

### III. Geologische Darstellung der Gegend zwischen Carlstadt in Croatien und dem nördlichen Theil des Canals der Morlacca,

mit besonderer Rücksicht auf die hydrographischen Verhältnisse jener  
Gegend und die Karstbildung im Allgemeinen.

Von **Dr. Emil Tietze.**

Verfasst auf Anregung des k. k. General-Commando's in Agram und im Auftrage  
der Direction der k. k. geologischen Reichsanstalt.

#### Einleitung.

In den beiden letzten Jahren (1871 und 1872) haben bekanntlich je während eines Theiles der Sommermonate officiële geologische Aufnahmen im Bereich der croatischen Militärgrenze und eines Theiles von Civilcroatien stattgefunden, an welchen sich als Geologen der k. k. geologischen Reichsanstalt die Herren Bergräthe F. Foetterle, D. Stur und H. Wolf, sowie auch der Verfasser dieses Aufsatzes beteiligten, während von Seiten des croatischen Landesmuseums Herr Dr. G. Pilar ermächtigt wurde, seine Thätigkeit mit der der genannten Geologen zu vereinigen.

Was das bei dieser Gelegenheit durchstreifte Gebiet anlangt, so konnten über die beiden Banal-Grenzregimenter (Nr. 10 und 11) bereits einige kürzere oder längere Mittheilungen veröffentlicht werden. Ich selbst habe in einem Aufsatze „über das Gebirgsland südlich Glina in Croatien“ (Jahrb. der k. k. geolog. Reichsanst. 1872, pag. 253—288) meine diesbezüglichen, im Sommer 1871 angestellten Beobachtungen niedergelegt, und von anderer Seite wird noch eine ergänzende Publication erwartet. Auch über die westlich der Banalgrenze gelegenen Landstriche Croatiens wurden in den Verhandlungen der geologischen Reichsanstalt einige Reiseberichte abgedruckt, allein eine zusammenfassende Schilderung der geologischen Verhältnisse gerade dieser Gegend war vorläufig nicht in Aussicht genommen. Die wissenschaftliche Ausbeute, welche daselbst gemacht werden konnte, erschien noch nicht ausgiebig genug und erwies sich namentlich paläontologisch als sehr

undankbar. Zudem wurde der ganze südliche Theil der sogenannten Carlstädter Militärgrenze, welcher die Regimentsbezirke des Liccaner- und Ottočaner-Grenzregiments umfasst, bisher noch wenig genauer untersucht, und liegen über dies Gebiet nur die früheren Uebersichtsaufnahmen und kurze Mittheilungen Foetterle's in den Verhandlungen der Reichsanstalt (1861—62, pag. 298, über die Licca, und 1863, pag. 35 über das Ottočaner-Regiment) vor, abgesehen von einigen Ausführungen F. v. Hauer's über Cephalopoden der unteren Trias aus jener Gegend und einer kurzen Notiz C. v. Hauer's (Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanstalt 1856) über eine dem Lager nach unbestimmte Kohle von Gospić. Es war also auch geographisch noch kein zu abgeschlossener Darstellung recht geeignetes Feld gewonnen.

Herr Feldmarschall-Lieutenant, Freiherr v. Mollinary, derzeit Höchstcommandirender in Croatien und Slavonien, stellte jedoch als Chef des k. k. General-Commando's in Agram mittelst Zuschrift vom 3. Nov. 1872 an die Direction der k. k. geologischen Reichsanstalt das Ansuchen, es möchte eine übersichtliche, allgemeiner verständliche Darstellung der geologischen Verhältnisse des Gebietes der Carlstädter Militärgrenze verfasst und dabei namentlich auf die eigenthümlichen hydrographischen Beziehungen dieses Landstriches Rücksicht genommen werden, da es in der Absicht des k. k. General-Commando's liege, gegenüber den aus theilweisem Wassermangel resultirenden Nothständen in jener Gegend, gestützt auf die Basis wissenschaftlicher Untersuchungen jede mögliche Abhilfe zu schaffen. Es wurde mir nun von dem Director unserer Anstalt, Herrn Sectionsrath F. v. Hauer, der Auftrag zu Theil, jene gewünschte Darstellung aufzusetzen, soweit ich dazu nach dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntniss in der Lage sei. Demzufolge habe ich das Liccaner- und den Haupttheil des Ottočaner-Regimentsgebietes in diesem Aufsätze im Allgemeinen unberücksichtigt gelassen und versuche nur den Landstrich zwischen der Festung Carlstadt und demjenigen Theile der croatischen Küste näher zu schildern, welcher von der nördlichen Hälfte des Canale della Morlacea von Novi bis Zengg bespült wird.

Ferner blieben die östlichen Strecken des Sluiner und Oguliner Regimentsbezirkes von unserer Betrachtung deshalb ausgeschlossen, weil Herr Dr. Pilar laut brieflicher Mittheilung desselben an mich vom 11. November 1872 sich die Selbstständigkeit seiner Beobachtungen hierüber vorbehielt.

In jedem Falle darf behauptet werden, dass in Bezug auf die Wasserfrage die allgemeinen Bemerkungen, die wir über das von uns definirte Gebiet machen können, auch für die ähnlich zusammengesetzten Gebiete der Licca und des Ottočaner-Regimentes völlige Giltigkeit besitzen nach Allem, was bisher über diesen südlichen Theil der Carlstädter Militärgrenze verlautet hat, und specielle Rathschläge für einzelne Fälle zu ertheilen müsste ohnehin auch für die jetzt zu beschreibende Gegend einer ausserordentlichen Specialuntersuchung überlassen bleiben.

Da es übrigens mein Bestreben sein wird, in dem hydrographischen Theil dieser Arbeit im Interesse einer gründlicheren Erörterung möglichst allgemeine Gesichtspunkte zu entwickeln, so kann ich mich dabei ohnehin nicht auf den local relativ eng begrenzten Rahmen beschränken, welcher dem rein geologischen Theil dieses Aufsatzes vorgezeichnet ist.

Was meine persönliche Betheiligung an den Aufnahmen des zu beschreibenden Gebietes anlangt, so war ich während einiger Zeit des Sommers 1872 in der Gegend zwischen dem Kapella-Gebirge und dem nördlichen Theil des Canals der Morlacea vom Canale di mal tempo an über Novi bis südlich von Zengg beschäftigt, habe das bereits in Provincialcroatien gelegene Vinodol kennen gelernt, den grössten Theil des Kapella-Gebirges selbst begangen, sowie die zunächst nördlich von demselben gelegenen grossen Gebirgszüge nebst den Umgebungen von Ogulin besucht. Die Strecke zwischen Carlstadt und Ogulin habe ich zweimal bereist.

### L i t e r a t u r.

Es scheint mir einer Pflicht der Pietät gemäss bei der Literaturangabe zunächst einiger älterer Arbeiten zu gedenken, welche, wenn sie auch heute in ihren geologischen Daten in gewissem Sinne der Geschichte angehören, doch für ihre Zeit den bedeutsamsten und klarsten Darstellungen dieser Art zuzurechnen sind. Ich meine die *Oryctographia carniolica* (Leipzig 1778—1789) von Ha c q u e t, in welcher (l. c. 1. Bd. pag. 48) die Gebirgsverhältnisse zwischen dem Klek bei Ogulin und der Küste von Zengg besprochen wurden, und die „Physikalisch-politische Reise aus den dinarischen durch die julischen, carnischen, rhätischen nach den norischen Alpen“ (Leipzig 1785) desselben Autors, wo wir namentlich über die Gegend von Zengg bereits eingehendere Nachrichten finden, die ich an geeigneter Stelle erwähnen will.

Einigen Daten, die auf unser Gebiet Bezug haben, begegnet man dann auch in dem Aufsatz von P a r t s c h über das Detonationsphänomen auf der Insel Meleda (Wien 1826, pag. 50). Auch ein Aufsatz Ami Boué's sur la constitution géologique des provinces illyriennes (mém. de la soc. géol. de Fr. II. prem. part. 1835) kann hier genannt werden, insofern Herr Boué darin über die nördlichen Ausläufer der Kapella zwischen Carlstadt und Fiume spricht, welche freilich streng genommen nicht mehr in unser Gebiet hineinfallen.

Als die hauptsächlichste Vorarbeit lag jedoch dem geologischen Theil meiner Untersuchung die grösstentheils von F. Stoliczka herrührende geologische Uebersichtskarte der genannten Gegend aus dem Archiv unserer Reichsanstalt zu Grunde, welche Karte in dem Aufsätze Stoliczka's über die geologischen Verhältnisse des Bezirks des Oguliner und der südlichen Compagnien des Sluiner Regiments (Jahrb. d. geol. Reichsanst. 1862, pag. 526—530) ihre theilweise, kurzé Erläuterung gefunden hat. Ebenso gibt der die geologische Uebersichtskarte des Blattes Dalmatien (Jahrb. d. geol. Reichsanst. 1868) erläuternde Aufsatz Franz v. H a u e r's ein kurzes Résumé der die croatische Militärgrenze betreffenden Verhältnisse. Wir können auch eines früheren Aufsatzes von Joseph Lorenz, betitelt: Geologische Recognoscirungen im Liburnischen Karste und den quarnerischen Inseln (Jahrb. d. geol. Reichsanst. 1859 p. 332—345) gedenken, in welchem ebenfalls Theile unseres Gebietes, wie das Vinodol, kurz besprochen wurden. Das Vinodol und das Thal von Novi wurden übrigens später von Guido Stache in seiner bekannten Arbeit über „die

Eocängebiete in Innerkrain und Istrien“ (2. Folge, Jahrb. d. Reichsanst. 1864, p. 21) berührt, und ausserdem liegt von demselben Forscher bereits eine sehr gute geologische Aufnahme dieser Thalspalte vor. Ich erwähne nunmehr noch jene Reiseberichte der Herren Stur, Fötterle und Wolf, deren wir schon in der Einleitung gedachten, und auf die wir je an geeigneter Stelle specieller zurückkommen werden, so wie wir uns auch die Anführung einiger anderen kleinen Notizen und der speciell die Wasser- und Karstfrage berührenden Literaturangaben für den Verlauf des Aufsatzes vorbehalten.

### Die geologischen Verhältnisse des definirten Gebiets.

Die ganze von uns zu beschreibende Gegend trägt den Charakter eines Karstgebietes geologisch in vollem Masse und zum Theil auch landschaftlich an sich, wie denn auch die Wissenschaft längst darüber einig ist, den Namen Karst nicht auf die Kalkfelsen Istriens und Inner-Krains zu beschränken, sondern darunter jenes ganze eigenthümliche Kalk- und Dolomitgebirgssystem zu verstehen, welches sich von Krain und Istrien angefangen durch das westliche Croatien, Dalmatien, die Herzegowina, Montenegro und Albanien bis nach Griechenland am Ostrande der Adria hinzieht.

Von diesem grossen Gebirgssystem, welches natürlich in verschiedene Reihen einzelner Gebirgszüge und Hochebenen zerfällt, liegt uns ein Bruchtheil zur Betrachtung vor, und zwar ein Stück Landes, welches allerdings nicht einmal den ganzen croatischen Karst seiner Längenausdehnung nach umfasst, wohl aber die ganze Breite jenes merkwürdigen Kalk- und Dolomitgebirges repräsentirt.

Es stellt der croatische Karst im Ganzen betrachtet eine grosse von N.W. nach S.O. gerichtete Aufbruchswelle triadischer Gesteinsmassen dar, die zu beiden Seiten, namentlich im Osten, von Gesteinen der Kreideformation begleitet wird. Im Westen ist diese Begleitung auf einen schmalen, vielleicht nicht einmal continuirlichen Strich an der Küste beschränkt, oder die betreffenden Schichten sind gänzlich unter das Meeresniveau versunken, bezüglich weggewaschen. Doch müssen die vorliegenden Inseln mit ihren Kreidegesteinen theoretisch noch zu dieser westlichen Begleitzone gerechnet werden, mit welcher letzteren auch Gesteine der Eocänformation verbunden sind. An einigen Stellen scheinen allerdings isolirte Partien von Kreide auch im Triasgebiet aufzutreten. Bei Carlstadt endlich dürfen wir einen anderen Aufbruch älterer Kalkmassen unter der Kreide constatiren, der aber bald durch tertiäre und jüngere Schichten im Osten verdeckt wird.

In ähnlicher Weise, wie dies beispielsweise Stache für die Karstgebiete von Krain und Istrien gezeigt hat, ist auch unser Gebiet mehrfach im Schichtenbau gefaltet, und man wird sich sehr leicht von dem betreffenden Faltenystem eine Anschauung verschaffen, wenn man eine Reise auf der Strasse Zengg-Carlstadt unternimmt. Die nördliche Fortsetzung des Vellebit, nämlich der Zengsko bilo bei Zengg, dann das Kapellagebirge, treten als die mächtigsten dieser zu einander und nahezu auch zur Küstenlinie parallelen Terrainwellen hervor, zwischen denen dann eine grössere Anzahl ebenfalls durch die Oberflächenconfiguration markirter, kleinerer

Falten zu passiren sind, so zwischen Xuta loqua und Prokike, zwischen Prokike und Brinje, zwischen Brinje und Krizpolje, zwischen Krizpolje und Jezerana. Schwächere Falten trifft man dann nordöstlich von der Kapella in den Kreidegebieten gegen Carlstadt zu.

Es liegt nicht in unserer Absicht, alle diese Thatsachen und deren Beziehungen hier ausführlich zu erörtern, wir wollten nur Einiges andeuten. Von Interesse erscheint es jedenfalls, dass die beiden mächtigsten Gebirgszüge unseres Terrains, nämlich die Kapella mit ihrer nördlichen Fortsetzung gegen die Belo-lasica zu, und der Zengskobilo mit seiner nördlichen Fortsetzung jenseits des Vratnikpasses so ziemlich an den beiden Flanken des grossen triadischen Aufbruches sich befinden, in dessen Mitte sich niedrigere Gebirgs- oder Hügelketten erstrecken. Doch sind dies Dinge, die wir späteren Beobachtern überlassen weiter zu verfolgen.

So einfach sich nun auch die besprochenen Verhältnisse in ihrer Totalität auffassen lassen, so schwierig wird oft im Einzelnen die genaue Abgrenzung der einzelnen Kalk- und Dolomit-Etagen. Mitunter erscheint diese Abgrenzung im Hinblick auf die uns verfügbar gewesene Zeit nahezu undurchführbar bei der petrographischen Aehnlichkeit der verschiedenen Niveau's und der Petrefactenarmuth andererseits. Mögen deshalb kommende Besucher jener Gegend unsere Arbeit nur als Vorarbeit auffassen und die Willkür verzeihen, mit der wir hie und da bei der Deutung einzelner Dinge vorgehen mussten. Glücklicherweise stört die Unsicherheit eines Theils der engeren Formationsbestimmungen nicht in der Beurtheilung der eigenthümlichen, uns am meisten interessirenden hydrographischen Verhältnisse, da diese von den rein petrographischen und tectonischen Zuständen der Gebirgsmassen mehr abhängen als von deren relativem Alter.

Für den speciell in unsere Betrachtung gezogenen Landstrich lässt sich sagen, dass ältere Gesteine als solche der Triasformation in demselben nicht auftreten. Ich sehe nämlich ganz ab von gewissen, an der Nordostgrenze unseres Gebiets gelegenen älteren Bildungen, über welche H. Wolf (Verhandl. d. Reichsanst. 1871, p. 240) berichtet hat. Während aber noch in dem nördlichen Theile des croatischen Karstes wenigstens die „Werfener Schichten“ (Stur, Verhandl. d. geol. Reichsanst. 1871 p. 242) beispielsweise bei Fuscine zu constatiren sind, wie sie auch im Osten ausserhalb unseres Gebietes und im östlichen Theile der Licca auftreten, fehlt selbst dieses Glied der unteren Trias in unserem Gebiete an der Oberfläche grösstentheils gänzlich, sofern nicht gewisse Gebilde in der Nähe des später zu erwähnenden Diorityorphyrstockes bei Zengg dafür zu nehmen sind.

Dieser negative Umstand besitzt im Hinblick auf die Wasserverhältnisse der zu beschreibenden Gegend eine traurige Wichtigkeit, worauf ich noch zurückkomme.

Zu den ältesten Bildungen des betrachteten Gebirgsstückes gehören unläugbar gewisse, meist asch- oder blaugraue, mitunter röthliche und nicht selten violette Dolomite, wie sie auch schon früher von Stoliczka als dem Alter nach zwischen den „Werfener Schichten“ und der oberen Trias stehend aufgefasst wurden, und wie sie auch jüngst von Stur (Verh. d. geol. Reichsanst. 1871 pag. 195) aus der Umgebung von Ogulin

als Muschelkalkdolomite bezeichnet wurden. Bei dieser Stadt zeigen die genannten Dolomite, besonders westlich gegen den Gebirgszug des Klek hin und nördlich bei St. Peter und gegen Hrelin zu eine grosse Verbreitung. Sie zeichnen sich durch eine besondere Zähigkeit aus und waren deshalb für den jüngst dort unternommenen Eisenbahnbau ein bei Durchstichen und Tunnelirungen recht unangenehmes Gestein. Stur hebt sehr gut die theilweise Sandigkeit des Dolomits hervor und betont ebenfalls die Festigkeit des unverwitterten Gesteines. Auch beobachtete derselbe Forscher in den höheren Schichten des Dolomits linsenförmig auftretende Zwischenlagen eines rothen Marmors, der ihn an den sogenannten „Reiflinger Kalk“ der Alpen erinnerte. Wir würden in diesem Falle ein Aequivalent des ausseralpinen „Wellenkalks“ vor uns haben, und damit würde die Annahme im Einklange stehen, dass gewisse, gleich zu erwähnende schwarze Kalke sich im Hangenden der besprochenen Dolomite befänden, wie ich nach meinen Beobachtungen anzunehmen durchaus geneigt bin. Es gehören zu der besprochenen Formation auch gewisse Dolomite oder dolomitische Kalke am Vjelun zwischen Ostaria und Zagorje, bei Modruš, bei Ponorac, bei Salopek-sello, bei Mussolinski potok, bei Brezno, am Bitoraj zwischen Dreznica und Skalić, sowie auch einige Partien zwischen Xuta loqua und dem Vratnikpasse oberhalb Zengg.

Wir besprechen nun das Vorkommen jener schon oben erwähnten, schwarzen Kalke, welche wir allen petrographischen Analogien zufolge berechtigt sind, im Allgemeinen als den sogenannten „Guttensteiner Kalken“ gleichstehend anzusehen, wenn es auch nicht gelang, Versteinerungen in denselben zu finden, die ja übrigens auch in den „Guttensteiner Kalken“ der Alpen selten sind.

Wenn die Ansicht Stur's von jenem Knollenkalke, den er mit dem Reiflinger Kalk parallelisirt, sich paläontologisch bestätigen würde, dann wäre ich geneigt, unsere schwarzen Kalke in ungefähren Vergleich mit den schwarzen Kalken zu bringen, welche ich auf einer Excursion, die ich als Begleiter des Herrn Bergrathes Mojsisovics v. Mojsvár im vorigen Frühjahr unternommen habe, zu Idria über den dortigen Aequivalenten des Reiflinger Kalkes mit zu beobachten Gelegenheit fand, und welche der „önischen Gruppe“ zuzurechnen wären.

Das Auftreten dieser schwarzen Kalke specieller anlangend, so constatirten wir es vorzugsweise in den Umgebungen der Ortschaften Bründl (Brinje) und Xuta loqua, wo diese Schichten wohl auch den echten „Guttensteiner Kalken“ am ähnlichsten sehen. Man trifft sie an der Strasse zwischen Križpolje und Bründl den Hügelzug zusammensetzend, welcher die Thäler beider genannten Dörfer scheidet. In gleicher Weise, eher noch ausgesprochener und deutlicher, zeigt sich der Höhenzug zwischen Bründl und Xuta loqua von diesem schwarzen Kalke gebildet, der sich dann gegen Berlog in das Ottočaner Regimentsgebiet fortzieht, wo er hinter den nördlich von Berlog aufsteigenden Bergen an verschiedenen Stellen bemerkt wird. Nördlich von Bründl bei dem Dorfe Lučane, gegen Vodoteč zu, und noch weiterhin zwischen Tuzević-sello und Vukelić-sello, besonders an den Gehängen des Tomin vrh, des Miskovo-bilo, des Plošniak, der Ivakuša, des Skalić-Waldes und noch anderer Bergrücken ziehen sich dann schwarze Kalke bis zur grossen Javornica hin und reichen östlich des Nedruski potok bei Tomič-sello bis zu den Bergen Kosica

und Debelo vrh, das ist in die Gegend des kleinen Dorfes Krakar. Auch östlich des Thales von Krakar wurde dieselbe Formation bemerkt, wenn auch die gleiche Art der Schichtung, wie sie den schwarzen Kalk von Xuta loqua auszeichnet, vielleicht des ungenügenden Aufschlusses wegen nicht überall festzustellen war.

Es darf übrigens, besonders weil dieser Aufsatz auch Laien in die Hände gelangt, nicht unerwähnt bleiben, dass die meisten dieser schwarzen Kalke sich mit einer weissen Verwitterungsschicht bekleiden, weshalb auch Felsen und Blöcke derselben oft ein weisses Aussehen besitzen.

Eine gewisse petrographische Aehnlichkeit unserer Kalke mit den liassischen des Vinica-Berges bei Carlstadt kann stellenweise nicht geläugnet werden, besonders im Falle dickerer Schichtung. So ist der schwarze Marmor, der bei der Kirche von Drežnica verarbeitet wird, in Hinsicht auf seine Zugehörigkeit zur Trias etwas verdächtig. Man könnte auch zum Vergleich an einige dunkle Marmorsorten der istrischen Kreide denken.

Uebereinstimmend mit den schwarzen Kalken von Brinje und Xuta loqua jedoch und deshalb mit gleicher Sicherheit der Trias zufallend, erwiesen sich dagegen die schwarzen Kalke, die an einigen Stellen östlich von Debeli lug und westlich von Salopeksello anstehen.

Mit Stoliczka rechnen wir zur oberen Trias gewisse dichte, graue oder weissliche, anscheinend petrefactenlose oder jedenfalls arme Kalke, welche in unserem Gebiete vielfach die höchsten Kuppen einzelner Berge oder ganzer Gebirgszüge zusammensetzen und ihrer Lagerung nach ins Hangende der soeben abgehandelten Schichten gehören. Wir betonen diesen Anschluss an die Auffassung Stoliczka's für unser Terrain und vermögen nicht zu entscheiden, ob nicht Stur nördlich von demselben in Provincialcroatien der oberen Trias einen zu grossen Raum auf der Karte gewährt hat.

In diesem Sinne sprechen wir hier von den Kalkmassen, welche die Belolasica bei Jassenag nebst den umliegenden, hohen Bergen, welche den Gipfel des Klek bei Ogulin und den Gračac bei Brezno zusammensetzen, und erwähnen wir die Gesteine, welche den Zug des Kapella-Gebirges in dessen höchsten Erhebungen bezeichnen. Namentlich also sind die Schichten der oberen Trias in jenen schwer zugänglichen Bergen aufzusuchen, welche die Namen Cerna Kossa (östlich von Drežnica), Kormeša, Sopal, Velika Rassowa und Allilowica führen, sowie am Kapella-Berge selbst. Auch die helleren, zum Theil stark dolomitischen Kalke, welche unweit Berlog im Ottočaner-Regimentsbezirk sich am Gačkabache bei Klanac und Glavice breitmachen, und vom Ravni vrh und der Velika greda bis zu den Localitäten Lončar, Verbovico und Pisteniak sich erstrecken, wurden hierher bezogen.

Hier ist vielleicht auch der Platz für die Nennung einer etwas dolomitischen Breccie, die ich zwischen dem Berge Baklain und dem Berge Zegarčev vrh nördlich von Berlog an der Basis der obertriadischen Kalke antraf, und die aus eckigen Stücken eines minder dolomitischen dunklen Kalkes und einem etwas mehr dolomitischen, grauweissen Bindemittel besteht. Einige Stücke des dunklen Kalkes sind übrigens offenbar in Folge späterer Einwirkung blässer und zugleich

dolomitischer geworden als die Mehrzahl der Fragmente, obschon sich die scharfkantigen Umrisse auch dieser Brocken noch wohl im Gestein erkennen lassen.

Es liegt mir im theoretischen Interesse nahe hierbei an jene von Cotta in seinen „geognostischen Wanderungen“ (Band I) beschriebene, später von Scheerer (Neues Jahrbuch 1866, pag. 15) näher beleuchtete dolomitische Breccie der Gegend von Tharand in Sachsen zu erinnern. Doch dies nur beiläufig.

Sehr verschiedenen Ansichten begegnen wir in der Literatur über die Kalke und Dolomite der Gegend von Zengg. Stoliczka spricht hier von unterer Kreide. „Die unteren Kreidekalke im westlichen Gebiet des Oguliner-Regiments“ sagt derselbe (l. c. pag. 529) „haben eine sehr grosse Aehnlichkeit mit jenen der Trias, so dass man nicht selten eine Trennung derselben nur annäherungsweise vornehmen kann.“ In der Regel seien es etwas kiesige, feinkörnige, lichtblaue Kalke, die mit weissen Dolomiten und Dolomitbreccien häufig abwechselten. Den einzigen Anhaltspunkt zur Wiedererkennung dieser unteren Kreide böten gewisse Foraminiferen. Allerdings wollte später Franz v. Hauer (Jahrb. d. k. k. geolog. Reichsanst. 1868, pag. 446) deutliche Foraminiferenstructur an keinem der von Stoliczka mitgebrachten Exemplare erkannt haben.

Ausserdem hat Stoliczka bei Kriviput und St. Jacob das Vorkommen specifisch unbestimbarer Korallen angegeben, die er zu den Gattungen *Maeandrina* und *Cladocora* rechnete. Gewisse Gastropoden zeigten sich unbestimmbare. Haquet (Phys. polit. Reise pag. 26) spricht von Chamamuscheln in dem Kalkstein der Küste bei Zengg.

Eine ganz andere Meinung jedoch über die in Rede stehenden Schichten hat Franz Foetterle, der (Verhandl. d. geolog. Reichsanst. 1863, pag. 35) im Ottočaner Regiment gewisse dunkle Kalke der Trias zuzählte, die in der obersten Abtheilung „aus ganzen Schichten von Foraminiferen“ bestände, wie bei Zengg. Dolomitbänke wechsellagerten mit dem Kalk. In dem Reisebericht über die Umgebung von Zengg (Verhandl. d. geolog. Reichsanst. 1872, pag. 269) spricht sich Bergrath Foetterle ebenfalls entschieden für den triadischen Charakter der bei genannter Stadt auftretenden Kalke und Dolomite aus und meint sogar, dass Kreideschichten daselbst „gänzlich“ fehlen.

Dieser Meinungsdivergenz zwischen Foetterle und Stoliczka gegenüber ist es nicht leicht Stellung zu nehmen, denn so lange die Gründe für und wieder die gegebenen Deutungen auf undeutliche organische Reste und unzuverlässige petrographische Eigenschaften sich stützen müssen, so lange wird hier dem subjectiven Ermessen der einzelnen Geologen ein weiter Spielraum gestattet bleiben. Eine undankbarere Partie als diese steilen, kahlen, von spitzen Dolomitblöcken und losem Schutt bedeckten Küstenabhänge bei Zengg nördlich bis über St. Jacob und südlich bis über St. Georgen hinaus kann für den Naturforscher nicht leicht gefunden werden, und nur der Ausblick auf den tief blauen, selbst bei heiterem Wetter fast immer unruhigen Golf, in dessen Hintergrunde die ebenfalls kahlen und hellen Felsen von Veglia, Cherso, Lussin und Arbe aufsteigen, gewährt eine schwache Entschädigung für den Aufenthalt in jener Steinwüste.

Ich möchte mich übrigens in der berührten Frage der Ansicht meines Chefgeologen des Herrn Bergrath Foetterle, zu dessen Section ich 1872 zu gehören die Ehre hatte, im Allgemeinen anschliessen und zwar aus tectonischen Gründen, denn einmal liegt das Gebirge von Zengg in der directen nördlichen Fortsetzung des triadischen Vellebit, wie auch die südlich vom Vratnik gelegenen Gebirgsmassen vom Volke mitunter Vellebit genannt werden, und dann muss darauf hingewiesen werden, dass das Verhältniss der von den verschiedenen Seiten des gleich zu besprechenden Dioritporphyrstocks abfallenden Sedimentmassen, wie Foetterle jüngst ähnlich hervorhob, nach Osten und Westen zu insofern dasselbe ist, als beiderseits zunächst dem Dioritporphyr und den etwa damit verbundenen Gesteinen der unteren Trias ein Dolomit kommt, der von einem schwarzen Kalke überlagert ist. Hält man nun den an der Vratnikhöhe auftretenden Dolomit für triadisch, wie dies auch Stoliczka auf seiner Karte gethan hat, dann liegt dieselbe Anschauung nahe für den in der entgegengesetzten Richtung auf den Dioritporphyr folgenden Dolomit. Freilich wollen die bituminösen, schwärzlichen, zum grossen Theil breccienhaften Kalke, die man meerrwärts gegen Zengg zu an der Strasse antrifft, und die dann von hellen, abermals dolomitischen Bänken überlagert werden, welche den Steilabfall der Küste von Zengg bilden, nicht recht übereinstimmen mit den schwarzen Kalken, die östlich vom Vratnik über dem Dolomit folgen; die rauchgrauen Kalkbänke aber, welche dem oberen Dolomit bei Zengg untergeordnet sind, und in welchen auch ich jene fraglichen, auf den Schichtoberflächen ausgewittert hervortretenden Foraminiferenreste sammelte, erinnern doch vielleicht an gewisse Schichten der istrischen Kreide.

Nur ein sehr genaues, vom Glück begünstigtes Studium wird hier die Klarheit schaffen, welche ich zu gewinnen nicht in der Lage war.

Wir gedenken an dieser Stelle eines eigenthümlichen Eruptivgesteines, welches in der Gegend von Zengg etwa in der oberen Mitte des Weges gegen den Vratnik zu vorkommt, und welches, weil es zufällig an einer der besuchtesten Strassen der croatischen Militärgrenze sichtbar wird, schon den frühesten Beobachtern aufgefallen war. So spricht Haquet (Physik.-politische Reise l. c. pag. 26) an dieser Strasse von einem grünen Felsschiefer, der sich manchmal in Porphyrit verwandelt, und so spricht auch Partsch (Detonationsphänomen von Meledal, c. p. 50) von einem bei Zengg in den Alpenkalkstein eingelagerten, schwarzen Porphyr und rothen Sandstein. Später hat auch Foetterle desselben Gesteins zweimal gedacht. Er sagt darüber in seiner Notiz über das Ottočaner Regiment (Verh. d. Reichsanst. 1863, p. 35): „Von Eruptivgesteinen tritt zwischen Zengg und dem Vratnik, sowie bei Unter-Pazarischtje ein durch Feldspathkrystalle porphyrtartig ausgezeichnete Melaphyr auf, der von Tuffbildungen begleitet wird, jedoch keine grosse Ausdehnung erreicht hat.“

Da von Augit in dem fraglichen Gestein, wie wir gleich sehen werden, nichts beobachtet werden konnte, so ist hier der Name Melaphyr nur als eine ganz allgemeine Bezeichnung, etwa wie Grünstein im weitesten Sinne, zu verstehen.

In seiner jüngsten Mittheilung über die Umgebungen von Zengg (Verh. d. Reichsanst. 1872, p. 270) sagt dagegen bezüglich unseres Eruptiv-

gesteines Herr Bergrath Fötterle folgendes: „Dort, wo sich die Strasse von Zengg nahezu unter einem rechten Winkel gegen Süden wendet, treten lichtgraue Dolomite auf. Ihr Streichen und Verfläichen nach Stunde 15 mit etwa 35 Grad ist gegen jenes der Kalke, die nach Stunde 18 mit etwa 40 bis 45 Grad verfläichen, verschieden. Nach nicht bedeutender Mächtigkeit tritt eine schmale Lage von Rauchwacke hinzu, und dieser folgen rothe und grünlich-graue Schiefer und Kalkconglomerat, die hier in Verbindung stehen mit Porphyrtuffen, welche einen ziemlich mächtigen Stock von Porphyr umsäumen, durch dessen Gebiet sich die Strasse auf den Vratnikpass in vielfachen Windungen hinaufzieht.“ „Der Porphyr“, heisst es weiter, „hat beinahe durchgehends eine sehr dunkelgrünliche Grundmasse, aus der Feldspath ziemlich zahlreich hervortritt. Gegen die Mitte des Porphyrstocks bemerkt man in nicht unbedeutender Ausdehnung die kuglig-schalige Absonderung. Der ganze Porphyrstock hat eine unregelmässig rundlich gestreckte Ausdehnung mit einer Länge von etwa 1000 Klaftern und einer Breite von 800 Klaftern und ist ringsherum von den gleichen Gebilden eingeschlossen, da gegen den Vratnikpass wieder die Dolomite folgen und die schwarzgrauen Kalke diese mit der früheren Regelmässigkeit überlagern.“

Ob man jene rothen und grünen Schiefer den Werfener Schichten werde beizählen oder auch zu den Porphyrtuffen werde stellen müssen, scheint mir vorläufig fraglich. Freilich spricht Partsch sogar von rothem Sandstein. Die Möglichkeit bleibt keinesfalls ausgeschlossen, dass wir es hier mit einem Aequivalent der unteren Trias zu thun haben, dem die fraglichen Eruptivgesteine selbst angehören, denn die Tuffe scheinen die mitteltriadischen Dolomite zu unterteufen.

Was die Beschaffenheit des Gesteins selbst anbelangt, so zeigt es verschiedene, genetisch indessen unzweifelhaft zusammengehörige Facies.

Verschiedene Proben davon lagen Herrn Dr. Cornelio Döltery Cisterich zur Ansicht vor, der dieselben mit Schliffen und unter dem Mikroskop untersuchte. Die eine Probe zeigte nach Dölter eine pistaziengrüne Farbe und ein feinkörniges Gefüge, welches jedoch in die Porphyristructur überging. „Der vorgeschrittene Zersetzungszustand des Gesteines“, sagt Dölter, „welcher sich durch die grosse Menge von Eisenkies kundgibt, erschwert die Untersuchung sehr und macht auch ein genaues mikroskopisches Studium unmöglich. Immerhin kann man sagen, dass das Gestein aus Hornblende und Plagioklas besteht, was auch das Mikroskop bestätigt. Die Hornblende herrscht vor. Selten findet sich Magneteisen.“

Eine andere Varietät ist von dieser durch die Farbe verschieden, welche graublau ist, und ist von körnigem Gefüge. Der Feldspath ist noch vorherrschender und von heller Farbe. Eine dritte Varietät hat eine dunkle Farbe, ist ebenfalls stark zersetzt, enthält jedoch keinen Eisenkies, besteht aber sonst im wesentlichen aus denselben Bestandtheilen wie die vorigen Abarten. Hier herrscht die Hornblende vor, und oft sind grosse Partien dieses Minerals daraus ausgeschieden, der Feldspath ist grünlich und stark zersetzt. Auch dies Gestein ist porphyrartig, jedoch ist die Grundmasse sehr zurücktretend.“

Man darf sonach das Eruptivgestein von Zengg als einen porphyrischen Diorit bezeichnen, zu dessen Charakteristik man noch hinzufügen kann, dass die einzelnen ausgeschiedenen

Krystalle die Grösse einiger Millimeter selten übertreffen. Die Bestimmung des Gesteins von Vratnik östlich von Zengg jedoch als Melaphyr, die auch in andere Publicationen übergang (Jahrb. d. geologischen Reichsanstalt 1868, pag. 435), hat nur provisorische Bedeutung gehabt, wie wir schon auseinandersetzen.

Es ist schade, dass neue Aufschlüsse in diesem Gestein nicht gemacht werden, da das Material zu nichts, nicht einmal zu Strassenschotter gut verwendbar erscheint. Doch werden spätere Untersuchungen an Ort und Stelle noch manche interessante, frischere Varietät des Gesteins sowohl, als auch die genaueren Beziehungen desselben zu den umgebenden Tuffen und Dolomiten nachweisen können. Solche Untersuchungen würden um so wichtiger sein, als unser Eruptivgestein im Karst nicht ohne Seitenstück ist, und als die Thatsache des Vorkommens von dioritischen Eruptivgesteinen im Karst überhaupt wohl nicht allgemein genug bekannt ist.

Stache (Verhandl. d. geolog. Reichsanst. 1859, pag. 120) entdeckte bei Benkowac unweit Fuscine in Provincial-Croatien ein echtes Eruptivgestein mit „porphyrtartig eingewachsenen Krystallen eines weissen, anorthischen Feldspathes, sowie mit gut ausgebildeten, wenn auch grösstentheils sehr dünnen Amphibolkrystallen, zuweilen selbst mit Endflächchen“. Dasselbe tritt in „Gailthaler Schichten auf, die es daselbst zwischen den Kalken und Dolomiten der Trias zu Tage gebracht hat“. Endlich erwähnen wir hier auch jenes von Tschermak vorläufig als Diorit bezeichnete Eruptivgestein vom Monte Cavallo bei Knin in Dalmatien, das aus Hornblende, Kalkfeldspath und einem Zeolith besteht (F. v. Hauer, Jahrb. d. geolog. Reichsanst. 1868, pag. 437) und dort die untere Trias durchbricht. Knin, der Vratnik und Benkowac liegen beinahe in einer geraden Linie und die Vorkommnisse an allen drei Punkten sind dioritischer Natur. Man wird diese Gesteine wohl zusammen behandeln müssen.

In jedem Falle bleibt das Auftreten derselben unter Verhältnissen, die ihr triadisches Alter sehr wahrscheinlich machen, um so anziehender als auch die Textur und der äussere Habitus des Gesteins etwas von den entsprechenden Eigenschaften alter Diorite abweichen.

Seit einigen Jahren kennt man in unserem Gebiet auch Gesteine des Lias mit Sicherheit. Es sind dies die dunklen Kalke des Vinicaberges bei Carlstadt, aus denen Herr Sapetza Petrefacten an die geologische Reichsanstalt einsandte, welche zuerst Bergrath Stur (Verhandl. d. geolog. Reichsanst. 1868, pag. 83) besprochen hat, und die später von Urban Schloenbach als oberliassisch (Verh. d. geolog. Reichsanst. 1869, pag. 68) erkannt wurden. Eine genauere Beschreibung dieser Versteinerungen wurde wohl beabsichtigt, unterblieb jedoch in Folge von Schloenbach's plötzlichem Tode. Unter den Petrefacten, die Schloenbach bereits bestimmt hatte, habe ich einen *Ammonites bifrons* Brug. und eine *Rhynchonella cf. Withreyi Davds.* selbst gesehen.

In wie weit die in Rede stehenden Schichten den sogenannten „grauen Kalken“ Südtirols und der *Sette comuni* entsprechen könnten und inwiefern man annehmen könnte, dass ausser dem durch *A. bifrons* angedeuteten oberen Lias auch andere Schichten des Lias bei Carlstadt auftreten, bleibt eine Frage der Zukunft.

Leider hat überdies der Vinicaberg seit jener Zeit weitere Erfunde nicht mehr geliefert trotz der Nachforschungen, welche die Herren M. Neumayr und Bergrath Wolf daselbst anstellten.

In gleicher Weise erfolglos waren leider meine Bemühungen, weitere Belege für die Altersdeutung des von Stoliczka als oberjurassisch (l. c. pag. 528) gedeuteten Punktes bei Drežnica aufzufinden, und müssen wir uns deshalb begnügen, diese Deutung einfach zu registriren und auf der Karte den historischen Standpunkt zu wahren.

Als wahrscheinlich oberjurassisch bezeichnet Wolf auch einen weissen Kalk an der Spitze des Vinicaberges, der seinem petrographischen Charakter nach an die Kalke von Stramberg in Mähren erinnern soll.

Endlich können hier auch gewisse graue Oolithe genannt werden, die ich auf der Spitze des Stallak, der den südlichen Gipfel der grossen Javornica darstellt, beobachtete. Auf der Karte habe ich sie als jurassisch ausgeschieden, ohne indessen eine völlige Bürgschaft für diese Meinung übernehmen zu können.

Die Kreideformation ist, wie Eingangs berührt, hauptsächlich im Osten der triadischen Aufbruchswelle des croatischen Karstes verbreitet. Wir rechnen diese östliche Schichtengruppe der Kreide durchwegs der jüngeren Karstkreide zu. Stoliczka hielt 1862 eine Trennung dieser Gebilde bei dem damaligen Standpunkte der Beobachtung noch für verfrüht. Jetzt hat Herr Bergrath Wolf geglaubt, einen unteren und einen oberen Horizont auf der Karte ausscheiden zu dürfen. Der untere Horizont (Verhandl. d. geolog. Reichsanst. 1871, pag. 240) ist demnach kalkig und dolomitisch, der obere, weniger ausgedehnte ist mergelig.<sup>1</sup> Stoliczka spricht ganz richtig von einer oftmaligen Wiederholung mehr oder weniger lichter, manchmal ganz weisser Kalke, die eben so häufig mit weissen Dolomiten wechsellagern.

Bei Ogulin sahen Herr Dr. Pilar und ich in diesen Kalken zahlreiche Versteinerungen, namentlich Reste von Radioliten und verschiedener Conchiferen, wie z. B. grosse Pectens. Stoliczka erwähnte auch Nerineen daraus und gab an, in den Marmorbrüchen bei Carlstadt kleine Caprotinen gefunden zu haben.

Der Verbreitung nach kann diese Kreide, deren Gesteine sich von denen der Trias durch eine etwas geringere Festigkeit unterscheiden, in unserem Gebiete angegeben werden bei Thouin, Dubrave, Trzič, Terjasica, Generalskistol und Zvečaj. Eine kleinere Partie findet sich bei Ogulin, Ottok und Ostaria, sowie ich auch gewisse helle Kalke von Vjelun bei Zagorje hier mit aufführe.

Gewisse mitten im triadischen Gebiet gelegene Kalkpartien hat Stoliczka auch zur Kreide, und zwar zur unteren Kreide gerechnet, so bei Drežnica und Jezerana. Da ich in diesem Falle Beweise weder

---

<sup>1</sup> Die Mergelkalke der Gegend von Glina (Vranovina) übrigens, welche Stoliczka (l. c. pag. 529) noch zur Kreide rechnet, gehören wohl ebensowenig dieser Formation an, wie die genannte Gegend zum Karst gehört. Ich wenigstens habe dieselben (Jahrb. d. geol. Reichsanst. 1872, pag. 273) in das obere Eocän zu stellen gesucht. Stoliczka selbst hielt eine solche Auffassung nicht für unmöglich.

für noch gegen Stoliczka habe auffinden können, so halte ich mich nicht für berechtigt, die Stoliczka'sche Auffassung zu modificiren.

Was die westlich von der triadischen Aufbruchswelle gelegenen Massen der Kreideformation anlangt, so kommen für unser Gebiet zunächst nur die beiderseits des Vinodol und seiner Verlängerung bei Novi auftretenden Kalke in Betracht, welche daselbst, abgesehen von einer schmalen Zone eocäner Nummulitenkalke, das Sandsteingebiet des Vinodol begrenzen. Die höheren steileren Gebirgskämme, welche die landeinwärts gelegene dieser Kreideterrassen östlich begrenzen, gehören indessen schon zur Trias.

Ueber die Schichten, welche man bei Zengg als Kreide bezeichnet oder in ihrer Zugehörigkeit zu dieser Formation bestritten hat, haben wir schon Ausführungen gemacht.

Die Eocänformation ist in unserem Gebiete, wo sie überhaupt nur bei Novi und längs des Vinodol vorkommt, nicht vollständig entwickelt, insofern zunächst jener untere Schichtencomplex fehlt, den Stache in Istrien und Dalmatien neuerdings als liburnische Stufe zusammengefasst hat. Auf die Kreide folgt vielmehr unmittelbar die nummulitenführende Kalkgruppe, und zwar sind es weisslichgelbe Kalke, die angeschlagen, zahlreiche Durchschnitte der Nummuliten erkennen lassen. Bräunliche und grünliche Sandsteine des oberen Eocän nehmen dann die Mitte der Thalspalte ein, deren überraschende Fruchtbarkeit inmitten kahler, steriler Gebiete sie bedingen. Etwas Braunkohle von glänzend schwarzem Aussehen ist den Sandsteinen bei Bribir untergeordnet.

Es erübrigt uns nunmehr noch auf eine Anzahl von Bildungen hinzuweisen, welche hie und da in unserer Gegend, wengleich nur sporadisch und in geringer Ausdehnung, auftreten, und welche zum Theil der neogenen, zum Theil der quaternären Zeit angehören. Niemand, der den Karst kennen gelernt hat, wird uns die Besprechung derselben unter einer und derselben Rubrik verübeln.

Zunächst machen wir aufmerksam auf die Conglomerate und Breccien, welche hie und da an minder steilen Stellen der Meeresküste anstehen, und deren Material wohl grösstentheils den Kalken und Dolomiten der Kreide oder Trias entnommen ist, wie sie eben jene Steilküsten zusammensetzen. Ganz in der unmittelbaren Nähe von Zengg, nördlich von dieser Stadt, sind beispielsweise solche Strandbildungen zu beobachten, die unter dem Meeresspiegel vielleicht eine grössere Ausdehnung und Mächtigkeit gewinnen mögen. An manchen Punkten sind unsre Conglomerate stark eisenschüssig. Im Alter mögen dieselben diluvial und jungtertiär sein.

Eine andre Ablagerung, die hier zu nennen wäre, ist die von Thouin zwischen Carlstadt und Ogulin und zwar gegen Dubrave zu, wo splittrige Mergelschiefer und Sande vorkommen, in welche schlechte Lignite eingelagert sind, und die Stoliczka (l. c. pag. 529) zum jüngsten Tertiär rechnete. Die Mächtigkeit dieses Absatzes kann stellenweise bis auf mehr als 30 Meter veranschlagt werden.

Bereits länger bekannt sind Lignitabsätze im Vinodol bei Bribir, die dort nicht dem Kreidekalk, wie die Ablagerung von Thouin, sondern dem eocänen Sandstein aufrufen.

Hörnes (Fossile Säugethiere von Bribir, Haidinger's Ber. über die Mitth. von Fr. d. Naturwiss. Wien 1848, 4 Bd. pag. 83) theilte darüber die Ausführungen des Schürfungscommissärs Veszely mit. Wir übergehen dieselben, soweit sie die Lagerung der Eocänschichten des Vinodol betreffen und erwähnen nur, dass Veszely bereits sehr gut die Kohlen des Eocän von den jüngeren Ligniten getrennt hat, welche letztere er als ohne Glanz und von erdigem Aussehen beschreibt, deren Holztextur sich noch gut erkennen lasse. Sowohl das Liegende als das Hangende dieses Lignits sei ein harter schwarzer Thon. „Zur Untersuchung des Braunkohlenflötzes,“ fährt Hörnes (l. c.) fort, wurde ober dem Braunkohlenausbisse, der sich auf einem sanft ansteigenden Hügel südlich von Bribir befindet, in einer Entfernung von 35 Klaftern von demselben ein Bohrloch abgeteuft, um das Flötz in einem tieferen Punkte zu prüfen. Mit diesem Bohrloch wurde die Tiefe von 21 Klaftern erreicht. In der Tiefe von 18 Klaftern fand man jedoch eine nur 1 Zoll mächtige Braunkohlenspur. Um sich nun von der Mächtigkeit des Braunkohlenflötzes besser zu überzeugen, wurde 2 Klafter ober dem Ausbisse desselben ein kleiner Schacht abgeteuft. Mit diesem erreichte man bald das Flötz in einer Mächtigkeit von  $2\frac{1}{2}$  Schuh mit einem Verflächen von 25 Grad. Es wurden ferner 2 Strecken dem Streichen des Flötzes nach betrieben und in der einen derselben fand man nun unmittelbar unter der Kohle und zum Theil noch in derselben viele Ueberreste von Säugethiern, von denen folgende an das k. k. montanistische Museum <sup>1</sup> in Wien eingesendet wurden: 1. Von *Mastodon angustidens* Cuv. ein ganzer Oberkiefer mit den vier wohl erhaltenen Backenzähnen und zwei Stosozahnfragmenten. Diese Reste müssen einem noch sehr jungen Thiere angehört haben, da die Backenzähne, wie aus ihrer Form hervorgeht, noch Milchzähne sind. 2. Von *Tapirus priscus* Kaup, der erste Vorderzahn und der sechste und siebente Backenzahn der rechten Seite des Oberkiefers, ferner die beiden Eckzähne und der erste, zweite, dritte und fünfte Backenzahn der rechten Seite, ferner der sechste Backenzahn der linken Seite des Unterkiefers. 3. Ein Backenzahn, der bei Vergleichung mit Skeletten von lebenden Thieren die grösste Aehnlichkeit mit Zähnen des Oberkiefers einer von Natterer aus Brasilien mitgebrachten, bis jetzt noch nicht beschriebenen sehr kleinen *Cervus*-Art, des sogenannten *Cervus Namby*, hat.“

Wir glaubten diese für die Beurtheilung der Neogenbildungen des Karstes so wichtige und dennoch fast verschollene Notiz <sup>2</sup> hier wieder hervorholen zu müssen, da es sich für uns um eine möglichst vollständige Darstellung des zu beschreibenden Gebietes handelt, soweit dies freilich unsere hierin noch sehr lückenhafte Kenntniss gestattet, wie andererseits nicht genug betont werden kann.

Wir gelangen jetzt zu einer für unser Karstgebiet recht charakteristischen Bildung“. Es ist jene auch in Istrien, auf den quarnerischen Inseln und in Dalmatien bekannte, sogenannte *terra rossa*, das ist ein eisenschüssiger, in der Regel intensiv rother Lehm, der an vielen Punkten

<sup>1</sup> Bekanntlich jetzt dem Museum der Reichsanstalt einverleibt.

<sup>2</sup> Nur Stache gedenkt derselben einmal in der österreichischen Revue, aber ohne genaues Citat.

die einzige culturfähige Schicht des Karstes vorstellt, wie schon die verschiedensten Beobachter dies ausgesprochen haben.

Stache (Oesterr. Revue, 1864, 2. Bd. pag. 205) glaubt, dass für diese Erdart „das Material zum grossen Theil aus der Diluvialzeit stammt“.

Es war schwer thunlich, alle einzelnen, oft räumlich ausserordentlich beschränkten Vorkommen von *terra rossa* auf der Karte zur Geltung zu bringen. Im Bereich der Triasformation erwähnen wir nur das Auftreten des rothen Lehm bei Salopeksello gegen die Dobra zu und etwas oberhalb des Dorfes. Im Bereich der Kreide beobachtete Wolf westlich von Carlstadt rothe, eisensteinführende Lehme (Verh. d. geol. Reichsanst. 1871 pag. 241), welche von mit Geschieben vermengten, gelblichen, diluvialen Lehmen in der Nähe der Culpa überlagert wurden, ein Umstand, der jedenfalls dafür spricht, unsere *terra rossa* im Allgemeinen nicht für jüngeres Diluvium zu halten. Für diese mehr negative Deutung scheint mir ähnlich beweisend die Thatsache, dass Stache (Verhandl. d. geol. Reichsanst. 1872 pag. 221) den sogenannten Sand von Sausego, den er für den Ueberschwemmungsabsatz eines ehemaligen grossen Flusses hält, in Istrien über der *terra rossa* constatirte.

Wir müssen deshalb wohl dem rothen Lehm seinen Platz im Neogen oder zum Theil im ältesten Diluvium anweisen und ihn vorläufig etwa in der Hauptsache den Belvedereschichten des Wiener Beckens gleichstellen oder dem rothen Sandstein von Topusko, den ich in meinem Aufsatz über das Gebirgsland südlich Glina (Jahrb. d. geol. Reichsanst. 1872, pag. 286) besprochen habe. Doch soll diese Parallele nur ein Compromiss mit den seitherigen diesbezüglichen Ansichten für die Karte sein, denn ich vermute, dass wir es mit einem Aequivalent der ganzen Neogenzeit zu thun haben. Ich komme darauf gleich zurück.

Die Bildungsweise der *terra rossa* gilt für noch nicht genügend ergründet. Doch glaubt Bergrath Stache (Verh. d. geol. Reichsanst. 1872, pag. 217) sich zu dem Ausspruch berechtigt, dass diese Erdart unmöglich eine Meeresbildung sein könne, obschon derselbe Gelehrte (Verh. der geol. Reichsanst. 1872, pag. 221) ein Lager von recenten Meeresconchylien in der *terra rossa* bei Pomer südöstlich von Pola ganz an der Küste entdeckte. Allein der rothe Lehm dieser Localität sei als auf secundärer Lagerstätte befindlich anzunehmen. Ich stimme jener negativen Ansicht Stache's völlig bei. Jedenfalls scheint mir die Thatsache bemerkenswerth, dass die *terra rossa* sowohl an der dem heutigen Meere zugekehrten Seite des Karstes, zwar nicht speciell in unserem Gebiet aber anderwärts, als an der entgegengesetzten, durch sehr hohe Erhebungen von der Adria getrennten Seite dieses Kalkzuges angetroffen wurde, womit eine gewisse Unabhängigkeit zum mindesten von der heutigen Configuration der Küsten für das Auftreten des rothen Lehm gegeben ist. Wäre ausserdem die *terra rossa* ein mariner Absatz, so liesse sich nicht einsehen, warum dieselbe nur in den Kalkgebieten des Karstes erscheint, und die an Flächenraum zwar unbedeutenderen, aber doch existirenden und niedrigere Meereshöhen einnehmenden Sandsteingebiete, wie in unserem Falle das Vinodol, vermeidet. Es ergibt sich daraus, dass die Entstehung des rothen Lehm mit dem Kalk selbst in irgend einem Zusammenhange stehen muss. Und in der That kann man diese Ansicht durch

Analogien unterstützen, fand doch Fötterle (Verh. d. geolog. Reichsanst. 1869, pag. 193) die durch kesselartige Vertiefungen ausgezeichneten, also an die Karstgestaltung erinnernden Kreidekalke Bulgariens eben in jenen Kesseln zum Theil mit rother Erde überlagert, wurde doch in dem stark zerklüfteten Kalkgebirge des Dachsteins (Sitzber. d. k. Acad. d. Wissensch., mathem. naturw. Cl. 40 Bd. 1860, pag. 432 u. s. w.) ein dunkelrother Lehm in Verbindung mit Bohnerzen, zum Theil auch mit anderen Gesteinsfragmenten, von Suess nachgewiesen, und kommt doch selbst in Brasilien in jenem von Lund (Annales des sc. nat. 1839, XI, pag. 214—234) untersuchten secundären Kalkgebirge zwischen dem Rio das Velhas und dem Rio Paraopeba an den Thalabhängen und in den Spalten desselben eine rothe Erde vor, die in dem Grade eisenschüssig ist, dass die Eisentheile sich zu erbsenförmigen Eisenerzen entwickeln. Man sieht sich also mit seinen Deutungsversuchen mehr auf die Theorien über Bohnerzbildung hingewiesen als auf Betrachtungen über einen etwaigen maritimen Ursprung der *terra rossa*, wie auch schon Franz v. Hauer (Jahrb. d. geolog. Reichsanst. 1868, pag. 454) angedeutet hat. Auch Abich (Vergl. Grundz. d. kaukasischen, armenischen and nordpers. Geb.: Mém. de l'acad. de St. Pétersb. 6. sér., tom. 7, pag. 441) fand die Kohlen-, Kreide- und Nummulitenkalke Armeniens in ihren Klüften und Thälern zum Theil mit einer kalkig-thonigen Breccie angefüllt, deren grosser Gehalt an Eisenoxyd die blutrothe Färbung der mitunter in wahre Eisenerze übergehenden Massen bedingt, und wurde Herr Abich dabei an die Bohnerze im Jura von Schwaben und der Schweiz erinnert.

Uebrigens sagt bereits Boué (Ueber Karst- und Trichterplastik, Sitzungsber. d. mathem. naturw. Cl. d. k. Acad. d. Wiss. Wien 1861, pag. 291): „Ein merkwürdiges Zusammentreffen mit manchen Karsten bilden die Ablagerungen der Bohnerze oder überhaupt der Eisenhydrate mit vielem thonigen, eisenschüssigen Mergel.“ Säuerlinge hätten nach diesem Autor an der Bildung der genannten Substanzen mitgewirkt, und diese Ansicht wird die richtige sein.

Die Bildung aber des rothen Lehmes mit eruptiven Erscheinungen in Verbindung zu bringen, wie dies für die Karstgegenden geschehen ist, und wie diesbezüglich auch Abich in Armenien von einem „plutonischen Act“ spricht, scheint mir wenig begründet zu sein. Wir kommen noch auf plutonistische Karsttheorien zu sprechen.

Ich kann nicht umhin, gleich hier an die Ausführungen zu denken, welche Zippe in dem Schmid'schen Buche über die Grotten und Höhlen von Adelsberg, Lueg, Planina und Laas, (Wien 1854, pag. 214) in Bezug auf den gegenwärtigen oder einstigen Reichthum der Karstkalke an kohlen-saurem Eisenoxydul gemacht hat, welcher Stoff sowohl durch Abgabe von Kohlensäure eine sehr intensive Auflösung des Kalkes bedingte, wie sie die zahlreichen Höhlenbildungen des Karstes voraussetzen, als auch den Eisengehalt für die *terra rossa* und die Eisensteine derselben abgeben konnte. Die von Lipold in dem Aufsatz über die eisensteinführenden Diluviallehme in Unter-Krain (Jahrb. d. geolog. Reichsanst. 1858, pag. 251) geäusserte Vermuthung, der Eisengehalt jener Lehme, unter denen er auch die rothen Karstlehme mit einbegreift, entstamme den „Gailthaler“ oder „Werfener“ Schichten, ist für Istrien und einen grossen Theil des croatischen Karstes schon deshalb nicht per analogiam anzu-

wenden, weil in diesen Gebieten, abgerechnet wenige, sehr spärliche Ausnahmen, die genannten älteren Schichten (an der Oberfläche) fehlen, und ausserdem darf hervorgehoben werden, dass Lipold den gelben, mehr sandigen Löss und die rothen Karstlehme Unter-Krains anscheinend nicht genug auseinandergehalten hat, weshalb auch die von diesem Forscher (l. c. pag. 249) angeführten Funde von *Equus fossilis* in den sandigen Lehmen für die directe Altersdeutung der *terra rossa* nichts beweisen. Zudem muss man ja in Anschlag bringen, dass sich die rothe Erde zuweilen auf secundärer Lagerstätte finden kann.

Es scheint mir am Platz, hier an die Frage anzuknüpfen, welche Dionysius Stur am Ende seiner Arbeit über das Isonzothal von Flitsch abwärts bis Görz u. s. w. (Jahrb. d. geolog. Reichsanst. 1858 pag. 366) im Hinblick auf den Umstand, dass in den Höhlen und Lössabsätzen des Karstes bisher nur Säugethierreste der diluvialen Epoche aufgefunden wurden, aufgeworfen hat: „Welche Rolle spielte der Karst mit seinen Höhlen während der neogenen Periode?“

Wenn es fessteht, dass der Karst am Ende der Eocänperiode und vor Beginn der Neogenperiode über das Meeresniveau durch einen relativen Hebungsact emporgestiegen ist, wie Stur in eben jener Arbeit mit Sicherheit annimmt, und wie es Niemand bestreiten wird, dann ist klar, dass auf jenes neugebildete Festland sofort der Einfluss der Atmosphärlilien beginnen musste, eben jener Einfluss, der zu der später noch zu besprechenden, heutigen enormen Aushöhlung und Durchlöcherung der Karstkalken führen musste und geführt hat.

Die Höhlenbildung begann gewiss schon vor der diluvialen Zeit, denn, um während letzterer Epoche den Resten des *Ursus spelaeus* und diesem gleichzeitiger Säugethiere als Ablagerungsort dienen zu können, dazu mussten die betreffenden Höhlen schon dagewesen sein, was eigentlich sehr einfach ist, aber doch mitunter nicht genügend gewürdigt wird <sup>1</sup>.

Es ist ferner klar, dass mit dem Beginn jener Auflösung und Auswaschung des Karstkalkes auch der Anfang jener Processe zu setzen ist, welche der Auflösung gegenüber als secundäre, dieselbe begleitende betrachtet werden müssen. Zu diesen Vorgängen gehört aber auch, oder mit diesen Vorgängen hängt wenigstens zusammen die Bildung des rothen Lehmes, der *terra rossa* wie aus den vorangegangenen Ausführungen vielleicht einleuchtet. Soviel zur Begründung meiner oben ausgesprochenen Vermuthung über das Alter der *terra rossa*. Aufzuklären bliebe dabei höchstens, warum bisher noch keine Reste einer jungtertiären Säugethierfauna in dem rothen Lehm gefunden wurden; indessen darf nicht übersehen werden, dass wir im Vergleich zur grossen Ausdehnung der Karstgebirge noch sehr wenig genauere Untersuchungen in dieser Richtung aufzuweisen haben.

Jedenfalls scheint mir die Beantwortung jener damals von Stur aufgeworfenen, oben reproducirten Frage heute nicht mehr so schwierig,

<sup>1</sup> Um auf einen zwar nicht direct hierher gehörigen, aber gewissermassen doch analogen Fall hinzuweisen, erinnere ich an den Aufsatz des Grafen Wurmb „über die Höhlen und Grotten in dem Kalkgebirge bei Peggau“ (Gratz 1871), in welchem gezeigt wird, dass die betreffende Höhlenbildung längst vor den Einwirkungen der Diluvialepoche begonnen habe.

und schliesslich gibt es ja, wie die Braunkohlenablagerung von Bribir zeigt, sogar deutliche Beweise, dass der Karst auch zur Neogenzeit von Säugethieren bewohnt wurde.

Wie ich schon oben im Hinblick auf die Wolf'schen Beobachtungen bei Carlstadt andeuten konnte, haben wir in unserem Gebiete auch echt diluviale Bildungen, sandigen Lehm und gelben Löss zu verzeichnen. Wir fügen hinzu, dass solche lössartige Erdanhäufungen die flach wellenförmige Ebene zwischen Ogulin und dem Vjelun stellenweise im Verein mit Schottern bedecken, allerdings in geringer Mächtigkeit, so dass hie und da der Karstkalk durchblickt. Auch zwischen Generalskistol und Carlstadt sieht man an verschiedenen Punkten gelben Löss oder Lehm auf den dortigen Kreidekalken lagern, welche, was der dort jüngst unternommene Eisenbahnbau gezeigt hat, eine ganz ähnlich zackig zerrissene, in bizarre Kanten und Spitzen ausgehende, nur vom applanirten Löss maskirte Oberfläche besitzen, wie jene gleichfalls von sandigem Lehm bedeckten Kreidekalke Unter-Krains, deren Verhalten Lipold in der oben citirten Arbeit (l. c. pag. 247) bildlich dargestellt hat.

Hier ist endlich auch der Ort, um eine recht interessante Bildung zu besprechen, über die Herr Bergrath C. v. Hauer im Jahrbuche der geologischen Reichsanstalt 1871 (pag. 539) bereits Mittheilung gegeben hat, die er als einen durch einen Magnesiagehalt bezeichneten, sehr plastischen Thon, und zwar als Seifenstein bezeichnete, und welche sich in der Nähe von Bründl (Brinje) findet. Nach einer im Laboratorium der k. k. geologischen Reichsanstalt vorgenommenen Analyse enthielten 100 Theile dieser Erdart:

Kieselserde . . . . .	46·4
Thonerde . . . . .	14·6
Magnesia . . . . .	8·2
Wasser . . . . .	30·2
	<hr/>
zusammen . . . . .	99·4

bestimmbare Theile.

Ich habe mich nun von dem Vorkommen der fraglichen Erdart durch Augenschein überzeugt und fand den betreffenden Aufschluss dicht bei der von Prokike nach Bründl führenden Strasse, auf der Nordseite derselben, und zwar an dem gegen Bründl zugewendeten, flachen Gehänge der betreffenden Hügelreihe.

Daselbst bildet der fragliche, meist grünlichgraue, seltener röthlich oder wachsgelb gefärbte, übrigens leicht zerfallende und zerbröckelnde Seifenstein eine Spaltenausfüllung in den dort anstehenden schwarzen Kalken. An die eventuelle Verwendung dieses Saponits wurden in Carlstadt und Bründl grosse Hoffnungen geknüpft. C. v. Hauer gab auch bereits einige diesbezügliche Winke. Namentlich wäre die Benützung dieses Productes in Tuchfabriken als Walkererde zu empfehlen<sup>1</sup>. Leider wollte es jedoch aller Mühe ungeachtet nicht gelingen, noch andere Auf-

<sup>1</sup> Unmittelbar als Seite steht Saponit wohl nur in den Bädern der Maroccaner in Verwendung, die ihn (Neues Jahrb. von Leonh. u. Br. 1844, pag. 355) zwischen Fez und Cheliouhl in grosser Menge gewinnen.

schlusspunkte desselben aufzufinden, und bleibt deshalb das genannte Vorkommen ein örtlich sehr beschränktes und zu grossen Erwartungen keinesfalls berechtigendes, wenn man auch einige Wagenlasten unseres Seifensteines sollte gewinnen und wegführen können. Jedenfalls steht in diesem Falle die praktische Bedeutung des besprochenen Vorkommens der wissenschaftlichen nach.

Nach Gustav Bischoff (Chem. und phys. Geol. II. Bd., pag. 500) können Wässer, welche kohlen saure Magnesia führen, wenn dies Carbonat mit Kalksilicate haltenden Gesteinen in Berührung kommt, specksteinartige Fossilien bilden, und es können derartige Bildungen nicht nur im Meere, sondern auch in Spalten und Drusenräumen hervorragender Gebirge stattfinden. Für unseren Fall bleibt aber im Hinblick auf diese Ansicht beachtenswerth und eine ausreichende Deutung erschwerend der Umstand, dass die Kalke, in denen hier die Spaltenausfüllung geschah, den Eindruck der Verkieselung durchaus nicht machen, und dass auch Dolomite, denen die Magnesia entstammen könnte, nicht in unmittelbarer Nähe unseres Saponitvorkommens an der Oberfläche anstehen.

Man müsste annehmen, dass Wasser mit einem Magnesiumsilicat in Lösung hier in die Spalte gedrungen sei und die Seifensteinbildung an einer damals vorhandenen, zur entsprechenden Umwandlung geeigneten Mineralmasse bewirkt habe etwa in ähnlicher Weise, wie Nauk in seiner bekannten Arbeit über Göpfersgrün (Poggendorfs Ann. 75. Bd. pag. 150) diese Eventualität für die dortige Specksteinbildung berücksichtigt hat.

Wie das Wasser in unserem Falle zu dem Magnesiumsilicat gekommen sein könnte, ist eine andere Frage. Ich denke unwillkürlich zunächst an die in unserem Gebiet auftretenden Eruptivgesteine, welche vielleicht nur bei Zengg an die heutige Tagesoberfläche treten, aber anderwärts maskirt vorhanden sein können.

### Die hydrographischen Verhältnisse unseres Gebietes und die Configuration des Karstes.

Wie sich aus der vorangegangenen Beschreibung der unser Gebiet zusammensetzenden Formationen ergibt, haben wir es im eminentesten Sinne des Wortes mit einem Kalk-, beziehungsweise Dolomitgebirge zu thun. Alle anderen geologischen Bildungen dieser Gegend treten sowohl was ihre räumliche Ausdehnung an der Oberfläche, als was ihre erschlossene Mächtigkeit anbetrifft, ganz untergeordnet auf im Vergleich zu jenem ungeheuren Kalkmassiv, dessen zur Trias und Kreide gehörige Gesteine wir soeben beschrieben haben. Der Kalk hat hier die Configuration der Berge und Thäler bestimmt, der Kalk bedingt hier auch die Art und Weise, wie die atmosphärischen Niederschläge sich sammeln oder vertheilen. Der Kalk gehört jedoch sammt dem Dolomit, wie bekannt, zu den zerstörbarsten und besonders der auflösenden Kraft des Wassers gegenüber nachgiebigsten Gesteinen. Daher kommen jene eigenthümlichen Erscheinungen, welche sich zwar in geringeren Verhältnissen in fast jedem Kalkgebirge, im grossartigsten Massstabe aber im Karstgebiet geltend machen, und welche schon frühzeitig, wie die Arbeiten eines Haquet und eines Gruber beweisen, die Aufmerksam-

keit auf sich lenkten, sowie sie auch später noch zuweilen zu den eigen-thümlichsten Hypothesen und Auslassungen (vergl. Graf Marenzi, der Karst, ein geologisches Fragment, Triest 1864) anregten und für Phantasie oder theoretische Speculation einen willkommenen Tummelplatz abgaben.

Der Karst in dem geographischen und geologischen Sinne, wie wir ihn Eingang dieser Arbeit aufgefasst haben, ist also ein Gebirgsland, dem an Zerklüftung kein zweites der wissenschaftlich untersuchten Gebiete gleichkommt. Nur wenige Gegenden, wie etwa der westphälische Kalkzug, die von Virlet beschriebenen Höhlengebiete der Franche-Comté, die Kreidegebirge Juda's oder jenes von Lund (siehe Neues Jahrbuch von Leonh. und Br. 1840, pag. 120) untersuchte secundäre Kalkgebirge zwischen dem Rio das Velhas und dem Rio Paraopeba in Brasilien dürften, namentlich das letztere, wenn auch nicht in allen Beziehungen der Plastik, so doch, was Höhlenbildung anbelangt, etwas Aehnliches in grösserem Masstabe darbieten, wenn auch Höhlenbildung in den meisten Kalkgebieten etwas so Gewöhnliches ist, dass die Aufzählung derartiger Vorkommnisse schwer zu erschöpfen wäre<sup>1</sup>.

Diese Zerklüftung und Durchlöcherung der Kalkmassen ist das Hauptmoment für die Beurtheilung der Wasserverhältnisse des Karstes im Allgemeinen und unseres Gebietes im Besonderen. „Von den hydrographischen Verhältnissen der Karstgebirge“, sagt Lorenz (die Quellen des liburnischen Karstes und der vorliegenden Inseln, Mitth. d. geogr. Ges. Wien 1859, pag. 103) ist im Allgemeinen hinlänglich bekannt, dass dort die atmosphärischen Niederschläge sich nirgends zu aushaltenden Bach- oder Flusssystemen sammeln können, sondern theils sogleich, theils nach kurzem, oberirdischem Laufe in die Spalten und Klüfte des Karstkalkes versinken, sich unterirdisch in Höhlen ansammeln, deren viele unterirdisch zusammenhängen“.

Die Erosion wäre also in diesem Gebirge grösstentheils in das Innere verlegt, und deshalb zeigt die Oberfläche nur ungenügende und unzusammenhängende Thalbildung.

Diesen Behauptungen liefern nun in der That die Verhältnisse unseres Gebietes eine neue Unterlage.

Doch kann ich mich, was die rein topographisch-hydrographischen Erscheinungen desselben anlangt, hier sehr kurz fassen, da ein ausführlicher Aufsatz des Herrn Baurath und Professor Anton Beyer, betitelt: „Die Wassernoth in der Carlstädter Militärgrenze“, welcher auf Anregung des k. k. Generalcommando's in Agram dem Druck übergeben werden soll, genaue Daten in dieser Beziehung bringen wird und ich nur nöthig habe, das zu nennen, was für die geologische Auffassung der Gebirgsconfiguration und Wassercirculation in der beschriebenen Gegend Bedeutung haben kann. Dafür glaube ich gut daran zu thun, wenn ich hie und da über die Grenzen unseres Gebietes hinausgreife und auf solche

<sup>1</sup> Von österreichischen Beispielen brauchen wir nur an die Höhlen des devonischen Kalkes bei Brünn, die durch Wankel, an die Höhlen des devonischen Kalkes bei Peggau, die durch Graf Wurmbbrand und an die Höhlen des Bihargebirges, die durch Schmidl untersucht oder beschrieben wurden, zu erinnern. Vergleiche auch die Mittheilung von Felix Luschan (Mitth. d. anthropol. Ges. Wien 1872, pag. 313) über die Höhlen bei Villach.

Thatsachen verweise, welche in ähnlich der unseren gestalteten, ähnlich zusammengesetzten Gegenden, besonders auch der übrigen Karstlandschaften mit analogen Wasserverhältnissen mehr oder minder zusammenhängen. Ein Phänomen wie die Plastik des Karstes will von allgemeinen Gesichtspunkten erfasst sein, um dem Verständniss näher gebracht zu werden. Der Fachmann, der bei unseren Ausführungen freilich auf manches Bekannte stossen wird, darf nicht vergessen, dass dieser Aufsatz auch für einen Kreis von Lesern bestimmt ist, denen die meisten Resultate geologischer Forschung minder geläufig sind. Uebrigens kann sich der geologisch gebildete Leser dieser Zeilen vielleicht insofern mit unserer Darstellung aussöhnen, als ein grosser Theil der sehr zerstreuten, mit unserem Gegenstande zusammenhängenden Literatur für diese Arbeit herangezogen wurde, eine Beziehung, auf die gerade der einzige allgemeinere, unsern Gegenstand betreffende Aufsatz Ami Boué's über Karst und Trichterplastik (Sitzber. math.-naturw. Cl. d. k. Akad. d. Wissensch. Wien 1861) durchaus verzichtet hat, und insofern vielleicht überhaupt eine kurze, zum Theil auch von neuen Auffassungen ausgehende Uebersicht der HAUPTERSCHEINUNGEN des Karstes vom heutigen Standpunkte der Wissenschaft aus nicht gerade überflüssig ist.

Zunächst darf ausgesprochen werden, dass es, wie auch schon von anderen Beobachtern hervorgehoben wurde, im Karst an Wasser an und für sich nicht fehlt. Warum sollten auch in diesem Küstenstriche die Niederschläge wesentlich geringer sein als in den benachbarten Gebieten? <sup>1</sup> Nur die Zugänglichkeit der vorhandenen Wassermenge für den Menschen und die Vertheilung derselben ist eine andere als in anderen Gegenden von ähnlichen Regen- und Thauverhältnissen. Wir können dies nicht drastischer darstellen, als durch den Hinweis auf das Verschwinden von Bächen oder Flüssen einerseits und das stellenweise Hervorbrechen mächtiger Quellen andererseits <sup>1</sup>.

Kaum wird jemand das malerisch gelegene Ogulin besuchen können, ohne dass man ihn in die Nähe des alten Schlosses und an jenen Aussichtspunkt führt, an dem er den schroffen und imposanten Klek im Angesicht, unter sich einen von hohen, steilen Wänden eingeschlossenen Fluss schäumen sieht und rauschen hört, dessen enge Thalschlucht keinen Ausweg besitzt und der genau unter dem Felsen verschwindet, auf welchem das Schloss erbaut ist. Es ist die Dobra, welche aus Provincial-Croatien kommend, hier die Tagesoberfläche verlässt und auf unterirdischem Wege sich unter ausgebreiteten Gebirgsmassen fortbewegt, um weiter östlich bei Mariatrost unweit Popovosello wieder zu erscheinen und ihren oberirdischen Lauf fortzusetzen. Es ist nicht uninteressant hervorzuheben, dass es genau die Formationsgrenze der mittel-

<sup>1</sup> Dass sie dies in der That nicht sind, beweisen die vorhandenen meteorologischen Beobachtungen. Vergleiche darüber den Aufsatz des Herrn Obersten v. Sonklar „Grundzüge einer Hyetographie des österr. Kaiserstaates“, in den Mitth. d. geogr. Ges. Wien 1860.

<sup>2</sup> „Ein sicheres Zeichen der Existenz verborgener Höhlen“, sagt G. Bischoff (Supplementband zum Lehrbuch d. chem. u. phys. Geologie, Bonn 1871, pag. 85) sind die im Kalkgebirge so häufigen mächtigen Quellen. Wo Quellwasser ausfliessen, die wie in Paderborn und Lippspringe sogleich Mühlen treiben, da müssen grosse, mit Wasser erfüllte Höhlen im Inneren des Gebirges vorhanden sein.“

triadischen Dolomite und der obercretaceischen Kalke ist, an welcher die Dobra das Innere des Gebirges aufsucht, nachdem sie vorher in den Dolomiten sich ein schluchtartiges Bett ausgewaschen hat. Uebrigens versinken die Gewässer in dem besprochenen Falle nicht mit einem plötzlichen Absturz, wovon ich mich persönlich durch Eindringen in den zunächst gelegenen Theil der Höhle überzeugete, sondern sie behalten ein ähnliches Gefälle wie vor dem Eintritt in den unterirdischen Lauf, also ganz analog dem Verhalten der Poik bei deren Eintritt in die Adelsberger Grotte.

Bei ihrem Austritt aus dem Gebirge, dort wo sie bei Mariatrost gewissermassen als neue, mächtige Quelle zum Vorschein kommt, fliesst Die Dobra ganz ruhig und mit sehr geringem Gefälle, wie auch bereits Stur (Bericht über die Uebersichtsaufnahmen im mittl. Theile Croatiens, Jahrb. d. geolog. Reichsanst. 1863, pag. 486) sehr treffend bemerkt, der Fall der aus dem Karst kommenden Flüsse, worunter auch Dobra und Mreznica, zwei Flüsse unseres Gebietes namhaft gemacht werden, sei zumeist ausserordentlich gering, so dass man an den meisten Stellen keine Bewegung derselben beobachten könne und ein stehendes Wasser vor sich zu haben glaube. Freilich gilt diese Bemerkung in der Regel eben nur für die unteren Flussläufe.

Die Mreznica, deren wir soeben Erwähnung gethan haben, zeigt ein ähnliches Verhalten wie die Dobra. Wir meinen hier übrigens nur jenen gleichnamigen Zufluss der Mreznica der bei Zagorje zwischen dem Vjelun und dem Ostabhänge der Kapella entspringt, zuerst nördlich gegen Salopeksello zu, später östlich gegen Ostaria zu fliesst und dort auch an der Grenze von Trias und Kreide in einem Felsenschlunde verschwindet um bei Thouin als Thouincia wieder zu erscheinen und sich später nördlich von Trzič mit der eigentlichen Mreznica zu vereinigen. Die vereinigten Bäche bilden dann jenen äusserst langsam fliessenden Fluss, dessen intensiv grünen Wasserspiegel man auf der Strasse zwischen Carlstadt und Generalskistol mehrfach zu Gesicht bekommt.

Auch der bei Modruš entspringende Muniawabach verliert sich, und zwar bei Josephsthal in die Erde.

Für alle diese Gewässer ist es sicher, dass sie, obwohl nur etliche Meilen in ihrem Ursprunge von der Adria entfernt, sich unter mehr oder minder mächtigen Gebirgs- oder Hügelketten hindurch einen Weg in das Flussgebiet der Kulpa, bezüglich der Save, somit in das schwarze Meer bahnen. Doch befinden sie sich allerdings auf der Ostseite der Kapella.

Für eine Anzahl kleinerer Bäche auf der Westseite der Kapella bleibt es ungewiss, wohin ihre Gewässer sich nach dem Verschwinden wenden. Es gehören hierher die Stainica, die zwischen Lipice und Stainica entspringend, unweit des Dorfes Jezerana in Kalktrichtern sich verliert, dann der Bach Cernačka, der bei Jelič unweit Jezerana ebenfalls verschwindet, dann die Maina, die am Südrande des Dreznickopolje, eines weiten Thales bei Dreznica, der Nedruski potok, welcher bei Tomičsello, die Pecina, die unweit Dreznica, der Studenabach, der ebenfalls unweit Unter-Dreznica und der kleine Cernipotok, der bei Krakar sich verliert. Alle diese Bäche haben einen sehr kurzen Lauf und gehören rings geschlossenen Thalbecken an. Wir kommen auf einige der-

selben noch zurück. Erwähnen wollen wir nur noch, dass auch der Bach, der vom Vratnik herkommend nach Zengg fließt, in seinem unteren Lauf nur bei Hochwasser gefüllt erscheint. Unter gewöhnlichen Verhältnissen verliert er sich, bald nachdem er das Dioritgebiet verlassen hat, in den Kalken und Dolomiten.

Das sind Beispiele verschwindender Flüsse aus unserem Gebiete, aber sie bezeichnen keineswegs eine diesem Gebiet allein zukommende Erscheinung, sondern sie entsprechen eben nur dem allgemeinen Charakter des Karstes. Es würde zu weit führen, auch nur den vierten Theil der Fälle anzuführen, welche dies beweisen. Wir erinnern an das allbekannte Verschwinden der Poik in der Adelsberger Grotte, desselben in diesem Falle Unz genannten Flusses in der Planinahöhle (Schmidl, Grotten und Höhlen von Adelsberg etc. Wien 1854, pag. 127) an den unterirdischen Fluss der Trebitschgrotte bei Triest, von dem A. v. Morlot (Bericht über die Mitth. von Freunden d. Naturw. 3. Bd., Wien 1848, pag. 380) genau berichtet hat, an das Verschwinden gewisser Bäche (Stache, Eocägeb. von Inner-Krain und Istrien, Jahrb. d. geolog. Reichsanst. 1859, p. 306) in dem Kessel oberhalb des Dorfes Obron in Istrien, sowie an das Verschwinden der Recca bei St. Canzian, die zwischen Duino und Monfalcone als Duino oder Timavo wieder zum Vorschein kommt, aus mächtigen Quellen zusammenfließend, wie das schon dem Virgilius und dem Strabo bekannt war. Wir erwähnen das Verschwinden der Gačka in der sumpfigen Ebene von Ottočac, der Licca nördlich von Gospić, der Lepenica bei Fuscine (Jahrbuch 1855, pag. 418). So sagt auch A. Boué (Turquie d'Europe, tome II, pag. 43): une particularité de l'Herzegovine est la fréquence des cours d'eau, qui se perdent dans des gouffres, les ponors des Slaves, les Katavotrons des Grecs“. Dieser selbe Fall trete auch häufig ein im westlichen Montenegro, in Türkisch-Croatien, sowie in Bosnien.

Die unterirdischen Flüsse gehören also recht eigentlich zur Signatur des Karstes im Allgemeinen, wengleich derartige Vorkommnisse nicht gerade auf den Karst beschränkt sind <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Ich erinnere an die unterirdischen Wasseradern der berühmten Mammothshöhle in Kentucky und an das Verschwinden der Rhône (perte du Rhône unterhalb Genf. So kennt auch Fuhlrott (die Höhlen und Grotten in Rheinland Westfalen, Iserlohn 1869, pag. 14) unterirdische Flussläufe in Westfalen. So beschreibt v. Eichwald in Bulletin de la société des naturalistes de Moscou (27. Bd. pag. 65) das Auftreten trichterförmiger Bildungen im silurischen Kalkstein von Oesel und Livland, in welchem Gebiete viele Gewässer einen unterirdischen Lauf besitzen; so erzählt Adolf Hübner (Petermann's geogr. Mitth. 18. Bd., 1872, pag. 425) in seinen geognostischen Skizzen aus Südafrika von einem stark zerklüfteten, aus krystallinischem Kalk und Quarziten bestehenden Gebirge, in welchem der Mooi River direct gemessen einen unterirdischen Lauf von 40 englischen Meilen Länge besitzt; so gibt es unterirdische Flüsse in der Sahara wie den Ighargar und den Oued Djeddi (Etude sur le terr. quaternaire du Sahara algérien, par Ch. Grad, arch. des sc. de la biblioth. univers. Genève 1872, pag. 2); so beschreibt auch Fraas das Vorkommen alter unterirdischer Wasserläufe im Gebirge Juda. Auch v. Quenstedt (Neues Jahrb. von Leonh. und Geinitz 1872, pag. 200) kennt eine ähnliche Zerklüftung gewisser Jurakalk Schwabens: „Beta bringt und schlingt Wasser“. Verschiedene hierher gehörige Beispiele mag man endlich in Arago's Aufsatz über Quellen, Bohrbrunnen und Springbrunnen (Edinbg. n. philos. journal 1835 XVIII, pag. 205—247, vergl. Neues Jahrb. 1836, pag. 90) nachlesen. Um aber auch alpine Beispiele der besprochenen Art zu erwähnen

Was diese Erscheinungen aber für uns beweisen, ist einmal, dass es dem Gebirge als solchem an Wasser nicht fehlt, und zweitens, dass dieses Gebirge ausserordentlich durchlöchert und durchhöht sein muss, um solche Erscheinungen zu gestatten. Schon v. Morlot (l. c.) nannte den Karst porös wie einen Schwamm, und Gruber verglich dies Gebirge mit einer Filtrirmaschine. Diesen porösen Zustand illustriren indessen noch andere Dinge. Es muss nämlich in unserem Gebiete Bäche geben, welche überhaupt nie an der Oberfläche fließen, sondern unterirdisch entspringen und unterirdisch ins Meer gehen. Man braucht nur auf einem Boot ins offene Meer zu fahren und wird sich leicht von dem ausserordentlich salzigen Geschmack des betreffenden Meerwassers überzeugen, und man braucht nur an einigen Stellen der Küste, namentlich in kleinen Buchten den Geschmack des Meerwassers zu probiren, um denselben hie und da sehr wenig salzig zu finden. Die ganze Küste weist von Zengg bis Novi keinen oberirdischen Bach, keine oberirdische Quelle auf, der sein süßes Wasser mit dem Salzwasser des Golfes mischen könnte, und dennoch wird das Wasser einzelner Buchten auf dieser Strecke versüßt, wie das in ähnlicher Weise G. Staehle (Eocäng. von Inner-Krain und Istrien, 2. Folge 1864, pag. 14) für die in den Thalkesseln von Clana und Studena verschwindenden Gewässer annimmt, dass sie an der Küste zwischen Fiume und Volosca zum Vorschein kommen und „theils über, theils unter dem Meeresniveau sich mit dem Salzwasser des Quarnero mischen“<sup>1</sup>.

Das Meer communicirt also mit dem Innern des Karstkalkgebirges ganz unmittelbar, wofür Dr. Lorenz (Verhandl. d. geolog. Reichsanst. 1866, pag. 66) an der istrischen Küste sogar einen der schlagendsten Beweise aufzufinden so glücklich war; ein Seitenstück nämlich zu jenem von Unger beschriebenen, allen Besuchern<sup>2</sup> von Cephalonia wohlbekannten Eindringen und Versinken des Meeres in einem Felsenschlunde bei Argostoli. Und es ist Dr. Lorenz überzeugt, dass man bei grösserer, längere Zeit auf einzelne Stellen gewendeten Aufmerksamkeit dergleichen Erscheinungen auch an der croatischen Küste bemerken wird. So schwer sich übrigens diese Erscheinungen genügend erklären lassen, so beweisen sie doch in jedem Falle die ausserordentliche innere Ausgewaschenheit des Gebirges. Dies ist aber das Hauptmoment für die ganze, uns beschäftigende Wasserfrage.

Von dieser Ausgewaschenheit ebenso abhängig als dieselbe illustrirend ist auch das Auftreten mehr oder minder periodischer Seen oder Teiche, deren berühmtestes Beispiel im Karstgebiet der Zirknitzer

---

so brauchen wir nur an den unterirdischen Abfluss des Königsee's, der als Schwarzbachfall bei Golling wieder an die Oberfläche tritt, und an verschiedene analoge Erscheinungen aus den Kalkalpen zu erinnern, die man in Professor Simony's Aufsätzen über die Seen der Alpen (Oesterreichische Revue 1864, 1. Bd. etc.) nachlesen kann.

<sup>1</sup> Analoge Fälle constatirte Virlet (Des cavernes, de leur origine et de leur mode de formation, Avcsnes 1836, pag. 4) am Golf von Spezzia und an den Ostküsten Laconiens.

<sup>2</sup> So erzählt auch Edm. Bauer (Ausflug nach Griechenland, Triest 1858, pag. 27) in seinem touristisch geschriebenen Aufsatz von einer Mühle, welche dort durch das Einstürzen der See in einen Schlund, aus welchem die Wellen nicht zurückkehren, betrieben wird.

See ist, welcher jedoch keineswegs, wie man mehrfach im grösseren Publicum annimmt, den einzigen hierher gehörigen Fall vorstellt, denn auch in unserem Gebiet können ähnliche Erscheinungen namhaft gemacht werden.

So in der Gegend von Drežnica. Westlich von dem Kirchdorfe Unter-Drežnica zieht sich eine ziemlich (etwa eine Stunde) lange und auch ziemlich breite Ebene hin, an deren südlichem Rande die Localität Jesera und das Dörfchen Vukelič-sello, an deren nordwestlichem Rande das Dörfchen Tomič-sello gelegen sind, und die im Nordosten zwischen den Bergen Nedrug und Matuša eine Ausbuchtung gegen Terbovič-sello zu besitzt, welche letztere wiederum von dem Studenacbache, einem beinahe stehenden Wasser, durchflossen wird, das sich schliesslich gegen Drežnica zu im Boden verliert. Von Nordwesten kommt der meist wasserleere Nedruski potok, der bei Tomič-sello sich ebenfalls verliert, ähnlich wie der äusserst kurze Lauf der Pecina bei Jesera. Quellen befinden sich am Rande dieser Ebene nur in der unmittelbaren Nähe von Unter-Drežnica am Nordfusse der sogenannten Trečakina. Doch soll auch am Grunde der Cisterne von Vukelič-sello bisweilen Wasser hervorquellen. Namentlich gegen Westen zu erheben sich hinter dieser Ebene hohe Gebirgsmassen, wie der imposante Kamm der grossen Javornica, der in einer Anzahl nahezu gleich grosser Gipfel bis zu 4200 Fuss aufsteigt.

Schottermassen bilden hauptsächlich in dieser Ebene das ausgleichende Material, unter welchem an verschiedenen Stellen noch der nackte Kalkfels hervorsieht. Diese Schotterabsätze besitzen selbstverständlich eine grosse Durchlässigkeit für Wasser und nur die von der Natur ausserordentlich begünstigte Lage als Ansammlungsplatz desselben gestattet hier einen im Verhältniss zu andern Karstgebenden recht üppigen Wiesenschwamm. Zu gewissen Zeiten, namentlich im Frühjahr nach der Schneeschmelze, erscheint diese Ebene völlig unter Wasser gesetzt und gleicht mitunter Tage lang einem vollständigen See. Da dieser See keinen der Oberflächenconfiguration der Gegend entsprechenden Abfluss hat, so liegt es nahe, zunächst jene Stellen, an denen die oben genannten Bäche Nedruski potok, Studenac und Pecina verschwinden, als Abzugsorte auch für die Gewässer jenes zeitweiligen Sees anzunehmen.

In grossartigerer Weise noch, wenn auch auf einen kleineren Flächenraum beschränkt, zeigt sich dies Phänomen der plötzlichen Seebildung nordöstlich von Unter-Drežnica auf dem sogenannten Drežničko polje, einer etwa eine halbe Stunde langen Ebene, die westlich von den Medjulške drage und Biljevina genannten Bergmassen, östlich von höheren Bergen, wie der Strana vizopolja und namentlich der Cerna Kossa, die zu den nördlichen Theilen des Kapellagebirges gehören, überragt wird. Der Mainabach kommt am Fusse des Bergrückens Bilo, der das Drežničko polje von der Ebene von Krakar trennt, sofort als mächtige Quelle zum Vorschein und versinkt am anderen (südlichen) Ende des Thales gegen den Pievčev vrh zu im Boden, ohne während dieses Laufes Zuflüsse zu erhalten.

Hier in dieser theilweise von Eichen bewachsenen Ebene bleibt oft nach längeren Regenzeiten oder nach der Schneeschmelze das Wasser wochenlang stehen und erreicht zuweilen fast die höchsten Wipfel der Bäume, wie mir von zuverlässigen Leuten versichert wurde.

Wäre das Wasser, welches in den soeben dargelegten Fällen die genannten Becken ausfüllt, ausschliesslich das von den Abhängen der die Ebene umgebenden Berge zusammengelaufene, so würde die ganze Erscheinung einer solchen zeitweiligen Seebildung in die Kategorie gewöhnlicher Ueberschwemmungen gehören und nicht als besonders auffällig zu betrachten sein. Allein die Sache verhält sich anders. Das Wasser, welches hier seebildend auftritt, kommt nur zum kleinsten Theil von oben, es kommt in der Hauptsache von unten<sup>1</sup>. Nur zum kleinsten Theil läuft es von den Abhängen der Berge zusammen, zum grössten Theil tritt es aus Spalten und Löchern am Fusse des Gebirges oder aus nur lose durch Geröll maskirten Klüften am Boden der Ebenen selbst hervor, um später wiederum vollständig in eben diesen Löchern zu verschwinden. Dass aber solche Löcher vorhanden sind, beweisen die versinkenden Flüsse zur Genüge. Auf diese Weise bilden sich in derartigen Fällen, wie seinerzeit schon v. Gansauge (Poggendorf's Ann. 51. Bd.) nicht übel für den Zirknitzer See bemerkte, zwei Seen übereinander, die dann durch eine siebartig durchlöchernte Gebirgsmasse von einander getrennt sind. Nur wird der Begriff des unteren Sees etwas *cum grano salis* aufzufassen sein, und braucht man dabei nicht an ein einziges grosses geschlossenes Wasserbecken zu denken, wie dies Alles aus späteren Ausführungen sich vielleicht deutlicher ergeben wird.

Wäre die so eben ausgesprochene Ansicht über zeitweilige Seebildung, die auch der gegenwärtig allgemein geläufigen Anschauung über das Phänomen des Zirknitzer Sees<sup>2</sup> entspricht, und die in den folgenden Zeilen noch weiter ausgeführt werden soll, nicht zweifellos begründet, dann dürfte ich mir wohl die Frage aufwerfen, warum heutzutage die ebenfalls in unserem Gebiet, nordwestlich von Bründl gelegene Ebene von Vodoleč nicht mehr in ähnlicher Weise seeartig unter Wasser gesetzt wird, wie dies nach den Aussagen alter Leute früher der Fall gewesen ist.

Die Menge des bei Schneeschmelzen und grossen anhaltenden Regengüssen von den umgebenden Bergen direct an den Abhängen herabströmenden und in die Ebene fallenden Wassers hat gewiss seit einem halben Jahrhundert keine wesentliche Veränderung erfahren. Hinge also das Phänomen der Seebildung von ihr allein ab, dann müsste das rings geschlossene Thal von Vodoteč auch gegenwärtig noch immer einer zeitweiligen Seebildung unterworfen sein. Da dies nicht der Fall ist, so müssen wir annehmen, dass in der Gestaltung des unterirdischen Wassercirculationssystemes dieser Gegend seit jener Zeit wesentliche Veränderungen eingetreten sind, wenngleich offenbar die früher als Austritts- und Abflussöffnungen dienenden Schlünde der Vodotečer Ebene noch heut, wenn auch mehr verstopft, fortexistiren und bei der stark durchlässigen Schotterbedeckung des Thalbodens dem Regenwasser zum schnellen Abfluss dienen.

<sup>1</sup> In kleineren Verhältnissen hat H. v. Clesius (Verh. d. geol. Reichsanst. 1867, pag. 159) in gewissen trichterförmigen Vertiefungen nördlich von Fiume das Emporsteigen oder Hervorstrahlen von Wasser aus der Tiefe nach Regengüssen constatirt.

<sup>2</sup> Es ist wohl etwas zu viel gesagt, wenn L. Graf Pfeil in der Zeitschrift Gaëa (1872, pag. 586) meint, eine Erklärung für die Erscheinung des Zirknitzer See's habe bis auf ihn gänzlich gefehlt.

Wir halten also einerseits fest, dass die genannten Becken nicht durch das von den Bergabhängen unmittelbar abfliessende Regen- oder Schmelzwasser angefüllt werden, und andererseits gestehen wir zu, dass die Seebildung nur nach atmosphärischen Processen wie Regenfall oder Schneeschmelze eintritt. Wir werden also doch wieder einen Zusammenhang des auf den Bergen durch atmosphärische Vorgänge gebildeten Wassers und des etwas später den See füllenden annehmen müssen. Wir können aber diesen Zusammenhang nicht anders uns denken und den angedeuteten Widerspruch nicht anders lösen, als abermals durch den Hinweis auf die grosse Zerklüftung und Aushöhlung des Karstes.

Diese Zerklüftung lässt aber in diesem Falle nicht blos mehr oder minder horizontal, bezüglich wenig schräg gestellte Hohlräume voraussetzen, wie dies in Bezug auf die unterirdischen Flussläufe der Fall ist, sondern sie weist auf ein mehr oder minder vertical gestelltes Spaltensystem hin, dessen Spalten übrigens selbstverständlich nicht ununterbrochen sein werden, sondern hier und da durch mehr horizontale Spalten oder längs gestreckte Hohlräume verbunden sein können.

Das Wasser sammelt sich augenscheinlich auf den Gebirgen hauptsächlich in den später zu besprechenden Dolinen und in sonst vorhandenen, nach oben mündenden Klüften ohne nach den Thälern abzufliessen, wobei die oft plateauartige Gestalt der Karstgebirge ohnehin einem raschen, thalabwärts gerichteten Abfluss des Wassers nicht günstig ist. Von diesen Spalten und Dolinen aus findet das letztere, wie weiterhin noch genauer erörtert wird, seinen Weg in unterirdische Reservoirs, welche dann stellenweise oberirdische Verbindungen in jenen erwähnten, sozusagen fragmentarischen Flussläufen finden. Solche unterirdische Wasserbehälter, die man sich nach Belieben in dem einen Fall als ein labyrinthisch verzweigtes System von Canälen oder im andern Fall als mehr geschlossene, grössere Becken vorstellen kann, sind aber sicherlich stellenweise tiefer gelegen als die Thalsohlen der besprochenen zeitweiligen Seebecken, denn sonst wäre ein Verschwinden von Bächen mitten in der Ebene, wie dies beim Studenac und Nedruski potok der Fall ist, nicht denkbar. Dieses Verschwinden seitens des Wassers ist ja nichts Anderes als ein Aufsuchen tieferer Horizonte.

Wenn man nun bedenkt, dass diese unterirdischen Canäle oder Sammelbecken rings fest geschlossene Wände haben, deren seitliche Oeffnungen nur einer bestimmten Menge von Wasser in einer bestimmten Zeit den Durchtritt gestatten, so ist klar, dass in Zeiten grösserer Wasseransammlung diese Canäle oder Becken sich zuerst völlig anfüllen werden, und dass schliesslich eine Rückstauung des Wassers und ein Austreten desselben aus solchen Oeffnungen stattfinden muss, die von den unterirdischen Canälen aus an die Tagesoberfläche gehen. Für solche Rückstauung bietet nebenbei gesagt die Dobra bei Ogulin ein eclatantes Beispiel in Zeiten grosser Wasserzufuhr, wie plötzlicher Gewitterregen und analoger atmosphärischer Erscheinungen, denn während sie bei gewöhnlichen Verhältnissen ruhig am Grunde des oben gelegentlich beschriebenen tief eingeschnittenen Felsenthalen dahinrauscht und sogar einen völlig freien Eintritt in ihren unterirdischen Lauf gestattet, füllt sie nach heftigen Regengüssen oder plötzlichen Schneeschmelzen das ganze Felsenthal fast bis zum Rande aus, während ihr unterer Lauf von dort an

wo sie bei Popovosello wieder ans Tageslicht tritt, so grellen Gegensätzen des Wasserstandes nie unterworfen wird, insofern der zwischen Ogulin und Popovosello befindliche unterirdische, geschlossene Flusslauf sozusagen eine Maximalgrenze für die Einnahme und Ausgabe von Wasser, somit auch für den Wasserstand des unteren Laufes bedingt, ein Verhältniss, welches sich nur mit der Ausweitung dieses Canals selbst ändern kann. Was hier für ein Flussthal gilt, gilt im anderen Fall für ein weiteres Thal- oder zeitweiliges Seebecken.

Es sind also die einfachsten hydrostatischen Gesetze, mit deren Hilfe man alle die anscheinend abnormen Niveauveränderungen der Karstgewässer erklären kann. Doch bleibt die Sache darum nicht minder interessant, weil hier die Natur, mit dem System der communicirenden Röhren im Grossen experimentirt. Sogar eine Art Analogon artesischer Springbrunnen wurde beobachtet, wenn anders die Mittheilung Professor Kner's (Jahrb. d. Reichsanst. 1853 pag. 226) richtig ist, dass in dem Thale von Velapeč in Istrien bei Regenzeiten plötzlich geysirähnlich in fussedicken Strahlen Wasser bis zu 50 Fuss Höhe hervorbricht und in kurzer Zeit das Thal in einen See verwandelt. Ein derartiges Phänomen, welches principiell auf gleichen Ursachen beruht, wie die Seebildungen bei Drežnica oder Zirknitz <sup>1</sup>, ist einfach zu erklären, wenn man ausser einem engen Mundloch eine grössere Verstopfung der Spalten und Trichter annimmt, aus denen das Wasser hervorquillt. Diese Verstopfung erlaubt die grössere, bis zu einer bedeutenden Höhe über das Thalniveau gehende Erhöhung der Wassersäule, welche, ideal gesprochen, den längeren Schenkel der beiden communicirenden Röhren darstellt, deren kürzerer Schenkel mit der Thalsohle oben abschneidet. Erreicht nun der hydrostatische Druck in dem einen durch die Spaltensysteme des Gebirges gebildeten Schenkel dieser Röhren ein solches Mass, dass er den Widerstand jener die betreffenden Spalten der Ebene verstopfenden Massen überwindet, so wird das Wasser aus diesen Spalten, welche den andern Schenkel der communicirenden Röhren darstellen, mit Gewalt in einer hohen Säule emporgeschleudert werden.

Gruber (l. c., siehe unten die Anmerk. pag. 227) glaubte allerdings für die Erklärung des in Rede stehenden Seephänomens auch die Theorie vom sogenannten Heronsbrunnen heranziehen zu können. Wenn nun auch nicht zu läugnen ist, dass comprimirte Luft die besprochenen Erscheinungen modificiren kann, so scheint mir dabei doch jede Erklärung, welche nicht von dem Gesetz der communicirenden Röhren ausgeht, wenig zufriedenstellend.

Wir haben es nun übrigens in den Karstgebirgen nicht überall mit so tief gelegenen Wasserreservoirs zu thun, wie diejenigen sind, welche mit der Erscheinung äusserlich abgeschlossener, zur zeitweiligen Seebildung geeigneter Thalbecken in Beziehung stehen. Sicherlich gibt es auch solche Sammelbecken, die in einem viel höheren Niveau über der Meeresfläche zu suchen wären. Für diese Behauptung liefert uns den

---

<sup>1</sup> Doch scheinen auch bei Zirknitz die Wasserausbrüche zuweilen in Gestalt hoher Strahlen aufzutreten, wie dies Gruber (Briefe hydrographischen und physikalischen Inhalts aus Krain, Wien 1781, pag. 45) für eines der Sauglöcher des dortigen Sees behauptet.

sichersten Beweis die überaus niedrige Temperatur einer ziemlichen Anzahl in den Karstgegenden vorfindlicher Quellen. Quellen sind im Karst immer etwas Seltenes. Dafür liefern sie in der Regel ein um so erquickenderes Wasser, insofern die Temperatur derselben vielfach unter der mittleren Jahrestemperatur der betreffenden Oertlichkeiten sich befindet. Diese Eigenschaft vieler Kalkquellen zuerst hervorgehoben zu haben, ist das Verdienst des Dr. J. R. Lorenz. „Man staunt mit Recht“, sagt derselbe (Quellen d. liburn. Karstes, Mitth. der geogr. Gesch. Wien 1859, pag. 106) „in den schwülsten Augusttagen bei 28 — 30° R. Hitze in einer Gegend, deren mittlere Jahrestemperatur mindestens + 12·2 R. beträgt, aus jeder der zahlreichen mächtigen Trinkquellen (der Küste von Fiume nämlich) Wasser mit ca. + 7·2 R. zu erhalten.“ Die Recina, das ist das Flüsschen, an dem Fiume liegt, und welches gleich mit voller Wassermasse oberhalb Fiume hervorbricht, hat nach Lorenz (Programm des Obergymnasiums in Fiume, Agram 1860, pag. 6) an ihrer scheinbaren Quelle sogar nur eine Temperatur von 6° R.

Lorenz folgert aus diesen Thatsachen, dass jene Gewässer ihr Sammelgebiet in 3000—4000 Fuss Höhe besitzen. Dafür spreche auch der Umstand, dass solche Quellen nur dann anschwellen, wenn länger dauernde Regengüsse sich über dem Karst entleeren, während die längs des Ufers hinziehenden Sommerregen, wenn sie auch noch so ausgiebig sind, gar keinen Einfluss auf die Bereicherung der Quellen äussern.

Zu solchen Quellen von auffallend niedriger Temperatur gehören in unserem Gebiet namentlich die am Fusse des Klek bei Brestowac hervorbrechenden, dann einige Quellen im Gebirgsstock der Belolasica und der sogenannte Franzensbrunnen bei Modrus an der zum Kapellapass hinaufführenden Strasse.

Stellenweise mag auf die niedrige Temperatur gewisser Quellen auch der Umstand Einfluss haben, dass dieselben selbst im Sommer geradezu von Eismassen gespeist werden. So giebt es in der Nähe des Passes, der über die Kapella führt, in einer Seehöhe von kaum 2600 Fuss Höhlen, in denen auch im Sommer reichhaltige Massen von Eis vorhanden sind.<sup>1</sup> Auch Lorenz spricht von Schneelöchern im provinzial-croatischen Karst, die den Sommer über gefüllt bleiben.

Diese Eishöhlen sind deshalb nicht uninteressant, weil sie einmal ein Seitenstück liefern zu der schon in der „Geologie Siebenbürgens“ von Franz von Hauer und Stache erwähnten, später von Nagy Lajos (Zeitschr. d. ungar. geol. Ges., Pest 1863, pag. 102) beschriebenen Eishöhle von Skerizora und der von Kubinyi (Zeitschr. d. ungar. geol. Ges. 1867) beschriebenen Tropfstein- und Eishöhle von Déményfalva im Liptauer Comitate, sowie der von Boué<sup>2</sup> (Turquie d'Europe, Paris 1840, t. I, pag. 132) erwähnten Eishöhle vom Rtagnegebirge in Serbien, und dann, weil das Auftreten solcher Eishöhlen im Breitengrade von Piacenza bei relativ niedriger Seehöhe, tief unter der Schneegrenze der Alpen, überhaupt recht auffallend ist.<sup>1</sup> Ob hier noch unaufgeklärte chemische Vorgänge den

<sup>1</sup> Im Oguliner Regiment beziehen die Bewohner vielfach ihren eventuellen Eisbedarf aus diesen Höhlen.

<sup>2</sup> Boué berichtet in dem citirten Falle den Aussagen seiner Begleiter gemäss, dass das Eis jener serbischen Höhle im September verschwinde um sich erst im Juni wieder zu bilden.

Effect einer sogenannten Kältemischung hervorbringen, oder ob eine intensive Verdunstung aus den umgebenden Gesteinsmassen die Eisbildung befördert, oder ob Virlet Recht hat, der (Des cavernes, de leur origine, de leur mode de formation, pag. 12. Avesnes 1836) die Existenz der als Analogon zu betrachtenden Eishöhle von Chaux (glacière de la grâce-Dieu) mit der geringen Luftcirculation in solchen Höhlen in Beziehung bringt, bleibt wohl eine offene Frage, die den Physiker mehr interessirt als den Geologen.

Wir haben vorhin vorgreifend der sogenannten Dolinen gedacht und die jetzige Bedeutung derselben für das rasche Verschwinden atmosphärischer Niederschläge auf den Abhängen und Plateau's des Karstes hervorgehoben. Es erübrigt uns also, einige Worte über die eigentliche Natur dieses Dolinenphänomens zu sagen, welches äusserlich das in die Augen springendste in dem ganzen Bau der Karstgebirge ist, mit welchem Bau es aufs innigste zusammenhängt.

Wer wäre in ein Karstgebiet gekommen, ohne jene trichterförmigen, oder kesselartigen Vertiefungen<sup>1</sup> zu bemerken, welche fast überall, namentlich auf Plateaus, aber auch, wie besonders der Abhang des Kappellagebirges bei Modruš beweist, auf Abhängen auftreten, von mehr oder minder regelmässiger Gestalt, von wechselndem Durchmesser und oft dicht nebeneinandergestellt, und wer hätte dieselben nicht verwünscht, wenn er des Nachts den Pfad verloren hatte und genöthigt war, zwischen den dicht gedrängten Löchern und nicht selten 60 Fuss und darüber tiefen Abstürzen die übrig gebliebenen erhabenen Terrainstellen aufsuchen zu müssen, um seine Richtung verfolgen zu können! Das ist die Trichterplastik des Karstes, die einigen Autoren zu dem nicht üblen Bilde von „blattersteppigen“ Gebirgen Veranlassung gegeben hat.

„Als Trichterplastik“, sagt Boué (Karst- und Trichterplastik I. c.) sehr philosophisch, „ist die der Karstgegenden eine der eigenthümlichsten, da sie in Vertiefungen fast das Gegentheil des kleinen vulkanischen Reliefs darstellt.“ Dergleichen Gedanken wollen natürlich weniger vom rein geologischen als vom architektonischen Standpunkt aufgefasst werden.

Merkwürdiger Weise haben aber einige Beobachter alles Ernstes bei der Plastik des Karstes an plutonische Thätigkeiten gedacht. So war H. v. Gansauge (Poggendorf's Ann. 1840, 51. Bd pag. 191) überrascht von der durchgreifenden Zertrümmerung, welche sich ihm auf einer Reise in den Karst darbot: „Plutonische Kräfte haben hier gewaltig gewirkt und sowohl chemische Umwandlungen des Gesteines selbst hervorgebracht als auch das Gebirge in der Art gehoben und aufgetrieben, dass in seinem Innern viele, zuweilen sehr ausgedehnte hohle Räume entstanden.“ Nur so, meinte Gansauge, dürfte die Höhlenbildung, durch welche die illyrischen und dalmatinischen Küstengebirge charakterisirt sind, genügend erklärt werden.

Es ist auffällig, dass v. Gansauge diese Meinung ausgesprochen hat, obwohl ihm bewusst sein musste, dass Partsch, dessen Arbeit über das Detonationsphänomen von Meleda er citirt, in eben dieser Arbeit ähnliche Vorstellungen von plutonischen Effecten am Karst gebührend abgewiesen hat, wie z. B. die Ausführungen des Herrn v. Romano, der

<sup>1</sup> Der Name Doline bedeutet im Slavischen etwa so viel wie Vertiefung.

die Dolinen wo möglich für Kratere und die *terra rossa* für ein vulkanisches Product hielt.<sup>1</sup> Indessen wir sind in der Wissenschaft zuweilen einem eigenthümlichen Kreislauf der Meinungen ausgesetzt, und Hypothesen, die wir gestern beseitigt glaubten, müssen wir morgen bekämpfen. Sind doch den angedeuteten ähnliche Ansichten über ein dem Karst ähnliches Gebirge der Alpen erst in relativ neuerer Zeit und deshalb auch in modernerer Form wieder verlaublich worden.

Will man im Hinblick auf die Bohnerz- oder Thoneisensteinablagerungen in manchen Klüften des Karstes an die ehemalige Existenz heisser Quellen denken, so ist dies die höchste Concession, die man dem Feuer-eifer der Plutonisten in Bezug auf die Plastik des Karstes und die in den Spalten oder auf Abhängen dieses Gebirges vorfindlichen Bildungen machen darf. Sogar an eigentliche Geysirerscheinungen wie diejenigen Island's, Neuseeland's oder am Yellowstoneflusse ist wohl in keiner Weise zu denken, und wir können nicht umhin, uns im voraus gegen jede etwaige Uebertragung der diesbezüglichen Ansichten, welche in Bezug auf die rothen Thone und Bohnerze anderer Gegenden aufgestellt wurden, auf unser Gebiet zu verwahren. Das von den heutigen Geysiren rothe Thone abgesetzt würden, hat wenigstens noch Niemand bewiesen. Eben so wenig darf man die Elemente der Bohnerz- und Thonbildung am Karst in Tiefen unter dem Kalk suchen, wie dies der auch anderwärts beifällig aufgenommenen Theorie von Quiquerez (Act. soc. helvétique, Porrentruy 1853) für die Bohnerze des Schweizer Jura entsprechen würde. Ich verweise hierüber auf die Ausführungen, die ich im rein geologischen Abschnitt dieses Aufsatzes über die *terra rossa* gemacht habe.

Ich muss endlich gestehen, dass ich mich gar nicht übertrieben wundern würde, wenn man auch in gewissen Kesseln des Karstes fremdartige Gesteinsstücke, nämlich älterer Gesteine, die im Liegenden des Triaskalkes und Dolomits vorzusetzen sind, antreffen würde, wie analoge Erscheinungen in einem andern Gebirge (Sitzb. Acad. Wiss. Wien, 1860) so aufgefallen sind. Wir haben wohl unbestritten Grund anzunehmen, dass die Spaltensysteme des Karstes bis in die den Kalk unterteufenden Schiefer- und Sandsteingebilde hinabreichen und sich diesen sogar, sofern sie mit tectonischen Störungen zusammenhängen, mittheilen, wenn auch nicht in Bezug auf den Grad der Aushöhlung. Wir brauchen nun ferner nur an die Thatsache jener natürlichen artesischen Springbrunnen des Karstes anzuknüpfen, wie sie durch Gruber und Kner (siehe oben), wenn auch nicht unter dieser Bezeichnung verbürgt wurde.

<sup>1</sup> Es erscheint vielleicht nicht uninteressant darauf hinzuweisen, dass die das todte Meer umgebenden Gebirgsmassen früher in ähnlicher Weise für plutonischer Natur und „Erzeugnisse des unterirdischen Feuers“ (van der Velde) gehalten wurden, bis Fraas (Aus d. Orient, Stuttgart 1867, pag. 65) diese Ansicht als aufgeregter Phantasie und geologischer Unkenntniß entsprungen zurückwies und in jener viel berufenen Gegend das regulärste Flötzkalkgebirge erkannte, dessen Erosionserscheinungen jeden Geognosten an die Kalkalpen Südfrankreichs oder des Karstes erinnern müssten.

Mir ist im Augenblick nur ein Fall bekannt, in welchem man anscheinend nicht ohne beachtenswerthe Gründe ein dolinenähnliches Phänomen in einer übrigens auch ächte Dolinen enthaltenden Gegend den Krateren angereicht hat. Es ist dies ein Felstrichter im Silurkalk der Insel Oesel bei Sall, den der russische Major Wangenheim v. Quallen (Bulletin de la soc. des natur. de Moscou 1849, pag. 204) für einen Explosionskrater erklärte. Doch dies nur beiläufig.

In den berührten Fällen grosser atmosphärischer Niederschläge üben also solche Wassermassen, wie sie von der Höhe der Plateau's bis an die bei der Schichtenneigung und den Verwürfen übrigens mehr oder minder schräg gestellte und den älteren Gesteinen in zickzackartig gebrochener Fläche aufruhende Basis der Kalkmassen herabgehen, einen ungeheuren Druck aus. Diesen Druck einer enormen Wassersäule (physikalisch gesprochen) vorausgesetzt, so muss in dem Moment, in dem die verstopften, aber mit jener Wassersäule communicirenden Oeffnungen einzelner Trichter oder grösserer Thalkessel von niedrigerem Niveau nachgeben und dem Wasser gestatten, sein Gleichgewichtsverhältniss einzunehmen, so muss, sage ich, eine Menge Gesteinsmaterial aus der Umgebung der unterirdischen Canäle mit fortgerissen werden in der Richtung nach jenen Oeffnungen zu. Wiederholen sich nun solche, erfahrungsmässig mehr oder weniger periodische Momente einen Zeitraum von Jahren hindurch, dann können schliesslich sehr gut aus grossen Tiefen fremdartige Gesteinsstücke nach und nach heraufgebracht und an Punkten der Oberfläche oder in oberflächlich zugänglichen Spalten verstreut werden, zur voreiligen Freude der Feuermänner und dennoch auf recht eigentlich neptunistischem Wege. Von der Gewalt übrigens, mit der solche, auf rein hydrostatische Gleichgewichtsbestrebungen zurückführbaren Wasserausbrüche geschehen, liefert der Zirknitzer See insoferne ein gutes Beispiel, als die dortigen, meist gar nicht einmal zu hohen Strahlen wie bei Velapeč sich erhebenden Wasserausbrüche aus den dort ebenfalls mehr oder weniger verstopften Speilöchern centnerschwere Steine bis zu 20, kleinere sogar bis zu 120 Schritt Entfernung von den Speilöchern fortführen. (Graf Pfeil in der Gaea 1872, pag. 585.)

Doch wenden wir uns wieder der Besprechung der Dolinen zu, um sofort einer andern auf die Erscheinung der Karstplastik Bezug nehmenden Theorie kurz gedenken zu können.

Gillet-Laumont und nach ihm Bory de St. Vincent (voyage souterrain ou description du plateau de St. Pierre de Maestricht, Paris 1821) hatten ihrer Zeit die Bildung der sogenannten Erdpfeifen von Maastricht und der puits naturels des Pariser Grobkalks mit der Trichterbildung im Karst übereinstimmend gefunden, wie denn auch Boué (Turquie d'Europe, tome II pag. 266) von puits naturels in den Kreidekalken der westlichen Türkei sprach, wenngleich vielleicht in anderem Sinne. Es gelang jedoch Nöggerath (Ueber die sogenannten natürlichen Schächte oder geologischen Orgeln in verschiedenen Kalksteinbildungen, Neues Jahrbuch von L. und Br. 1845, pag. 513), ausgehend von gewissen Beobachtungen an den Thermen von Aachen, den Nachweis zu führen, dass die genannten Erscheinungen als ein Product von Thermalwässern zu betrachten seien. Ich würde die St. Vincent'sche Theorie auch kaum hier berührt haben, wenn nicht ähnliche Ansichten sich später wieder in Lehrbüchern oder allgemeineren Darstellungen eingestellt hätten.

Die Dolinen sind Einsturztrichter. So denkt wohl die überwiegende Mehrheit der heutigen Geologen. Mit der ausserordentlichen inneren Zerklüftung und Aushöhlung des Karstgebirges hängt es zusammen, dass die Oberfläche oder Decke des Gebirges überall dort nachsinkt, wo die Unterlage bis zu einem gewissen Grade weggelaugt, aufgelöst oder weggeschwemmt ist. Alle Dolinen weisen also auf früher unter ihrer heutigen

Stelle bestanden habende Hohlräume hin, die heute entweder ganz oder zum Theile mit dem nachgestürzten Materiale erfüllt sind.

Die Existenz solcher Schuttkegel im Inneren von Höhlen, an Stellen, welche nach oben hin direct oder indirect communiciren, ist übrigens auch durch Beobachtung nachgewiesen. So spricht Schmidl (Die Höhlen von Adelsberg etc. l. c. pag. 279) geradezu von Trümmerbergen in der Kreuzberghöhle, welche aus rohen, kantigen Blöcken von zuweilen 20 Fuss Länge und 8 Fuss Breite bestehen und nur durch Einsturz der Decke entstanden sein können. Aehnliche Trümmerberge anderer Höhlen bespricht derselbe Autor (l. c. pag. 199), und auch der bekannte Calvarienberg, die Glanzpartie der Adelsberger Grotte, wird als ein derartiger Trümmerberg mit Recht beschrieben. Der Lehm, der am Calvarienberge mit den Kalkblöcken verbunden ist, und von dem auch Costa (Adelsberger Grotte, Laibach 1858, pag. 47) spricht, kann auch nur zu den von oben herabgekommenen Materialien gehören.

Allein nicht nur derartige unterirdische Haufwerke, welche als die nothwendige Folge von Einstürzen uns den Beweis der letzteren liefern, kommen unserer Betrachtung zu statten, es gibt auch Fälle, in denen hierher gehörige Einstürze wirklich am Karst beobachtet worden sind. Einen solchen Fall beschreibt erst jüngst Herr Bergrath Stur (Das Erdbeben von Klana im Jahre 1870, Jahrb. d. Reichsanst. 1871, pag. 238). Südlich von Novokračina, bemerkt Stur, beobachtete man nach der Haupterschütterung in der Alluvialausfüllung des Kessels von Novokračina eine Stelle, an welcher die Erde nach und nach versank und sich in Folge davon eine trichterförmige Vertiefung bildete. Bei diesem Trichter sollen 100 Quadratfuss Oberfläche bis zu 18 Fuss Tiefe eingesunken sein<sup>1</sup>. Solche Trichter sind also die wahren, sichersten Zeugen von Einstürzen, und es bleibt deshalb sehr bezeichnend für ein „im Geiste der Einsturztheorie“ geschriebenes „Fragment“, wenn dessen Autor die Dolinen erst in zweiter Ordnung dabei zur Geltung kommen lässt.

Man braucht sich übrigens die Bildung einer Doline nicht immer als von einem einmaligen Act bedingt vorzustellen. Abgesehen davon, dass die atmosphärischen Niederschläge später die Form eines solchen Trichters modelliren, kann der Einsturz in manchen Fällen in einer Folge von Bewegungen vor sich gegangen sein<sup>2</sup>. Auf solche Weise würden sich auch die von Boué zuerst markirten längsovalen oder elliptischen Dolinen gebildet haben, die nach diesem Autor durch spätere Combination früher solirter Einzeltrichter entstanden sind. Dass überhaupt an eine eigent-

<sup>1</sup> Es ist nicht überflüssig hervorzuheben, dass dieser Einsturz eine secundäre Folge des Erdbebens von Klana war, dass aber dies Erdbeben nicht etwa in Folge derartiger Einstürze eingetreten ist, da die Untersuchungen Stur's die Ausdehnung jenes Erdbebens über den Karst hinaus und als von geologischen Abgrenzungen unabhängig erwiesen haben.

<sup>2</sup> Von Interesse sind deshalb die Mittheilungen F. Simony's (die erodirenden Kräfte im Alpenlande, Jahrb. d. österr. Alpenvereins 7. Bd. 1871, p. 15) über das Felsgewölbe der sogenannten Gschlösslkirche im karstähnlichen Dachsteingebirge, bei welcher Höhle bereits ein zeitweises Niederfallen von Gesteinsmassen der Decke beobachtet wurde, so dass ein schliesslicher Zusammenbruch der letzteren vorausgesagt werden kann.

liche Kreisform solcher Trichter nicht zu denken sei, hat Marenzi nicht übel hervorgehoben.

Inwieweit jene bei dem grossen Erdbeben in Calabrien (Lyell, *principles of geology*, London 1837, II., pag. 223—234) entstandenen Spalten und Trichter mit dem Dolinenphänomen zu vergleichen seien, will ich nicht entscheiden, obwohl v. Gansauge (l. c. pag. 248) diesen Vergleich riskirt hat. In jedem Falle ist die geologische Beschaffenheit Calabriens eine andere als diejenige der illyrischen Küstenländer.

Wie Boué treffend hervorgehoben hat, gibt es principiell zwischen kleineren Trichtern, grösseren Dolinen und grossen kesselförmigen Thälern wenig Unterschiede. Jene letzteren sind ebenso durch Einsturz entstanden wie die ersteren. Nur in einem Punkte können wir den Ausführungen dieses hochverehrten Gelehrten nicht folgen. Wir finden nämlich den Gedanken, die kleinen Vertiefungen, welche sich zwischen maschenförmig erhabenen Theilen auf der Oberfläche einzelner Kalkblöcke zeigen, mit den Trichtern des Gebirges in Beziehung zu bringen, mehr zierlich als streng wissenschaftlich.

Aus der von uns, wie wir nochmals hervorheben, entsprechend den Ansichten der meisten heutigen Geologen gegebenen Erklärung über die Entstehung der Dolinen, ergibt sich auch, dass alle atmosphärischen Niederschläge, welche sich in den Dolinen sammeln, wie früher schon angedeutet, leicht ihren Abfluss nach unten finden müssen, weil die Dolinen entweder noch direct mit unterirdischen, nur theilweise ausgefüllten Hohlräumen communiciren, oder weil unter denselben kein ursprünglich zusammenhängendes, sondern ein verbrochenes und zertrümmertes Gestein sich befindet, dessen zahlreiche zwischen den einzelnen Fragmenten bestehende Zwischenräume einen leichten Durchtritt des Wassers gestatten. Deshalb ist auch allen Beobachtern bald die Thatsache zugänglich gewesen, dass die Spuren eines noch so starken Regens auf den Karstplateau's überraschend schnell verschwinden. Wären hingegen die Dolinen eine blossе Oberflächenerscheinung, etwa nach Art der „Riesentöpfe“<sup>1</sup>, dann müsste sich das Wasser in ihrem Grunde zu stehenden Becken ansammeln.

Die ungeheure geographische Ausdehnung des Karstphänomens schliesst jede auf locale Möglichkeiten berechnete Erklärungsweise desselben aus. Die Dolinen sind nicht bloss Erscheinungen äusserer Gebirgssculptur, sie sind abhängig von der inneren Structur des Karstes<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Vergleiche Leonhard im neuen Jahrbuche 1854, pag. 148, wo die Natur solcher Riesentöpfe eingehend geprüft wird. G. v. Helmersen (mém. de l'acad. imp. des sc. de St. Petersbourg, 7 sér. tome XI, 1868) hält deshalb auch in dem Aufsätze über das Vorkommen der Riesentöpfe in Finnland die trichterförmigen, das Wasser in die Tiefe durchlassenden Einsenkungen des baltischen Silurkalkes und des preussischen Muschelkalkes getrennt von den Erscheinungen der eigentlichen Riesenkessel.

<sup>2</sup> Dass übrigens das Dolinenphänomen nicht auf den Karst beschränkt zu sein braucht, sondern in anderen Kalkgebirgen hie und da nicht fehlt, ist bereits aus einigen unserer im Text oder den Anmerkungen angeführten Thatsachen hervorgegangen. Ich erwähne hier nur noch die ächten Dolinen, die ich im nordöstlichen Serbien und bei Weitzenried im Banat (Jahrb. d. geol. Reichsanst. 1872, pag. 83) auf den Plateau's der dortigen Kreidekalke beobachten konnte.

**Der mit den beschriebenen Verhältnissen zusammenhängende Nothstand. Discussion der etwaigen Mittel zur Abhilfe desselben.**

Nachdem wir nun die Structur und Plastik der Karstgebirge sowohl, wie die damit innigst zusammenhängenden allgemeinen hydrographischen Verhältnisse derselben und speciell unseres Gebietes beleuchtet haben, kommen wir schliesslich dazu, die Noth ins Auge zu fassen, welche für die Bewohner des fraglichen Landes aus diesen Verhältnissen zum Theil erwächst, und die Mittel zu erwägen, mit denen man dieser Noth begegnen könnte, oder die doch zur partiellen Abhilfe und Erleichterung in diesen Zuständen beitragen könnten.

Niemand, der auch nur auf kurze Zeit in einem beliebigen Theile der Karstlandschaften sich aufgehalten und denselben etwas durchstreift hat, wird die relative Quellenarmuth dieses Gebirges läugnen; hat man doch nicht mit Unrecht den Karst das steinige Arabien Oesterreichs genannt. Es giebt sogar weite, ziemlich grosse Gebiete, in denen das ganze Jahr hindurch nicht ein Tropfen Wassers aus dem undankbaren Felsen hervorquillt, die von keiner Wasserader durchzogen werden, und deren Bewohner deshalb aus weiten Entfernungen sich ihren Bedarf an diesem wichtigsten aller Lebensartikel verschaffen müssen, für sich sowohl als für den armseligen Viehstand. Unternehmen wir einen Besuch der hohen, wellenförmigen Plateau's, die sich westlich vom Berge Bitoraj bei Dreznica hinziehen, und unterlassen wir nicht die hier gelegenen zerstreut gebauten Ortschaften Skalič und Tuzewić sello ein wenig anzuschauen. Wir constatiren, dass die nicht beneidenswerthen Einwohner dieser Dörfer zum Theil mehr als drei Stunden weit zur nächsten Quelle bei Brinje zu gehen haben. Und solche Beispiele stehen nicht vereinzelt da. Sie sind nur aus der Menge gleichartigen Materials herausgegriffen. Man erwäge den Verlust an Zeit und Arbeitskraft, der dadurch erwächst, dass ein grosser Theil der Bevölkerung ganzer Ortschaften mit der nöthigen Rast an der Quelle sieben Stunden des Tages für sich und einen Theil der Zug- oder Saumthiere verliert, nur um die nothdürftigste Quantität von Wasser zu bekommen. Rechnen wir hierzu die Eventualität von Unwettern, denken wir uns die theilweise kahlen Hochebenen von der unbeschreiblichen Gewalt einer heftigen Bora gepeitscht, welche mitunter jede Communication aufhebt, oder denken wir uns die Hilflosigkeit, mit der man in solchen Ortschaften einer Feuersbrunst gegenüber steht in Ermangelung des wichtigsten Löschmittels, und wir werden die Genügsamkeit bewundern, deren die meist slavische Bevölkerung des Karstes, in unserm Falle des croatischen Karstes, fähig ist.

Aus elenden Pfützen, die eine aus Regenwasser aufgefangene, stagnirende Jauche der abscheulichsten Art enthalten, befriedigen hie und da die Bauern ihr Bedürfniss an Trink-, Koch- und, soweit dieser Artikel unumgänglich ist, auch an Waschwasser. Aus denselben Pfützen trinkt man dann auch das Vieh. So bei Lokwa<sup>1</sup> zwischen Dreznica und Jezerana. Wie nachtheilig solche Gewohnheiten auf den Gesundheitszustand jener Orte einwirken müssen, braucht nur angedeutet zu werden.

Erst in zweiter Linie wollen wir erwähnen, dass durch die beschriebenen, hydrographischen Eigenthümlichkeiten die gebührende Ausnüt-

<sup>1</sup> Der Name bedeutet Lache oder Pfütze.

zung der vorhandenen Wasserkräfte des Karstes zu industriellen und technischen Zwecken, wie sie in andern Gebirgen eine so hervorragende Rolle spielt, auf ein sehr bescheidenes Mass herabgedrückt erscheint.

Allein wir brauchen bei der Schilderung all dieser Uebelstände nicht länger zu verweilen. Sie werden von allen mit der Sachlage vertrauten Seiten vollkommen gewürdigt und sind auch sonst schon von gewandten Federn dargestellt worden. Wir erörtern jetzt die eventuellen Mittel zur Abhilfe der vorhandenen Noth.

Es ist die auf den ersten Blick recht beachtenswerth scheinende Meinung ausgesprochen worden, dass die Quellenarmuth des Karstes zum Theil auf die nicht zu läugnende vielfache Entblössung der Berglehnen zurückzuführen sei, und dass eine Wiederaufforstung der kahlen Hochebenen und Gehänge mit einer Neubelebung der Wasseradern und der Neuentstehung von Quellen verbunden sein werde.

Es ist nicht zu läugnen, dass das Bild kahler Felsen und weiter, steiniger Plateau's, auf deren oft blendend weisser Oberfläche im Sommer die Strahlen der Sonne nicht selten von versengender Gluth werden, mit der Abwesenheit rieselnder Quellen landschaftlich harmonirt; allein man würde sich irren, wollte man die eine Erscheinung für die Ursache der andern halten oder umgekehrt. Thatsachen beweisen, und zu diesen Thatsachen gehört einmal der im grösseren Publikum vielfach nicht gekannte oder übersehene Umstand, dass gewisse Gebiete der Karstgegenden von der üppigsten Waldvegetation bedeckt sind, und zweitens, dass solche Waldgebiete durchschnittlich völlig eben so arm an Quellen sind als die kahlen Landschaften des Karstes.

In unserem Gebiete hat man nur nöthig, etwa von Ogulin aus die Partien jenseits des Klek zwischen Mussolinski potok und Brezno oder um Ponorac herum zu begehen, und man wird sich von der Richtigkeit der von uns vertretenen Ansicht überzeugen, oder man besuche oberhalb Modruš und Zagorje den Ostabhang der Kapella, ein Revier, dessen Holzreichthum zwar zu einer für den Oguliner Bezirk sehr wichtigen Fassdaubenfabrikation Material liefert, aber die Quellenarmuth des dortigen Kalkgebirges nicht im mindesten aufhebt. Namentlich jedoch empfehlen sich einige Excursionen in die Gegend von Dreznica und Jassenag. Ich kann versichern, dass ich in dem schwarzbewaldeten, meist über 4000 Fuss hohen Gebirgszug der grossen Javornica auf grosse Erstreckungen hin nicht die Spur einer wirklichen Quelle gesehen habe, einige feuchte Stellen abgerechnet, die unter anderem unterhalb des Stallak spärliche, der Tagesoberfläche genäherte Wasseradern verrathen mögen. Nicht ohne Ekel denke ich daran, wie mein alter Führer an einem auf Umwegen besonders aufgesuchten Orte mich an einen abgebrochenen, morschen Baumstamm brachte, in dessen Innerem sich eine aus abgestandenem Regenwasser bestehende, von unzähligen Thierchen belebte Flüssigkeit befand, die einzige Labung, welche der ortskundige Mann unsern durstigen Kehlen anzuweisen vermochte.

Wer sich die Karstlandschaften als kahle Gebirge vorzustellen gewohnt war, ist überrascht von der herrlichen Waldvegetation am Gebirgsstocke der bis auf 4850 Fuss sich erhebenden Belolasica oberhalb Jassenag. Die hochstämmigsten Riesen von Fichten und Tannen in der oberen Region, die stärksten, schönst belaubten Buchen, üppig aufragende

Ahone und andre Laubhölzer der unteren Waldregion jener Gebirgsmasse erfrischen dort das Auge mit den verschiedensten Schattirungen von Grün, aber nur an relativ sehr wenigen Stellen wird dem durstigen Wanderer eine innerliche Erfrischung möglich, sofern derselbe nicht von Haus aus seine Vorsichtsmassregeln in dieser Richtung getroffen hat.

Aehnliche Fälle sind übrigens auch in ausserhalb unseres Gebietes gelegenen Karstlandschaften beobachtet. So ist das Massiv des Schneeberges in Krain zum Theil noch mit reicher Waldbedeckung versehen, und doch kennt Stache (Geolog. Landschaftsbild des istrischen Küstenlandes, Oester. Revue 1864, 2 Bd. pag. 200) am Fusse dieser hohen Kalkfelsen nur wenige, spärliche Quellen. Auch die Suwa Planina (trocknes Gebirge) zwischen Vitolia und Derwent Karaul auf der Strasse von Travnik nach Banja luka in Bosnien, welche nach Boué ein mit ungeheuren Tannen- und Buchenwäldern bedecktes Karstgebirge vorstellt, ist schon durch ihren Namen als ein Gebiet bezeichnet, in welchem die Waldbedeckung wohl nichts zu einem reicheren Quellenbestande beiträgt.

Dass wir mit diesen Ausführungen nicht im Sinne haben, von der sonst sehr rathsamen Wiederaufforstung kahler Karstgegenden abzuhalten, braucht nicht dargelegt zu werden.

Die besondere Aufsuchung neuer, bisher vielleicht verborgener Quellen dürfte in den Karstgegenden kaum zu nennenswerthen Resultaten führen, da, wie von anderer Seite sehr gut bereits hervorgehoben wurde, vorauszusetzen ist, dass der Spürsinn und die Ortskenntniss der Bewohner, geschärft durch Mangel und Noth, wohl längst entdeckt haben dürfte, was von Quellen zu entdecken ist.

Beinahe alle die Voraussetzungen, unter denen man in andern Gebirgen die Aufsuchung von Quellen einleiten kann, werden in den eigentlichen Karstgebieten werthlos. Was würde es in einem so durchhöhlten Gebiete nützen, die Kanten zu berechnen, unter denen die jeweiligen beiden Wände eines Thales sich unter der recenten, überdies meist schwachen Schotterbedeckung treffen? Was nützt es, mit Genauigkeit die Grenzen zweier Formationsglieder aufzusuchen und beim Schichtenwechsel Wasser zu vermuthen, wenn alle die eventuell verschiedenen Etagen angehörigen Kalke zu einer gemeinsamen, porösen Gebirgsmasse gleichsam verkittet sind? Nur in seltenen Fällen lässt der Wechsel von Kalk und Dolomit einige Wasseradern zu Tage treten, wie am Westabhange des Klek, etwas oberhalb Mussolinski potok.

Solche Fälle, wo, wie im Vinodol, eine Sandsteinbildung an den Kalk grenzt und dadurch einen relativen Wasserreichthum erzeugt, sind eben im Karst selten, besonders im croatischen Karst.

Natürlich werden überall, wo ein minder zur Durchlöcherung geeignetes Gestein an die Kalk- und Dolomitmassen des Karstes anstösst, oder dieselben zum Theil vielleicht wirklich oder scheinbar unterteuft, die Gewässer des Kalkgebirges aufgehalten werden und an der Tagesoberfläche als Quellen hervortreten. Dies ist der Fall an den Rändern des Dioritporphyrstockes oberhalb Zengg. Indessen solche Punkte sind ohnehin in der Regel mit Wasser versorgt, und der Nothstand waltet hauptsächlich in ausschliesslich von Kalk und Dolomit beherrschten Gebieten.

Deshalb hatten wir am Eingange dieser Arbeit es mit Recht als eine missliche Thatsache bezeichnet, dass ältere Gesteine, wie die der

unteren Trias und der Kohlenformation, welche in der That als das unmittelbare Liegende der Karstkalke angenommen werden müssen, so äusserst selten im Bereich der eigentlichen Karstlandschaften zu Tage treten.

Es ist keinem Zweifel unterworfen, dass man an der Basis der zerklüfteten Kalk- und Dolomitmassen, das ist an der Grenze gegen jene älteren Schichten Wasser in reichlicher Masse antreffen würde, aber lohnt es sich wohl eine meist so grosse Tiefe aufzusuchen?

Auch die Anlage artesischer Brunnen empfiehlt sich wohl nirgends in den Karstgebieten. Wir haben zwar oben von gewissen natürlichen Vorgängen zu sprechen Gelegenheit gehabt, welche das Princip artesischer Brunnen zu illustriren geeignet sind, allein einmal handelt es sich dabei um Fälle, die von gewissen Witterungsverhältnissen abhängig sind, und dann lieferten uns gerade die dabei besprochenen Umstände den Beweis, dass unter gewöhnlichen Verhältnissen die Gewässer stellenweise wohl überhaupt ein zu tiefes Niveau des Gleichgewichtes im Inneren des Gebirges besitzen, um den für den Erfolg artesischer Brunnenbohrungen nothwendigen Druck auszuüben.

Wir sprechen hier nur aus, was bereits von Fachmännern anerkannt wurde. So sagte schon Ch. Lyell (*principles of geology* II Bd.), dass zu den Ursachen des Misslingens artesischer Brunnen die zahlreichen Klüfte gehören, welche manche Gesteine durchsetzen, ebenso wie die tiefen Schluchten und Thäler, von denen manche Gebirge durchschnitten seien, denn sobald solche natürliche Linien der Entwässerung existirten, so bliebe wenig Wasser zurück, welches durch künstliche Ausgänge austreten könnte. Auch Boué (*Karst- und Trichterplastik* I. c. pag. 293) spricht es aus, dass artesische Brunnen in Karstgebieten "fast nie vorhanden sein können." Endlich hält auch der durch sein Glück und Geschick in der Auffindung von Quellen berühmte Abbé Parameille (*Quellenkunde*, übersetzt und mit einem Vorwort von B. v. Cotta Leipzig 1856) zerklüftete Kalksteingebirge sowohl für Auffindung gewöhnlicher Quellen als auch besonders für Anlegung artesischer Brunnen ungünstig und sagt (I. c. pag. 258) sehr treffend: „Wenn man auch z. B. in den Kalksteinhöhlen den in einer unterirdischen Grotte fliessenden Bach anträte und den Bohrer in seinem Wasser versenkte, er würde doch nicht seinen freien Lauf verlassen, zum Gewölbe der Höhle emporsteigen, dem Bohrloch folgen und aus der Erde hervorspringen.“

In der That sind auch bisher artesische Brunnen im Karst von Niemandem hergestellt worden, und selbst andere Brunnengrabungen haben selten einen günstigen Erfolg.

So theilt mir Herr Bergrath H. Wolf die Resultate einiger Brunnengrabungen mit, welche zum Zweck der Wasserversorgung einiger Stationen der im Bau begriffenen Carlstadt-Oguliner Eisenbahn ausgeführt wurden und wenig befriedigten. Er schreibt: „Die Brunnenstation Generalski stol der Carlstadt-Fiumaner Bahn liegt 20 Meter über dem nächst gelegenen Punkt der Globornica und 24 Meter über dem der Mreznica. Es wurden 4 Meter Lehm durchfahren, dann der Karstkalk erreicht. In letzteren finden sich einzelne Linsen und Hohlräume, welche mit Lehm ausgefüllt waren. In 11 Meter Tiefe wurde eine Spalte erreicht, welche mit 100 Cubikmeter Wasser erfüllt war, ein Vorkommen, welches sich

nur als Ansammlung eingerieselten Regenwassers herausstellte. Die Grabung wurde auf 28 Meter Tiefe fortgesetzt ohne anderes Wasser zu liefern, als das durch die erwähnte Spalte eingesickerte. Man konnte die Grösse der Einsickerung auf ein Achtel Cubikmeter pr. Stunde veranschlagen. Interessanter sind die Verhältnisse bei Thouin. Der Aufschlagspunkt des dortigen Brunnenschachtes hat die Seehöhe von 236 Meter, der nächst gelegene Punkt der Globornica ist auf 207 Meter und die Quellen des Thouinflusses auf 211 Meter Seehöhe berechnet. Der Schacht durchsank in den ersten 38 Metern den Sumpffletten und Tegel mit einzelnen Sandbestegen und Kohlen. Dann wurde ein mit Thon stark gemengter Dolomit angefahren, worauf das erste Wasser in höchst geringer Menge (per Stunde 15 Mass) in einer 2 Centimeter starken weicheren Lehmschicht angetroffen wurde. Die Abteufung wurde hierauf bis zu 52 Meter Tiefe fortgesetzt und zeigte sich dabei Dolomit, welcher mit dem blauen Letten eine Art festen Conglomerats bildete und in der Tiefe in Karstkalk überging. Wasser wurde bis zu dieser Tiefe nicht mehr gefunden.“ Ueber die weiteren bei Thouin vorgenommenen diesbezüglichen Arbeiten hat Herr Wolf keine Nachricht mehr.

Hie und da hat unter so bewandten Umständen die Idee, das besprochene Land mit einem Netz von Wasserleitungen zu versehen, Beifall gefunden, und es unterliegt keinem Zweifel, dass man in einzelnen Fällen die Herstellung von Wasserleitungen in Erwägung ziehen könnte, besonders da an einigen Orten (Ogulin) schon ein guter Anfang in dieser Richtung gemacht wurde. Indessen kann von solchen Arbeiten bei der relativen Kostspieligkeit weit gedehnter Wasserleitungen überhaupt nur für grössere, zusammenhängende Orte oder eventuelle grössere industrielle Etablissements die Rede sein. Ueberdies kann bei dem häufigen Vorkommen von rings geschlossenen Kesselthälern und der oberflächlich unzusammenhängenden Thalbildung ohnehin nicht leicht an ein grösseres Netz von Wasserleitungen gedacht werden. Endlich aber liegen gerade die in vorliegendem Falle bedürftigsten Orte, wie also beispielsweise Skalić, Tužević selo, Lipice, zum Theil auf hohen Gebirgsplateau's, und müsste das Wasser in solchem Falle auf den Berg hinauf und nicht vom Berge herab geleitet werden, woran doch im Ernste Niemand denkt.

Die Schwierigkeiten, welche das Aufsuchen unterirdischer Wasserkanäle und Sammelbecken haben würde, sind begreiflicher Weise nicht gering, allein selbst wenn man eine ziemlich genaue, in einigen Fällen selbst markscheiderische Orientirung über die unterirdischen Wasserläufe gewonnen hätte, so ist nicht wohl abzusehen, wie man in den meisten Fällen eine derartige Erfahrung nutzbar gestalten könnte.

Nehmen wir einen beliebigen unterirdischen Wasserlauf der Karstgebiete zum Beispiel, dessen Anfang und Ende und dessen ganzen Verlauf wir als bekannt und erforscht voraussetzen wollen, so ist klar, dass am Verschwindungs- und Wiederentstehungspunkte des betreffenden Flusses ein Wassermangel an sich für die betreffenden Umgebungen der Tagesoberfläche nicht besteht. Wohl aber erhebt sich über dem unterirdischen Verlauf einer solchen Wasserader eine mehr oder minder hohe Gebirgsmasse, auf deren Flächen in der Regel Wasserarmuth herrscht. Wollte man nun den Gedanken des Aufsuchens und der Nutzbarmachung unterirdischer Wasserläufe in dem gegebenen Falle in Anwendung brin-

gen, dann müsste man den unterirdischen Fluss durch einen Schacht zu erreichen trachten und das angetroffene Wasser durch ein Hebewerk an die Gebirgsoberfläche pumpen. Ich glaube, dass solche Experimente meist nicht vortheilhaft sein würden; indessen soll nicht geläugnet werden, dass in einzelnen Fällen gewisse der Tagesoberfläche nahe liegende Wasserbecken mit Erfolg aufgeschlossen werden könnten.

Ich denke hierbei beispielsweise an das von aussen nicht unzugängliche Wasserreservoir an der westlichen Seite des Thals von Vodoteč, wie es den Einwohnern dieser Ortschaft wohl bekannt ist, und an ein halb verdecktes Wasserbecken oberhalb der linken Thalgehänge des Nedruski potok bei Drežnica schräg über der grossen Javornica.

Endlich hat man auch die Regulirung der seeartigen, mehr oder weniger periodischen Wasseransammlungen an der Tagesoberfläche in Anregung gebracht. Doch kommt hier eine Absicht zur Sprache, deren Erfüllung wenig in menschlicher Macht steht. Sollte es nämlich in der That gelingen, alle vorhandenen äusseren Sauglöcher, beispielsweise der zeitweiligen Wasserbecken von Drežnica aufzufinden und den Wasserdurchtritt durch dieselben mit Hilfe irgend einer Vorrichtung zu regeln, so blieben immer noch verschiedene Möglichkeiten ganz ausser Berechnung, wie zum Beispiel die Verstopfung eines Theiles der unterirdischen Canäle oder die plötzliche Erweiterung anderer, und grade auf solche Eventualitäten müsste man gefasst sein, wenn man den Gleichgewichtstendenzen ungeheurer Wassermassen Zügel anlegen wollte.

Noth macht bekanntlich erfinderisch, und so dürfen wir uns nicht wundern, wenn in den Kreisen, die sich mit dem vorliegenden Nothstand beschäftigen, die besprochenen und noch andre Gedanken als Vorschläge vielfach geäussert werden. Wir constatiren desshalb mit grosser Genugthuung, dass unsre endgiltige Meinung über die vorläufige Ausführbarkeit oder Unausführbarkeit eines Theiles der angeregten Gedanken und über die gegenwärtig discutirbaren Mittel zur Abhilfe der Wassernoth in der Carlstädter Militärgrenze und in Karstgebieten im Allgemeinen beinahe durchaus übereinstimmen mit den von Herrn Professor und Baurath Beyer hiefür in Aussicht genommenen.

Uns erscheint nämlich die Errichtung einer Anzahl von Cisternen in den meisten Fällen und zumal für die am schlimmsten vom Wassermangel betroffenen Orte wie Lipice, Skalič, Tuževič sello und Ledence nicht allein als das billigste sondern als das einzige Mittel zur Abhilfe des fraglichen Nothstandes, wie es auch hie und da schon mit mehr oder minder Erfolg versucht worden ist. Schliesslich kommen wohl die meisten Vorschläge früherer Beobachter, wenn es sich um unmittelbare Abhilfe handelte, auf dieses Mittel hinaus, über welches man bei *Parallele* (l. c. pag. 271) in dem Capitel über „die Mittel um die fehlenden Quellen zu ersetzen“ genaue Andeutungen nachlesen kann.

Ich verkenne nicht einen Augenblick, dass unser Vorschlag den Charakter eines letzten Auskunftsmittels an sich trägt, allein selbst unter günstigeren Verhältnissen, beispielsweise wie sie Pirano und Dignano in Istrien besitzen, hatte G. Stache (Verh. d. geol. Reichsanst. 1864, pag. 228) die Anlage von Cisternen ins Auge gefasst.

Ich darf auch auf das Gutachten hinweisen, welches die Herren F. v. Hauer und G. Stache betreffend die Wasserverhältnisse der Insel

Lissa (Jahrb. d. geol. Reichsanst. 1861—62, Verh. pag. 257) abgegeben haben, und welches sich ebenfalls, abgesehen von jenem durch Eruptivgesteine ausgezeichneten Theil der Insel, für die Anlage von Cisternen auf derselben ausspricht. Alle nach Angaben des bekannten Quellenforschers Abbé Richard gemachten Versuche hatten sich in diesem Falle als misslungen herausgestellt.

In jedem Falle kann auf dem von uns angegebenen Wege, da man fast beliebig grosse Fangflächen für das Regenwasser herstellen kann, auch eine ausreichende Menge von Wasser für jede Ortschaft oder zusammenhängende Häusercomplexe ohne übertriebene Kosten hergestellt werden. Selbstverständlich muss in einem so zerklüfteten und der Spalten wegen durchlässigen Terrain, wie es die Kalk- und Dolomitschichten des Karstes vorstellen, auf die geeignete Cämentirung der polygonalen oder lieber runden Wände der Cisternen besonders Rücksicht genommen werden. Zur Anlage von Fangflächen können entweder bereits vorhandene Dächer und dergleichen benützt werden, oder man kann dazu besondere, flach geneigte, am liebsten in einer vertieften Kante gebrochene Ebenen aus gefirnisstem oder undurchlässigem Material aufstellen. Auch könnten mehrere getrennt situirte, kleinere Fangflächen ihr Wasser in ein und dieselbe Cisterne abgeben.

Die Mündlöcher der Cisternen werden bis auf die Oeffnungen zum Einfluss und zum Schöpfen des Wassers zuzudecken oder zu überwölben sein. Jedenfalls wäre es gut, Vorkehrungen zu treffen, um die rasche Verunreinigung der Cisternen durch die nicht immer sehr vorsichtige Bevölkerung zu verhindern.

Der hochwürdige Abbé Paramelle legte ein besonderes Gewicht darauf, dass Schneewasser oder das Wasser plötzlicher Gewitterregen als gesundheitsschädlich von dem Eintritt in die Cisternen abgehalten werde. Doch braucht dieser Gesichtspunkt höchstens dann in Erwägung gezogen zu werden, wenn es sich ausschliesslich um die Beschaffung von Trinkwasser handelt.

Indessen führen uns diese Betrachtungen schon viel weiter, als unsere Competenz es zulässt, und es muss die eigentliche Construction der jeweilig zweckmässigsten Art von Cisternen und deren Fangflächen den betreffenden Technikern überlassen bleiben.

Nur auf einen Umstand möchte ich die Aufmerksamkeit der letzteren noch gelenkt haben, nämlich auf die Grösse der in einer bestimmten Zeit an einem bestimmten Ort niederfallenden Regenmengen oder der atmosphärischen Niederschläge überhaupt, insofern die Grösse der für die Cisternen zu bestimmenden Fangflächen selbstverständlich in einem Verhältniss stehen muss einmal zu der Grösse des atmosphärischen Niederschlags und dann zu der Grösse des zu befriedigenden Wasserconsums. Ebenso selbstverständlich ist es eigentlich, dass die Grösse der geneigten Fangflächen dabei nicht nach deren wirklichem Flächeninhalt bemessen werden darf, sondern nach dem Flächeninhalt der jeweiligen horizontalen Projection der zu Fangflächen hergerichteten Gegenstände.

Auf meine Bitte gingen mir von Seiten der k. k. meteorologischen Centralanstalt in Döbling bei Wien durch die Freundlichkeit des Herrn Dr. Hann folgende Daten über die Grösse der im croatischen Karst und der Carlstädter Militärgrenze fallenden Niederschlagsmenge zu, welche an vier Beobachtungspunkten gewonnen wurden :

	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December
Fiume												
Zahl der Beobachtungsjahre	3	4	4	4	3	4	3	3	3	3	4	4
Mittel	58·32	39·09	55·81	60·52	32·75	41·46	43·60	66·86	42·39	123·16	85·19	110·82
Gospic												
Zahl der Beobachtungsjahre	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3
Mittel	67·36	29·41	87·06	50·59	24·55	54·01	35·20	27·86	53·91	90·89	63·14	50·69
Zavalje												
Zahl der Beobachtungsjahre	7	4	5	6	6	6	7	7	7	7	6	6
Mittel	29·74	47·24	22·33	34·93	50·51	33·32	45·87	41·15	43·85	44·19	33·32	35·32
Zengg												
Zahl der Beobachtungsjahre	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
Mittel	32·18	28·99	19·05	35·66	38·17	63·28	18·89	187·30	24·39	94·01	71·09	81·06

Es hat der monatliche Niederschlag in mittlerer Summe in Pariser Linien für die Beobachtungsstationen Fiume, Gospić, Zavalje und Zengg die in vorstehender Tabelle aufgeführte Höhe, als Durchschnittsresultat, gewonnen in einer mehr oder minder grossen Zahl von Beobachtungsjahren.

Diesen Daten gemäss, für deren Ueberlassung ich meinen verbindlichsten Dank ausspreche, wird also die jährliche Niederschlagsmenge für Fiume mit 759·97 Pariser Linien Höhe ausgedrückt, für Zengg mit 694·07 Linien, für Gospić mit 634·67 Linien und für Zavalje mit 462·68 Linien.

In Berücksichtigung der Lage dieser Orte ergibt sich also als Resultat dieser Beobachtungen, zunächst, dass die Menge des atmosphärischen Niederschlages an der Küste grösser ist als an den landeinwärts gelegenen Punkten, dass also an solchen Orten, welche der Küste benachbart sind, zur Ansammlung derselben Wassermenge eine geringere Fangfläche gehören wird als an landeinwärts gelegenen Orten. Es wird beispielsweise zu Zengg auf den Quadratfuss Fangfläche (in horizontaler Projection) 4·82 Kubikfuss Wasser jährlich kommen, zu Gospić nur 4·40 Kubikfuss.

Nehmen wir einen Durchschnitt aus den durch die Beobachtung gewonnenen Zahlen, so ergibt derselbe eine jährliche Höhe des atmosphärischen Niederschlages von 637·89 Linien, das heisst von 4·42 Kubikfuss Wasser auf einen Quadratfuss Oberfläche. Das sind im Vergleich zu manchen anderen Gegenden der österreichisch - ungarischen Monarchie immerhin recht respectable Ziffern, wovon man sich bei Durchsicht der schönen Arbeit des Obersten v. Sonnklar (Grdz. d. Hyetographie, Mitth. geogr. Ges. Wien 1860) leicht überzeugen kann.

Freilich müssen wir auch einen gewissen Grad der Verdunstung berücksichtigen, durch welchen ein Theil der gewonnenen Wassermenge für den Gebrauch wieder verloren geht. Indessen dieser Grad ist jedenfalls ein geringer. Tiefe Cisternen, besonders wenn sie oben mehr oder weniger zugedeckt sind, bieten der atmosphärischen Luft relativ sehr wenig Zutritt und eine für die etwaige Verdunstung sehr kleine Wasseroberfläche. Während der Zeit aber, wo sich die atmosphärischen Niederschläge auf den Fangflächen ansammeln und so mit grösserer Oberfläche der Verdunstung ausgesetzt sein könnten, ist die Atmosphäre in der Regel der Verdunstung überhaupt sehr ungünstig.

Rechnen wir nun statt mit Kubikfussen mit Eimern und bringen wir einen nur geringen Verlust durch die Verdunstung in Anschlag, der sich freilich bei der Verschiedenheit der localen Verhältnisse schwer ziffermässig wird feststellen lassen, so hätten wir im Durchschnitt für den croatischen Karst auf den Quadratfuss Oberfläche immerhin nahezu  $2\frac{1}{2}$  Eimer Wasser jährlichen Niederschlages anzunehmen. Das gäbe auf 10 Quadratklafter Fangfläche (horizontale Projection) ein jährliches Wasserquantum von 9000 Eimern.

Es fehlen mir die statistischen Nachweise für die Grösse des eventuellen Wasserbedarfes in den einzelnen vom besprochenen Nothstand betroffenen Orten, und ich muss deshalb von weiteren Erörterungen der Relation zwischen Bedarf und Lieferung oder Lieferungs Capacität absehen. Derartige Erörterungen indessen bleiben am besten denen

überlassen, die mit der technischen Seite der Frage zu thun haben. Zu unserer Aufgabe gehörten nur allgemeine Hinweise, welche der Entscheidung der Männer vom Baufach vorzugreifen weder berufen noch berechtigt sind.

Unser Thema erscheint nun dem vorhandenen Beobachtungsmateriale nach annähernd erschöpft. Vielleicht bin ich sogar in meinen Ausführungen hie und da weiter gegangen als für die unmittelbare Nutzanwendung derselben nöthig gewesen wäre. Die Mängel unserer Darstellung mögen theilweise dadurch entschuldigt werden, dass ich mich verpflichtet glaubte, einem zweifachen Publicum entgegenzukommen, dem allgemein gebildeten und dem fachwissenschaftlichen.

Zum Schluss ist es mir Pflicht, mit besonderem Dank hervorzuheben, wie wirksam unsere Untersuchungen in dem besprochenen Terrain unterstützt wurden durch die zuvorkommende Bereitwilligkeit, mit welcher die betreffenden Behörden den Eingangs genannten Mitgliedern unserer Anstalt und speciell auch mir entgegen gekommen sind, und mit aufrichtiger Freude gedenke ich der freundlichen Liebenswürdigkeit, welche mir auch im Privatverkehr daselbst entgegengebracht wurde.

Wenn ich auf Grund dieser freundlichen Berührungen einen allgemeinen Wunsch aussprechen darf, so ist es der, dass die Bewohner jenes von der Natur etwas stiefmütterlich bedachten Landes nicht erlahmen möchten in dem Bestreben nach geeigneteren Culturzuständen, und dass sie die wohlwollende Fürsorge eines erleuchteten Gouvernements nicht allein durch passive Hinnahme der ihnen gebotenen Gaben, sondern auch durch selbstthätige Mitwirkung in den praktischen Zielen menschlicher Veredlung vergelten möchten. Unfruchtbar bleiben nur solche Bestrebungen, welche, der nächsten Zwecke und des eigenen Kraftmasses vergessend, sich unmittelbar den fernen Luftgestalten äusserster Wünsche zuwenden.

---