 160.000 Quadratmeter Fangfläche zur Verfügung stehen. Bei Annahme eines Verlustes von 25 Procent der mittleren Niederschlagshöhe des Jahres von 0.94 Meter würden jährlich rund 105.000 Cubikmeter Wasser aufgefangen werden können. Man könnte davon 12.000 Cubikmeter für aussergewöhnliche Trockenperioden des Sommers in den Hauptreservoirs festhalten, den übrigen Theil theils den Cisternen, theils durch schliessbare Auslaufbrunnen der zeitweisen Benützung als besseres Trinkwasser zuführen. Es würden 12.000 Cubikmeter reines Trinkwasser während einer extremen Trockenperiode von 60 Tagen pro Tag 200.000 Liter und bei einer Consumentenzahl von 40.000 — 5 Liter pro Kopf liefern. Das durch Auslaufbrunnen und Füllung von Cisternen zu verwerthende, jährlich durch das Druckreservoir als Ueberfallwasser des Nothreservoirs abfliessende Hauptquantum von 93.000 Cubikmeter oder (nach Verlustannahme von noch 3000 Cubikmeter) von 90.000 Cubikmeter, würde täglich 243 Cubikmeter oder 6 Liter pro Kopf ergeben.

Bei der Kostspieligkeit einer solchen grossen und gesonderten Anlage für den Bezug eines jedenfalls besseren Trinkwassers, als es das Grund- und Quellwasser des Kalkstein- und Dolomitbodens der Umgebung von Pola überhaupt zu liefern vermag, kann dieselbe natürlich erst dann in ernstere Erwägung gezogen werden, wenn es sich zeigt, dass die zur besseren Ausnützung und Verbesserung der Qualität der Karolinenquelle in Vorschlag gebrachten Einrichtungen nicht den entsprechenden Erfolg haben und eine Ergänzung der Gesamtanlagen durch eine derartige gesonderte Trinkwasserleitung dringlich erscheint oder wenn die Kostenbedeckung für ein möglichst vollständiges Wasserversorgungssystem für Pola durch die Fürsorge der hohen Delegationen erreichbar ist.

Es würde aber von höchstem Nutzen nicht nur für die sichere Beurtheilung dieses Eventualvorschlages, sondern auch für die Einrichtung von Cisternen und Wasserreservoirs in den quellenlosen, ungünstiger als Pola gelegenen Niederschlagsgebieten der Küstenländer überhaupt sein,

wenn durch eine im kleineren Maassstabe ausgeführte und zugleich für einen bestimmten Wasserversorgungszweck berechnete und stetig wirksame Einrichtung das Princip, welches dem unterzeichneten Verfasser dieser Studie vom sanitären und praktisch-technischen Standpunkt für die Trinkwasserversorgung in quellenlosen, auf Cisternen-Anlagen angewiesenen Districten überhaupt empfehlenswerth erscheint, erprobt würde. Dasselbe wird sich, wenn auch nicht bei jeder Lage einer wasserarmen Ortschaft, so doch in sehr vielen Fällen als ausführbar erweisen.

Die Hauptfordernisse sind: Oertliche Trennung des Fangflächengebietes und des Sammelreservoirs von der zu versorgenden Ortschaft. Höhere Lage des zugleich als Druckreservoir dienenden Sammelreservoirs und vollständige Abschliessbarkeit desselben. Möglichst langdauernde Berührung des Niederschlagswassers mit krystallinischem Gesteinsmaterial, endlich Verschlussbarkeit der innerhalb der betreffenden Ortschaft angebrachten, vom höheren Reservoir gespeisten Auslaufbrunnen. Das von den Dachflächen und sonst innerhalb des Ortes aufgefangene Niederschlagswasser sollte nur zum Waschen, für Gärten und zu Viehtränken, nicht aber auch als Trinkwasser für die Einwohner benützt werden. Ueberdies müssten in regenreicher Zeit die gereinigten Privateisternen von dem Ueberfallwasser eines solchen Communalreservoirs aus gespeist werden können.

Abgesehen davon, dass das ausserhalb einer Ortschaft aufgefangene Regenwasser freier von organischen Beimischungen zu erhalten ist, als das mitten zwischen Häusern und Stallungen von Dächern oder geneigten Bodenflächen in den meist mit sehr unvollkommener oder selbst verunreinigter Filtereinrichtung versehenen Cisternenraum abfliessende Niederschlagswasser, ist die vollkommene Abschliessung eines im Ort befindlichen grösseren Reservoirs für gemeinsamen Gebrauch gegen directe Verunreinigung und gegen Zusitzen von verunreinigtem Ablaufwasser der umliegenden Bodenflächen bei nicht vollständiger Dichtigkeit oder bei grösseren Schäden der Cisternenwände viel schwieriger, als bei einer ausserhalb des Ortes befindlichen Anlage mit den zugehörigen Auslaufbrunnen. Insbesondere bietet bei gewissen Epidemien ein von ausserhalb des Ortes von unbewohnter Stelle den Brunnen zulaufendes Wasser mehr Sicherheit als das von Abflussflächen des Ortes selbst gesammelte Wasser.

Es ist überdies mit grösster Wahrscheinlichkeit zu erwarten, dass ein häufiger in Bewegung gesetztes und möglichst viel durch krystallinisches Gestein fliessendes Wasser in seiner Qualität als Trinkwasser gewinnen müsse.

Eine derartige Probeanlage im Kleinen liesse sich mit verhältnissmässig geringen Kosten am Nordgehänge unmittelbar unter dem Fort S. Giorgio anlegen. Man basire die Grösse desselben auf die im militär-ärarischen Besitz befindliche, unmittelbar das Fort umgebende Gehängfläche und eventuell auch noch auf das der Bedachung desselben und seinem Ringgraben zu kommende Niederschlagswasser. Das kleine Sammel- und Druckreservoir baue man auf der Nordseite möglichst in den Felsen hinein und führe ihm das Niederschlagswasser in einem spiral um die Bergkuppe in zwei bis drei Windungen nach abwärts laufenden, in die Filterhülle des Reservoirs verlaufenden Ablaufsgraben zu. Der etwa 60 Centimeter tiefe Graben mit 45 Centimeter Sohlenbreite wird bis zu 20 Centimeter Höhe mit groben Granit- oder Gneiss-Stücken, darüber

15 Centimeter mit Kleinschotter und 10 Centimeter mit grobem Granitgrus oder Sand gefüllt. Die das kleine, etwa 4 bis 5 Meter tiefe Reservoir rückwärts umgebende Filterhülle hat an der Basis grobe Granitblöcke, darüber Kleinschotter und Grus und endlich eventuell noch 15—20 Centimeter Filtersand; der Boden des etwa mit 9 Quadratmeter Grundfläche, also auf 40—45 Cubikmeter Inhalt angenommenen Reservoirs wäre gleichfalls bis auf etwa 30 Centimeter Höhe mit Grobschotter von Granit zu bedecken. Das Wasser des Reservoirs hätte eine Cisterne innerhalb des Artillerie-Depot-Rayons (Valle galante) mit dem Ueberfallswasser, sowie einen schliessbaren Laufbrunnen nächst der Cisterne, einen Laufbrunnen mit Fangtrog an der Strasse zur allgemeinen Benützung und einen schliessbaren Laufbrunnen im Bahnhofsraysen zur Benützung für das Bahnpersonal und Passagiere zu versorgen. Vielleicht würde die Bahnverwaltung, im Falle die Probe ein günstiges Resultat ergäbe, für die Vergrösserung dieser Anlage gewonnen werden. Bei Betonbekleidung von nur 300 Quadratmeter Gehängfläche würden im Jahre etwa 195 Cubikmeter zur Verfügung stehen. Zieht man eine im Reservoir und in Cisternen für 45 Tage Trockenperiode zurückhaltbare Menge von 45 Cubikmeter oder 45.000 Liter ab, so kämen für die übrigen 300 Tage des Jahres 150.000 Liter oder täglich 500 Liter in Rechnung, wenn der Regenzufluss alle Tage gleich und der Ueberfallsabfluss demgemäss regulirbar wäre. Da ersteres nie der Fall sein kann, so wäre eine vollständige Verwendung und Regulirung des Ueberfalles selbst bei Vermehrung und Vergrösserung der Sammelreservoirs nur dann erreichbar, wenn damit zugleich die Versorgung nothleidender oder von bedenklichen Fangflächen abhängiger Cisternen geleistet werden könnte. Es würde sich jedoch vorläufig hier bei dieser Probe nur darum handeln, die Güte des auf diese Weise gewonnenen Wassers prüfen und die reguläre Leistung während der Zeit, für welche die Anlage ihrer Grösse nach speciell berechnet ist, genau beobachten zu können.

Die Betrachtungen, welche sich in Bezug auf die mittlere Thalweitung des Sianagebietes in seiner Bedeutung für den Wasserbezug von Pola ergeben, sind sehr geringfügig. Der Thalboden von etwa 12 Meter Seehöhe dehnt sich schwach ansteigend gegen Süd aus. Das breite flache Gehänge dieser Seite bildet mit dem nördlichen, in das mittlere Valle lunga-Gebiet übergehenden, tieferliegenden Depressionsrayon ein weites, zum Theil sehr tiefgründiges Ackerland mit seichten Mulden und flachen Bodenerhöhungen. An keiner Stelle tritt die Kalksteinunterlage zu Tage. Erst südwärts im Weegenschnitt bei Stanza Marinoni und ostwärts an der Strassengabelung am Fuss des Sianaforges und Kaiserwaldrückens steht der Plattenkalkstein wieder hervor.

In diesem ausgedehnten Terra rossa-Gebiet wird der grösste Theil der Niederschlagsmenge durch Verdunstung wieder entführt. Nur an den Grenzen der Kalksteingehänge in West und Ost geht ein grösserer Theil dem oberen Grundwasserniveau der Mulde unterhalb der rothen thonigen Grenzlage des Terra rossa-Bodens gegen den Felsboden zu. Diese Lage wird bei hohem Grundwasserstand auch von unten her durchfeuchtet und bei starkem andauernden Regen dringt auch von oben das Sickerwasser durch dieselbe ein. Aus diesem Gebiet ist durch Anlage tieferer Schachtbrunnen oder durch Bohrung aus verschiedenen

tiefen Grundwasserhorizonten ein Wasser von der Qualität des Wassers des ärarischen Brunnens bei dem Jägerhaus des Forstes Siana zu gewinnen möglich. Gegen einen Wasserbezug im Grossen sprechen jedoch, insolange die Aussicht vorhanden ist, den ganzen Bedarf aus dem Monte grande-Abschnitt und dem Gebiet der Karolinenquelle zu decken, dieselben Umstände, welche das hintere Valle lunga-Gebiet in zweite Linie stellen und darunter zumeist der Zusammenhang mit dem Zuflussrayon der Karolinenquelle.

Das hintere Sianagebiet, dessen mittleres Hauptthal sich zwischen dem bewaldeten Haupt Rücken von Siana (75 Meter) und dem Kalkfelsriff des Monte S. Daniele (108 Meter) zuerst in südwestlicher Richtung und von der Kuppe des Monte Sorbo (76 Meter) mit westbis westnordwestlicher Richtung zwischen dem mit dem Monte Sorbo verbundenen Kaiserwald Rücken und dem Südgehänge des Sianarückens nach der Mittelmulde herabzieht, ist geologisch mannigfaltiger und durch seine überwiegende Waldbedeckung für die längere Festhaltung und Sammlung der Niederschläge und die Versorgung der Grundwasserhorizonte der Mittelmulde und des unteren Ablaufkanales von grösster Bedeutung.

Die obere südwestlich laufende Tiefenlinie entspricht einer im Durchschnitt dem Hauptstreichen der Kreidekalkschichten des Sorbo-Daniele-Walles parallel gehenden Bruchspalte; die untere gegen WNW. gedrehte Thallinie ist von einer schief auf das Streichen der Plattenkalksteingehänge des Thalausganges einschneidenden Querspalte beeinflusst. Hier in der Nähe des Jägerhauses sieht man noch gegen SW. einfallende Schichten, also ein Stück des inneren Gegenflügels der Mittelmulde, zu welchem die synkinal dazu gegen Ost geneigten Schichten der Küstenbruchlinie und speciell die an der Thalenge bei der Fieberbrücke den äusseren Muldenflügel bilden.

Im Kreuzungsrayon der beiden Spaltenzüge liegt die Eintiefung der Kaiserwaldwiese und anwärts gegen SO. die weite kesselförmige Unterbrechung östlich unter Monte Sorbo, über welchen die Grenze zwischen dem Plattenkalkstein und dem Rudistenkalk zieht.

3. Das Niederschlagsgebiet der Karolinenquelle.

Taf. III H c und Taf. II 6.

Wie das Siana-Gebiet hat auch das Boschetto-Gebiet oder das directe Niederschlagsgebiet der Karolinenquelle beiderseits, d. i. weder gegen die nördliche Siana-Depression zu, noch gegen das südliche lange Prato grande-Gebiet hin orographisch scharf geschlossene Grenzen. Das Gebiet hat überdies überhaupt eine noch unregelmässiger Configuration als Valle lunga und Val Siana. Hier ist nicht wie dort, durch schärfer markirte Spalten ein zwischen, wenn auch unterbrochenes, so doch in grossen Abschnitten deutlichen Gehängeseiten durchziehendes Thalbett erkennbar. Es ist mehr ein breiter, im Castellberg gegen den Hafen ausspitzender, seitwärts mit schärfer herausstehenden Kuppen besetzter, in der Mittelzone in unregelmässige Mulden verdrückter Gefällsrücken, welcher Val Siana und Prato grande trennt, als ein durch seitliche Bergreihen begrenztes Zwischenthal.

Eine mittlere Tiefenlinie lässt sich zwar vom Pumpwerk der Karolinenquelle zwischen dem Castellberg und der Kuppe von S. Martino

mit der Arena-Vorstufe aus bis zu dem Kuppen von 82 und 72 Meter Seehöhe verbindenden Bergwallabschnitt mit Stanza Cattaro verfolgen; aber dieselbe stellt nur die Verbindung zwischen einer Reihe ungleicher Mulden und Senken, jedoch nicht eine Thalspalte vor. Dabei verläuft diese Linie abwechselnd in Querspalten oder nach dem Hauptstreichen.

Der Anfang und das Endstück sind enger thalartig, mit geschlossenen Gehängeseiten. Zwischen Monte Sorbo (76 Meter) und Monte Turco (52 Meter) beginnt die grösste Ausweitung und Einsenkung gegen Süd, welche gegen das Prato grande-Gebiet offen steht.

Hier herrscht Rudistenkalk als Material der Kuppen und des Untergrundes der die Seitengehänge und Böden der Senkung von Stanza Cattaro abwärts überdeckenden Terra rossa. Im mittleren Abschnitt erhebt sich der Plattenkalkstein des rings von muldigen Senkungen mit Terra rossa-Ausfüllung umgebenen Boscetto-Rückens in seiner NO.-Kuppe auf 42 Meter, während die südwärts von der Mittelfurche sich erhebenden zwei Gegenkuppen des Rudistenkalksteines 46 Meter hoch sind. Zwischen diesen beiden Kuppen geht über die Strasse nach Sissano eine zweite grössere Senkung von der Mittelfurche gegen das Prato grande-Gebiet herab.

Eine dritte derartige, quere Depression verläuft von der Senke zwischen Boscetto und dem Hügel von Castagner über die Strassenlinie von Sissano nach der Hauptstrasse und Thallinie des Prato grande.

Erst der langgestreckte, vierkuppige Hügelrücken (33 Meter) mit Stanza Rizzi schliesst die mittlere Depressionsfurche des Boscetto-Gebietes vollkommen gegen Süd ab und markirt eine scharfe Grenze gegen den unteren Hauptabschnitt des Prato grande-Gebietes. Es hat jedoch auch dieser Senkungsabschnitt des Niederschlagsgebietes der Karolinenquelle eher den Charakter eines mit Terra rossa erfüllten Thalkessels mit Umrandung durch Plattenkalksteinkuppen als den einer Thalfurche mit bestimmter Gefällsrichtung.

Mit der über den Kesselboden verlaufenden Strasse mündet die mittlere Senkungszone des Gebietes in eine engere den Castellberg, nach welchem die nördliche und südliche Grenzhügelreihe des Gebietes convergirend verlaufen, abtrennende Spaltenzone. Diese ist ein südliches Stück Fortsetzung der nordsüdlichen Grenzbruchlinie, welche die westliche Hafensenkung von der unteren Küstenstufe der mittleren Niederschlagsgebiete trennt und im Norden den Westabschnitt mit den Küstenquellen von dem Hauptthal von Valle lunga. Die Karolinenquelle liegt in der Kreuzungsregion eines südwestlich verlaufenden Abschnittes des Bruchrandes (Fieberbrücke-Arena) und der wieder scharf nach Süd gedrehten Fortsetzung, welche den Castellberg isolirt hat. Ueberdies gehen tiefe nach Ost gerichtete Klüfte durch den Plattenkalkstein, wie man sich in den Steinbrüchen der Hügelgruppe zwischen dem Fieberquellengebiet und der Strassenlinie Sissano an grossen Klüftflächen überzeugen kann.

Die Karolinenquelle steigt aus einem complicirteren Spaltenrayon auf, als die Quellen an der Fieberbrücke. Derselbe stand im Bereich des oberen Grundwasserhorizontes, ursprünglich wahrscheinlich in Zusammenhang sowohl mit der Sianaspalte, als mit der Hauptabflussspalte des Prato grande-Gebietes und wurde im Laufe der Zeit theils

durch künstlichen Abschluss zum Behuf der Quellenfassung, theils vielleicht auch durch theilweise Versinterung von Verbindungsspalten isolirt.

Den Gefällsverhältnissen des Gesamtgebietes entsprechend, sowie gemäss der durchwegs gegen SO. dem Prato grande-Gebiet stärker zugekehrten Schichtenneigung ist die Annahme berechtigt, dass zwar aus dem Sianagebiet aus Nord und Ost Zuflüsse in das hintere Sammelgebiet der Karolinenquelle gelangen können, nicht aber auch, dass in der Richtung von Süd nach Nord ein unterirdischer Abzug grösserer Mengen von Niederschlagswässern des Prato grande-Gebietes dahin bestehe. Vielmehr findet weit leichter nach der Richtung der Quermulden in Süd bis Südost ein Abfluss aus dem nördlicheren in das südliche Gebiet statt. Eine tiefgehende Absperrung der Hauptverbindungsspalte zwischen dem Austrittsrayon der Karolinenquelle und dem Prato grande-Gebiet dürfte demnach mehr dazu dienen, Abflüsse aus dem Zuflussrayon der Karolinenquelle zu hindern, als nur unter besonderen Verhältnissen mögliche Zuströmungen vom Südgebiet her fernzuhalten. Dieser Gefahr wurde bereits durch Kanalisierung der versumpften Muldenflächen des Prato grande-Gebietes und die Ableitung der Sammelwässer der Oberfläche durch die natürlichen Ausmündungsthore desselben begegnet.

Die genauere Untersuchung der Verbindungsspalte zwischen den beiden Gebieten ist durch die starke Verdeckung von Cultureseht, durch Anschüttungen und Gebäude verdeckt. Am Castellberg steht das Plattenkalkgestein nur an wenigen kleinen Stellen daraus hervor; auch gegen die Kuppe von St. Martino und die Arena zu zieht am Gehänge über der vorderen Schuttzone, in welcher das Bassin der Karolinenquelle mit dem Pumpwerk steht, die Schuttbedeckung weit hinauf.

Das directe Niederschlagsgebiet der Karolinenquelle besteht demnach aus einem höheren Ostabschnitt, in welchem der obere Rudistenkalkstein mit theilweiser, gegen den Boscetto Rücken zunehmender Terra rossa-Bedeckung herrscht, einem grossen Mittelgebiet, in dem der Plattenkalkstein an vielen Stellen und in bedeutender Ausdehnung aus dem rothen Boden hervortritt, und einer Schuttvorlage, welche die Spaltenzone der Austrittsstellen verdeckt.

Die Schichten des Plattenkalksteines und des oberen Rudistenkalkes halten durchaus ostnordöstliches bis nordöstliches Streichen mit südöstlicher Fallrichtung ein; nördliche Gegenneigung kommt nur selten und untergeordnet zum Ausdruck.

In der Aufschüttungsunterlage des Castellberges zeigt sich an einer der kleinen zu Tage tretenden Aufschlüsse von Plattenkalkschichten eine fast direct südliche Neigung, also eine Biegung des Streichens aus NO.—SW. nach West.

Die verschüttete Spaltenlinie, welche hinter dem Castellberg durchsetzt, durchquert demnach das Hauptstreichen der Schichten wahrscheinlich in dem angedeuteten Biegungswinkel. Die Schichten, aus welchen die Karolinenquelle emporquillt, gehören wahrscheinlich schon dem Grenzhorizont des oberen Plattenkalksteines gegen die tiefere Gruppe mit den Dolomitonen an und haben südöstliches Einfallen, wie die Schichten der nächsten höheren Gehängstufen.

Das directe Aufnahmegebiet der Karolinenquelle, deren Austrittsspalte 1.07 Meter unter dem tiefsten Wasserspiegel des Meeres

liegt, welcher je beobachtet wurde, umfasst etwa 4·8 Quadratkilometer, das indirecte nächste Aufnahmegebiet 4 Quadratkilometer. Da nach der gefälligen Mittheilung des Herrn Vorstandes der Abtheilung Sternwarte des k. k. hydrographischen Amtes, k. k. Corvettenkapitäns F. Lashofer über die normalen Wasserstandsverhältnisse im Hafen von Pola, diese tiefste Ebbe (der Nullpunkt für Hafenbauten) 2·474 Meter unter dem Nullpunkt (d. i. dem Brunnenrand) des Fluthautographen im k. k. See-Arsenal in Pola und 1·674 Meter unter dem höchsten Fluthstand der letzten 10 Jahre liegt, so hat diese Austrittsspalte eine Lage von 2·744 Meter unter dem höchsten Fluthstand und von 3·544 Meter unter dem Nullpunkt des Fluthautographen.

Nachdem die Karolinenquelle selbst nach der so beunruhigenden stärksten Trockenperiode des Jahres 1880 bei dem tiefsten Wasserstande des Bassins von nur 10 Centimeter noch immer eine Ergiebigkeit von 2859 Cubikmeter hatte, so muss eine Speisung der höheren, hinterliegenden Sammelzone durch nordöstliche Zuflüsse aus einer Abzweigung des grossen Sammeldepots erfolgen, dessen westlicher Hauptarm die Küstenquellen von Valle lunga versorgt. Wahrscheinlich bestehen höher gelegene unterirdische Sammelreservoirs unter dem östlichen Grenzrayon der indirecten Niederschlagsgebiete (*Z b*) von Valle lunga und dem gemeinsamen Grenzgebiet (*Z c*) von Val Siana und Boscetto (Karolinenquelle), also zwischen den Waldgebieten von Bosco Sevie und Bosco Magrano. Es könnte die Karolinenquelle anderenfalls nicht mit, wenn auch abgeschwächtem Druck aufsteigen und es kann dem Pumpwerk die angegebene Leistung nur ermöglicht worden sein durch Nachdringen von Wasserbeständen aus höheren Lagen derselben Schichtenzone.

Aus dem Südgebiet des Prato grande lässt sich der Druck und der constantere Ersatz des Verbrauches in Trockenperioden nicht leicht ableiten.

Nach den Schätzungen der wirksamen Niederschlagsmenge des directen und des mit Val Siana gemeinsamen Wasseraufnahmegebietes (*H c*) — zusammen 8·8 Quadratkilometer — und der Verdunstungsverluste sinkt der disponible Zuflusswerth für das ganze Mündungsgebiet der Karolinenquelle von 17·700 Cubikmeter Tageszufluss der Herbstperiode auf 1800 Cubikmeter der Sommerperiode. Da aber aus der Abflusszone des Gebietes schon durch nicht gefasste und abgeschlossene Seitenspalten und Klüfte ein grosser Theil der Tageszuflüsse direct in das Meer geht, wie dies ja die nordwestlich von dem Bassin der Karolinenquelle im Winkel der Quaimauer nächst dem Sanitätsgebäude in den Handelshafen ablaufende Quelle beweist, so kann die grosse Leistungsfähigkeit der Karolinenquelle nur durch die Mitwirkung constanterer Zuflüsse aus einem höher gelegenen, unterirdischen Sammelgebiet erklärt werden; ein solches kann aber nur, als mit den unterirdischen Abflüssen des ausgedehnten, nördlichen Mittelgewölbs-Gebietes nach dem Senkungsrayon des Hafens in Verbindung stehend gedacht werden.

Dem Südgebiet des „Prato grande“ fehlt zu dieser Rolle in jeder Beziehung die natürliche Anlage.

Die Karolinenquelle bleibt, auch wenn alle Vorschläge zu einer sicheren und umfassenden Wasserversorgung des Kriegs- und Handelshafens, des Festungsrayons, sowie der Stadt selbst mit Rücksicht

auf stärkere Zunahme der Bevölkerung und aussergewöhnliche Truppenconcentrationen Erfolg haben und ausgeführt werden sollten, als eine Hauptbezugsquelle bestehen. Dieselbe kann nie entbehrlich gemacht werden. Im Gegentheil sollte ihre Bedeutung noch dadurch erhöht werden, dass man ihre Leistungsfähigkeit bezüglich des Quantum durch Vergrösserung und Neuanlagen ausnützt und bezüglich der Qualität nicht nur jede Verschlechterung zu verhüten sucht, sondern soweit als möglich eine Verbesserung derselben anstrebt.

Zur Vergrösserung der Leistungsfähigkeit und der Ausnützbarkheit der seitlichen Abflüsse und grossen Ueberfallsmengen während der regenreichen Jahresperioden könnte dienen:

1. Die Vergrösserung des Bassins. 2. Die vollkommenerer Abdämmung des Gebietes gegen das Meer, wozu schon die Abdämmung des Sianagebietes an der Fieberbrücke beiträgt und die eventuelle Einbeziehung der seitlichen Abzweigung unter der Kalksteinstufe der Arena, welche nächst der Mündung des Ueberfallskanals der Karolinenquelle in den Hafen abfließt. 3. Die Vergrösserung der Reservoiranlagen auf dem Castellberg durch zwei neue, dem Terrainverhältniss angepasste Reservoirs, als mit den bestehenden in Verbindung zu setzende Zubauten.

Zur Verhütung der Verschlechterung der Qualität ist zu empfehlen:

1. Die Untersuchung der in dem Aufnahmsrayon von Val Siana und der Karolinenquelle bestehenden, offenen Schlünde und ihre Absperrung gegen das Hineinwerfen von Abfuhrschutt, Fäkalien, todtten Thieren etc., sowie gegen das Eindringen von Abflüssen der umgebenden Terra rossa-Region. Die zeitweise Verschlammung oder starke Trübung der Karolinenquelle ist nur auf Abströmen von Terra rossa-Boden mechanisch lösenden und in die Grundwasserhorizonte mitführenden Regengerinnen zurückzuführen. Besonders scheint das von mächtigen Terra rossa-Massen umgebene grosse Loch nächst der Kaiserwiese verdächtig.

2. Die bessere Abschliessung des Bassins der Karolinenquelle gegen das Schuttterrain und das Eindringen der Sickerwasser von dem hinterliegenden Gehänge und der umgebenden Bodenfläche. Diese Bodenfläche bedarf einer Betonbekleidung und sollte einen sicheren Abschluss der Umfassungsmauer des Bassins gegen den das Bassin rückwärts und seitwärts in NO. umziehenden Abflusskanal erhalten. Man sieht nach stärkeren und anhaltendem Regen durch Fugen der oberen Gesteinsumfassung Sickerwasser in den Wasserspiegel rinnen.

Die Verbesserung der Qualität des Wassers wäre in erster Linie anzustreben:

1. Durch Adaptirung des bestehenden Hauptbassins auf dem Schlossberge zu einem Klärbassin.

2. Durch Einschaltung von Filterkammern zwischen diesem und den drei etwas tiefer gelegenen Reservoirs, von denen ein neues und das tiefere ältere als Sammeldepots von reinem geklärten und filtrirtem Wasser für die Fälle der Noth oder eines vorübergehenden stärkeren Bedarfes und das zweite, neu anzulegende Reservoir als Hauptdruckreservoir für die constante Normalversorgung zu dienen hätte.

3. Durch Abkühlungsvorrichtungen für das im Klärbassin und in den Sammelreservoirs durch längere Zeit in Ruhe befindliche Wasserquantum. Dieselben müssen vor Allem in dem Schutz der zu Tage stehenden Kalkstein-Mauern mittelst Erdbedeckung und Berasung gegen Durchwärmung durch directe Einwirkung der Sonne bestehen, was besonders für das alte obere Hauptreservoir nothwendig ist. Es wäre aber auch zu empfehlen, zunächst Versuche über die Wirksamkeit einer Umhüllung der äusseren Bassinmauern mit Schneekammern (nach dem System der amerikanischen Eiskeller construirt) zu machen, welche während jeder Winterperiode leicht mit Karstschnee gefüllt werden könnten, da die zu hohe Temperatur des Wassers einer der wesentlichsten Qualitätsmängel in Bezug auf Verwendung als Trinkwasser ist. Auch wäre als innere Auskleidung der Reservoirs, in welchen das Wasser längere Zeit stehen muss, Kalkstein zu vermeiden, da das Wasser von seinem ohnehin zu geringen Gehalt an Kohlensäure, welcher durch die stärkere Mischung mit Luft beim Pumpen etwas erhöht wird, wiederum einen Theil durch Lösung des einfach-kohlensauren Kalkes der Bassinwände und Verwandlung in löslichen doppeltkohlensauren Kalk verlieren würde. Dadurch würde überdies der Möglichkeit vorgebeugt, dass der ohnedies zu starke Kalkgehalt des Wassers sich im Reservoir noch etwas erhöhe.

4. Endlich wäre auch darauf Bedacht zu nehmen, dass die Hauptrohre der Leitung, welche bei der allgemeinen starken und in gewissen Perioden extremen Boden-Erwärmung bis zu 2 Meter Tiefe, vor zu intensiver Erwärmung so weit als möglich geschützt werden. Da ein Umlegen und eine genügend tiefe Lage überhaupt zu kostspielig und zu umständlich für Reparatur-Arbeiten wäre, so ist die Bedeckung oder eventuelle allseitige Umhüllung mit einem weniger Wärme aufnehmenden und festhaltenden Material als Kalkschutt und ausgetrocknete Terra rossa zu versuchen. Vielleicht dürfte sich die in grossen Mengen zur Verfügung stehende Kohlenlöse aus dem Arsenalbetrieb für diesen Zweck eignen und in diesem Fall eine noch bessere Verwendung finden neben der Verwendung zu Terrainausfüllungen und Anschüttungen.

Es gibt demnach auch bezüglich der vollständigeren Ausnützung des Sammelbeckens der Karolinenquelle überhaupt und dieser tiefen Spaltenquelle der Küste im Besonderen gewisse Vorfragen zu lösen und Vorversuche zu machen, abgesehen von der technischen und finanziellen Prüfung, Durcharbeitung und Ausarbeitung der Vorschläge zu einem endgiltigen Hauptplan, welche nicht Sache des Geologen sind.

Als solche nothwendige und dringliche oder nützliche Vorarbeiten sind zu bezeichnen: 1. Die Aufsuchung, nähere Untersuchung und möglichst vollkommene Absperrung der bedeutendsten in die Tiefe gehenden Schlünde und Eingangslöcher von Hohlräumen des Kalksteinbodens gegen Verunreinigung durch Abschüttung von Unrath und Aufnahme von mit rothem Thonschlamm gemischten Regenwasserzuflüssen. 2. Die Aufsuchung und Constatirung des Austrittspunktes der Seitenquelle der Karolinenquelle in der Nähe der Bruchspalte der Kalksteinschichten unterhalb und vor der Arena. 3. Vorversuche mit Schneekammern zur Abkühlung des Wassers während der Sommerperiode. 4. Vergleichende Versuche über die Verwendbarkeit der Kohlenlöse als Füllmasse der

Leitungskanäle zur Verminderung der Erwärmung des Wassers in den Leitungsrohren.

Das Niederschlagsgebiet von Prato grande.

Taf. II, 7 und 8, Taf. III-*H d*.

Obgleich dieses Gebiet unter den vier Sonderabschnitten des ganzen circulairen Senkungs- und Erosions-Terrains, welches zugleich als unmittelbares, orographisch begrenztes Hauptgebiet für die Aufnahme der nach der Tiefe und nach dem Hafen von Pola abfließenden, durch Verdunstung reducirten Niederschlagsmengen fungirt, das ausgedehnteste ist, erscheint es doch minder wirksam als die anderen Abschnitte und nicht in erster Linie geeignet für die Beziehung zur Wasserversorgung. Dies liegt, abgesehen von seiner Lage und seinen tektonischen Specialverhältnissen, auch an der geringeren Beziehung zu der langgestreckten, mittleren Niederschlags- und Abflusszone des südtrischen Karstgewölbes. Dennoch kann es, wenn man von dem Grundsatz ausgeht, alles erreichbare Wasser in entsprechender Weise für einen Gesamtplan und für die Sicherung des Wasserbezuges unter den aussergewöhnlichen Verhältnissen eines Kriegszustandes, in rechtzeitiger Voraussicht ausnützungsfähig zu machen, gleichfalls Dienste leisten.

Das jährliche Wasserquantum, welches auf die etwa 10 Quadratkilometer grosse Fläche des directen Niederschlagsgebietes von Prato grande (*H d*) niederfällt im Verein mit dem Drittheil, welches den Grundwasserhorizonten desselben noch durch unterirdische Zuflüsse aus dem dasselbe umgebenden Grenzgebiete (*Z d*) zu Gute kommen dürfte, ist bedeutend genug auch nach Abzug der durchschnittlichen Verdunstungsverluste. Dasselbe erreicht während der Herbstperiode nach der Abschätzung ein Tagesmittel von 25.700 Cubikmeter und sinkt in der Sommerperiode auf 2860 Cubikmeter per Tag. Davon geht aber nur ein Theil in der Richtung der Hauptspaltenzone des Prato grande quer auf das Hauptstreichen und gegen die Fallrichtung der Schichten aus OSO. nach WNW. dem südöstlichen Hafengewinkel von Pola zu, wo eine Gabelung des Spaltenzuges stattfindet, welche der Monte Zaro markirt. Die Haupttiefenlinie zieht unter der Schuttfüllung des Mündungsabschnittes von Prato grande zwischen dem Castellberg und dem Monte Zaro in den Hafengrund, eine südlichere Abzweigung verbindet die aus Nord hinter dem Castellberg durchziehende, östliche Grenzbruchlinie der Hafensenkung zwischen dem Monte Zaro und S. Polycarpo mit dem Meeresgrund.

Ein grosser Theil des Sammelwassers der Grundwasserhorizonte von Prato grande fliesst durch Spaltenzüge ab, welche wie die bezeichnete Hafenbruchlinie in die tief einschneidenden Buchten der nahen Südwestküste fortsetzen, sowie auch durch Querbruch- und Klüftungslinien, welche das Streichen der Schichtung schneiden und dem Südostfallen folgen. Diese Wasserabzüge gegen SW. bis SO. nach den Häfen der Küstenstrecke Val Saline bis Porto Olmo grande und nach den Buchten Chiusa, Val Fosea und Val Fontane des inneren Hafensabschnittes des Golfes von Medolino, d. i. der Küstenstrecke von Pomer, sind überiegend untermeerisch und wenig auffällig.

Die Grenzhügelzone des engeren Aufnahmegebietes von Prato grande wird, abgesehen von der unterbrochenen, bereits bezeichneten Nordgrenze gegen das Boschetto-Gebiet von der Fortsetzung des Rückens der Stanza Cattaro nach der Hügelgruppe von Giadreschi (66 Meter) und von da durch die Erhebungen des Monte Montison (63 Meter) und M. Turcian (70 Meter), sowie der Stanza Marinoni (49 Meter) gebildet und schliesst gegen Süd mit der Verbindung der Hügelzüge von M. Guerra (42 Meter), S. Marina (54 Meter), M. Carozza (38 bis 40 Meter) und Veruda (55 bis 44 Meter) bei S. Polycarpo ab.

In dem weitaus grösseren Ostabschnitt dieses Gebietes erscheint der obere Rudistenkalkstein als Basis ausgedehnter Terra rossa-Flächen und bildet alle daraus hervorragenden grösseren und kleineren, kahlen Hügelgruppen, Einzelberge und Felsen. Das Relief der Kalksteinfelsen ist auch unter der Terra rossa-Bedeckung zumeist zackig ausgewaschen und stark zerklüftet und durchlöchert.

Es trägt ganz den Charakter eines alten Brandungsreliefs, welches durch nachträgliche atmosphärische Erosion noch weiter ausgearbeitet wurde. Die Bedeckung mit dem rothen Thon- und Leimboden nimmt hier wohl mehr als zwei Drittheile der Niederschläge auf, das nackte Felsterrain führt jedoch, obwohl seine Flächenausdehnung eine viel geringere ist, immerhin reichliche Procente des Niedererschlagquantums nach der Tiefe in die Plattenkalksteinzonen ab, weil die Entwicklung der den Abfluss begünstigenden Grenzzonen zwischen Kalkfels und Thonboden eine sehr mannigfaltige ist. Der Plattenkalkstein-complex, welcher die grosse untere, thalartige Hauptmulde des Prato grande umschliesst, nimmt im Verhältniss zu diesem Ostabschnitt nur einen geringen Flächenraum ein. Auch hier nimmt der Terra rossa-Boden mehr als die Hälfte der Fläiche in Anspruch. An der schmalen Gehängenseite des nördlichen Grenzrückens (33 Meter), sowie an den breiter entwickelten Abfällen und auf der Rückenlinie des südlichen Grenzzuges (44 bis 51 Meter Seehöhe) herrscht der Plattenkalkstein mit vorherrschend südöstlicher Fallrichtung der Schichten und 5 bis höchstens 20 Grad Neigung. Den Ostabschluss, wie den Westabschluss der grossen Mulde bildet ebenfalls ein Plattenkalksteinhügel. Das steilere Einfallen der Schichten ist an der Ostgrenze gegen den oberen Rudistenkalk zu beobachten; flach geneigt, fast in schwebende Lage übergehend ist die Schichtenbasis an dem Westabbruch des Monte Zaro. Unterhalb dieser Bruchwände kommt innerhalb des Arsenalraumes an einigen Stellen aus der Schuttvorlage der Bruchzone der Kalkstein in fast horizontal liegenden Platten zum Vorschein. Geringere Absenkungen nach Bruchlinien kommen, wie in den Durchschnitten (Taf. II) angedeutet ist, mehrfach in allen Gebieten vor.

Der Hauptaustritt der Sammelwässer des Prato grande-Gebietes in das Hafengebiet erfolgt durch die mit Culturehutt und Bauten verdeckten Spaltenzüge zu beiden Seiten des Monte Zaro.

Es fliesst nach dieser Richtung jedoch selbst nur ein Theil des Regen- und Grundwassers des im Plattenkalkstein liegenden, die Hauptsenke umfassenden Westabschnittes ab. Ein anderer Theil zieht wohl in der Richtung der durch die Bruchwand ober S. Polycarpo markirten Fortsetzung der nordsüdlichen Hauptbruchlinie untermeerisch im Val Saline

ab; endlich sieht man ganz deutlich stärkere Küstenquellen im Meeresebene nächst der Villa Banfield dem NO.-Winkel des Hafens von Veruda zufließen. Die im Rayon der Stanza Cipriotti communicirenden Thal-senken deuten tiefere Spaltenzonen an, welchen in ihrer Vereinigung zu einer dem Streichen parallelen Süd-West-Richtung der Wasserabzug nach dem Hafen von Veruda folgt. Aus dem Ostabschnitt geht ein grosser Theil der durch die Spalten des Rudistenkalkes in die Tiefe sickern den Regenmenge, dem zwischen dem Hügelzug von Monte Cave romane und der Hügelreihe mit Monte Rastovica von Vincural abwärts gegen NW. ziehenden, breiten, die Hauptfortsetzung des kanalartigen Hafens von Veruda bildenden Spaltenthalgrunde zu. Immerhin dürfte, nachdem durch Kanalisirung die zu lange dauernde Ansammlung der Regenmengen über der schwer durchlässigen rothen Thondecke der Kalksteinunterlage der grossen Senkung des Prato grande und somit die Stümpfe und Sumpffieber erzeugende Stagnation des Wassers behoben ist, nun auch von Jahr zu Jahr sanitär unbedenklicheres Wasser aus dem Prato grande-Gebiet nach verschiedener Richtung verschieden tiefen Schichtenhorizonten durch die sich mehrfach kreuzenden Spaltenzüge nach Kluft- und Schichtflächen zusetzen.

Es wäre daher auch der Wasservorrath dieses Gebietes in den Kreis der Voruntersuchung und eventuell der entsprechenden Ausnützung mit einzubeziehen. In dieser Richtung lassen sich zunächst zwei Vorschläge machen und begründen.

Diese sind: 1. Eine Versuchsbohrung auf geringe Tiefen (50 bis 150 Meter) innerhalb des Arsenalrayons unterhalb S. Polycarpo und Monte Zaro und 2. die Stauung und Absperrung der Abflussquellen bei Villa Banfield gegen das Zudringen des Salzwassers.

Der erste Vorschlag hat seine Berechtigung, insofern dadurch ein grösseres Wasserquantum auch aus dem südlichsten Niederschlagsgebiet von Pola zur Ergänzung des Gesamtbedarfes herbeigezogen werden könnte, ohne dass damit ein Theil dem Hauptdepot, aus welchem die Karolinenquelle ihren Wasserreichthum bezieht, entzogen würde. Ueberdies ergäbe sich die Aussicht, im Arsenal selbst eine von den anderen beiden Hauptobjecten unabhängige Wasserbezugsquelle zu besitzen, und es würden die Kosten sowohl für die Bohrung als für die constante Wasserhebung geringe sein, weil die Arbeitsleistung im Wesentlichen durch Transmission irgend einer der im Arsenal in Verwendung stehenden Dampfmaschinenübertragen werden könnte. Endlich würde eine Durchbohrung der Dolomitzone und eventuell der tiefsten Schichten der Kreideformation wahrscheinlich Anhaltspunkte zu geben vermögen für eine noch genauere Beurtheilung der Grundwasserverhältnisse der ganzen Senkungs-region des Hafens. Dass eine solche Bohrung hier und nicht im Gebiet der Karolinenquelle angerathen wird, ist auch abgesehen von den Vortheilen der Position im Arsenalrayon begreiflich. Es darf nichts im normalen Wasserzugang der Karolinenquelle gestört werden. Das Anzapfen desselben Grundwasserdepôts, mag es auch in einem noch tieferen Horizonte geschehen, als derjenige ist, aus dem der directe Anfrtrieb der Karolinenquelle erfolgt, würde, selbst wenn dasselbe keine Störung in den Zuflusswegen zur Karolinenquelle zur Folge hätte, doch nach grossen Trockenperioden zu einem noch bemerkbareren Sinken des Wasserstandes der

Karolinenquelle beitragen müssen, als bereits im Jahre 1880 beobachtet wurde. Es würde somit nur dasselbe Resultat erzielt werden, welches man erzielen kann, wenn man das Bassin der Karolinenquelle noch vertieft und hinreichend erweitert, um im ausserordentlichen Bedarfsfall das Wasser mit mehr als den im normalen Betrieb verwendeten Saugrohren heben zu können.

Der zweite Vorschlag ist für den Fall gedacht, dass auch auf der Südseite des Festungsrays Truppenansammlungen nothwendig erscheinen dürften. Es kann der Versuch, das hier abfliessende, der fortdauernden Mischung mit Brackwasser ausgesetzte Niederschlagswasser durch einen unter Meeresniveau reichenden Cementdamm zu stauen und nach und nach durch das zuströmende Sickerwasser des hinterliegenden Niederschlagsgebietes aussüssen zu lassen, auf jeden Fall nur nützlich sein. Allerdings wäre die Anlage eines geschlossenen Bassins mit Ueberfallabfluss nebst einer einfachen Pumpe auch mit einer Viehtränke und einem Waschbassin im Abflusskanal zu versehen, um den stetigen Bedürfnissen der nächsten Anwohner und zugleich der zukünftigen Benützbarekeit in Ausnahmefällen möglichst vollständig gerecht werden zu können.

Wenn wir aus der beigelegten Abschätzungstabelle der Zuflussmengen der im Voranstehenden specieller geprüften Niederschlagsgebiete eine Uebersicht der Minimalleistungsfähigkeit für die einzelnen vier Jahresperioden entnehmen wollen, so erhalten wir aus der Berechnung zugleich einen beiläufigen Anhaltspunkt für die Zuflussabnahme nach jeder Herbstsaison bis zum Ende der sommerlichen Trockenperiode.

Der aus den Regenböhenmitteln in den angenommenen vier Perioden des Jahres, nach Abzug aller sicheren und wahrscheinlichen Verluste, sich ergebende tägliche Zuflussbetrag, welcher zur Füllung der Grundwasserzonen der Sonderabschnitte des Hauptsammelbeckens und zum Abfluss in das Meerwasser der östlichen Hafenregion, theils untermeerisch durch Spalten, theils im Niveau des Meeresspiegels in Wirksamkeit gelangt, stellt sich nach vorliegender Berechnung in abgerundeten Zahlen und bei Annahme eines extremen Jahresverdunstungsverlustes von 65 Procent wie folgt:

Tages-Zufluss für:	Valle lunga	V. Siana	Karolinen- quelle	Prato grande	in Summa
	C u b i k m e t e r				
während der Herbstperiode (4 Monate bei Annahme von 60% Verlust)	132.800	13.000	15.900	23.100	184.800
Winterperiode (2 Monate bei Annahme von 50% Verlust)	62.700	6.400	7.500	11.000	87.600
Frühjahrsperiode (3 Monate bei Annahme von 60% Verlust)	71.700	7.300	8.600	12.600	100.200
Sommerperiode (3 Monate bei Annahme von 90% Verlust)	16.200	1.600	1.800	2.800	22.400

Schematische Uebersicht

der Schätzungswerthe für den Zufluss von Sickerwassermengen nach den Sondergebieten und dem halbkreisförmigen Gesamtbecken des Hafens von Pola während der vier Niederschlagsperioden des Jahres.

	Niederschlagsgebiete von:	Valle lunga	Val Siana	Karolinenquelle	Prato grande	Gesamtgebiet
		Flächenwerthe in Quadratmetern				
Innen-Ansassen-Gebiete	Directe Aufnahme-fläche . . .	6'500'000	3'100'000	4'600'000	10'0'0'000	24'200'000
	Zuflussgebiete im Karstrayon	146'500'000	7'700'000	7'700'000	12'500'000	174'400'000
	Zuflussgebiet des Foibabaches im Fylschrayon . . .	75'600'000	—	—	—	75'600'000
	IndirecteZufluss-flächen	22'100'000	7'700'000×2	7'700'000×2	12'500'000	
		3	3	3	3	
	Dieselben wegen der Abflüsse nach W. u. O. reducirt	74'030'000	5'130'000	5'130'000	4'160'000	88'450'000
	Gesamtgrösse der wirksamen Aufnahme-flächen	6'500'000	3'100'000	4'600'000	10'0'0'000	
		74'030'000	5'130'000	5'130'000	4'160'000	
		80'530'000	8'230'000	9'730'000	14'160'000	113'150'000
		Zuflusswerthe in Cubikmetern				
4monatl. Herbsperiode	Mittlere Regen-höhe	0'444 Meter	—	—	—	—
	Gesamtnieder-schlag	35'756'000	3'550'000	4'320'000	6'280'080	49'800'000
	Abflussmenge (bei 50% Verdunstungsverlust)	17'875'000	1'775'000	2'160'000	3'140'000	24'900'000
	Zuflussminimum pro Tag	146'491 (132'840)	14'524 (13'070)	17'704 (15'930)	25'737 (23'160)	204'456 (185'000)
	Mittlere Regen-höhe	0'072 Meter	—	—	—	—
3monatl. Winterper.	Gesamtnieder-schlag	7'400'000	0'757'000	0'895'000	1'300'000	10'352'000
	Abflussmenge (bei 40% Verdunstungsverlust)	4'640'000	0'454'000	0'537'000	0'780'000	6'411'000
	Zuflussminimum pro Tag	(62'712) 78'645	(6'415) 7'694	(7'584) 9'100	(11'016) 13'220	(82'135) 108'659
	Mittlere Regen-höhe	0'202 Meter	—	—	—	—
	Gesamtnieder-schlagsmenge	16'500'000	1'680'000	1'990'000	2'900'000	23'070'000
3monatl. Frühj. Per.	Abflussmenge (bei 60% Verdunstungsverlust)	6'600'000	0'672'000	0'796'000	1'160'000	9'228'000
	Zuflussminimum pro Tag	71'739	7'304	8'652	12'608	100'303
	Mittlere Regen-höhe	0'187 Meter	—	—	—	—
	Gesamtnieder-schlagsmenge	14'950'000	1'530'000	1'720'000	2'640'000	20'840'000
	Abflussmenge (bei 90% Verdunstungsverlust)	1'495'000	0'153'000	0'172'000	0'264'000	2'084'000
3monatl. Sommerper.	Zuflussminimum pro Tag	16'250	1'657	1'869	2'869	22'663

Wir haben sowohl den Verlust durch Seitenabflüsse nach den östlichen, westlichen und südlichen Grenzgebieten, als besonders denjenigen durch Verdunstung eher zu hoch als zu niedrig angenommen und können somit die voranstehenden Wassermengen als Minimalwerthe der Abschätzung bezeichnen. Die in der Tabelle auf Basis eines Verdunstungsverlustes von nur 60 Procent des Jahresmittels angegebenen Schätzungs- werthe dürften in Summa auch noch unter dem Mittel stehen.

Ganz sicher würde stets mehr als das berechnete Minimalquantum zur Verfügung stehen und in einem einzigen Ueberfallsabfluss gemessen werden können, wenn alle bekannten und alle verborgenen Abflusswege der halbkreisförmigen Grenzzone des Sammelbeckens gegen den Hafen verschlossen und das Abflusswasser durch eine Cementmauer zurückgehalten und zu einem den Fluthstand des Meeres überragenden Abflussniveau aufgestaut werden könnte. Ein unvollkommener Abschluss der Austrittsspalten gegen das Meer ist bei den Fieberbrunnenquellen des Sianagebietes, ein schon bedeutend wirksamerer Abschluss jedoch nur für die Austritts- und Abflussspalten des Karolinenquellgebietes ausgeführt. Man hatte daher hier die Möglichkeit, die Grösse der Zufussmenge oder des Ersatzes des aus dem Sammelbassin gepumpten Quantums unter den bisher beobachteten, ungünstigsten, durch Aufeinanderfolge mehrerer regenarmer Perioden bewirkten Niveauverhältnissen zu prüfen. Aus dem Resultat dieser Prüfungen ergibt sich, dass das tägliche Lieferungsquantum dieser Ausflussspalten auch in abnorm wasserarmen Zeiten immerhin noch bedeutend grösser war, als die eben angenommenen Minima der correspondirenden Periode.

Die Karolinenquelle lieferte bei dem bisher in 10 Jahren beobachteten tiefsten Bassinspiegelstande von nur 10 Centimeter im Anfang August 1880, also im letzten Drittel der Sommerperiode, immerhin noch 2·859 Cubikmeter pro Tag, das ist um 1·059 Cubikmeter mehr als das berechnete Sommerzufflussminimum des ganzen Niederschlagsgebietes dieser Quelle.

Das Fieberquellbassin ergab beim Auspumpen Ende September 1880, also nach dem ersten Viertel unserer Herbstperiode (nach Wolf), pro Stunde circa 600 Cubikmeter oder 14.400 Cubikmeter pro Tag, also um 1400 Cubikmeter mehr, als unser obiger Durchschnittzuffluss für das Sianagebiet während der Herbstperiode anzeigt, in welcher die Monate October und November die ausgiebigsten sind. Es ist somit ersichtlich, dass die berechneten Zufussmengen in der That wirkliche Minimalwerthe sind. Ueberdies lässt sich aus diesen Ergebnissen der Schluss ableiten, dass der Wasserstand dieser Gebiete durch südöstliche Seitenabflüsse des hinteren Valle lunga-Gebietes Ersatz erhalten muss. Dieser Ersatz kommt dadurch zum Ausdruck, dass der in eine Schichtenzone unter Meeresniveau herabgesunkene Süsswasserstand des Plattenkalkcomplexes der Hafen-Küstenzone in gewissen, natürlich oder künstlich vor einer zu starken und directen Wasserabgabe in das Meer besser geschützten, kleinen Sonderabschnitten dieser Zone durch darüber aufsteigende Quellen aus einem tieferen, bestimmten Druckverhältnissen ausgesetzten Schichten- und Grundwasser-Horizont länger vor einem noch schnelleren Absinken bewahrt bleibt. Dieses erhöhte regional oder local beschränkte Druckverhältniss kann hervorgebracht werden durch

den im Verhältniss zu niedrigen Grundwasserständen höheren Stand des Meeres oder durch mit höher gelegenen Zuflusszonen und Sammelreservoirs communicirende, zwischen relativ minder durchlässigen sandigen Dolomitbänken oder Mergellagen eingeschlossene, wasserführende klüftige, Kalksteinschichten. Dies letztere muss für beide Quellrayons als vorzugsweise wirksam angenommen werden.

Es ist naheliegend, dass unter solchen Verhältnissen das Meerwasser zu den Ausflussstellen der Karolinenquelle und der Sianaquellen freien Zutritt haben, ja sogar dieselben überfluthen würde, wie die ungeschützt durch Spalten und Naturkanäle der Kalksteinschichten austretenden Küstenquellen und bachartigen Ausflüsse des Valle lunga-Gebietes, wenn dieselben nicht bereits in Bassins gefasst und in einer, wenn auch nicht ausreichend vollkommenen Weise gegen das Zudringen des Meeres abgeschlossen worden wären.

Die Aufgabe, das Zudringen des Meerwassers in die wasserführenden Schichtenzonen des Landgebietes in möglichst vollständiger Weise zu verhindern, fällt mit der Aufgabe zusammen, die Minimalwerthe der selbst in den ungünstigen Perioden noch zur Verfügung stehenden Zuflussmengen durch Verhinderung ihres untermeerischen Abflusses zu erhöhen.

Dies zu erzielen, ist auf keinem anderen Wege möglich, als mittelst der vorgeschlagenen Abschlüsse der Hauptabflussregionen durch unter das Niveau der tiefsten Ebbe reichende und die höchsten Fluthstände überragende undurchlässige Cementmauern. Wenn auch kleinere Verluste durch Seitenabzüge nach den nicht abgeschlossenen Zwischenstrecken des Küstensaumes nicht zu vermeiden sein werden, so wird doch die dauernde Erhöhung des Wasserstandes in den Gebieten, nach denen die Hauptabzugsrichtung der unterirdischen Sammelwässer geht, jedenfalls den in Aussicht gestellten doppelten Nutzen mit sich bringen. Die Quantität des im Küstenrayon zurückgehaltenen Süswassers wird in jeder Periode eine nicht nur bedeutendere, sondern auch constantere sein und es muss natürlich auch die Qualität sich in Bezug auf den Salzgehalt sehr bald bessern, wenn das Seewasser von dem Eindringen in die Süswasserregion dauernd abgehalten bleibt und grössere Süswassermengen an der Auswaschung zurückgebliebener alter Brackwasserbestände fortgesetzt theilnehmen.

Im Anschluss an die Besprechung der Wirksamkeit der Hauptgebiete mag in Kürze darauf hingewiesen werden, dass die den Hafen in Nord und Süd direct umschliessenden kleinen Niederschlagsgebiete (*Za* und *Ze*) für die Wasserversorgung von Pola keinerlei Bedeutung haben. Die von denselben aufgenommene, jährliche Niederschlagsmenge geht in sehr zerstreuter Weise direct durch zahlreiche Spaltenwege in das Meer ab und bietet an keiner Stelle Anhaltspunkte zur Sammlung solcher constanter Abflüsse, deren Rückstauung merklichen Einfluss auf Erhöhung des Wasserstandes in den Schichten der betreffenden Küstenzone nehmen könnte.

Weit eher noch könnte der südliche Theil des grossen westlichen Aufnahms- und Abfallgebietes gleichfalls nutzbringend gemacht werden. Derselbe zeigt durch die periodisch grössere, secartige Wasseransammlung in dem Muldengebiete *Pra g o r g o*, durch den diesem Gebiete zugehenden

constanteren Zufluss aus dem ost- und nordwärts hinterliegenden, bewaldeten Terrain von Lusina Moro und die in der Küstenzone von Val Bandon und Val Randon austretenden, starken quellenartigen Abflüsse für die Ansammlung grösserer Wassermengen durch Absperrung und Rückstauung der Hauptabflussregionen günstige Verhältnisse. (Taf. II, 1.)

Die Rückstauung und Fassung dieser nach West in den Canal von Fasana theils wenig über, theils unter Meeresniveau abziehenden Wassermengen des wichtigsten Grenzgebietes des Hauptzuflussrayons für das Sammelbecken Valle lunga wäre jedenfalls von Nutzen. Dieser Nutzen könnte ein doppelter sein.

Erstens würde eine Verstärkung der günstigen Rückwirkung nicht ausbleiben, welche für den Wasserstand der nächstliegenden nördlichen Sammelbecken aller quellenartigen Küstenabflüsse des Valle lunga-Westgebietes durch die Abschlussmauern gegen das Salzwasser des Hafens erzielt werden soll. Zweitens würde Gelegenheit geboten sein, zur Anlage solcher Einrichtungen, durch welche das aus dem Waldgebiet von Lusina Moro nach dem Muldengebiet von Pra gorgo und von da insbesondere gegen Val Rancon unterirdisch unter und über Meeresniveau abfliessende, bedeutende Sickerwasserquantum theilweise aufgestaut und für den eventuellen Gebrauch in aussergewöhnlichen Fällen disponibel gehalten werden könnte. Solche Fälle des Bedarfes sind bei Truppenconcentrationen in der näheren Umgebung des äusseren Festungsgürtels von Pola in Betracht zu ziehen.

Ausser jedem Betracht für unsere Hauptfrage liegen alle jene Zwischengebiete (G.), welche die mittlere Wölbungszone von der breiten Westabdachung und von dem Ostabfall nach der Arsalinie trennen. Jedes dieser Gebiete umfasst eine Anzahl von durch Höhen umgebenen Senkungen, welche als speciellere Aufnahmebecken für die Niederschläge wirken und etwa 40 Procent des auf sie entfallenden Niederschlagswassers als Sickerwasser nach der Tiefe senden. Es liegt ausserhalb jedes Wahrscheinlichkeitsealeuls und aller Combination, dass man irgend einen Procentsatz dieser Wassermengen noch als Zufluss für die Mittelzone in Anschlag bringt. Dass gewisse Mengen durch günstig gerichtete Spalten und kanalartige Verbindungen von Hohlräumen verschiedener unterirdischer Höhenstufen bis in das Hauptgewölbs- und Kanalnetz gelangen können, welches die Abflussrichtung der Niederschläge der Mittelzone regulirt, ist wahrscheinlich, aber für eine Schätzung liegt kein Anhalt vor. Die verschiedenen Höhen und Mulden der Kesselstufen aller dieser Terrainabschnitte erlangen nur bei der Frage der Wasserversorgung der etwa innerhalb derselben selbst gelegenen Ortschaften ein bestimmtes Interesse.

Qualität des Wassers.

Man hat es im Festungsraysen von Pola, wie im Karstgebiet Südistriens überhaupt eigentlich nur mit zwei Hauptqualitäten von sohem Süsswasser zu thun, welches von Natur aus in hinreichender Menge zu Gebote steht, wenn man für seine Aufsammlung und Nutzbarmachung genügend grosse und geeignete technische Einrichtungen

herstellt: 1. mit dem directen Niederschlagswasser und 2. mit dem durch höhere Kalksteinschichten des Kreidegebirges nach tieferen Sammelhorizonten durch Spalten und Klüfte gelangenden und von da nach dem Meere aus ungleichen Höhenhorizonten und durch verschiedenartige Abflusscanäle zufließenden und in dasselbe austretenden Sickerwasser.

1. Die Qualität des directen Niederschlagswassers oder des Cisternenwassers sollte — bei gleichartiger Beschaffenheit und Reinheit der Fangflächen, der Cisternenwände und Böden, sowie der Filteranlage und der Schutzvorrichtungen gegen Verunreinigung von aussen und endlich der Tiefe — eine sehr nahe übereinstimmende, fast gleiche sein. Dennoch zeigen Untersuchungen von Cisternenwässern aus dem Jahre 1880 in Bezug auf Eignung zum Trinkwasser und Güte grosse Differenzen zwischen den einzelnen Anlagen, und zwar nicht nur solche, welche wie dies vorwiegend der Fall ist, offenkundig auf einen guten im Gegensatz zu einem ungenügenden oder auffällig mangelhaften Schutz gegen äussere Verunreinigung zurückzuführen sind. Es wurden diese älteren Untersuchungen hier als Beispiel gewählt, weil die Einsicht in neuere nicht zu Gebote stand und weil andererseits die Voraussetzung begründet scheint, dass seither den diesbezüglichen hohen Verordnungen gemäss derartige Uebelstände nicht nur beseitigt sind, sondern dass auch dem Wiedererscheinen derselben durch ausreichende Schutzmassregeln und regelmässige, periodisch wiederkehrende, chemische und mikroskopische Untersuchungen durch den Arsenal-Chemiker vorgebeugt wurde.

Unter 11 verschiedenen Cisternen liessen sich nur vier als gut bezeichnen, als vorzüglich nur eine. Dagegen zeigten 3 üblen Geruch und starke Verunreinigung; die übrigen mindere Grade von verschiedener Verunreinigung durch Organismen, organische Substanzen, Staub und Trübung. Der Gehalt des Wassers (in 100.000 Theilen) an fixen Bestandtheilen schwankte zwischen 10·6 bis 28·4 Theilen, der Glührverlust von 0·7 bis 5·6, der Gehalt an organischen oxydirbaren Substanzen von 1·5 bis 7·0, der Schwefelsäure von 0·0 bis 0·83, Nitrate waren in 4 Fällen merklich. Auffallend ist die Verschiedenheit des Kalkgehaltes in 3 Fällen 5 bis 7·8 gegen 2·3 bis 3·8 der übrigen Cisternenwässer, sowie das Schwanken der Chloride mit 0·11 bis 0·35 in 3, mit 0·71 bis 0·98 in 5 und mit 1·0 bis 2·48 in 3 Fällen.

Dass das Regenwasser in der Nähe der Meeresküsten leicht nachweisbare Mengen von Chlornatrium führt, ist bekannt und begreiflich. Im Jahre 1880 ergab die Untersuchung eines am 30. September dem Regenmesser des hydrographischen Amtes entnommenen Regenwasserquantums in 100.000 Theilen 0·71 Theile an Chlorgehalt, in sorgfältig gereinigten Glasschalen (im Mai) aufgefangene Regenproben jedoch nur 0·36 Theile.

Geringere Unterschiede dürften sich auch für Cisternen mit rein gehaltenen Fangflächen aus der verschiedenen Lage der Cisternen gegen stärkere Brandungsstrecken der Küste und aus der Windrichtung während des Regens erklären lassen. Grössere Differenzen deuten jedoch auf ungenügenden Schutz der Cisternenwandung gegen Eindringen von Sickerwasser aus der salzhaltigen Oberfläche der Umgebung und ungenügende Reinhaltung der Fangflächen und Filter.

Schwieriger zu erklären ist der ungleiche Kalkgehalt. Zum grösseren Theil dürfte wohl auch das Eindringen von Sickerwasser aus den umgebenden Oberflächenschichten durch die schadhaften Stellen der Cisternenmauer daran Schuld tragen, zum Theil jedoch auch das Gesteinsmaterial der Fangflächen und der inneren Wandung der Cisternen. Die Kalksteine sind bezüglich der leichteren oder schwereren Löslichkeit des kohlensauernden Kalkes ihrer der Einwirkung des der Luft entnommenen, freien Kohlensäuregehaltes des Wassers ausgesetzten Flächen nicht gleichartig.

Um Cisternen, mögen dieselben vom direct auf ihre Fangflächen niederfallenden Regen oder indirect durch Nachfüllung aus grösseren Reservoirs von höherer Lage aus gespeist werden, vor unnöthiger Verschlechterung und besonders vor sanitätswidriger Verunreinigung durch organische Substanzen zu bewahren, kann nie genug geschehen, sowohl in Bezug auf die erste Anlage, als in Bezug auf die Erhaltung, die regelmässige Reinigung und die technische und chemische Prüfung.

Es sollte darnach gestrebt werden, jedes Cisternenwasser der Qualität nach jenem Wasser nahezu gleichwerthig zu machen und zu erhalten, welches die Cisterne des Forts Max (nach der Probe vom 30. Juni 1880) zeigte. Dasselbe blieb klar und geruchlos, und es waren selbst nach 40tägigem Stehenlassen der Probe in derselben organische Spuren, und zwar selbst Algenzellen nicht nachweisbar.

Sehr empfehlenswerth wäre die Einrichtung, dass man (im Falle nicht gerade aussergewöhnlicher Wassermangel herrscht) bei nach kurzen oder längeren Trockenzeiten eintretenden Regen die Dächer und andere künstliche Fangflächen erst durch eine kurze Zeit durch den Regen selbst rein waschen lässt und dieses mit Staub und organischen Stoffen und entwicklungsfähigen Keimen besonders reich imprägnirte Wasser separat ableitet und gar nicht in das Filter oder gar direct in die Cisterne kommen lässt. Es ist überdies wegen des leichteren Abschlusses gegen zufällige oder absichtliche Verunreinigung die Hebung des Cisternenwassers durch eine Pumpe gegenüber den Schöpfvorrichtungen vorzuziehen. In Bezug auf Filtervorrichtungen und Fangflächen lässt sich bei allen ärarischen Cisternen jedenfalls leichter ein gleichartiges System und ein regelmässiger Schutz gegen Verunreinigung durchführen, als bei in engen Höfen und zwischen Häusern gelegenen Civileisternen; jedoch ist dies bei diesen umso nothwendiger und eine regelmässig wiederkehrende Inspection und Untersuchung im Interesse der Vorbeugung einer langsamen Entwicklung von irgend welchen kleinen Epidemieherden kann nie zu sorgfältig und zu streng geandhabt werden, wo der Reinlichkeits- und Ordnungstrieb einer Bevölkerung nicht schon von Natur aus stark entwickelt ist.

Trotz der günstigen und erfolgreichen Einflussnahme, welche die k. k. Marinesection und das k. k. Hafenadmiralat in Pola wiederholt in dieser Richtung ausgeübt hat, werden weitere Fortschritte durch ein Zusammenwirken aller k. k. militär-ärarischen Behörden mit den Civilbehörden um so eher erhofft werden können, als das hohe k. k. Reichskriegsministerium — „Marine-Section“, die Lösung der wichtigen Wasserversorgungsfrage von Pola in grösserer Ausdehnung und allseitiger Voraussicht für die mögliche Gestaltung der Zukunftsverhältnisse

des k. k. Kriegs- und Handels-Hafens und der Stadt vorbereiten und in einheitlicher Leitung durchführen zu können, auch finanziell in die Lage versetzt werden sollte.

2. Die Qualität des Sickerwassers in den unterirdischen Sammelbecken, an den Austrittspunkten von Abflüssen und Auftriebsquellen und in den Fassungs bassins und Leitungsreservoirs derselben, muss ursprünglich eine ziemlich gleichartige in allen in Rede stehenden Gebieten sein. Die Beschaffenheit der Bodendecke und der Gesteinsschichten, durch welche dasselbe nach abwärts rinnt, sowie der Gesteinsvarietäten, der Sammelhorizonte, in welchen dasselbe längere Zeit zurückgehalten wird, sowie der Abflusstrecken im ganzen Hafengebiet zeigt nirgends so wesentliche Unterschiede, dass sich grosse Qualitätsdifferenzen ergeben könnten.

Die Hauptunterschiede in der Güte oder zwischen der ausreichenden und der ungenügenden Eignung als Trinkwasser lassen sich auf Verunreinigung aus Culturschuttanhäufungen, auf Trübung durch Zufließen von Schlammwässern, auf einen Zusammenhang mit an organischen Zersetzungsproducten und Culturmist reicheren Stagnationswässern und auf den Grad der Vermischung mit dem Meerwasser der Küstenzone zurückzuführen.

Ueberdies kommen Temperaturunterschiede vor. In Bezug auf die aus den Löslichkeitsverhältnissen verschiedener Gesteinsvarietäten abzuleitenden Verschiedenheiten im Kalkgehalt und im Magnesiagehalt, sowie zugleich im entsprechenden Härtegrad, endlich auch im Gehalt an freier Kohlensäure lässt sich ein Schwanken nur in engen Grenzen voraussetzen. Es liegen darüber jedoch noch nicht ausreichend viele und genaue Untersuchungen vor. Alle bisher durchgeführten chemischen Prüfungen beziehen sich vorzugsweise auf mit Brackwasser der Küstenzone durch offene Canäle oder verdeckte Spalten, dem Fluthstande entsprechend, sich direct mischende und aus indirect durch die Sickerwässer der näheren Infiltrationszone verunreinigte Brunnenwasserproben und auf das Wasser des gegen das Meer und die umgebende Zone der Schuttregion und des oberen Grundwasserhorizontes ziemlich gut, aber noch nicht vollkommen abgeschlossenen Karolinenquellbassins, welches aus tieferen Schichten, wahrscheinlich aus dem Grenzhorizont der Plattenkalksteinreihe und Dolomitlagen aufsteigt. Es wäre bis zu einem gewissen Grade eine überflüssige Arbeit, alle für einen künftigen Wasserbezug hier in Aussicht genommenen Wasserabläufe und Ansammlungen chemisch prüfen zu lassen, ehe eine entsprechende Reinigung und ein Abschluss gegen directe Vermischung mit Brackwasser durchgeführt ist.

Immerhin kann man es jedoch anempfehlen, einige solche Untersuchungen vorzunehmen, nicht um über die, ja jedenfalls vorläufig nicht vorhandene oder ausreichende Eignung des Wassers sich Aufschluss zu verschaffen, sondern um gewissermassen von einem Nullpunkt seiner Qualität ausgehen zu können für die zu erwartende Zunahme der Güte bis zu einem Stetigkeitsverhältniss, welches erst nach Vornahme der vollständigen Reinigung und der Aussüssung nach möglichst vollkommener Abschliessung gegen den Zutritt des Brackwassers erwartet werden kann.

Es wären demnach einwärts vom Austritt bei niederem Ebbestand und ruhiger See nach trockener Zeit und nach Regentagen solche Null-

proben der zukünftigen Gütescala zu entnehmen von der ersten und letzten und ein oder zwei mittleren Ausflusstellen an der Küste von Valle lunga, von dem Wasser des Brunnens von Tivoli und dem Naturschacht im Steinbruch nächst der Eisenbahn nördlich von Tivoli, ferner von dem städtischen Quellbassin nächst der Fieberbrücke, eventuell von dem aufzusuchenden Austrittspunkte der nördlichen Parallel- oder Zweigabfluss der Karolinenquelle und endlich auch von dem in den Hafen von Veruda abfließenden Wässern.

Abgesehen von diesen zur Rückstauung und Aussüßung bestimmten Wasserabflüssen der Küste müsste das Wasser des Foibakessels und der Höhlenquelle ober Pra Gorgo, sowie des Hauptabflusses nach Val Rancon und von 5 zu 5 Meter endlich auch das Wasser der eventuellen Versuchsbohrung innerhalb der Arsenalmauer untersucht werden.

Man wird von allen diesen Punkten, vielleicht mit einer kleinen Abweichung im Verhältniss des Magnesiagehaltes zum Kalkgehalt und einer stärkeren Differenz bezüglich der Temperatur eine dem Wasser der Karolinenquelle sehr nahe stehende Qualität erreichen können; welche hygienisch nicht beanständet werden kann, wenn sie auch der Güte des Wiener Kaiserbrunnenwassers ziemlich fern steht und mit einigen Mängeln behaftet ist.

Die Temperaturgrenzen, welche ein gesundes Trinkwasser nicht überschreiten sollte, sind 7 bis 11 Grad Celsius. In diesen Grenzen bleibt zumeist das Cisternenwasser und das Wasser gut geschlossener tieferer Brunnen wie des neueren, ärarischen Brunnen im Forste Siana. Eine Temperatur von 9 bis 10 Grad ist von dem Stollenwasser des Valle lunga-Gebietes, von dem Quellwasser bei Pra Gorgo und dem vor zu niedrigem Stande und der Sonne geschützten Wasser des Foibakessels zu erwarten, eine noch etwas niedrigere im Bohrloch in der Tiefe zwischen 20 und 50 Meter. Das Wasser der Karolinenquelle wird in einer Beobachtungsreihe vom Jahre 1884 sowohl für April-Mai als für October-December mit constant 15 Procent Celsius angegeben. Dies ist etwas mehr als die mittlere Jahrestemperatur von Pola, welche als mittlere Bodentemperatur noch in der Tiefe von 3 bis 5 Meter herrschen dürfte. Es spricht dies dafür, dass die Quelle aus einem nicht tiefgelegenen Schichtenhorizont und vermisch mit Zuflüssen aus den der Oberfläche nahen Grundwasserhorizonten aufsteigt. Für die Temperatur des Hauptbassins (Juli 1884) liegt die Beobachtung von 14·2 Grad Celsius, für zwei Auslaufbrunnen die Beobachtung von 8·8 Grad bis 10·8 Grad Celsius vor.

Es erscheint demnach, um die erfrischende Eigenschaft des Wassers für den Gebrauch als Trinkwasser besser zu sichern, immerhin wünschenswerth, dass zugleich mit der Neueinrichtung von Reservoiranlagen auf dem Schlossberg auch auf die Erniedrigung der Temperatur der Karolinenquelle von 15 Grad Celsius bis auf durchschnittlich 10 Grad Celsius Bedacht genommen werde. Einen Schutz gegen Erwärmung von Aussen und Vorkehrungen zur constanten Erniedrigung der Temperatur ihres Wasserinhaltes bedürfen demnach vorzugsweise das in Aussicht genommene Klärbassin, das Hauptsammelreservoir auf dem Castellberg (eventuell das von St. Giorgio), sowie das Hilfsreservoir für das Spital in S. Polycarpo. Für die Druckreservoirs (Castellberg und Monte grande), durch welche das Wasser beständig circulirt, genügt ein Schutz gegen die

directe Sonnenwärme, welcher auch der Conservirung der äusseren Mauerwände dienen würde, wie etwa Ueberdeckung mit einer Schicht von Kohlenlösch und zur Berasung geeigneter Erde.

Der Trockenrückstand an fixen Bestandtheilen beträgt bei der Karolinenquelle 40 bis 43 Theile in 100.000 Theilen Wasser, hält sich also noch unter dem zulässigen Maximum von 50 Theilen. Dieses wird beispielsweise bei dem Wasser des ärarischen Brunnens im Forst Siana, welches 47 bis 62 Theile ergab, — schon merklich überschritten. Wie stark selbst sehr gute Trinkwasserquellen desselben Kalksteingebietes differiren, zeigt der Kaiserbrunnen mit 13·87 gegen das Wasser der Altaquelle mit 23·59 und der Stixensteiner Quelle mit 26·0 Theilen Trockenrückstand im Schneeberg-Rax-Gebiete.¹⁾

Inwieweit kohlensaure Magnesia innerhalb der bestimmten Kalkmenge enthalten ist, bedingt gleichfalls den hygienischen Werth des Trinkwassers, sowie den zulässigen, in erster Linie durch den Kalkgehalt ausgedrückten Härtegrad. Für Gewerbwasser werden 18 Härtegrade = 18·0 Theile *CaO* in 100.000 Theilen Wasser, für Trinkwasser 25 Härtegrade oder 25·0 Theile *CaO*, worunter nicht mehr als 4 bis 5 Grade²⁾ (d. i. 2·8 bis 3·5 Theile) auf den Magnesiagehalt kommen dürfen, als Maximum angenommen.

Das Karolinenquellwasser hält sich in Beziehung auf den Kalkgehalt allerdings schon ziemlich hoch. Dasselbe zeigte 15 bis 17 Theile Kalk und 0·75 bis 1·6 Theile Magnesia in 100.000 Theilen gegenüber 16 bis 19 Theile *CaO* und 2·7 Theile *MgO* des Sianabrunnens; während das Wasser der Fieberbrückenquelle und von Tivoli in dieser Beziehung noch näher mit dem Wasser der Karolinenquelle übereinstimmen. Sehr bedeutend ist der Abstand gegen die des Vergleichs wegen obengenannten Quellen, in Bezug auf den Kalkgehalt, während Magnesiagehalt ziemlich gleich ist.

Der Kaiserbrunnen hat nur 6·09 *CO* und 0·8 *MgO* in 100.000 Th. Wasser. Die Altaquelle dagegen schon 8·86 *CO* und 2·26 *MgO* in 100.000 Theilen Wasser, und die Stixensteinerquelle dagegen schon der 10·48 *CO* und 1·72 *MgO* in 100.000 Theilen Wasser.

Chlor, als Chlornatrium vertreten, ist überhaupt nicht schädlich, sondern in für den Geschmack deutlich merkbarer Beimischung nur unangenehm und dem Begriff eines guten Trinkwassers entgegenstehend. Man hat früher nur 0·8, neuerdings aber auch 2·0 bis 3·0 Theile als vollkommen zulässig angenommen.

Der Normalgehalt der Karolinenquelle an Chlor beträgt 1·75, jedoch sind zeitweise aussergewöhnliche Vermischungen vorgekommen, welche den Chlorgehalt selbst bis auf 7·6 Theile gebracht haben. Das Wasser der Fieberbrückenquellen und der Brunnen von Tivoli und im Forst Siana hat constanter einen zu grossen Chlorgehalt (3 bis 6 Theile).

Ein constant geringerer Chlorgehalt ist für das mit Stollen zu erschliessende Wasserzflussgebiet der Küstenquellen unter dem Monte grande und weiter landeinwärts jedenfalls zu erhoffen. Bei einer Bohrung nahe der Küste ist die Möglichkeit, dass man in tieferen Horizonten auf an Salz-

¹⁾ Bericht über die Erhebungen der Wasserversorgungs-Commission des Gemeinderathes der Stadt Wien. 1864.

²⁾ 0·7 Magnesia = 1 Härtegrad.

wasserbeimischung reichere Wasserhorizonte oder Localansammlungen trifft, als in höheren Horizonten, viel näherliegend. Es kann jedoch gerade zur Constatirung solcher Verhältnisse eine Untersuchung der Wasserverhältnisse der unter dem Meeresboden liegenden Plattenkalksteinreihe innerhalb und unterhalb der dolomitischen Zwischenzone von grossem Werth sein zur Erweiterung unserer Kenntnisse über die Grundwasserhältnisse des ganzen Senkungsgebietes und zur praktischen Verwerthung derselben hinsichtlich der Vermehrung der Wasserbezugsquellen. Von diesem Standpunkte aus kann die Aufnahme von zwei bis drei Bohrversuchen auf geringe Tiefen in den Kreis der Vor- und Untersuchungsarbeiten bestens befürwortet werden. Ein durch seine natürliche Steigkraft auffallendes Wasser ist dabei jedoch nicht zu erwarten.

Der Chlorgehalt der zum Vergleich genannten Quellen des Schneeberggebietes ist sehr niedrig, 0.09 bis 0.2. Bezüglich der Schwefelsäure (H_2SO_4), welche bei denselben 0.6 bis 2.99 beträgt, werden 6.3 (nach F. Fischer sogar 8 Theile) noch als zulässig erklärt.

Das Wasser der Karolinenquelle ergab bei den bisherigen Prüfungen nur 0.6 bis 1.4, dasjenige der obengenannten anderen Brunnwässer 0.5 bis 1.35 Theile. Salpetersäure bis 0.4 als zulässig erklärt, wurde für das Wasser der Karolinenquelle mit 0.1 bis 0.2, für die Fieberbrückenquellen jedoch bis 1.10 Theilen in 100,000 Theilen gefunden.

Von grösster Wichtigkeit ist es, dass organische Substanzen nur in sehr geringer Menge in dem zum Trinken benützten Wasser vorkommen. In dieser Beziehung entspricht das Wasser der Karolinenquelle, wenn es vor verunreinigenden Zusickerungen aus dem Schuttterrain bewahrt bleibt, vollkommen. Es wurden nur 0.78 bis höchstens 1.10 Theile bei den bisher gemachten Proben an organischer Substanz im Wasser der Karolinenquelle nachgewiesen gegen 3 bis 5 Theile, welche noch als zulässig gelten. Der ärarische Brunnen im Forst Siana steht diesbezüglich an der Grenze der Zulässigkeit mit 4.4 bis 6 Theilen.

Ein gutes Trinkwasser soll auch nicht frei von Kohlensäure und Sauerstoff sein. Diesbezüglich liegen keine Bestimmungen vor; jedoch dürfte, da das Wasser der Karolinenquellen durch Pumpen in Röhren gedrückt wird, aus dem Luftquantum, mit welchem es dabei in Berührung kommt, von demselben auch eine gewisse Menge von Kohlensäure und Sauerstoff absorbirt werden. Ebenso hat das Wasser der Karolinenquelle selten eine Verunreinigung durch Algenbildung gezeigt und niemals wurde das Vorkommen von Wasserpilzen, Bacterien oder Infusorien erwähnt.

Es ist somit dieses Wasser von Ursprung aus als ein hygienisch ausreichend entsprechendes Trink- und Kochwasser zu bezeichnen, insofern es vor Verunreinigung geschützt bleibt. Die fühlbaren Mängel seiner Qualität bestehen nur in dem zu hohen Kalkgehalt und der ungenügenden Frische. Seine geringe Beliebtheit in Pola hat es aber ausserdem der zeitweisen starken Trübung durch den sehr feinen röthlichen Thonschlamm und der Position der Quelle innerhalb eines von nicht sehr zuverlässigen Abzugscanälen durchzogenen Culturschuttterrains zu danken, wodurch noch grössere Unlustgefühle und Bedenken angeregt werden, als durch den Eintritt zeitweiliger starker Trübung und durch die Kalkabsätze auf dem Boden und an den Wänden der Kochgeschirre beim Kochen.

Abgesehen von diesem letztgenannten Uebelstand, welcher nur kleine Unbequemlichkeiten, aber keinerlei hygienische Bedenken mit sich bringt, werden sich alle anderen Mängel durch geeignete Vorkehrungen abstellen lassen. Für die Beseitigung des zu hohen Kalkgehaltes grosser Nutzwassermengen ist noch keine befriedigende und ausreichend wirksame Methode gefunden. Ein diesbezüglicher Vorversuch wird im Schlusscapitel in Vorschlag gebracht werden.

Die pag. 75 bis 77 angeführten Daten entnehmen wir einer tabellarischen Zusammenstellung der bisher in Pola vorgenommenen Qualitätsprüfungen von Niederschlagssammelwasser, Brunnenwasser und Karolinenquellwasser. Dieselben zeigen, dass nächst dem guten Cisternenwasser dieses letztere das zu Gebote stehende beste Trinkwasser ist, während das Wasser der meisten Schöpfbrunnen mit wenigen Ausnahmen sich als bedenklich oder absolut unzulässig für Trink- oder Kochgebrauch erwiesen hat.

Dass das Wasser der Karolinenquelle durch geeigneten Schutz gegen die Sickerwässer der Umgebung, durch Abschliessung der offenen Schlünde und Löcher gegen Schlammzuflüsse in die Grundwasserhorizonte ihres näheren Zuflussgebietes, durch Anlage eines Klärbassins in Verbindung mit Filterkammern und durch zweckdienliche Vorkehrungen zur Erniedrigung der Temperatur seiner Qualität nach verbesserungsfähig ist, dürfte nicht leicht in Abrede zu stellen sein.

Da es nun ein so ansehnliches und sicheres Hauptquantum ist, welches durch diesen Ausfluss des ganzen mittleren Sammelbeckens von Pola bisher für die Wasserversorgung geboten wurde und da dasselbe auch in der Zukunft niemals entbehrlich sein wird, so dürften auf die Verbesserung seiner Qualität gerichtete Versuche als ein durchaus den Aufwand erhöhter Kosten rechtfertigender Theil eines Gesamtplanes für die zukünftige Wasserversorgung von Pola angesehen werden können.

Die wichtigsten Schlussfolgerungen, welche sich aus der Darlegung der hydrographischen Verhältnisse im Allgemeinen und hinsichtlich ihrer Beziehungen zur Terraingestaltung und zu der durch diese bedingten Ausbildungsform der Zuflüsse, Ansammlungen und Ausflüsse von Niederschlagsmengen innerhalb unseres Beobachtungsgebietes im Besonderen ergeben, fassen wir in folgenden Sätzen zusammen:

1. Die Niederschlagsverhältnisse der Umgebung von Pola und Südtirols überhaupt sind, wie das Mittel der Regenhöhen einer 10jährigen Beobachtungsperiode von 94 bis 95 Centimeter im Durchschnitt erweist, sehr günstige. Es treten jedoch, wie dies im Verlauf der Periode 1878 bis 1887 zweimal fühlbar wurde, zuweilen relative Trockenperioden ein, deren schlimme und bedrohliche Einwirkung auf alle Wasserbezugsquellen jedoch mehr in dem Wesen der Terrainbeschaffenheit und in einer aussergewöhnlichen Steigerung der die Verdunstung begünstigenden Factoren zu suchen ist, als in einem zu extremen Sinken des Regenhöhendurchschnittes während dieser Perioden. Das Mittel der beiden (pag. 31, 32) besprochenen, 14monatlichen Trockenperioden von nur 50 Centimeter steht nicht so tief unter dem generellen Jahresmittel für Wien von 56.6 Centimeter, dass es nicht bei einem Zusammentreffen mit günstigen Terrain- und Verdunstungsverhältnissen noch positiv wirksam hätte bleiben müssen.

2. Die Ausdehnung des Territoriums, welches als nächste unmittelbare und als entferntere, indirecte Fangfläche für die Sammel- und Zuflusswassermengen der Hafenregion wirksam werden kann, ist ziemlich bedeutend (pag. 68) und entspricht als stark rednerter Minimalwerth noch einem Ausmass von 113 Quadratkilometer. Dasselbe reicht vom Ursprung des Foibabaches von Pisino im Flyschgebirge durch die lange nord-südliche Mittelgewölbezone des südistrischen Karst- und Terra rossa-Landes bis an die südliche Grenzlinie des im Torsionsrayon des Normalstreichens der cretacischen Kalksteinschichten liegenden, fast circularen, östlichen Senkungsabschnittes des Hafens. Taf. III (*Ma bis Hd—7d*).

3. Der aus den verschiedenen Eigenschaften des geschichteten Gesteinsmaterials und seiner Boden- und Vegetationsdecke sowie aus der Gesamtposition dieser Niederschlags-Aufnahmszone im Verein mit allen innerhalb derselben zur Geltung kommenden meteorologischen Factoren resultirende Verdunstungsverlust muss, abgesehen von anormalen Combinationen, ein relativ mässiger bleiben, denn es besteht im Durchschnitt kein zu grosses Uebergewicht der den Verdunstungsprocess beschleunigenden gegenüber den die Verdunstung herabmindernden Factoren. Der für unterirdische Ansammlungen und Abflüsse zur Verfügung bleibende Spaltenzufluss und Sickerwasserrest kann daher normal nicht leicht weniger als 30 Procent des Jahresmittels betragen. Für künstlich angelegte, sorgfältig construirte Fangflächen dürften 70 Procent erreichbar sein.

4. Im Umkreis der östlichen Küstenzone des Hafens findet der Abfluss der Sammelwässer des bezeichneten Gesamtgebietes in drei unterscheidbaren Formen statt: 1. In der Gefällsrichtung des Bodens der subterranean Abfluscanäle der Mittelgewölbszone zum Theil fast bachartig in das Meer abströmenden Küstenquellen. 2. In continuirlich aus unzähligen Spalten und Klüften der Plattenkalksteinzone der Küste längs der Hafenbruchlinie in's Salzwasser abziehenden Sickerwasseradern der die Schichtenfugen und Hohlräume erfüllenden, im oberen Niveaustande nach Ebbe und Fluth und der Verschiedenheit der Regenperioden stets wechselnden Grundwasserhorizonte. 3. In mit Antrieb vom Meeresgrund oder nächst der Küste hervortretenden Quellen, welche auf ein locales oder regionales Druckverhältniss innerhalb eines an der Küste tiefer unter Meeresniveau gelegenen, im entfernteren Landgebiete und in höheren Terrainstufen von constanten Wasseransammlungen der Mittelgewölbszone aus gespeisten Schichtenbandes des unteren Plattenkalkcomplexes — zurückzuführen sind.

5. Das im Bereich der Umgebung des Hafens von Pola überhaupt zu Gebote stehende Wasser kann das vor Verschlammung und jeder anderen Art von Verunreinigung geschützte Wasser der Karolinenquelle in Bezug auf den aus der chemischen Zusammensetzung resultirenden Grad der Qualität nicht leicht übertreffen. Insbesondere ist in Betreff des Kalk- und Bittererdegehaltes (respective der Härtegrade) ein wesentlicher Unterschied nicht zu erwarten, und zwar weder für die stollenmässig, noch auch für die in mässiger Tiefe etwa durch Bohrung erschliessbaren Wasserdepôts des herrschenden Kalkstein- und Dolomitgebirges.

III. Vorschläge für einen Gesamtplan.

Wie aus der Darlegung des geologischen Baues und der hydrographischen Ausbildung des in Betracht kommenden Wasseraufnahms- und Abflussgebietes hervorgeht, ist kein zwingender Grund vorhanden, ein Hauptobject für die bestehenden Wasserbezugsanlagen ausserhalb des Schutzzayons der äusseren Befestigungszone von Pola zu suchen.

Der Umstand, dass in Bezug auf Quantität keine der durch besondere Qualität hervorstechenden Wasserbezugsquellen Hoch-Istriens oder des Gebirgsabschnittes von Albona so reich ist, dass diesen Vortheilen gegenüber die Rücksicht auf complicirte Terrainschwierigkeiten und auf den Kostenpunkt einer darauf basirten Zuleitung entfallen müsste, würde die Wahl auch dann vereinfachen, wenn von dem im vorliegenden Falle gebotenen Standpunkt der unbedingten Sicherheit der Wasserversorgungs-Einrichtungen gegen Unterbrechung der Leitung, Ableitung von Zuflüssen oder Zerstörung des Druckreservoirs in Kriegszeiten abgesehen werden könnte. Pola als Festung und Kriegshafen darf — in Bezug auf Versorgung mit Trink- und Nutzwasser — nicht von dem militärischen Schutze möglicherweise ganz entrückten Objecten abhängig sein.

Als Basis für die erreichbare Grösse des zukünftigen Wasserverbrauches ist neben dem stetigen Wachsthum der Einwohnerzahl und der Bedürfnisse der k. k. Kriegsmarine während der nächsten 20 Jahre, auch die industrielle Entwicklung und ein erhöhter Handelsverkehr in Anschlag zu bringen.

Ganz besonders aber muss Fürsorge getroffen sein für den ausserordentlichen Fall einer grösseren Besatzung und Truppenconcentrirung innerhalb der Festungszone der vorgeschobenen Forts und für den ausserordentlichen Bedarf einer in Kriegsbereitschaft zu haltenden, an Torpedoboten reichen Kriegsflotte. Rechnet man hierzu noch die Wichtigkeit der Vermehrung und entsprechenden Vertheilung von Wasserbezugsorten ausserhalb der Stadt, insbesondere z. B. an für aussergewöhnliche Truppenconcentrirung geeigneten Lagerplätzen, so scheint es zweckdienlich, dass das zur Benützung heranzuziehende Wasserquantum eher zu reichlich als zu knapp geschätzt werde und dass überhaupt alles nutzbare Wasser der Umgebung von Pola, sich soweit als möglich im Besitz des k. k. Kriegsärars und unter dem Sanitätsschutz und der Verbrauchscontrole des k. k. Festungs- und Hafeneommandos befinde.

Nach Ausweisen vom Jahre 1880 betrug die Bevölkerung von Pola 24.190 Consumenten (18.500 Civilpersonen, — 5600 Militärpersonen). Die Annahme, dass die Zahl von 30.000 Consumenten jetzt nahezu erreicht ist und dass dieselbe in 20 Jahren auf 40.000 Köpfe heranwachsen kann, ist nicht übertrieben. Rechnet man dazu die Möglichkeit einer zeitweiligen Truppenconcentration von 40 bis 50.000 Mann innerhalb der Befestigungszone, so ergibt sich die nothwendige Sicherung eines für 80 bis 90.000 Consumenten ausreichenden Wasserquantums.

Im Jahre 1879 und 1880 betrug der Consum bei der angeführten Zahl von Consumenten pro Tag durchschnittlich 2200 Cubikmeter, und erreichte im Monate Juni 1880 das Maximum von 2455 Cubikmeter, den nicht genau festzustellenden Bedarf des Arsenal's mit inbegriffen. Man kann also annehmen, dass das 4fache dieses abgerundeten Maximal-

bedarfs für 24.190 Consumenten und das Arsenal auch nach 20 Jahren noch allen erhöhten und ausserordentlichen Anforderungen werde genügen, den Fortschritt der Industrie und des Handels werde fördern, und dem k. k. Kriegsärar Sicherheit für alle Fälle werde bieten können.

Es muss also die Schaffung von Wasserförderungs- und Vertheilungseinrichtungen für einen Verbrauch von täglich 10.000 Cubikmeter als das anzustrebende Ziel in's Auge gefasst werden.

Dieses Quantum wird für den sich in ruhigem Tempo steigern den Bedarf und Fortschritt der Stadt und der militärischen Einrichtungen durch lange Zeit als reichlich und für Ausnahmefälle als noch gut zureichend gelten können.

Nachdem aus der Karolinenquelle bei tiefstem Wasserstande im Juli und August des Jahres 1880 und 1884 noch 2859 Cubikmeter im Tage gepumpt werden konnten, so ist die Annahme berechtigt, dass nach Durchführung der allgemeinen Stauung und des speciellen Schutzes gegen den Verlust von einbeziehbaren Nebenabflüssen auch in gleich ungiünstigen Trockenperioden noch mindestens 3000 Cubikmeter aus dem vergrösserten Bassin der Karolinenquelle werden geschöpft werden können. Den Hauptposten von 7000 und mehr Cubikmeter wird das grosse Sammel- und Zuflussgebiet der Valle lunga-Quellen in das Druckreservoir des Monte grande (45 Meter) oder des nahen Monte Valmarin (67 Meter) auch in trockenen Zeiten vollauf zu liefern im Stande sein.

Wir sehen hierbei vorläufig von der Frage der Beschaffung eines das zulässige Durchschnittswasser der Karolinenquelle an Güte bedeutend übertreffenden Trinkwassers, welche einer besonderen Behandlung bedarf, ab.

Es sind somit wegen der Eignung zur Deckung des normalen und des aussergewöhnlichen Hauptbedarfs als Hauptobjecte der nothwendigen Vergrösserung und Verbesserung der Wasserversorgung von Pola zu benützen und zu installieren:

1. Das Zuflussgebiet der Küstenquellen von Valle lunga unter dem Monte grande. Taf. IV, Nr. 1.

2. Das Sammelbecken der Karolinenquelle. Taf. IV, Nr. 2.

Diesen Hauptobjecten schliessen sich eine Reihe von Neben- und Eventualobjecten an, welche theils als nothwendige oder nützliche Ergänzung mit den Hauptobjecten in Verbindung stehen, theils selbstständig als Ersatz für die eventuell doch nicht genügende Qualität in Aussicht genommen werden können.

1. Die neuen Wasserbezugsanlagen im Niedererschlagsgebiete von Valle lunga.

Hauptobject. Bei keinem Object fällt die Nothwendigkeit und Möglichkeit der Anwendung des von dem Verfasser bereits in der Beantwortung einer ersten Zuschrift des k. k. Reichskriegsministerium „Marine-Section“, Verhandl. d. k. k. geol. R.-A. hervorgehobenen Principis der Rückstauung der Küstenquellen so deutlich in's Auge als in diesem Gebiete. Es erfordert hier der Länge der Austrittszonen der Quellen entsprechend auch eine grössere Ausdehnung.

a) Die Hauptbasis für die Gewinnung eines von der Mischung mit Salzwasser freien, grossen Wasserquantums bildet ein ausreichender Schutzdamm. Es ergibt sich nach der auf der geologischen Karte

der Umgebung von Pola und der Planskizze Taf. IV, Nr. 1 ersichtlichen Einzeichnung dafür eine Gesamtlänge von etwa 400 Meter. Bei einer Durchschnittsbreite von einem Meter und einer Gesamthöhe von 3 Meter würde sich bei Zugrundelegung der in Pola geltenden Preistabelle für Marinebauten der generell geschätzte Kostenvoranschlag mit 30.000 fl. österr. Währ. annehmen lassen.

Die Höhe ist mit Berücksichtigung der normalen und aussergewöhnlichen Wasserstandsverhältnisse im Hafen von Pola, deren beifolgende Darlegung der Vorstand der Abtheilung Sternwarte des k. k. hydrographischen Amtes, Herr k. k. Corvettenkapitän F. Laschober für den speciellen Zweck zu verfassen, die Güte hatte, angenommen.

Der Unterschied zwischen dem tiefsten und höchsten Wasserstande unter ungünstigsten Verhältnissen beträgt nach 10jährigen Erfahrungen 2 Meter.

Hierzu ist ein allgemeines Hinabgehen mit der Spaltenverdämmung durch Cementverkleidung im Kalksteinboden (zugleich Fundirung der Mauer) bis 0.75 Meter unter den tiefsten Ebbestand und eine Erhöhung der Hauptschutzmauer auf 0.25 über den aussergewöhnlichen Hochfluthstand gerechnet, so dass die Annahme von 3 Meter vollauf genügt. Man hätte, um diesen Abschluss noch zu vervollkommen, eventuell auch die noch tiefer abwärts reichenden Spalten und Hohlgänge zu beachten und dieselbe im Anschluss von der Rückseite der Cementmauer her nach einwärts und abwärts so vollständig als möglich mit geeignetem Füllmaterial zu schliessen.

Für den Erdaushub und Steinsprengung wurde ein hoher Mittelpreis angenommen, da der grössere Theil der Sprengarbeit derjenige unter Wasser sein wird. In Bezug auf das Mauerwerk kann für eine generelle Schätzung auch nur ein höherer Mittelpreis angenommen werden, da die Berechnung, wie viel Procent je auf verschiedene, dabei in Anwendung kommende Mauerwerksarten entfallen würde, ja überhaupt erst Sache der Detailvorschläge und Berechnungen des für die Ausarbeitung von Detailplänen bestimmten Wasserbau-Ingenieurs nicht aber eines Geologen sein kann.

Als Vor- und Versuchsarbeit wären von diesem Damm zum Abfangen und Rückstauen der ersten und letzten Quelle in je einem hinterliegenden Bassin mit Ueberfallsabfluss etwa 90 Cubikmeter mit 2250 fl. bis 3000 fl. in Aussicht zu nehmen, vorzugsweise zu dem Zweck, um zunächst die nach Abhaltung der Salzwasserzuffüsse zu erhoffende Güte des Wassers prüfen zu können. Dabei wird zugleich eine genaue Berechnung über die effective Preishöhe des laufenden Meters der schliesslich gewählten Schutzmauereconstruction zu erzielen sein.

b) Die Stollenanlage zerfällt in einen Aufschlussstollen, einen Hauptsammelstollen und eventuell in einige Sammelkammern und Seitentollen. Wahrscheinlich werden letztere ganz entbehrlich sein. Dieselben würden die Möglichkeit bieten, den Hauptzufluss zu einem unterirdischen Hauptsammelbassin zu verstärken, im Fall einmal das Bedürfniss vorläge; sie werden deshalb hier nur angedeutet, nicht aber in Rechnung gebracht. (Siehe geol. Karte von Pola.)

Der Aufschlussstollen müsste von dem nahe ober dem ersten Quellen-Austrittspunkt nordnordöstlich anzufahrenden Stolleneingang 150

bis 280 Meter weit gegen WNW, mit etwa 4·5 bis 5 Meter Ortsfläche fast s6hlig getrieben werden, um an der Stelle, wo er den Hauptzweig des die 6stlichen K6stenquellen speisenden Abflusses aus dem Monte grande-Becken oder vielleicht eine bassinartige Erweiterung desselben trifft, mit der ersten Sammelkammer f6r die Regulirung des Abflusses abzuschliessen.

Hier erst wird man noch genauere Anhaltspunkte 6ber die G6te des Wassers und 6ber die zu erwartende Quantit6t gewinnen k6nnen. Jedenfalls w6rde man schon hier ein gr6sseres, durch den vollst6ndigen Abschluss aller K6stenquellen gegen das Meer im Niveau sich erh6hendes unterirdisches Sammelbassin von m6ssig k6hlem Wasser anlegen k6nnen, aus dem durch eine Schachthanlage mit Maschinenhaus ein grosses Quantum in ein auf Monte Carsiole oder das alte Fort Monte grande zu verlegendes Druckreservoir mit Dampfkraft gehoben werden k6nnte.

Zeigt das Wasser eine so befriedigende Qualit6t in Bezug auf Temperatur, Geschmack und Reinheit von organischen Bestandtheilen und eine 6berdies hygienisch noch gleich zul6ssige chemische Beschaffenheit wie das Wasser der Karolinenquelle, so dass es nicht nur zur Entlastung der Karolinenquelle f6r den Arsensbedarf, Strassenbespritzung und Gartenanlagen etc., sondern auch als Trinkwasser benutzbar w6re, so tritt die Frage der Anlage eines l6ngeren Hauptstollens in den Vordergrund.

Der Hauptstollen w6re bis 6ber den Foibakessel hinaus durch dessen Liegendenschichtenzone bis nahebei unter die Strassenstrecke zwischen dem alten Fort Monte grande (45 Meter) und Monte Valmarin zu f6hren, wie auf der geologischen Karte ersichtlich gemacht ist. Es w6re dies eine Stollenl6nge von etwa 1300 Meter zwischen der Schlusskammer des Aufschlussstollens und der Schlusskammer f6r das unterirdische Hauptbassin zwischen Monte grande und Valmarin. Der Spiegel des Stollenbassins mit 5 Meter Seeh6he angenommen, w6rde ein Schacht mit etwa 35 Meter Tiefe anzulegen sein, um das Wasser auf das Niveau der Strasse und dar6ber hinaus in das projectirte Druckreservoir auf dem 67 Meter hohen Monte Valmarin zu heben. Dieses w6rde den grossen Vorzug haben, dass man bei einer Eintiefung des Reservoirs in die Felsunterlage um 5 Meter, noch nahezu 20 Meter Ueberdruck f6r hochgelegene Geb6ude, wie das Marinespital gew6nne, dessen Dachraum 42·60 Meter 6ber dem Nullpunkt liegt und daher weit ausserhalb der Druckleistung der nur 27·32 Meter hochgelegenen Bodenfl6che des oberen, sogenannten neuen Castellreservoirs liegt, welchem jetzt die Bef6rderung des Wassers nach dem Sammelreservoir unterhalb dieses Spitalgeb6udes zuf6llt.

An der Stelle des Schachteinganges liesse sich wohl auch eine Vorbohrung f6r die Schachthanlage auf 30 bis 50 Meter ausf6hren, ehe der Hauptstollen angelegt wird. Dieselbe w6re nur als eine Untersuchungs- und Vorarbeit f6r die Ausf6hrung des Wasserhebungsschachtes anzusehen und k6nnte eventuell eine Modificirung bez6glich der F6hrung des Hauptstollens herbeif6hren. Wir gehen hier jedoch nicht von diesem Eventualfall, sondern von der vollkommenen Durchf6hrung der Stollenanlage mit Wasserhebungsschacht, Maschinenhaus mit Dampfpumpe und 62 Meter hoch gelegenem Boden des Druckreservoirs aus.

Nach den bei dem Bergbau in Carpano gemachten Erfahrungen kostete bei 4 bis 5·4 Quadratmeter Ortsfl6che der laufende Meter eines

Stollens im festen Kreidekalk 25 bis 30 fl. (bei Streckenbelegung mit 9 Mann und monatlicher Ausfahrung von 15 bis 20 Meter); in den dünnergeschichteten, kohlenführenden Protocän- oder Cosinakalken wegen des Wechsels mit mürberen Zwischenmitteln und nur 6 männlicher Belegung bei gleicher Streckenleistung nur 15 fl. österr. Währ. Dazu wäre noch ein Aufschlag von 5 Procent auf Untermauerung, Holzstützen etc. zu rechnen.

Die ganze Stollenführung des Aufschlussstollens wie des Hauptstollens würde sich in den Schichten des Plattenkalksteins und der Dolomitzonen, und zwar in beiden Fällen vorwiegend quer bis senkrecht auf das Streichen der Schichtung bewegen. Es wird vielleicht wenig an Ausmauerung und Firststützen nothwendig sein, doch ist die Wahrscheinlichkeit des Antreffens von Hohlräumen in Betracht zu ziehen.

Die Arbeit im Plattenkalkstein und Dolomit der Kreide-Formation steht der in den Protocänkalken näher als der im festen Kreidekalkstein. Wir werden daher hier nicht weit felgehen, wenn wir das Mittel aus den genannten Preisen für die gleiche Arbeitsleistung und der Annahme von 5 Quadratmeter Ortsfläche (etwa 2·4 Meter Breite, 2·6 Meter Höhe) annehmen. Der Kostenüberschlag für den Aufschlussstollen von 280 Meter würde dann 5600 fl. österr. Währ. und mit 5 Procent Zuschlag nahezu 6000 fl. ergeben, während der Hauptstollen von 1300 Meter Länge mit Zuschlag 27.300 fl., somit die Gesamtstollenführung auf etwa 33.000 fl. österr. Währ. zu veranschlagen wäre.

Hierzu kommen noch die Kosten für die Schachtanlage, das Maschinenhaus mit Dampfmaschine und Saugrohr, das Druckreservoir mit etwa 1000 Cubikmeter Fassungsraum und die Leitungsanlagen mit den Auslaufbrunnen, welche natürlich sehr weit ausgedehnt sein können, wenn man nicht nur die Hauptleitung bis in das Arsenal, sondern auch Zweigleitungen für den ganzen Artillerie-Laboratorienrayon und die Lagerplätze in Betracht zieht. Die Schachtanlage mit 4000 fl., Maschinenhaus sammt Dampfmaschine und Saugrohrleitung auf 30.000 fl. Druckreservoir auf Monte Valmarin auf 25.000 fl. und die Gesamtleitungsstrecken von 6000 bis 7000 Meter Länge auf 55—60.000 fl. veranschlagt, ergäbe eine Maximalsumme

von	119.000 fl. und mit Hinzurechnung der obigen Posten
„	30.000 fl. für die Schutzmauer gegen das Meer und
„	33.000 fl. für die gesammte Stollenanlage

Summa „ 182.000 fl. als Gesamtvoranschlag für die

Installation der ganzen neuen Wasserbezugseinrichtung mit der Druckhöhe von 62 Meter über dem Meeresniveau oder 35·78 Meter über der Bodenfläche des Hauptreservoirs im Castell, 40 Meter über dem Spitalreservoir und 19·4 Meter über der Höhe des Dachsaumes des k. k. Marinespitalsgebäudes selbst.

Eine Verringerung der Kosten könnte vielleicht für das Reservoir auf Valmarin in dem Fall in Aussicht gestellt werden, dass der von dem abgetragenen Fort am Monte grande zurückgebliebene Rest von guten Hausteinen (Platten- und Quadersteinen) dafür mit verwendet werden könnte.

Die grossen Vortheile, welche die Ergänzung der bestehenden Wasserversorgung im Fall der Möglichkeit der vollständigen Ausführung

dieses Hauptprojectes bieten würden, sind augenfällig. Das Endurtheil darüber kann jedoch nur auf Grundlage der vorgeschlagenen Aufschlussarbeiten und der Voruntersuchungen über die erreichbare Qualität des Wassers der Zuflüsse, welche die Küstenquellen von Valle lunga speisen, abgegeben werden.

Als Nebenobjecte dieser Wasserbezugsgebiete kommt noch der Foibakessel und die Spaltenquelle bei Pra Gorgo in Betracht. Unbedingt nothwendig und unter die Vorarbeiten für das Hauptobject einzustellen ist die Reinigung des Foibakessels und die Schutzvorrichtungen gegen fernere Verunreinigung.

Dies dürfte mit einem Kostenaufwand von 1500—2000 fl. erreichbar sein.

Das Wasser des Foibakessels verdunstet nur zum geringen Theil, es sinkt vielmehr mit dem allgemeinen Grundwasserstand des Muldengebietes, dem es angehört und trägt daher zur Verunreinigung des Küstenquellenwassers durch organische Substanzen bei. In dem Falle, als der Wasserhebungsschacht nordwärts von dem Kessel angelegt würde, käme dies allerdings kaum in Betracht. Es ist jedoch nothwendig für die Voruntersuchung über die erreichbar beste Qualität des Ausflusswassers und für den Fall, dass der directe Wasserbezug nach dem Gefäll der Stollensohle oder aus einem südlich vom Foibawasserspiegel angelegten Schacht vorgezogen werden sollte.

Eine Adaptirung des Foibakessels als Reservoir für den Bedarf eines nahen Lagers liesse sich leicht, wenn auch mit etwas grösseren Kosten durchführen. Es wäre dazu nothwendig, eine ringförmige Abschlussmauer um die oberen Randflächen, stufenförmige Anlage und Betonverkleidung für die Niederschlagsfangflächen der Abfälle nach den unteren Steilwänden, Cementverkleidung des Bodens, Einsatz eines Abflussrohres nach der Tiefe für den höheren Wasserstand — Verlegung von Viehtränken nach ausserhalb von der oberen Randmauer und Versorgung derselben durch einen Auslaufbrunnen der Nebenleitung von Monte grande (Valmarin) im Fall der Ausführung des Hauptprojectes oder durch eine Pumpvorrichtung bei Bezug aus dem Naturkesselreservoir der Foiba selbst. Ueberdies könnte dasselbe, im Falle es bedeckt werden sollte, der leichteren Bedachung wegen durch eine Diagonalmauer getheilt werden und im Fall die Probe der Verbesserung der Güte des Regenwassers als Trinkwasser — durch längeres Abfliessen in krystallinischem Kleinschotter und Grobsand (Granit oder Gneissmaterial) — günstig ausfiele, auch die Anlage von die Betonfangfläche schneidenden Sammel- und Ablaufgräben mit Granitgrus und Schotterfüllung eingeführt werden. Für eine solche Ausnützung des Foibakessels als Natureisterne mit regulirtem Ablauf dürfte eine Summe von 10—15.000 fl. ausreichen.

In einem Vorschlag für nothwendige Vorarbeiten würde für erste Reinigungs- und Schutzarbeiten nur die kleinere, obengenannte Summe und für Reinigung und Nutzbarmachung des Quellwassers oberhalb Pra Gorgo 500 fl., also im Ganzen 2000 bis 2500 fl. anzusetzen sein. Nicht in Rechnung gebracht ist der Erwerb von Grund und Boden. Derselbe käme hierbei für die Umrandung des Foibakessels und den Kessel selbst, für wenige Quadratmeter bei Pra Gorgo und für die Schachtenanlage und den Platz für das Maschinenhaus des Hauptobjectes — in Betracht, da

die Strecke der Küstenquellen mit dem Stolleneingang kriegsärarischem Grunde zugehört. Nachdem das k. k. Aerar Grund und Boden von Privaten gewöhnlich nicht zu dem ortsüblichen Durchschnittspreis zu erlangen vermag, so würde eine diesbezügliche Schätzung von kahlem Felsboden oder von Weide und Niederbuschterrain wahrscheinlich zu gering ausfallen. Es kann daher vorläufig nur in den Gesamtvoranschlag ein gewisser Pauschalbetrag für Erwerb von Grundstücken eingesetzt werden.

Im Gebiete von Siana würde der Erwerb der Gehängflächen, welche um das Fort S. Giorgio herumliegen bis abwärts zur Höhenquote von 30 Meter Seehöhe für das k. k. Kriegsärar in jedem Falle von Nutzen sein können. Sollte die Anlage eines grossen, auf die directe Aufsammlung des Regenwassers durch reine geeignete Fangflächen und mit Granitschotter gefüllte Zuleitungscanäle basirten Trinkwasserreservoirs als Aushilfs- und Nothdepôt für Trockenperioden und als ständige Abgabequelle eines mit höherem Bezugszins zu berechnenden, besseren Trinkwassers, zunächst als überflüssig betrachtet werden, wegen des guten Erfolges bezüglich der erreichbaren Verbesserung der Qualität des aus einem der beiden Hauptquellgebiete gelieferten Normalquantums, — so ist damit doch ein anderer Vortheil erreichbar. Es wären diese Gehänge sowie diejenigen des Monte Ghiro dann für Aufforstung und zur Anlage von Forstculturen in Betracht zu ziehen. Auf indirectem Wege für das längere Festhalten der Bodenfeuchtigkeit während der Trockenperioden etwas beizutragen und dieses Terrain für den erstgenannten Bedarfsfall dennoch zur Verfügung zu halten, ist ohne Zweifel ein durchaus beachtenswerther Vorschlag.

Der Posten von etwa 70.000 fl., welcher für ein derartig eingerichtetes, beliebig in Bezug auf Fangflächen, Zuflusscanäle und Fassungsraum durch Anbau von Seitenkammern vergrösserungsfähiges Niederschlagsreservoir einzustellen wäre, kann demnach für den Fall genügender Verbesserungsfähigkeit des Wassers der Karolinenquelle oder des Monte grande-Gebietes als Reservefond für Aufforstung grösserer Gebietsstrecken innerhalb des Hauptniederschlagsrayons der in Verwendung genommenen Sammel- und Quellgebiete und für unvorhergesehene Mehrausgaben betrachtet werden und wäre nur dann in seiner ursprünglichen Bestimmung voll zu verwenden, wenn der Erfolg der befürworteten kleinen Versuchsanlage dazu drängen sollte und die Aussicht auf Tilgung des Anlagecapitals für eine solche besondere und neuartige Trinkwasserbeschaffung gesichert wäre.

Zu den auf jeden Fall in erster Stelle nothwendigen Verbesserungen und Neueinrichtungen im Sianagebiet gehören: 1. Die Schutzmauer gegen das Eindringen des Meeres an der Fieberbrücke mit 4000 fl. 2. Die Regulirung und Ausmauerung des unteren Theiles des Abflusscanales oberhalb der ganzen Canalstrecke unterhalb der Brücke und Schutzmauer sammt theilweiser Ueberwölbung, Herrichtung von öffentlichen Waschbassins und Schleusse etc. mit etwa 12.000 fl. 3. Die in Folge näherer Untersuchung sich möglicher Weise, als sanitär höchst wünschenswerth zeigende, besondere Ableitung der Sickerwässer des Friedhofgrundes aus dem Bereich der Wasserzuflüsse nach dem Fieberbrunnen mit vorläufig schwer abzuschätzendem Kostenüberschlag (etwa 3 bis 5000 fl.).

Von der Gesamtsumme von 91.000 fl., welche auf Neueinrichtungen und auf Schutzbauten für bestehende Objecte im Siana-Gebiet entfallen würden, sind bis zu einem gewissen Grade alle, insbesondere aber die letzteren ganz direct im Interesse der Stadtgemeinde gelegen. Es würde daher wohl ausser der Stadtvertretung auch das Land, die k. k. Statthalterei, sowie das k. k. Ministerium des Inneren dem hohen k. k. Reichskriegsministerium „Marine-Section“ in Bezug auf die Initiative, welche dasselbe zur Beseitigung aller empfindlichen Wasserversorgungsmängel ja doch auch zum Wohle der Gesamtbevölkerung noch weiter zu ergreifen gedenkt, entgegenkommen und einen Theil der aus der Vervollständigung der Wasserbezugs-Einrichtungen erwachsenden Lasten tragen helfen.

Nächst den projectirten Neuanlagen zwischen Valle lunga und Monte grande-Valmarin, haben in Bezug auf die Ausdehnung und Mannigfaltigkeit der einzelnen Objecte und auf den hinsichtlich der Ausnützung der vorhandenen Wassermenge und der Verbesserung der Qualität angestrebten Hauptzweck die Vorschläge, welche sich an die bestehenden Wasserlieferungseinrichtungen der Karolinenquelle und der von derselben gespeisten Druck- und Hilfsreservoirs auf dem Castellberg und vor dem Marinespital in S. Polycarpo anschliessen, die grösste Wichtigkeit.

In dem Gebiete von Val Siana sind, abgesehen von dem Eventualproject eines hochgelegenen Sammelbassins für vollkommen gutes Trinkwasser auf Monte S. Giorgio fast nur Schutzeinrichtungen gegen Verschlechterung der Qualität des Fieberbrunnenwassers und der Seitenzuflüsse des Sammelgebietes der Karolinenquelle zu treffen.

Im Gebiete der Karolinenquelle wären neben den gleichfalls notwendigen, derartigen Vorkehrungen, besonders solche Einrichtungen zu befürworten, welche eine Verstärkung und constante Ausnützung der vorhandenen Wassermenge und eine allgemeine Qualitätsverbesserung herbeizuführen vermögen.

a) Vorkehrungen zum Schutz gegen Verunreinigung sind:

1. Eine das Bassin der Karolinenquelle gegen das Zusitzen von Sickerwässern aus der rückwärts liegenden Gehängschuttstufe abschliessende, tiefer gehende Cementverkleidung. Da zugleich auch eine Vergrösserung des Bassins nach der Bergseite zu in Vorschlag gebracht wird, so wäre jene erst in Verbindung mit dieser Arbeit durchzuführen, indem man unmittelbar hinter der Grundmauer der Rückwand des Bassin- und Maschinenhauses eine tiefer in die feste Kalkfelsunterlage hinabgehende Cementmauerumfassung anlegt. Dieselbe dürfte das Niveau der Austrittsspalten nicht ganz erreichen, jedoch kann die wünschenswerthe Tiefe erst festgestellt werden, wenn durch den Gesteinsaushub in dem Umfassungsgraben, in welcher die Cementmauer eventuell in Verbindung mit einem kleinen äusseren Abflussscanal eingesenkt werden soll, die Beschaffenheit des Gesteins sowie der Schichtung und Klüftung näher geprüft werden kann.

Der Kostenüberschlag wäre daher auch in Verbindung mit dem Voranschlag für die ganze Bassin- und Gebäude-Erweiterung anzusetzen.

2. Eine Betonüberkleidung der das Maschinenhaus mit dem Bassin zunächst umgebenden Schuttflächen wäre schon vor dieser wahrscheinlich erst in einer späteren Bauperiode zur Ausführung

kommenden Hauptarbeit sehr empfehlenswerth, wenn die Gefahr nicht vorläge, dass dieselbe bei Gelegenheit des neuen Anbaues und der Materialaushebung für die Schutzmauer zum Theil wieder zerstört werden müsste und zum grossen Theil durch den Zufuhrverkehr beschädigt werden könnte. Die Bedeckung des Schutt-Terrains mit von den Grundmauergrenzen des Gebäudes abgeneigten Betonflächen könnte daher nur in dem Fall zur baldigen Ausführung in Frage kommen, wenn die Erweiterung des Bassins und Maschinenhauses überhaupt nicht in Betracht genommen werden sollte.

3. Als vorläufiger Ersatz zur Verhinderung des Eindringens von Sickerwässern aus dem Schuttterrain der Umgebung müsste daher die Ausbesserung der innseitigen Bassinwände durch Verkleidung der Fugen der oberen Bassinstufen und eine tiefer reichende, vollständigere Ausmauerung genügen. Es liesse sich dies zugleich mit einer Vorarbeit für die Erweiterung des Bassins verbinden, welche auch an sich von Vortheil sein würde, selbst für den Fall, dass diese Vergrösserung nach der Bergseite zu nicht zu Stande käme. Diese Arbeit bestände in einer vollständigen Theilung des bestehenden Bassins durch eine höhere mittlere Quermauer bis hinab zum Niveau der Quellspalte, in der Weise, dass der Theil, in welchem sich die Saugrohre der jetzigen Leitung und der Quellaustritt befinden, von dem zweiten Abschnitt abgeschlossen wäre. Hier würde das Gestein stufenweise bis zum Niveau des Quellaustrittes in der Nebenkammer herausgenommen werden und die Cementverkleidung (Ziegelmauerwerk in Cement) stufenförmig nach abwärts fortschreiten können. Ein durch die Zwischenwand unmittelbar über dem Quellenniveau schräg geführte Gesteins-Durchbohrung für ein eisernes, beiderseits mit Klappe schliessbares Verbindungsrohr würde die Möglichkeit bieten, den Auftrieb der Quelle nach dem einen oder dem anderen Bassinabschnitt zu leiten oder in beiden zugleich wirken zu lassen. Zu diesem Zweck wäre überdies die Einfügung eines periodisch in Wirksamkeit setzbaren Abschlusses des Wasserauftriebes für jeden der beiden Bassinabschnitte erforderlich.

Es wäre in diesem Falle auch die Möglichkeit geboten, ohne Gefährdung der Hauptspalte in der abgeschlossenen und auspumpbaren Nebenkammer eine Untersuchung in grössere Tiefe fortzusetzen, ohne die normale Wasserförderung für die Druckreservoirs zu unterbrechen.

4. Als dringlich und mit einer vorläufigen Pauschalsumme unter die nächstliegenden Vorarbeiten einzureihen sind die Untersuchung und die Abschlussvorkehrungen bei den natürlichen Abzugsschlünden im Kalkfelsen gegen die mit Terra rossa-Schlamm geschwängerten Regenrinne. Es dürfte mit etwa 1500 bis 2000 fl. schon Wesentliches geleistet werden können.

b) Als Neueinrichtungen und Ergänzungsbauten zur constanten und vollständigeren Ausnützung der von der Karolinenquelle lieferbaren Wassermenge lassen sich in Vorschlag bringen:

1. Die bereits erwähnte Vergrösserung und Zweitheilung des Bassins der Karolinenquelle mit entsprechender Vertiefung der neuen Kammer nebst der Installation mit dem entsprechenden Verbindungsrohr und einem Reserve-Saugrohre für den zweiten Bassin-Abschnitt. Die Vergrösserung des Bassins nach der Bergseite zu um 1.5 Meter dürfte

genügen. Eine Ausdehnung in der Breite gegen den Kugel- und Geschütz-Depôt-hof würde nur im Fall der Installirung einer neuen Reservemaschine nothwendig sein, welche vorläufig nicht in Betracht genommen zu werden braucht. Für die gesammten Ergänzungs- und Schutzeinrichtungen für das Bassin (Vergrößerung, Zweitheilung, hintere Schutzmauer und Betonbelegung der Umgebung) werden etwa 20.000 fl. in Rechnung zu stellen sein.

2. Die Aufsuchung, eventuelle Fassung und Zuleitung der aus einer Spalte unter der Arena abfließenden Seitenquelle, welche in der Nähe des Abflussrohres für das Ueberfallwasser der Karolinenquelle durch den Schutt und die Quaimauer in den Hafen fließt, würde wahrscheinlich gelingen, wenn man längs dem Bruchrand unterhalb der Arenakalkstufe einen hinreichend tiefen Graben ziehen wollte, um eine Schutzmauer gegen das Eindringen des Seewassers durch unterhalb der Schuttdecke in den Felsboden ziehende Querspalten einzubauen. Da jedoch bezüglich der Fortsetzung dieser Terrainaushhebung gegen die Karolinenquelle zwischen der Arena und dem zunächst der Bruchwand der Felsstufe stehenden Gebäude sich Schwierigkeiten ergeben könnten, so wäre zunächst als Voruntersuchung an zwei Stellen dieser Strecke eine schachtartige Erd- und Gesteinsaushebung bis etwa 1 Meter unter das Niveau des Ebbestandes vorzunehmen. Die eventuell auszuführende Abschliessungswand wäre entsprechend ihrer Länge von etwa 250 Meter nach dem Kostenpreis der Sperrmauer an der Fieberbrücke zu berechnen, deren Ergänzung sie bilden würde. Nach der anderen Seite von der directen Umfassungsmauer des Karolinenquellbasins hätte dann die Sperrmauer Anschluss, welche den eventuellen ungünstigen Einfluss der Verbindungsspalte mit dem Sickerwasserabzug der Schuttzone ostwärts vom Castellberg und mit den Abflüssen höherer Wasserniveaustände des Prato grande-Gebietes aufzuheben bestimmt ist. Diese beiden Strecken von zusammen beiläufig 400 Meter, müssten, im Fall ihre Nothwendigkeit oder Ersprisslichkeit für den grösseren Schutz der Karolinenquelle anerkannt würde, mindestens mit beiläufig 30.000 fl. in den Kostenvoranschlag eingesetzt werden.

Die angedeutete diesbezügliche Voruntersuchung liesse sich wohl mit 300 bis 400 fl. durchführen.

3. In Bezug auf den Kostenpunkt bildet das Hauptobject, welches zur vollständigeren und constanteren Ausnützung der Karolinenquelle dienen soll, die Anlage von neuen Sammelreservoirs auf dem Castellberg. Da diese Anlage jedoch im engsten Zusammenhang steht mit den Vorschlägen zu der Haupteinrichtung, welche der Qualitätsverbesserung dienen soll, so stellen wir sie unter einem zu diesem Posten des Kostenvorauschlages.

c) Umänderungen und Neuanlagen zum Behuf der Qualitätsverbesserung des Wassers der Karolinenquelle.

Auch in dem Fall, dass das aus dem Valle lunga-Monte grande-Gebiet gelieferte Wasser ein zulässiges Trinkwasser von niedrigerer Temperatur liefern sollte, würde es doch die Benützung des Wassers der Karolinenquelle als Nutz- und Trinkwasser nicht entbehrlich zu machen vermögen.

Es wird demgemäss der jetzige Reservoirbestand auf dem Castellberg als durchaus unzulänglich auch für diesen Fall erscheinen.

Das alte äussere Reservoir unter der Castellhöhe mit einer Bodenhöhe von 25·07 Meter (über dem Nullpunkt der Baudirectionen) und 4·11 Meter Wasserstand fasst 1198 Cubikmeter. Das neuere Reservoir im Castellhof mit 27·32 Meter Bodenhöhe und 5·68 Meter Höhe des Wasserspiegels über dem Boden hat 1629 Cubikmeter Inhalt. Das kleine Hilfsreservoir vor dem Spital in S. Polycarpo endlich hält bei einem Wasserstand von 2·40 Meter Höhe über dem Boden nur 370 Cubikmeter und liegt nur 21·10 Meter über jenem Nullpunkt (d. i. dem Meeresspiegel bei Ebbe). Die Summe von 3192 Cubikmeter ist nur wenig höher, als die Karolinenquelle selbst in der ungünstigsten Zeit zu liefern vermöchte. Das höhere Reservoir dient als Druckreservoir für den normalen Tagesbedarf, reicht aber während dieser Zeit bei stärkerer Inanspruchnahme durch den Arsenalverbrauch nicht für die gleichzeitige Speisung des Spitals-Reservoirs aus.

Bei Eintritt starker Trübung wäre ein etwa in dem tiefer gelegenen alten Reservoir bereit gehaltener Vorrath durchaus ungenügend, um auch nur für kurze Zeit Ersatz zu leisten. Sowohl die geringere Druckhöhe als der Fassungsraum würden nur eine der Zeit und wegen der Höhenlage auch der Ausdehnung nach sehr beschränkte Aushilfe gestatten, selbst wenn dieses Reservoir zur Aufnahme und Aufbewahrung von geklärtem oder filtrirtem Wasser bereits eingerichtet wäre. Es besteht aber weder ein Klärbassin noch auch eine Einschaltung von Filterkammern.

Da nun zwischen dem neuen höheren Reservoir und dem tiefer gelegenen sowohl, als besonders auch in den beiden zur Seite gelegenen, von den alten tiefen Festungsgräben umgebenen, vorspringenden Basteien des Castellplanes ein genügend grosser, durchaus in keiner anderen Weise besser ausnützbarer Raum zu Gebote steht, ladet derselbe direct zu seiner Benützung für eine Vergrösserung und entsprechende Adaptirung von die Ausnützung der Karolinenquelle in vollkommenster Weise vermittelnden Reservoiranlagen ein.

Ohne wesentlichen Abänderungen und voraussichtlichen Einwendungen gegen manche Seite des Vorschlags von Seite der Herren Fachingenieure der k. k. Marine irgendwie die vollkommenste Berechtigung absprechen zu wollen, glaubt der Verfasser dieser Studie doch auch in dieser ihm ferner liegenden Seite der ganzen Frage seine Ansicht andeuten zu sollen.

Diese besteht in Folgendem:

1. Als Klärbassin liesse sich das obere, neue Hauptdruckreservoir vielleicht so einrichten, dass es im Falle stärkeren Wasserverbrauches dauernd auch seiner Verwendung als Druckreservoir wieder nachzukommen vermöchte. Um als Klärungs- oder Ablagerungsbassin zu dienen, wäre wohl vorzugsweise nur die Bodenfläche wegen der leichteren Reinigung durch Abspülen schwach quergeneigt zu machen und mit schliessbarem Abzugscanal zu versehen. Dasselbe könnte überdies getheilt werden, damit aus dem ruhigeren Abfluss des einen Theiles das Filter gespeist werden kann, während der andere Raum der 12 bis 36stündigen Klärzeit dient.

Da eine Klärung des Wassers der Karolinenquelle nur zeitweise nothwendig wird und der Eintritt dieser Nothwendigkeit vielleicht durch

die im Vorangehenden in Vorschlag gebrachte Absperrung der bedenklichsten Schlände und Sauglöcher von Terra rossa-Wässern noch seltener gemacht würde, so dürfte es bei weitem vorherrschend der normale Vorgang sein, dass das Karolinenquellenwasser unmittelbar oder nach nur 10 bis 12stündiger Ruhe durch die Filter gehen kann.

Ueber den Kostenpunkt der hier und im Folgenden anempfohlenen Filter- und Reservoirrichtungen lässt sich im Einzelnen nichts feststellen. Es kann ein genauer Voranschlag ebenso, wie die genaue Richtigestellung aller anderen provisorischen Ueberschlagsposten natürlich erst aus dem detaillirteren Studium eines Fachingenieurs und der Verarbeitung der hier entwickelten allgemeinen Ansichten zu einem technisch begründeten Plan hervorgehen.

Wir müssen uns begnügen, schliesslich eine grössere Pauschalsumme zu nennen, welche sich nur auf vergleichsweise Abschätzung stützt.

2. Für die zu einer Verbesserung des Wassers der Karolinenquelle jedenfalls beitragende Einschlebung von grösseren Filterbetten zwischen dem Hauptsammelbassin, mag dasselbe nun zeitweise als Klärbassin fungiren müssen oder nicht, ist genügender Raum vorhanden. Für die Filterbetten selbst, sowie für Ablagerung und Reinigung des Filtermaterials dürfte sich der zwischen den beiden nördlichen Bastionsköpfen und dem unteren Reservoir befindliche Längsraum als vollkommen geeignet erweisen. Es stehen hier etwa 250 bis 300 Quadratmeter zur Verfügung.

Es würden sich also Sandfilter mit Bruchstein und Grobkies-Unterlage (von Granit und Gneiss) hier anlegen lassen, aus welchen das Wasser nach drei Seiten in etwas tiefer liegende Reinwasser-Reservoirs abfliessen könnte. Von diesen könnte das untere alte Reservoir als Aushilfs- und Nothreservoir bestehen bleiben, während die neuen beiden, die seitlichen Bastions- und Grabenräume einnehmenden Bassins mit einem etwas höheren Bodenniveau (26 bis 26·5 Meter) als constante Druckreservoirs zu dienen hätten. Diese Höhe würde für den grössten Theil der Stadt genügen, wenn die höchsten Lagen und das Arsenal durch das Reservoir von Monte Valmarin versorgt wären.

Bei der Filteranlage wäre vielleicht die Einrichtung von Nutzen, dass man einen bestimmten Abschnitt des Terrains als besonderen Filter-Abschnitt nur für die stärkere Trübung in Verwendung setzt und versucht, ob nicht eine Ersparung des zu häufigen Abhubes der obersten verunreinigten Lage des Filtersandbettes sich dadurch bewerkstelligen liesse, dass man eine etwa 10 Centimeter starke Lage von feineren Cokesgries darüber breitet, welcher statt des kostbareren Filtersandmaterials öfter ausgewechselt werden könnte und die zu schnelle und intensive Verschlammung des kostpieligeren Filtersandes verhindern dürfte.

Eine Filterfläche von 200 Quadratmeter würde für das Normalbedürfniss vollständig genügen, wenn man die ganze Wasserversorgungseinrichtung des Castellberges vorzugsweise nur für den Bezug von Trink- und Koehwasser bestimmen wollte. Bei einer mittleren Filtrationsgeschwindigkeit von 3·66—5 M. würden von einer solchen Fläche 732.000 bis 1.000.000 Liter täglich (14—20 Liter pro Kopf für 50.000 Consumenten) geliefert werden können. Diese Trennung als normale Trinkwasseranlage wäre natürlich nur dann möglich, wenn das Werk

am Monte Valmarin als allgemeine Hauptanlage für den übrigen Gemmthedarf erst ausgeführt worden wäre.

Die Kosten würden sich nach verschiedenen in Deutschland gemachten Erfahrungen (100—150 Mark für den Quadratmeter) für Pola im Mittel auf etwa 75 fl. pro Quadratmeter stellen, so dass 22.500 fl. für 300 Quadratmeter Filterfläche in Voranschlag zu bringen wären.

Die Summe von 120.000 fl. müsste für die Neuadjustirungen der alten und den Bau von zwei neuen mit den alten verbundenen Reservoirs in Aussicht zu nehmen sein.

Ohne Zweifel könnte das Wasser der Karolinenquelle durch geeignete Filtration nach Klarheit und Geschmack ein recht gutes Trinkwasser werden, wenn man zugleich mit einer etwas niedrigeren, constanten Temperatur von etwa 9—10° C. für dasselbe auch eine Verminderung des Kalkgehaltes erreichen könnte. Die Einführung von Kühlkammern, d. i. Umgebung jener Räume, in welchen das Wasser längere Zeit steht oder langsam durchsickert (also vorzugsweise des Klärbassin, Reservébassin und der Filterkammern), mit nach amerikanischem System abgeschlossenen, in jedem Winter mit Karstschnee neu zufüllenden Räumen, wäre demnach wohl einiger Vorversuche werth.

Dagegen dürfte der Uebelstand der zu grossen Härte sich im Grossen nicht leicht beheben lassen.

Immerhin aber sollten diesbezügliche Versuche im Anschluss an bisher zwar schon probirte, wenngleich nicht ganz befriedigend ausgefallene Methoden der Entfernung des zu hohen Kalkgehaltes nicht ganz ausgeschlossen bleiben. Der Einfachheit wegen würden sich zunächst Versuche auf Grund des auch bei Clark's „softening process“ angewandten Verfahrens empfehlen, welches darauf beruht, einen Theil des gelösten doppeltkohlensauren Kalkes aus dem Wasser dadurch zu entfernen, dass man dasselbe mit kohlenäurefreiem Kalk in ausgiebige längere Berührung bringt. Es verwandelt sich in diesem Falle ein Theil des im Wasser gelösten Kalkes in unlöslichen, einfach kohlen-sauren Kalk, der sich als Kalkschlamm ausscheiden muss, dadurch, dass Kohlensäure an den gebrannten Kalk abgegeben wird. Dass bei diesem Process auch die freie Kohlensäure des Wassers verloren geht und erst wieder ersetzt werden muss, ist abgesehen von der Umständlichkeit des häufigeren Materialersatzes und der Reinigung dabei ein nicht unwesentlicher Uebelstand. Eine zweckdienliche Art und Weise, wie Vorversuche zur Verminderung des Kalkgehaltes des Karolinenquellwassers gemacht werden könnten, lässt sich vielleicht in einer Verbindung dieser Versuche mit den Versuchen über eine Verbesserung der Filterconstruction durch Mitverwendung von Cokesgries combiniren. Wenn man nämlich als obere Deckschicht des feinen Filtersandes statt einer einfachen Cokesgries-Schicht einen Wechsel von Cokesgries mit ein bis zwei Lagen eines nuss- bis faustgrossen Schotters von nicht zu stark gebranntem Kalkstein zu verwenden versuchte, würde man zu gleicher Zeit vielleicht zweierlei erreichen können. Das Wasser würde erstlich, im Fall es trüb ist von feinem Terra rossa-Schlamm, den wesentlichsten Theil der feinen suspendirten, thonigen Bestandtheile zugleich mit dem — durch Abgabe von Kohlensäure an die mit Löschkalk gemischten Lagen des oberen Filterabschnittes — ausgeschiedenen Gehalt an unlöslich gewordenem, einfach

kohlensaurem Kalk oder, wenn es klar ist, diesen allein — schon über dem feinen Filtersand zurücklassen; zweitens käme dasselbe in einer bezüglich des Härtegrades günstigeren Beschaffenheit in die Reserve- und Reimbassins. Es könnte somit auch in dieser Combination die Filterreinigung, d. i. der Ersatz der verschleimten Lagen des Filtermaterials durch reines Material durch eine sehr lange Zeitdauer auf die leichter ersetzbare Masse über dem Filtersand beschränkt bleiben.

Zu den Versuchs- und Vorarbeiten, welche mit Rücksicht auf die bessere Verwerthung der Karolinenquelle empfohlen werden müssen, gehören demnach:

Versuche im Kleinen: 1. Ueber die Haltbarkeit des festgestampften Karstschnees und über das Verhältniss des Schmelzwasserabflusses zur Abkühlung eines durch Mauerabschluss von der Schneewand getrennten, bestimmten Wasserquantums der Karolinenquelle. 2. Ueber den Schutz des Filtersandes durch Lagen von Cokesgries von verschiedener Feinheit und Höhe. 3. Ueber den Grad der Verminderung des Kalkgehaltes durch Einschaltung von Lagen mit gebranntem Kalk über dem Filtersand. 4. Ueber die Verwendbarkeit von Kohlenlöche zum besseren Schutz von Wasserröhren gegen zu grosse Erwärmung in der Tiefenlage von 0·5—1·0 Meter.

Es würde sich gewiss auch als zweckmässig erweisen, wenn man denjenigen der Herrn Wasserbauingenieure, welcher mit der speciellen Durchführung solcher Versuchs- und Vorarbeiten betraut werden soll, beauftragt, einige der bestehenden neuen Filtereinrichtungen, wie z. B. diejenige in Triest und in Prag, an Ort und Stelle genauer zu studiren, um seinerseits die gewonnenen, neueren Erfahrungen für die Ausarbeitung des diesbezüglichen Specialplanes für den Castellberg mit verwerthen zu können.

Es wird mit der Widmung von 2500—3000 fl. für die genannten Vorversuche zur Erzielung einer Qualitätsverbesserung des Wassers der Karolinenquelle das wesentlich Nothwendige geleistet werden können.

Das Gesammterforderniss für den ganzen zweiten Theil des Gesamtprojectes, welcher die Karolinenquelle betrifft, würde nach unseren generellen Pauschalabschätzungen mit 197.000 fl. zu bemessen sein.

Arbeiten zur Benützung des aus dem Prato grande-Gebiete abfließenden Wassers würden im Verhältniss zu den für die Hauptobjecte von Valle lunga-Valmarin und Karolinenquelle-Castellberg nothwendigen Summen nur eine kleine Erhöhung des Gesamtkostenüberschlages erfordern.

1. Der Abschluss der Abflüsse aus dem Prato grande-Gebiet gegen den Hafen von Veruda, — auf 200 bis 250 laufende Meter der, unter das Ebbeniveau hinabgehenden Cementmauern von 3 Meter Gesamthöhe conform dem Preisverhältniss der Abschlussmauer der Quellen von Valle lunga berechnet, wird mit 18.700 fl. und mit Hinzunahme von zwei kleinen geschlossenen Sammelbassins mit Ueberfall in einen Abflusscanal, einfachen Pumpen und Viehtränken auf ein Maximum von 21.000 fl. einzustellen sein.

2. Für eine Versuchsbohrung innerhalb der Arsenalmauer auf 100 bis höchstens 150 Meter Tiefe unter Meeresniveau durch die dolomitische

Basis der Plattenkalke der Felswände des Monte Zaro und eventuelle Ausmauerung und Adaptirung zu einem Wasserhebungsschacht sammt Saugrohr etc. dürften 12.000 fl. in Voranschlag gebracht werden, wovon 4—5000 fl. für die unter die Vorarbeiten einzustellende Bohrung selbst zu rechnen sind. Die eventuelle, bestmögliche Ausnützung auch der Abflüsse aus dem Prato grande-Gebiet wäre demnach mit beiläufig 33.000 fl. in Ausführung zu bringen.

Wenn wir selbst den Fall annehmen wollten, dass sich die Ausführung aller hier der Beachtung empfohlenen Objecte — für die Ergänzung der bestehenden, sicher unvollkommenen und unzureichenden Wasserbezugs-Einrichtungen von Pola, sowie für die Sicherung einer ausreichenden oder selbst reichlichen Wasserversorgung, als Grundlage der normalen Entwicklung der Stadt und des Kriegshafens zu immer grösserer Blüthe und zugleich als Rückhalt bei dem Eintritt eines aussergewöhnlichen Bedarfes im Kriegsfall, — als *nothwendig* oder *mindestens wünschenswerth* erweisen sollte, so ist die Summe, mit welcher dies erreicht werden könnte, im Vergleich zur Grösse und Wichtigkeit des Zweckes, dem sie dienen soll, eine verhältnissmässig bescheidene.

Es wird Niemand ein den Steuerträgern ohne Noth zugemuthetes Opfer darin erblicken, wenn die hohe Leitung der k. k. Marine-Section in rechtzeitiger Voraussicht nicht nur den dringendsten Bedürfnissen der nächsten Jahre, sondern auch den Zufällen einer unberechenbaren Zukunft entsprechend, ihre Fürsorge für eine möglichst reiche und gute Wasserversorgung der Stadt, des Kriegshafens und des ganzen Festungsrays von Pola zum Ausdruck zu bringen gedenkt.

Die Summe von 500.000 bis 600.000 Gulden, welche möglicherweise mit Einbeziehung einer grösseren Quote für Grundablösungen und für die höheren Regieauslagen einer längeren Bauperiode erforderlich sein wird, um ein möglichst vollständiges und gutes Werk zu schaffen, erscheint in der That in mehrfacher Richtung als eine mässige. Dieselbe ist mässig zu nennen, wenn man in Betracht zieht, dass sich dieselbe naturgemäss auf eine Periode von 3 bis 5 Jahren und auf das Budget von 3 verschiedenen Ministerien vertheilen lassen dürfte. Nächst dem k. k. Reichs-Kriegsministerium, für welches die Angelegenheit als Hauptfrage besteht, liegt wohl auch dem k. k. Ministerium des Innern und dem k. k. Ackerbau-Ministerium ein specielleres Interesse dabei nahe.

Das Aufblühen und das Wachstum der zweitwichtigsten Stadt des istrischen Küstenlandes in jeder Weise zu fördern, und den Einwohnern einer armen Provinz zugleich Arbeit und Verdienst zuzuwenden, wird immer eine der dankenswerthesten Aufgaben der inneren Verwaltung bleiben. Bis zu einem gewissen Grade kann in dieser Richtung auch das k. k. Ackerbau-Ministerium sich wirksam betheiligen, indem es die der Verbesserung der Wasserverhältnisse und der allgemeinen, sanitären Verhältnisse jedenfalls dienlichen Aufforstungs- und Forstculturarbeiten innerhalb und zunächst ausserhalb des Festungsgürtels von Pola in beschleunigten Gang bringt und der Ausdehnung derselben seine specielle Fürsorge dauernd angedeihen lässt.

Ausserst mässig erscheint die genannte Summe aber ganz besonders, wenn man dieselbe in Vergleich nimmt zu den Kosten der Festungs-

werke von Pola und zu dem Werth des Kriegshafens und der Kriegsflotte, zu deren Schutz in gewissen unberechenbaren Fällen eines Kriegszustandes ja doch diese kostspieligen Werke ausgeführt wurden, wenn man überdies erwägt, wie sehr dieser Schutz in solcher Zeit durch den Gesundheitszustand der Truppen sowohl wie der Stadtbewohner, also indirect durch ausreichende Versorgung mit möglichst gutem Wasser verstärkt wird und wenn man endlich auch die grossen Opfer in Vergleich stellt, welche selbst von kleinen Stadtgemeinden für Beschaffung eines guten und reichlichen Trink- und Nutzwassers nicht selten gebracht werden.

Dem von Seite des hohen k. k. Reichs-Kriegsministeriums „Marine-Section“ an die Direction der k. k. geologischen Reichsanstalt im Herbste 1887 gestellten Ersuchen, durch ein Mitglied der Anstalt die Wasserversorgungsfrage von Pola auf Grund einer geologischen Specialuntersuchung zum Zwecke der Darlegung von die Verbesserung und Vervollständigung der bestehenden Wasserbezugseinrichtungen ermöglichenden Vorschlägen studiren zu lassen, ist der Verfasser der vorliegenden Studie mit grösster Bereitwilligkeit nachgekommen.

Der Umstand, dass derselbe schon bei Gelegenheit der geologischen Uebersichtsaufnahmen Gelegenheit gehabt hatte, die Grundzüge des geologischen Baues und der hydrographischen Verhältnisse des Küstenlandes selbst zu erforschen und dass ihm für die genauere Begehung des in Frage kommenden Terrainabschnittes ein Assistent zugetheilt war, erleichterte die Durchführung der übernommenen Aufgabe und förderte dieselbe insoweit, dass trotz ungünstiger Witterungsverhältnisse die wesentlichsten Grundlagen für eine Beurtheilung aller in Betracht zu ziehenden, wichtigeren Verhältnisse schon in dem Zeitraum vom 22. Jänner bis zum 24. März 1888 gewonnen und die Anarbeitung des Beobachtungsmateriales während der nächstfolgenden beiden Monate zu einem Abschluss gebracht werden konnte. Dem am 7. Juni der hohen Leitung der k. k. Marine-Section überreichten Elaborat war nebst Kartenbeilagen auch eine abgesonderte Zusammenstellung jener Vorarbeiten beigegeben worden, welche für die genauere Prüfung und Beurtheilung der Hauptvorschläge wünschenswerth, für Beseitigung einzelner Uebelstände dringlich und mit verhältnissmässig geringem Kostenaufwand ausführbar schienen. Zugleich wurde bei Gelegenheit der Ablieferung der ganzen Arbeit, im Einverständniss mit der wohlwollenden Direction der k. k. geologischen Reichsanstalt, das Jahrbuch der Anstalt für den Fall zur Verfügung gestellt, als eine Drucklegung der überreichten Studie von Seite Seiner Excellenz des Herrn Marine-Commandanten in Aussicht genommen werden sollte.

Nachdem ein diesbezüglicher Wunsch in einer Zuschrift des hohen k. k. Reichs-Kriegsministeriums „Marine-Section“ ausgesprochen worden war, konnte die Aufnahme der Arbeit in das erste Heft des Bandes 1889 dieses Jahrbuches bestimmt und vorbereitet werden. Dass die dem geschriebenen Original zur Erläuterung beigegebenen Karten und Situationspläne etc. weder in Bezug auf ihre Anzahl noch auf die Grösse des Maassstabes geeignet waren, als entsprechende Beilagen auch für die in Druck gelegte Arbeit zu dienen, ist wohl erklärlich. Ganz abgesehen von der nothwendigen Vermeidung zu bedeutender Kosten, bleibt

davon ein Theil ja ohnedies einer Durcharbeitung und Darstellung durch den technischen Sachverständigen nach Abschluss der endgiltigen Feststellung der zur Ausführung gewählten Objecte noch vorbehalten.

Ausser den das Bild der geologischen Zusammensetzung der Umgebung des Hafengebietes von Pola vermittelnden Karte im Maassstabe von 1 : 40.000, welche auf Grund der im Maassstabe von 1 : 25.000 ausgeführten geologischen Originalkarte des Elaborates durch das k. k. militärgeographische Institut in Farbendruck ausgeführt wurde, wurden als Beilagen vorzugsweise nur solche gewählt und neu entworfen, welche zum Verständniss der den geologischen Bau und die Eintheilung der Niederschlagsgebiete der Hafensenkung, sowie das allgemeine Verhältniss der Wasseraufnahmsgebiete Südtirols sammt der Richtung ihrer unterirdischen Abflüsse betreffenden Ausführungen oder endlich auch zur Erklärung einzelner Vorschlagsobjecte dienen können. In Bezug auf den Text sind irgendwie wesentliche Abänderungen nicht vorgenommen worden; jedoch wurde es vorgezogen, den Kostenvoranschlag, welcher ja vorläufig überhaupt nur den Werth einer ganz provisorischen Orientierung haben kann, noch allgemeiner zu halten und von einer rechnungsmässigen Zusammenstellung aller zur Sprache gebrachten Posten abzusehen.

Ohne Bedenken darf der Verfasser wohl in dem Umstande, dass sich die hohe Leitung der Marine-Section für die Drucklegung seiner Studie auszusprechen bewogen fand, eine Anerkennung für seine Bemühung erblicken, den Wünschen derselben nach besten Kräften nachzukommen.

Die Hoffnung, dass es ihm gelungen sei, den Stand der ganzen Wasserversorgungsfrage von Pola auf der von Natur aus gegebenen Grundlage und innerhalb der dadurch bestimmten Grenzen klarzustellen und damit dem hohen k. k. Reichs-Kriegsministerium „Marine-Section“ einen den Erwartungen und zugleich dem Wirkungskreis eines Geologen entsprechenden Dienst geleistet zu haben, würde gewiss um so berechtigter sein, wenn ein Theil der vorgeschlagenen Versuchs- und Vorarbeiten entweder schon in Angriff genommen oder mindestens für die nächste Zeit zur Durchführung bestimmt worden wäre.

Ist auch der auf eine Fassung zweier Abflüsse der Valle Inga-Küste zum Zweck einer periodisch wiederholten Qualitätsprüfung des Wassers und zum Zweck der Beurtheilung der für grössere Strecken nothwendigen Schutzmanern in Bezug auf Construction und Kostenpunkt abzielende Vorschlag als die erste und wichtigste Vorarbeit bezeichnet worden, so sind doch auch andere — zumal die auf die Ableitung der Sickerwässer des Friedhofrayons im Sianagebiet, auf den Abschluss der Sianaspalten an der Fieberbrücke und auf die Sperrung der offenen Abzugsschlinge des Kalkfelsbodens im Umkreis der Karolinenquelle gegen Schlammwasserabflüsse bezüglich — Untersuchungs- und Vorarbeiten von grosser Wichtigkeit.

Einen hervorragenden, weil für die Wasserversorgungs-Einrichtungen vieler Karstgebiete des ganzen Küstenlandes zur Geltung zu bringenden Werth würde aber ganz besonders die Ausführung des empfohlenen Probe-Reservoirs mit Betonfangflächen und mit durch Granit- oder Gneiss-Schotter halb gefüllten Zuflusscanälen und Bodenraum haben. Durch einen derartigen Versuch würde möglicher Weise nicht nur ein An-

haltspunkt zu einer besonderen Art der Beschaffung eines sicher guten Trinkwassers in grösserem Maassstabe für Pola geboten werden, sondern es könnte derselbe den Anstoss zu einer systematischen Umgestaltung des Cisternenwesens für alle jene zahlreichen Ortschaften führen, welche von zur Anlage eines höher gelegenen, in den Fels hineinzubauenden Reservoirs geeigneten und an betonisirbaren Gehängflächen reichen Hügeln umgeben sind.

Die Ansicht, es werde die vorliegende Arbeit mit Rücksicht auf die in dieser Richtung verwertbaren Vorschläge auch das Interesse der k. k. Statthalterei in Triest und Zara, sowie der Landesvertretungen aller durch grosse quellenarme Gebiete in Mitleidenschaft befindlichen Länder zu erregen geeignet sein, dürfte sich umso berechtigter erweisen, wenn die Einrichtung des vorgeschlagenen Versuchsobjectes für Val Galante von Seite des hohen k. k. Reichs-Kriegsministeriums schon für die nächste Zeit in Betracht gezogen werden sollte

Schlusswort.

Das Schlusswort zu seiner Arbeit vermag der Verfasser nur in dem Ausdrücke des Dankes an diejenigen Herren zu finden, welche denselben bei Durchführung seiner Studien in der Umgebung von Pola unterstützt und ihm den längeren Aufenthalt in Pola angenehm gemacht haben.

Es erscheint mir als eine angenehme Pflicht, meinen verbindlichsten Dank abzustatten dem Hafen-Admiral und Festungscommandanten von Pola, Herrn Contre-Admiral Maximilian Freiherrn v. Pitner, dem Militär-Hafen-Commandanten Herrn Contre-Admiral Heinrich v. Buchta, dem See-Arsenals-Commandanten, Herrn Contre-Admiral Arno v. Rohrseidlt, dem Vorstand der Militär-Hafen-Bandirection, Herrn Oberingenieur Carl Meeraus, dem Director des hydrographischen Amtes Herrn Robert Müller, den k. k. Fregattencapitänen Herrn Franz Perin v. Wogenberg und Herrn Julius Kreuter, den Abtheilungsvorständen des hydrographischen Amtes, Herrn Anton Gareis und Herrn Franz Laschober, sowie dem Linienschiffslicutenant Herrn Adolf Sobieezky, dem k. k. Ingenieur für Land- und Wasserbau Herrn Hubert Wegerer und dem Herrn Linienschiffs-Fähnrich Hermann Lorenz v. Liburnau in Pola.

Das liebenswürdige Entgegenkommen aller dieser Herrn und die mannigfachen Mittheilungen, durch welche mir dieselben ihr Interesse an meiner Aufgabe zu erkennen gaben, waren für mich in verschiedener Richtung werthvoll.

Im Besonderen waren die Herren k. k. Corvettenecapitän F. Laschober und Herr k. k. Ingenieur H. Wegerer, welcher mich mehrfach auf meinen Excursionen in der Umgebung von Pola begleitete, bestrebt, mich mit sachlichen Auskünften aus ihren Fachgebieten zu unterstützen.

An dieser Stelle will ich nicht verabsäumen, auch Sr. Excellenz dem Director des k. k. militär-geographischen Institutes Herrn F.-M.-L. Freiherrn v. Wanka, sowie dem Vorstand der 5. Abtheilung der k. k. Marine-Section Herrn Oberst des Geniestabes Friedrich Pöckel in Wien

für das dieser Arbeit entgegenbrachte Interesse und dem Abtheilungsvorstand des k. k. militär-geographischen Institutes Herrn C. Hödlmoser für die Ausführung der geologischen Karte der Umgebung von Pola in Farbendruck meinen Dank zu sagen.

In erster Linie bleibe ich jedoch der hohen Leitung der k. k. Marine-Section, Sr. Excellenz Herrn Admiral Maximilian Freiherrn v. Sterneek zu Ehrenstein und Sr. Excellenz Herrn Vice-Admiral Alexander Eberan v. Eberhorst dafür verbunden, dass in dieser Frage der Weg einer Voruntersuchung auf geologischer Grundlage als nothwendig anerkannt und diesbezüglich das Einvernehmen mit unserer k. k. geologischen Reichsanstalt gewünscht wurde. Dass ich selbst dadurch in die Lage versetzt wurde, dem hohen k. k. Reichs-Kriegsministerium und der k. k. Marine-Section, sowie vielleicht auch dem Lande Istrien und der Stadt Pola einen nützlichen Dienst zu leisten, wird mir zu dauernder Befriedigung gereichen, auch in dem Falle, als nur ein Theil meiner Vorschläge zur Annahme und Ausführung gelangen sollte.

G. Stache.

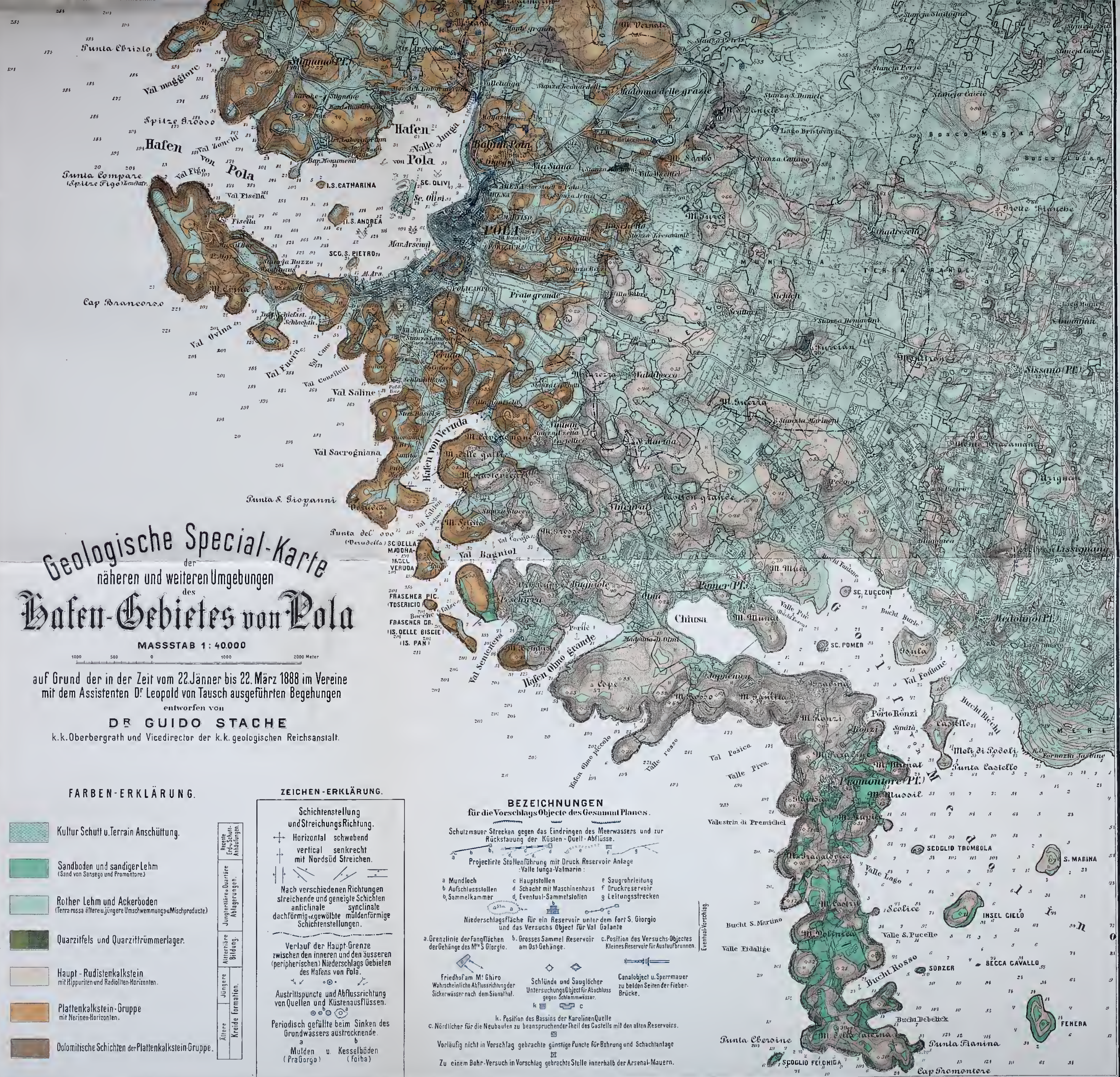
Inhalt.

	Seite
I. Geologische Verhältnisse	83 [1]
Grundzüge des geologischen Baues der Küstenländer	83 [1]
Geologische Zusammensetzung des Hafengebietes von Pola und seiner Umgebung	89 [7]
Kreideformation	90 [8]
Schichtengruppe des Plattenkalksteines und der dolomitischen Zwischen-	
zonen	90 [8]
Schichtengruppe der Radistenkalksteine	95 [13]
Jüngere nachcretacische Ablagerungen	98 [16]
Tektonische Verhältnisse	104 [22]
II. Hydrographische Verhältnisse	108 [26]
Niederschlagsmenge	108 [26]
Verlust durch Verdunstung	115 [33]
Niederschlagsgebiete	122 [40]
Valle lunga	127 [45]
Val Siana	134 [52]
Karolinenquelle	140 [58]
Prato grande	116 [64]
Qualität des Wassers	153 [71]
III. Vorschläge für einen Gesamtplan	162 [80]
Schlusswort	179 [97]

Nachtrags-Bemerkung.

Ein Theil der erfahrungsmässigen Angaben und Daten, auf welche im Capitel II und III Bezug genommen wurde, ist dem dritten Bande „Der Wasserbau“ des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften von L. Franzius und Ed. Sonne (2. Auflage, Leipzig 1883) entlehnt.





Geologische Special-Karte

der näheren und weiteren Umgebungen des

Hafen-Gebietes von Pola

MASSTAB 1 : 40000

auf Grund der in der Zeit vom 22. Jänner bis 22. März 1888 im Vereine mit dem Assistenten D^r. Leopold von Tausch ausgeführten Begehungen entworfen von

DR. GUIDO STACHE
k. k. Oberberggrath und Vicedirector der k. k. geologischen Reichsanstalt.

FARBEN-ERKLÄRUNG.

- Kultur Schutt u. Terrain Anschüttung.
- Sandboden und sandiger Lehm (Sand von Sasego und Promontore).
- Rother Lehm und Ackerboden (Terra rossa ältere u. jüngere Umschwemmungs- u. Mischproducte).
- Quarzitefels und Quarztrümmerlagen.
- Haupt-Rudistenkalkstein mit Hippuriten und Radioliten-Horizonten.
- Plattenkalkstein-Gruppe mit Merinen-Horizonten.
- Dolomitische Schichten der Plattenkalkstein-Gruppe.

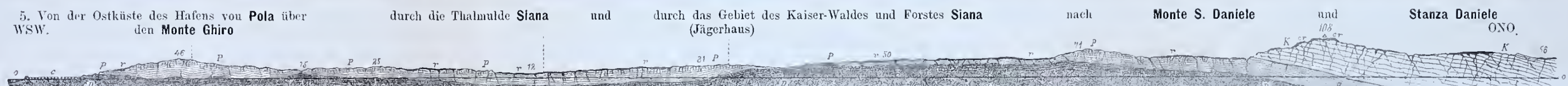
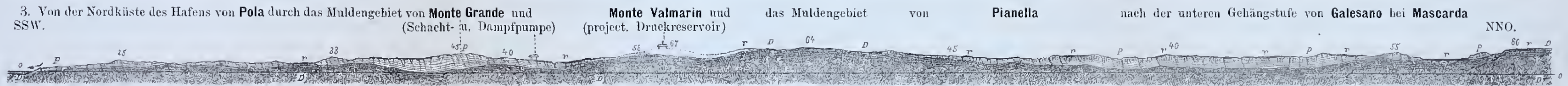
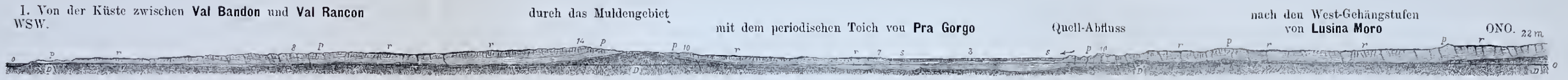
ZEICHEN-ERKLÄRUNG.

- Schichtenstellung und Streichungsrichtung.
- Horizontal schwebend vertical senkrecht mit Nordsüd Streichen.
- Nach verschiedenen Richtungen streichende und geneigte Schichten anticlinale synclinale dachförmig-gewölbte muldenförmige Schichtenstellungen.
- Verlauf der Haupt-Grenze zwischen den inneren und den äusseren (peripherischen) Niederschlags Gebieten des Hafens von Pola.
- Austrittspunkte und Abflussrichtung von Quellen und Küstenausflüssen.
- Periodisch gefüllte beim Sinken des Grundwassers austrocknende Mulden u. Kesselböden (PraGorgo).

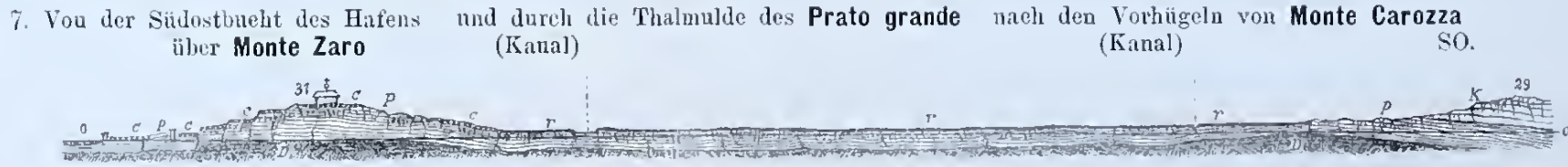
BEZEICHNUNGEN für die Vorschlags-Objecte des Gesamt-Planes.

- Schutzmauer Strecken gegen das Eindringen des Meerwassers und zur Rückstauung der Küsten-Quell-Abflüsse.
- Projectirte Stollenführung mit Druck Reservoir Anlage -Valle Junga-Valmarin:
 - a Mundloch
 - b Aufschlussstellen
 - c Hauptstollen
 - d Schacht mit Maschinenhaus
 - e Saugrohrleitung
 - f Druckreservoir
 - g Leitungsstrecken
- Niederschlagsfläche für ein Reservoir unter dem fori S. Giorgio und das Versuchs Object für Val Galante
 - a. Grenzlinie der Fangflächen der Dehänge des M^o S. Giorgio.
 - b. Grosses Sammel Reservoir am Ost-Dehänge.
 - c. Position des Versuchs-Objectes Kleines Reservoir für Auslaufbrunnen.
- Friedhof am M^o Chiro Wahrscheinliche Abflussrichtung der Sickerwässer nach dem Sianathal.
- Schlände und Sauglöcher Untersuchungs-Object für Abschluss gegen Schlammwässer.
- Canalobject u. Sperrmauer zu beiden Seiten der Fieber-Brücke.
- k. Position des Bassins der Karolinen-Quelle
- c. Nördlicher für die Neubauten zu beanspruchender Theil des Castells mit den alten Reservoirs.
- Vorläufig nicht in Vorschlag gebrachte günstige Punkte für Bohrung und Schachtanlage
- Zu einem Bohr-Versuch in Vorschlag gebrachte Stelle innerhalb der Arsenal-Mauern.

G. Stache: Wasserversorgung von Pola: Geologische Durchschnitte durch die Niedersehlags-, Sammel- und Abflussgebiete des Hafens.



Masstäbe: Durchschnitt 1. — Durchschnitt 2 bis 8. — Durchschnitt 9.
 beiläufig 1:6250 1:12500 1:5000 H:L = 1:1.
 Die Zahlen = Meter-Seehöhe.



ERKLÄRUNG.

o Meeresspiegel. s Süßwasseransammlung.
 ↑ Auftriebsquellen. ← Abflussquellen.

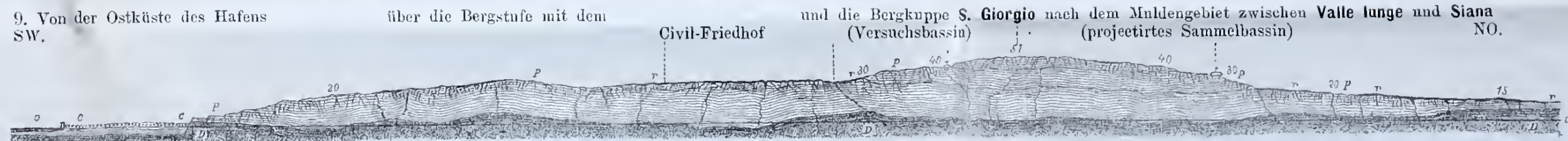
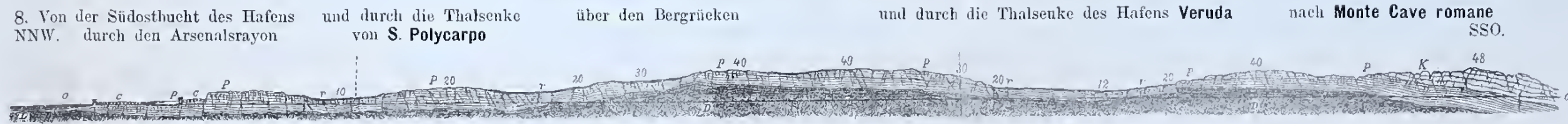
c Culturschnitt.

r Terra rossa-Boden von verschiedener Mischung mit humöser Wald-, Acker- und Gartenerde.

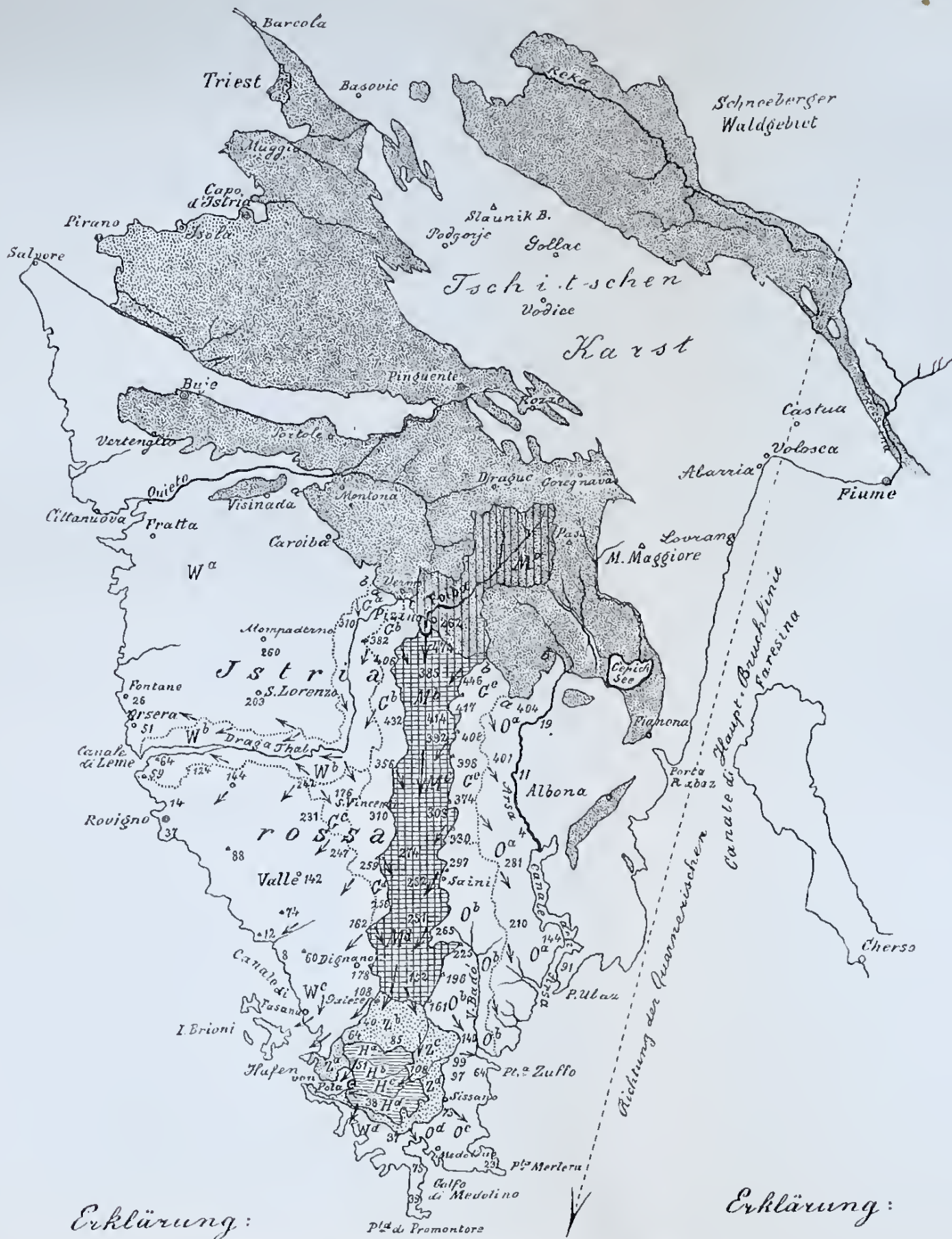
K Oberer Kreide-Kalkstein (mit Rudisten)

P Plattenkalkstein (mit Nerineen).

D Unterer Plattenkalkstein und Dolomit.



Schematische Uebersicht der Niederschlags-Aufnahms- und Abfluss-Gebiete Süd-Istriens und des Hafens von Pola.



Erklärung:

Erklärung:

□ Kalkstein- oder Karst-Terrain.

▨ Sandstein- und Mergelschiefer- oder Flysch-Terrain.

⇓ Abflussrichtungen der unterirdischen Sammelwässer.

△ Höhenpunkte
 ab-ab- Hauptgrenze zwischen dem Flysch- und dem Kalkstein-Terrain.

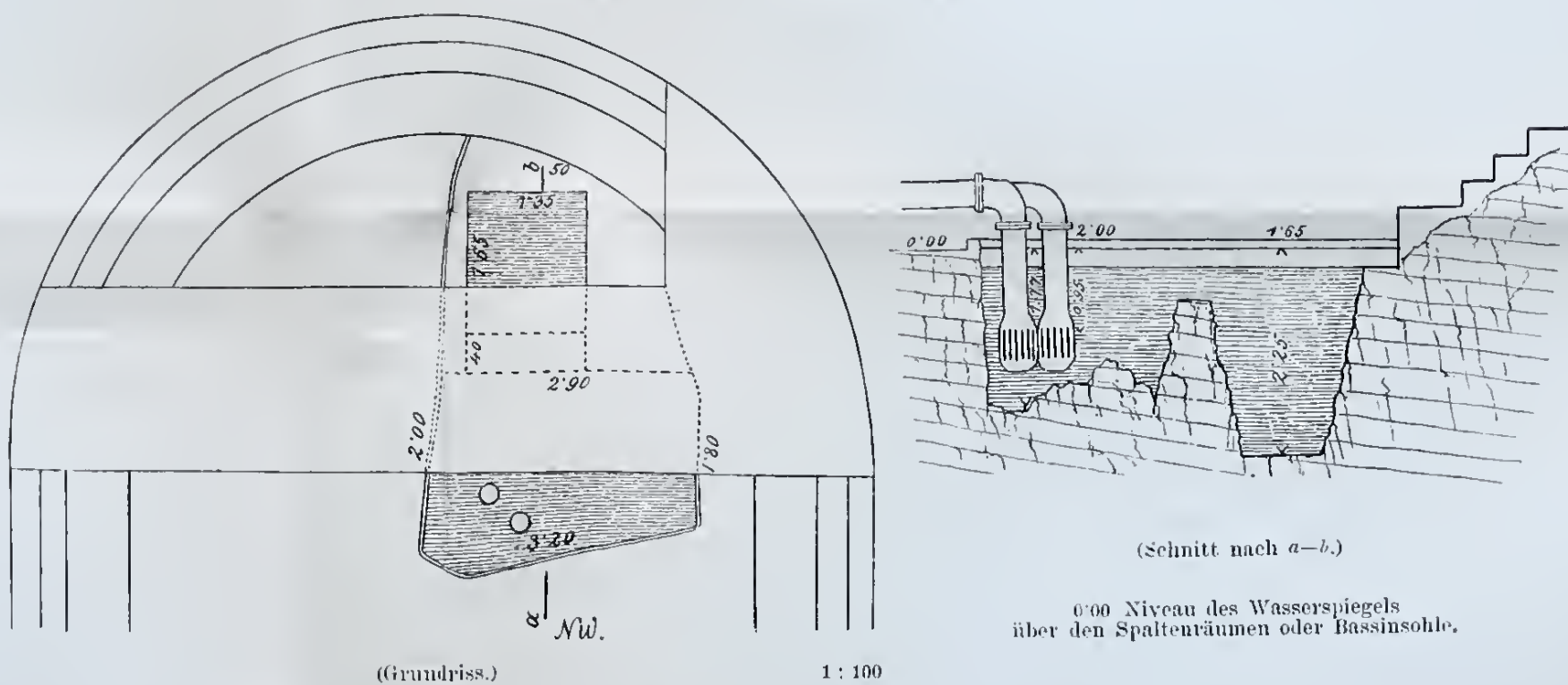
Flanken-Gebiete		Central-Gebiete		Grenz- und Zwischen-Gebiete	
der West-Abdachung	der Ostabfälle	der Mittelgefällszone	der Hafen-Region	der Hafen-Region	der Mittelgefälls-Zone
W ^a Küstengebiet Parenzo-Orsera	O ^a Gebiet der Arsa-Spalte	M ^a Zunflussgebiet des Foiba-Baches im Flysch-Terr.	H ^a Innen-Gebiet von Valle lunga	Z ^a Grenzgebiet der Nordküste des Hafens	G ^a Gebiet der Nord-Süd-Spalte des Dragathales
W ^b Gebiet des Canale di Leme	O ^b Gebiet des Val-Bado	M ^b Nord-Stufe im Karst-Terrain	H ^b Innen-Gebiet von Val Siana	Z ^b Aussen-Gebiet von Valle lunga	G ^b Nordabschnitt der westlichen Zwischenzone
W ^c Küstengebiet von Rovigno-Fasana	O ^c Küstengebiet Pr. Zuffo-Merlera	M ^c Mittel-Stufe im Karst-Terrain	H ^c Innen-Gebiet der Karolinen-Quelle	Z ^c Aussen-Gebiet von V. Siana u. Karolinen Qu.	G ^c Mittleres Zwischen-Gebiet der Westflanke
W ^d Küstenstreifen Pola-Promontore	O ^d Küstengebiet von Medolino	M ^d Süd-Stufe im Karst-Terrain	H ^d Innen-Gebiet von Prato grande	Z ^d Aussen-Gebiet von Prato grande	G ^d Südabschnitt der westlichen Zwischenzone
				Z ^e Grenzgebiet d. Südküste	G ^e Oestliche Zwischenzone

1. Situations-Skizze der Austritts-Punkte der Küsten-Quellen von Valle lunga.



1 bis 6) Haupt-Austrittsstellen des unterirdischen Wasserlaufes der nordsüdlichen Mittelgefälls- und Niederschlagszone. 7 und 8) Austrittspunkte von unterirdischen Abflüssen des Muldengebietes von Valle lunga. a) Grenzmauer des Marine-Artillerie-Territoriums. x-x) Wahrscheinliche und mögliche Richtlinien des unterirdischen Hauptgerinnes und g-g) seiner Abzweigungen nach der Mündungs-Region. s-t) Richtlinie des projectirten Untersuchungs-Stollens. m) Abschlussmauer-Strecken gegen das Eindringen des Meerwassers. b) (1-5-6) Hauptpunkte für Anlage der ersten Schutzmauer-Strecken in Verbindung mit Stauungs-Bassins zur Voruntersuchung der Süßwasser-Abflüsse.

2. Skizze des Karolinenquell-Bassins 1884.



Ergänzende Uebersicht zur Erklärung der Beilagen.

- I. Geologische Karte der Umgebungen des Hafengebietes von Pola, zu Capitel I, pag. 9—28. Mit Einzeichnung der Ortslage aller zur Sprache gebrachten Vorschlagsobjecte, zu Capitel III, pag. 82—96.
- II Karte mit geologischen Durchschnitten durch die Niederschlags-, Sammel- und Abflussgebiete des Hafenrayons. Zur Erläuterung der Tektonik der Hafen-Umgebung, Capitel I, pag. 9—28 und des geologischen Baues und Hauptreliefs der Specialgebiete Z bis II und Zo bis We, Capitel II, pag. 42—81.
- III. Kartenskizze zur schematischen Uebersicht der Niederschlag-Aufnahms- und Abflussgebiete Süd-istriens und des Hafens von Pola, zu Capitel II, pag. 42—81.
- IV. Planskizzen zur Erläuterung einzelner Vorschlagsobjecte, zu Capitel III, pag. 82—96.

Die Skizzen 1—4 sind mit Benützung von Theilen der durch Herrn Hubert Wegerer für das Original-Elaborat beigegebenen Copien von Situationsplänen der k. k. Arsenal-Bau-Direction entworfen.

1. Situationskizze der Austrittspunkte der Küstenquellen im Westabschnitt des Valle lunga-Gebietes, pag. 51. Zur Erläuterung der die nothwendigen Vorarbeiten und Voruntersuchungen für das Hauptobject betreffenden.

2. Skizze des Karolinenquell-Bassins vom Jahre 1884. Nach einer Vorlage der k. k. Militär-Hafenbau-Direction.

In dem grösseren milder tiefen Spaltraum sind seit dem Jahre 1880 die Saugrohre ersetzt. Der engere, tiefere Spaltenraum konnte höchstens 2 Saugrohre fassen. Die Bassinsohle 00 wird während des Pumpens trocken. Beim Antriebe der Pumpen fällt das Wasser auch in den Spalten, z. B. bis 30 Centimeter unter den angenommenen Nullpunkt. Bei 95 Centimeter unter dem Nullpunkt würden die Rohre nicht mehr gesaugt haben, der tiefste Stand unter Null ging jedoch auch in der grössten Trockenperiode nur auf 43 Centimeter unter Null.

3. Skizze zu dem Vorschlag einer Zweitheilung und Erweiterung des Karolinenquell-Bassins, pag. 90.

B₁ Bassin-Abschnitt bis zum Quellauftriebs-Verschluss leer gepumpt. Sr Saugrohre. B₂ Zweiter Bassin-Abschnitt mit offenem Quellauftrieb im Zustande vollständiger Füllung bis zu dem Niveau des Ueberfall-Abflusscanales. II Scheidewand über dem die beiden Spaltenräume des alten Bassingrundes trennenden Kalkfelskammer bis über das Abflusniveau reichend und die Verschluss-Vorrichtung für die Auftriebsräume der beiden Bassinkammern tragend. e-e Verbindungsrohr zwischen den beiden Bassinkammern. e-e Eisenplattenverschluss der beiden Auftriebsräume mit verschliessbaren Oeffnungen. e-e Position des Eisen- oder Stahlschlusskegels sammt Hebelvorrichtung bei Abschluss der Auftriebsöffnung in B₁. o-o Position des correspondirenden längeren Schlusskegels der Kammer B₂ und seiner Hebelvorrichtung nach Oeffnung des Verbindungsrohres und des Auftriebschlusses. M Neue Bassinabdeckung bis unter die eisernen Abschlussplatten der vertieften Spaltenräume. c Cementunterlage der gestuften Bassinwände und Cementabschluss der Klüfte der Kalksteinbasis. PK Schichten des Plattenkalksteins mit den Auftriebspalten. 00 als Grenzniveau der Spaltenräume und des oberen erweiterten Bassinraumes oder der Bassinbasis in der Skizze des Herrn Directors C. Meerans vom Jahre 1884 bezeichnete Höhenlinie.

4. Situationskizze der Reservoiranlagen auf dem Castellberg und des Maschinenhauses der Karolinenquelle, zu Capitel III, pag. 92.

Pr. Privat- und Communalbesitz. Kr. Militärrärischer Grund. M. Eigenthum des Marinärans. Q. Bassin und Maschinenhaus der Karolinenquelle. a-a Abflusscanal nach dem Meer. D-D Verbindung der Saugrohre des Dampfdruckwerkes mit den Reservoirs des Castellberges. x-x Seitenabfluss aus dem Sammelgebiet der Quellzulüsse. B-B Zur Betonbekleidung empfindliche Flächen. v. Verfügbare Raum zur Vergrösserung des Bassinraumes nach der Bergseite. x-y Eventuelle Abschlussmauer gegen Sickerwässer des Schuttterrains. UR. Unteres älteres Reservoir in 2507 Meter Seehöhe. OR. Oberes neues Hauptreservoir und Druckbassin in 2732 Meter Seehöhe. L-L Hauptstränge der bestehenden Druckleitung. I und II Räume für die eventuell projectirten neuen Reservoirs. III. Zwischenraum für Filteranlagen. 4a. Schema der Aufeinanderfolge der Lagen des Filterbettes für Vorversuche. Fu. Unterlage. Z. Grössere Bruchsteine von Granit oder Gneiss von 20—15 Centim. Durchm. 2. Grober Schotter von Granit oder Gneiss. 1. Granit oder Gneisskies und Grobsand. Fk. Hauptlage von feinem Filtersand. Fl. Filterlecke. 1. Cokesgriesslagen mit muss- bis faustgrossen Stücken von mässig stark gebranntem Kalkstein. 2. Cokesgriesszwischenlage. 3. Grobsand — NB. Die Kosten für die Herbeischaffung des für die Filteranlagen, sowie für die theilweise Füllung der Sammelgräben und die Bedeckung der Bassinböden, sowie der Probeanlage 5. erforderlichen Materials von krystallinischem Gestein des Alpengebietes würden mässige sein, da nach gefälliger Mittheilung des commercieellen Directors der k. k. priv. Südbahngesellschaft für Schottertransporte von Tirol nach Villach der ermässigte Frachtsatz von 12 kr. pro Wagenladung à 10,000 Kilogramm und 1 Kilometer zu erlangen wäre und für den Transport von Villach bis Pola von Seite der k. k. Staatsbahnen für ärarische Zwecke wahrscheinlich eine noch bedeutendere Ermässigung bewilligt werden könnte. Als relativ günstigste Bezugsgebiete für festere krystallinisches Gestein dürften sich der unmittelbaren Lage an der Bahnlänge wegen die Steinbrüche im Gneiss von Leisch thalaufrwärts nächst Lienz und die Pegmatitmassen des Bahneinschnittes der Bahnstrecke Bleyburg-Unter-Drauburg erweisen. Eine Erneuerung dieses Materials dürfte, abgesehen von Fl mit der oberen Grobsandlage, sich selbst nach mehr als 50 Jahren noch nicht als nothwendig erweisen.

5. bis 7. Skizzen zu dem Vorschlag einer neuartigen Versuchsanlage auf dem Gehänge von S. Giorgio gegen Val Galante. — 5. Planskizze des oberen Hauptabschnittes. 6. Durchschnittsprofil bis zum Meeresniveau, zu Capitel II und III.

MStr. Militärstrasse. BStr. Zufahrt zum Hauptbassin. Pl. Plattform vor dem Bassineingang. RStr. Reichsstrasse Pola-Pisino.

PK. Plattenkalkstein. Tr. Terra rossa-Anhäufungen und Bodendecke. s. Schuttdecke. Fz. Betonisirte Fangflächenzonen. gr. Schwach vertiefte Ablaufgerinne der Betonflächen. g, g1-2 und G. Sammel- und Abflussgräben mit theilweiser Granit- oder Gneisschotterfüllung. Vg. Verbindungsgräben. Gb. Gedeckte Abflusskammer des Hauptgrabens. Ar. Hauptabflussrohr in 1—2 Meter Tiefe unter dem Strasseniveau. FK. Filterkammer mit Granit-, Sand- und Schotterlage. v. Verbindungsrohr mit dem HIB-Hauptbassin. o-o. Oeffnungen der Abflussrohren für das Ueberfallwasser im Niveau von 4 Meter über der Bassinsohle zur Speisung der Cisternen und der schliessbaren Auslaufbrunnen. U. Unteres, innerhalb des Bassinraumes von (v) aus schliessbares Verbindungsstück der Bassinsohle mit dem Hauptleitungsrohr. FK. Vorkammer mit dem Bassineingange und der Knüpfung Ku der oberen Abflussrohre o-o mit dem Hauptstrang. Lr. Hauptstrang der Leitung. m. Umfassungsmauer des Depot-Rayons von Val Galante. Cl. Cisterne. h. Filterhülle der Cisterne. a. Schliessbarer erster Auslaufbrunnen zur Speisung der Cisterne mit Ueberfallwasser. Cp. Cisternenpumpe. a₁ Schliessbare Auslaufbrunnen mit Fangzug. a. An der Reichsstrasse. a₂. Im Bahnhofstrassen. a₃. An der Hafenküste. 5a. Schnittprofil des Hauptabflussgrabens G-p-p. Ortsübliche Kalksteinplatten. CZ. Cement- und Ziegelauskleidung. 7. Vergrösserung des betreffenden Abschnittes Fz-Pl mit dem Hauptbassin des Durchschnittsprofils 6.

Normale Wasserstands-Verhältnisse im Hafen von Pola nach gefälliger Mittheilung des Herrn k. k. Corvettencapitäns Brannenrand — 0 Punkt F. Laschober.

	Brunnen		
	während 10 Jahren 08	unter dem Brannenrand	
Höchste Fluth	"	1.44	"
Mittlere "	"	1.636	"
Mittlerer Wasserstand	"	1.836	"
Mittlere Ebbe	"	2.474	"
Tiefste Ebbe überhaupt	"	2.133	"
Mittlere Monats Ebbe	"	2.00	"
" Jahres Ebbe	"	1.841	"
Ebbe a. d. 6 Sommermonaten	"	1.839	"
" " 6 Wintermonaten	"	"	"

Die normale Schwankung des Meeresniveaus, hervorgehen durch Fluth und Ebbe, beträgt im Mittel 0.38 bis 0.4 Meter. — Die Springfluthhöhen sind abnormale Erscheinungen, die durch hinzutretende Wirkungen von Stauwasser bei Stürmen aus Südost bis West oft bedeutende Höhen erreichen. Der Unterschied zwischen tiefstem und höchstem Wasserstand beträgt nach 10jähr. Erfahrungen von 1.5 bis 1.8 Meter und kann unter ungünstigen Verhältnissen auch 2 Meter erreichen.

