

## Quellengeologie von Mitteldalmatien.

Von Dr. Fritz v. Kerner.

Mit zwei Tafeln (Nr. X und XI).

Die geologischen Bedingungen für das Erscheinen von Süßwasserquellen gestalten sich in Mitteldalmatien wechselvoll. Die Böden und Gesteine des Gebietes verhalten sich betreffs der Wasserführung sehr verschieden und der eigenartige Gebirgsbau bringt es mit sich, daß die in der Schichtfolge begründeten Berührungen durchlässiger und undurchlässiger Gesteine unter mannigfachen Lagerungsformen auftreten und man auch durch abnormen Schichtverband bedingte quellbildende Gesteinskontakte trifft. Manche der so zustande kommenden Quellen sind allerdings nur schwach und unbeständig; doch hat es Interesse, für ein Land, das, wie Dalmatien, großenteils als wasserarm zu bezeichnen ist, alle gegebenen Möglichkeiten des Austrittes von in den Boden eingedrungenen Niederschlägen festzustellen.

Die folgenden Ausführungen betreffen vorzugsweise die geologische Seite des Quellenphänomens. Es ist dies in dem Umstande begründet, daß sie das Ergebnis aufnahmsgeologischer Studien sind. Es ist zwar auch der Aufnahmsgeologe sehr bestrebt, die in seine Interessensphäre fallenden veränderlichen hydrologischen Erscheinungen unter möglichst verschiedenen Verhältnissen in Augenschein zu nehmen, so insbesondere Quellen in Gegenden mit deutlich ausgeprägter jährlicher Niederschlagsperiode in der nassen und trockenen Jahreszeit zu besuchen, eventuell auch den Einfluß von kurzen Regen- und Trockenperioden auf Quellen kennen zu lernen; die diesbezüglichen Bestrebungen stoßen aber nur zu oft auf Hindernisse und es fehlt an der Gelegenheit, jene Summe von Daten zu gewinnen, die einen vollen Ueberblick der periodischen und unperiodischen Variationen einer Quelle bieten kann. Das, was sich auf Grund von bei geologischen Aufnahmen gesammelten Erfahrungen über die veränderlichen Eigenschaften der Quellen feststellen läßt, bleibt unter diesen Umständen bestenfalls nur Stückwerk. Was die Temperatur der Quellen anbelangt, so wurde keine Gelegenheit verabsäumt, sie zu messen, es konnte dies aber auch nur für das Studium der Geologie der Quellen insofern dienlich sein, als größere Temperaturdifferenzen mit genetischen Verschiedenheiten Hand in Hand gehen, so daß ein von den Quellen der Umgebung stärker abweichendes thermisches Verhalten einer Quelle darauf hinweist, daß dieselbe von anderer Entstehungsart sei oder einer diesbezüglich aus dem geologischen Befunde geschöpften Vermutung zur Bestätigung verhelfen kann. Zu einer Feststellung der

Temperaturverhältnisse der Quellen erschienen diese Messungen jedoch noch unzureichend, da selbst die angenäherte Bestimmung des zunächst hier in Betracht zu ziehenden Wertes, d. i. des Jahresmittels — sofern sie auf sehr wenige Messungen gestützt wird — voraussetzt, daß diese Messungen zu besonderen Terminen stattfinden und gerade dieser Bedingung bei geologischen Aufnahmen nur schwer entsprochen werden kann.

## Uebersicht der Quellformen.

### Verhalten der Gesteine und Böden zum Wasser.

4. Tonschiefer, Mergel und undurchlässige Böden. Tonhältige Gesteine von sehr verschiedener Beschaffenheit treten in Mitteldalmatien in zahlreichen geologischen Horizonten auf. Sie nehmen an der Zusammensetzung derselben entweder einen wesentlichen Anteil oder spielen nur die Rolle von Einlagerungen in durchlässigen Schichten. Es sind hier folgende Tongesteine zu erwähnen:

1. Dünablättrige Tonschiefer von dunkelroter, graugrüner oder grauvioletter Farbe in den unteren Werfener Schichten. Sie bilden neben glimmerreichen Sandsteinschiefern den Hauptbestandteil dieses untersten Gliedes der Trias am Südfuße der Svilaja.

2. Blättriger grünlichgrauer Schiefer-ton in den oberen Werfener Schichten der Svilaja. Er spielt unter den Gesteinsvarietäten dieses Horizontes eine untergeordnete Rolle.

3. Fein zerblättrende rotbraune, dunkelgrüne und violette Schiefer-tone im oberen Muschelkalke. Durchzogen von dünnen Lagen eines roten Knollenmergels bilden sie die Hauptmasse der Schichten, welche im Suvajatale zwischen dem Han Bulogh-Kalke und einem dunklen Hornsteinkalke liegen, der den Buchensteiner Horizont vertreten dürfte.

4. Ein scharfkantig zersplitterndes hartes bräunliches Tuffgestein in dem eben erwähnten mutmaßlichen Aequivalente der unteren ladinischen Stufe.

5. Ein zu mörtelähnlichem Schutte zerfallendes weißliches Tongestein in den Wengener Schichten. Es setzt in Verbindung mit splittrigen grauen und grünen Tuffen und Kieselschiefern die tuffigen Ablagerungen der mittleren ladinischen Stufe zusammen. Solche Ablagerungen erscheinen im Suvajatale in zwei Niveaus; in einem tieferen, ohne sichtbaren Zusammenhang mit Eruptivgesteinen und in einem höheren im unmittelbaren Hangenden eines Deckenergusses von Augitporphyrit.

6. Knolliger lichtgelblicher Kalkmergel in der Küstenfazies des Mitteleocäns. Er bildet in einem Teile der Verbreitungsregion dieser Fazies eine ziemlich mächtige Schichtmasse im Hangenden des Hauptnummulitenkalkes.

7. Muschlig brechende gelbliche und lichtgraue Mergel im Flysch und in den Prominaschichten. In der Flyschformation nehmen sie

einen ziemlich großen Anteil am Aufbaue der mergeligen Schichtfolgen; in den fluviatilen Prominaschichten erscheinen sie in unserem Gebiete nur als geringfügige Einschaltungen.

8. Engklüftiger grünlichgrauer Mergel in den beiden eben genannten Fazies des höheren Eocäns. Er bildet in oftmaligem Wechsel mit dünnen Bänken von gelblichbraunem Kalksandstein einen Hauptbestandteil der FLYSCHFORMATION. In den Prominaschichten spielt er aber auch nur die Rolle eines untergeordneten Gesteinsgliedes.

9. Rötlich, gelb und bläulichgrau gebänderter Kalkmergel mit lagenweise eingeschalteten Ockerknollen in der unteren Abtheilung des Neogens bei Sinj. Durchzogen von vielen Bänken eines sandigen gelblichgrauen Mergels bildet er einen Hauptbestandteil dieses noch der sarmatischen Stufe zuzurechnenden Horizontes des dalmatischen Jungtertiärs. Ihm ähnlich ist ein bläulicher Kalkmergel mit Ockerknollen, welcher im Sutinatale in einem Niveau der mittleren Neogenpartien auftritt.

10. Grobmuschlig brechende, scherbilig zerfallende hellgraue Mergelkalke der Congerienstufe. Sie setzen für sich allein ohne Wechsellagerung mit anders gearteten Schichten je einen Teil des mittleren Neogens im Sutinatale und am Nordrande des Sinjsko polje und die Hauptmasse des Neogens am Südrande dieser Karstebene zusammen. Als untergeordneter Bestandteil der höheren jungtertiären Schichten im Sutinatale und bei Sinj treten auch dunkelgraue Mergel auf.

11. Terra rossa. In den von roter Erde ausgefüllten kleinen Poljen zeigt sich zwar nicht jene Neigung zur Versumpfung, welche man im Innern jener Poljen wahrnimmt, deren Untergrund durch tertiäre Mergel gebildet wird, so daß es scheint, als ob die Terra rossa minder undurchlässig wäre als von Mergeln stammender Verwitterungslehme. Doch finden sich in ihrem Bereiche ständige Wasser-tümpel (Lokven) auch über zerklüftetem Kalkboden, woselbst dann nur die rote Erde die Zurückhaltung des Wassers bedingen kann. Auch zeigen räumlich ausgedehnte Anhäufungen von Terra rossa die Reliefformen undurchlässigen Geländes. Die gebräuchliche Uebersetzung des Wortes nicht mit „Karsterde“, sondern mit „Karstlehm“ weist gleichfalls auf die Eigenschaft der Undurchlässigkeit hin. Für die Quellbildung kommt die Terra rossa als Wasser zurückhaltende Unterlage aus dem Grunde kaum in Frage, weil sie, wo sie in größeren Massen auftritt, meist die oberste Bodenschichte bildet und nur ausnahmsweise und auch dann nur lokal noch von einer durchlässigen jüngeren Schichte, etwa von rezentem Gebirgsschutte überlagert wird. Dagegen spielt die Terra rossa bei der Quellbildung eine Rolle, wenn sie zerklüftete Kalkschichten durch vollständige Verstopfung aller Klüfte undurchlässig macht.

12. Lehme in den älteren quartären und in den rezenten Flußanschwemmungen.

*B. Dolomite.* Die mesozoischen Dolomite von Dalmatien nehmen in hydrologischer Beziehung eine Sonderstellung ein. Sie erweisen sich als minder durchlässig als die Kalke, vermögen aber das Wasser weit

weniger zurückzuhalten als Tonschiefer und Mergel. Hierbei erfährt die Stellung des Dolomites in der Gesteinsreihe, deren Endglieder durch den Kalk und Schieferton gebildet werden, mit der Aenderung der Niederschlagsmengen eine große Verschiebung. Geringe Wassermengen vermögen in den Dolomit einzudringen, er spielt dann die Rolle einer durchlässigen Gesteinsart und tritt in Gemeinschaft mit dem Kalke in Gegensatz zu den tonigen Gesteinen, in deren Bereich selbst kleinen Wassermengen ein Eindringen verwehrt und ein oberflächlicher Abflußweg gewiesen wird. Für die gewaltigen Wassermassen heftiger Regengüsse ist die Aufnahmefähigkeit des Dolomites aber nicht ausreichend.

Der größte Teil des Wassers fließt dann oberflächlich ab, der Dolomit erscheint als ein undurchlässiges Gestein und tritt im Vereine mit den Tonschiefern und Mergeln in Gegensatz zum Kalke, in dessen oft einem Sieb verglichenen Gelände selbst große Wassermassen an Ort und Stelle verschluckt werden und ein oberflächliches Abfließen sogar bei Wolkenbrüchen nur vorübergehend vorkommt. So erklärt es sich, daß der Dolomit die für undurchlässiges Terrain bezeichnenden zertalten Landschaftsformen zeigen kann und dennoch dort, wo er von durchlässigem Boden überlagert wird, oft keine Quellbildung bedingt. Um eine solche zu veranlassen, müßten auch die Sickerwässer, welche an die obere Grenzfläche einer Dolomitschichte gelangen, an dieser zurückgehalten werden, für die allmähliche Herausbildung einer zertalten Landschaftsform genügt es, wenn bei heftigen Regengüssen auch nur ein Teil der Wassermassen zu oberflächlichem Abflusse gezwungen ist. Die Zertaltung der Dolomitgelände ist übrigens viel weniger weitgehend als jene der Tonschiefer- und Mergelregionen. Jene durch vielverzweigte Wasserrinnen zerschnittenen Gehänge, die mit ihrem Gewirre von tiefen Furchen und steilen Graten an die stark überhöhten künstlichen Hochgebirgsreliefs erinnern und in Dalmatien im Gebiet der unteren Werfener Schiefer und der neogenen Mergel angetroffen werden und die typische Oberflächenform des entblößten undurchlässigen Bodens darstellen, sucht man in den Dolomitregionen dieses Landes wohl vergebens. Dagegen tritt die Neigung zur Zertaltung in denselben klar hervor, wenn man sie mit den Karstreliefs der Kalkgebiete vergleicht.

Es muß jedoch bemerkt werden, daß auch die für den Karst bezeichnenden Reliefformen im Dolomite auftreten können; so sind die Dolomitzone zwischen Ugljane und Budimir (südöstl. vom Sinjsko Polje) reich an Dolinen, auch Höhlen kommen im Dolomite vor. (Höhle im Graben zwischen Doluji Korito und Strazbenica staje östlich vom Sinjsko Polje.)

Auch hinsichtlich der Oberflächenform im Kleinen, hinsichtlich des Felsreliefs läßt sich behaupten, daß der Dolomit in Dalmatien Beziehungen zum Karstkalke zeigt. Die eigentümlichen Felsgebilde, welche man nicht selten in Dolomitgebieten antrifft, erscheinen wie eine Milderung und Abschwächung der scharf gezeichneten Felsformen in den Karrenfeldern.

Als Ursache der im Vergleiche zum Kalk geringeren Aufnahmefähigkeit des Dolomites für Regenwasser sind verschiedene Möglich-

keiten erwogen worden. Zunächst ein Ausbleiben der im Kalke stattfindenden Erweiterung der Klüfte, dann eine teilweise Verlegung derselben durch den bei der Verwitterung sich bildenden Dolomitgrus. In neuerer Zeit wurde auch angenommen, daß der Dolomit in frischem Zustande überhaupt fast gar nicht zerklüftet sei und nur in seinen oberflächlichen Verwitterungsschichten genügend viele Lücken und Hohlräume besitze, um Wasser in mäßiger Menge in sich aufzunehmen.

Ihrem Alter nach gehören der Dolomit und die dolomitischen Kalke des hier besprochenen Gebietes teils der Trias, teils dem Lias und Jura, teils der Kreide an. Der Triasdolomit zeigt eine größere Neigung zu oberflächlicher Zerklüftung als jener der Jura- und Kreideformation und kann so wohl etwas mehr Regenwasser verschlucken. Die Neigung zu zertalten Landschaftsformen kommt ihm aber in höherem Grade zu. Daß sich demnach bei ihm bei größerer Durchlässigkeit zugleich eine Eigenschaft des undurchlässigen Bodens in stärkerem Maße ausprägt, beinhaltet nach dem vorhin Gesagten keinen Widerspruch. Mit der intensiveren Zerklüftung geht eine stärkere Lockerung der oberflächlichen Gesteinsschichten Hand in Hand und diese wird einer Steigerung der Erosionswirkungen von Regenfluten günstig sein.

Ein deutliches Beispiel dafür, daß starke Zertaltung mit großer Durchlässigkeit verknüpft sein kann, liefern in Dalmatien die Lemešschichten. Die breite Zone von Tithon auf der Südseite der Svilaja hebt sich durch stark entwickelte Ravinenbildung scharf gegen die umgebenden verkarsteten Regionen ab. Die Duboka- und Turska Draga gehen aus einem reich verästelten System von Erosionsfurchen hervor. Diese Furchen führen aber nirgends dünne Wasserfäden, wie man sie in jenen Rinnen antrifft, die in mit Schutt und Humus überdeckte Werfener Schiefer, Flyschmergel und Kongerienmergel eingeschnitten sind. Die Lemešschichten verhalten sich als Hornstein führende klüftige Plattenkalke wie durchlässiges Terrain. Die starke Zertaltung ist in ihrem Bereiche ausschließlich die Wirkung heftiger Gußregen auf ein sehr leicht zerbröckelndes Gestein. Am Monte Lemeš selbst tritt allerdings in den nach ihm benannten Schichten die schöne Quelle Zdain zutage. Für diese ist jedoch eine besondere Entstehungsweise anzunehmen. Die Erosionsfurchen am Lemešberge sind auch alle ohne Wasserfäden.

C. Kalke. Die Rolle, welche der Kalk ziemlich unabhängig von seinen petrographischen und geologischen Merkmalen in der Hydrologie des Karstes spielt und die ihm so in jedem einzelnen Gebiete zukommt, gleichviel von welcher geologischen Beschaffenheit dasselbe auch sein mag, wurde schon so oft und gründlich abgehandelt, daß darüber in einer Spezialarbeit kein Wort mehr zu verlieren ist. Um so mehr ist aber des Vorkommens von Fällen zu gedenken, in welchen er jene wohlbekannte Rolle nicht spielt. Solche Fälle als „Ausnahmen“ zu bezeichnen, sei jenen überlassen, welche sich zu didaktischen Zwecken bemüßigt sehen, alle Erscheinungen in der Natur in Regeln und Gesetze einzuzwängen. Betreffs der geo- und hydrophysikalischen

und meteorologischen Gesetze ist kein Zweifel möglich, daß sie auch ohne Dazwischentreten menschlicher Gehirne genau ebenso bestünden, wie wir sie ergründen und erkennen. Auf den übrigen erdkundlichen Gebieten erscheint es aber für den, den nicht Zwecke der vorhin erwähnten Art zum Schematisieren drängen, besser, sich jeder gesetzgeberischen Tätigkeit zu enthalten. Er läuft sonst allzusehr Gefahr, in die unerfreuliche Lage Desjenigen zu kommen, der Verordnungen erläßt, ohne die Macht dazu zu haben, ihre Befolgung zu erzwingen<sup>1)</sup>.

Obschon die Durchsetzung des Kalkes mit mehr oder weniger wegsamen Klüften eine allgemeine Erscheinung ist, muß dennoch daran festgehalten werden, daß es sich hierbei um eine betreffs ihrer Entwicklungsart von Zufälligkeiten abhängige sekundäre Gesteinsveränderung handelt, und daß die Möglichkeit vorliegt, daß stellenweise das Gestein von Klüften frei bleibt, eventuell auch die vorhandenen Klüfte nicht wegsam sind. In der Tat stößt man in dalmatinischen Karstgebieten zuweilen auf ziemlich ausgedehnte, viele Meter im Gevierte messende Felsschichtflächen, welche von keiner einzigen Kluft durchsetzt sind, so daß die im Bereiche einer solchen Fläche auffallenden Niederschläge gerade so oberflächlich abfließen müssen wie auf Tonschieferboden. Diese Vorkommnisse sind allerdings zu selten und räumlich zu beschränkt, als daß durch sie in Hinsicht auf Quellbildung die bekannte Rolle des Kalkes in Frage gestellt würde. Man muß aber die Möglichkeit ins Auge fassen, daß gelegentlich, unter besonderen Bedingungen ein solches Fortbestehen der dem Kalke ursprünglich zukommenden Eigenschaft der Undurchlässigkeit doch auch für die Quellbildung von merklichem Einflusse werden kann. In der Tat trifft man in einem Teile unseres Gebietes Vorkommnisse, welche auf ein Merkbarwerden eines solchen Einflusses hinweisen. Sie werden später genau beschrieben werden.

Das Vorkommen von Fällen, in welchen der Kalk streckenweise nicht zerklüftet ist, spricht gegen einen allgemeinen Zusammenhang der Kluftnetze. Wasseradern im Karstkalke können aber auch schon beim Vorhandensein von Klüften durch deren völlige Verstopfung mit Höhlenlehm ihren Zusammenhang verlieren.

Den Kalken völlig analog verhalten sich in hydrologischer Beziehung die festgefügteten Kalkbreccien und Kalkkonglomerate, welche auch ein scharf ausgeprägtes Karstrelief zeigen. Die eckigen oder abgerundeten Fragmente dieser klastischen Gesteine sind fest aneinander gepreßt oder durch steinharte Zwischenmittel fest verkittet, so daß hier eine Fortleitung des Wassers längs der Grenzen der Bruchstücke völlig ausgeschlossen ist und sich das Gestein wie ein homogener Kalk verhält, d. h. an sich ganz undurchlässig ist und erst sekundär infolge von Zerklüftung diese Eigenschaft verliert.

<sup>1)</sup> Sollte es unter diesem Gesichtswinkel vielleicht statthaft sein, die Frage aufzuwerfen, ob es mehr als bloßer Zufall sei, daß von zwei großen Geologen, bei denen man in Sachen der Karsthydrographie eine völlige Unbefangenheit des Urteils voraussetzen darf, derjenige, welcher sich an die akademische Jugend wendet (K a y s e r, Lehrbuch der Geologie) die Anschauungen A. Grunds vertritt und derjenige, welcher sich an Hydrotechniker wendet (K e i l h a c k, Grundwasser und Quellenkunde) den Darlegungen F. Katzers folgt?

Den reinen Kalken ähnlich verhalten sich hinsichtlich ihres Einflusses auf die Quellbildung auch die einen sehr geringen Tongehalt aufweisenden Kalksteine.

Hierher gehören manche Faziesentwicklungen der Cosinaschichten und des oberen Foraminiferen- (Milioliden-) Kalkes, ein großer Teil der nicht konglomeratischen Prominaschichten und die ungefähr gleichaltrigen Gesteine auf der Südseite des Opor, sodann die Liegendschichten der Flyschmergel am Südabhang des Mosor, endlich die mittleren und oberen Partien des Neogens im Cetinagebiete, soweit dieselben nicht in Mergelfazies entwickelt sind.

Die meisten dieser Gesteine zeigen eine mehr oder minder vollkommene Absonderung in Platten und dieser Umstand weist auf eine starke polygonale Gesteinszerklüftung hin. Erscheint es auch verständlich, daß da ein Eindringen der atmosphärischen Wässer leicht erfolgt, so könnte man doch glauben, daß diese Form der Zerklüftung gegen die Tiefe zu abnehme, auch sollte man vermuten, daß der etwas tonige Kalkstaub, der sich bei der Verwitterung hier bildet, dazu beitrage, die Klüfte unwegsam zu machen. Trotzdem besitzen diese plattigen Kalksteine keine nennenswerte Fähigkeit, das Wasser in seinem Laufe zur Tiefe aufzuhalten. Wenn im Bereiche solcher Kalke eine Quellbildung erfolgt, ist sie an das Vorhandensein einer tonigen Zwischenschicht geknüpft und wo derartige Kalke an reine Kalke grenzen, kommt der Berührungsfläche beider nicht die hydrologische Bedeutung eines Kontaktes von schwer- und leichtdurchlässigem Gesteine zu. Betreffs der Landschaftsformen nehmen die in Rede stehenden Gesteine eher eine Mittelstellung zwischen reinem Kalk und Mergel ein. Das aus ihnen bestehende Terrain hat keinen Karstcharakter, es fehlt ihm aber auch die reichliche Durchfurchung der Abhänge, welche für das undurchlässige Gelände so bezeichnend ist.

*D. Durchlässige Bodenarten.* Hierher gehören die meisten Ablagerungen der letzten geologischen Vergangenheit und Gegenwart. Gehängeschutt, dessen ältere Partien zum Teil zu Breccien verfestigt sind, Trümmernmassen von Bergstürzen, umgelagerte und umgeschwemmte quartäre Schuttanhäufungen (sofern sie nicht mit Lehmen stärker vermengt sind), altquartäre Sandablagerungen, ferner die zum Teil zu lockeren Konglomeraten zusammengebackenen Schotterdecken der postneogenen Flüsse und die Schotter und Sande in den Anschwemmungen der fließenden Gewässer der Jetztzeit sowie endlich die Geröllansammlungen am Meeresstrand.

### Entstehungsformen der Quellen.

*A. Karstquellen.* Sie überragen wie in anderen Karstgebieten auch in Mitteldalmatien alle übrigen Quellbildungen weitaus an Wichtigkeit. Alle durch Stärke und Größe besonders ausgezeichneten Quellstränge unseres Gebietes gehören dieser Kategorie von Quellen an. In dieser Darstellung, welche die Mannigfaltigkeit der lithologischen und tektonischen Verhältnisse der Quellen zu beschreiben sucht, können die Karstquellen aber nicht in einem ihrer überragenden

Bedeutung entsprechenden Maße den absolut und relativ größten Raum einnehmen. Sie bilden als Spaltquellen im Kalkgebirge nur ein Glied in der Fülle der quellengeologischen Erscheinungen und auch ihre Beziehungen zur Tektonik liefern für eine vergleichende Gesamtdarstellung weniger Stoff als jene der übrigen Felsquellen. Sie bieten mehr für morphologische als für geologische Forschungen ein interessantes Ziel und es gestaltet sich darum ihr Studium bei Anwendung morphologischer Untersuchungsmethoden, besonders mit Hilfe der Höhlenforschung weit erfolgreicher als durch geologische Begehungen. Aus diesem Grunde soll hier auch davon Abstand genommen werden, das vielumstrittene<sup>1)</sup> Thema der Karsthydrologie in seiner Gesamtheit zu erörtern. Dem Vorwurf, mit einer solchen Erörterung etwas Ueberflüssiges zu leisten, wird derzeit nur Derjenige entgehen können, der betreffs aller hier in Betracht kommenden Fragen neues Beobachtungsmaterial beibringen kann. Für eine sehr wichtige Gruppe von karsthydrologischen Phänomenen, für die Wechselbeziehungen zwischen Ponoren, Karstquellen und Poljenüberschwemmungen läßt sich nun aber innerhalb des hier besprochenen Gebietes kein vollständiges Bild gewinnen, da das Sinjsko polje oberflächlich entwässert wird und das Mučko polje keine Karstquellen hat. Die zu den Karstquellen des Sinjsko polje gehörigen Ponore liegen aber weit außerhalb der Grenzen unseres Gebietes. Der karsthydrologische Erfahrungsschatz, welcher sich in diesem Gebiete bei Gelegenheit geologischer Aufnahmen sammeln läßt, betrifft hauptsächlich die horizontale und vertikale Verbreitung der Karstquellen.

Was die erstere betrifft, so zeigt sich dort, wo sie in reiner Abhängigkeit von der Verteilung der unterirdischen Wasserwege zu beobachten ist, eine Art Mittelzustand zwischen jenen zwei Grenzfällen, welche den beiden einander gegenüberstehenden Anschauungen über jene Wasserwege entsprechen würden. Es treten dort auf einzelnen Teilstrecken des Gebirgsrandes Quellenreihen zutage; es ist aber weder eine Beschränkung der Wasseraustritte auf einzelne Stellen, noch auch eine annähernd gleichmäßige Verteilung derselben über die ganze Erstreckung des Gebirgsrandes zu sehen. Dieser Umstand spricht dafür, daß auch die hydrologischen Verhältnisse an solchen Gebirgsrändern, welche von undurchlässigen alt- oder jungtertiären Schichten besäumt sind, eine zwischen extremen Annahmen stehende Auffassung erheischen. Man wird bei dem Hervorbrechen großer Karstquellen in den Lücken der Flysch- und Neogenvorlagen diese Lücken nicht als das primäre ansehen dürfen; es wäre aber wohl auch zu weit gegangen, diesen Vorlagen jede Stauwirkung abzusprechen. Vermutlich entsprechen die Durchbrüche durch diese Vorlagen solchen Stellen, wo besonders große Kluftwasserstränge den Gebirgsrand erreichen und treten dort auch noch Wasseradern aus, welche seitlich von jenen Strängen auf die Rückwand der Gebirgs-

<sup>1)</sup> Die unliebsamen Eindrücke, welche man bei der Lektüre der bekannten Polemiken über die Karsthydrographie empfindet, werden erfreulicherweise aufgewogen durch den drolligen Eindruck, den es macht, hier Gelehrte, von denen keiner ein Physiker ist, sich gegenseitig Unkenntnis hydrophysikalischer Grundlehren vorwerfen zu sehen.

vorlage stoßen und hinter derselben zu den Ausfallspforten der Hauptstränge hin abgelenkt werden. Die durch je eine dieser Pforten sich entwässernden Adergeflechte stehen aber wohl nicht miteinander im Zusammenhange. Von mir erhobene thermometrische Befunde weisen mit Bestimmtheit darauf hin, daß auch im Innern von Kalkgebirgen, in denen keine unterirdischen Scheiderücken von Dolomit oder Schiefer anzunehmen sind, eine Trennung benachbarter Kluftwassernetze Platz greifen kann.

Als zusammenwirkende Ursachen einer solchen Trennung wären in Betracht zu ziehen: die schon erwähnte, innerhalb gewisser räumlicher Grenzen gelegentlich vorkommende Kluftlosigkeit des Kalkes, dann eine völlige Verstopfung vorhandener enger Spalten mit Höhlenlehm und besonders der von Stille geltend gemachte Umstand, daß auch zerklüftete und mit Wasser durchtränkte Gesteinspartien die Rolle eines vollkommen undurchlässigen Gesteines übernehmen können, wenn ein sehr hoher Reibungswiderstand die Bewegung des Wassers in denselben aufhebt.

Was die vertikale Verteilung der Karstquellen betrifft, so zeigt sich in unserem Gebiete eine sehr ausgesprochene Neigung dieser Quellen am Fuße der Gebirge auszubrechen. Sie entspringen aber nicht immer an den jeweilig tiefsten Stellen der Tal- und Poljenränder. Zuweilen ist zwischen benachbarten Quellen ein nicht unbedeutender Höhenunterschied vorhanden; und in seltenen Fällen kommt es vor, daß — was gleichfalls sehr gegen einen Zusammenhang benachbarter Kluftnetze spricht — die höher gelegene Quelle noch fließt, wenn die am Gebirgsfuße austretende schon versiegt ist. Solche Befunde als „Ausnahmen“ von der Regel zu bezeichnen, wäre völlig unstatthaft. Sie bilden für die Umstände, unter denen sie auftreten, gewiß das streng gesetzmäßige und normale.

Aber auch die vergleichsweise höchstgelegenen Karstquellen befinden sich noch in der Nähe der Talsohlen oder Küsten und diese Lage weist darauf hin, daß dort die Abwärtsbewegung der eingedrungenen Niederschläge rasch sehr erschwert wird. Nichts spricht in unserem Gebiete zugunsten der Annahme, daß von den Hochflächen der Planinen bis hinab zu den zum Teil tief unter dem Meeresspiegel gelegenen Schieferunterlagen des tiefen Karstes gleichartige Zirkulationsbedingungen herrschen. Man gewinnt vielmehr den Eindruck, daß die Kluftnetze der Karstberge bis zu einem zeitlich und örtlich schwankenden, sich aber in der Nähe eines benachbarten Meeres- oder Flußspiegels haltenden Niveau hinab nur zum Teil und zeitweise ein relativ rasch und vorzugsweise nach der Tiefe wanderndes Wasser führen, von dort abwärts aber durchwegs und dauernd mit relativ langsam und nach verschiedenen Richtungen (auch nach aufwärts) sich bewegendem Wasser erfüllt sind.

*B. Schichtquellen.* Die Formationsentwicklung in Dalmatien bedingt eine große Anzahl von Kontakten verschieden durchlässiger Gesteine. Es handelt sich hier entweder um das Aneinandergrenzen zweier petrographisch abweichender geologischer Horizonte oder um Einlagerung von Kalkzügen in vorwiegend undurchlässigen Schichten

oder um Einschaltung von undurchlässigen Zwischenlagen in vorwiegend kalkigen Horizonten. Dementsprechend liegt entweder eine einmalige Berührung ungleich durchlässiger Gesteine oder eine mehrmalige Wiederholung derselben Art von Gesteinskontakt vor. Die Gesamtmenge der Quellwässer wird unter sonst gleichen Umständen im zweiten der vorgenannten drei Fälle viel kleiner als im dritten Falle sein. Der Unterschied in der hydrologischen Beschaffenheit zweier aufeinander folgender Schichten kann sehr verschieden groß sein. Zwischen Fällen, in denen man kurzweg vom Kontakte eines Wasser durchlassenden mit einem undurchlässigen Gesteine sprechen kann und solchen Fällen, wo nur ein geringes Mehr oder Weniger an Durchlässigkeit vorliegt, gibt es viele Uebergänge. Der Wasserreichtum einer Quelle ist aber unter sonst ähnlichen Verhältnissen der Größe des eben genannten Unterschiedes nicht proportional. Manchmal tritt eine Quelle, die man für eine Schichtquelle halten möchte, an einem Orte aus, wo sich die Liegend- und Hangendschichten in petrographischer Beziehung anscheinend nur wenig unterscheiden; anderseits kann man sich an der Grenze eines stark zerklüfteten und eines sehr undurchlässigen Gesteines, obschon auch die Lagerungsverhältnisse einer Quellbildung günstig wären, in Erwartung eines reichlichen Wasserausflusses getäuscht sehen. Es gibt dies einen Fingerzeig dafür, wie wenig zutreffend es wäre, sich über die Bildung von Schichtquellen allzu schematische Vorstellungen zu machen. Die Berührung von Gesteinsschichten verschiedener Durchlässigkeit schafft zunächst nur günstige Vorbedingungen für das Auftreten von Quellen. Als unmittelbaren Anlaß für die Quellbildung wird man stets einen Ueberschuß der unterirdischen Wasserzufuhr über die unterirdische Wasserabfuhr ansehen müssen. Gleichwie Schichtquellen in der trockenen Jahreszeit versiegen, weil nun die unterirdischen Abzugewege für die Aufnahme der verminderten Zusickerungen ausreichen, kann es auch sein, daß an einer Grenze zwischen Kalk- und Ton- oder Mergelschiefer überhaupt keine Quellbildung eintritt. Anderseits können bei großem Mißverhältnisse zwischen den unterirdischen Abflußmöglichkeiten und der Menge der Zuflüsse auch im Hangenden teilweise durchlässiger Schichten Wasseraustritte erfolgen.

Von in der Formationsentwicklung begründeten Kontakten durchlässiger und undurchlässiger, beziehungsweise schwer durchlässiger Gesteine kommen in Mitteldalmatien folgende in Betracht:

#### a) Schichtgrenzen.

1. Auflagerung der kalkigen oberen Werfener Schichten auf den Tonschiefern der unteren Werfener Schichten.

2. Auflagerung der kalkigen oberen Duvinaschichten auf den Schiefertonen der unteren Duvinaschichten.

3. Auflagerung der klüftigen Mergelkalke eines Teiles der höheren Neogenhorizonte auf den Mergelkalken der mittleren Horizonte dieser Formation.

4. Auflagerung der jung- oder postpliocänen Schotter auf den Kongerienschichten.

b) Durchlässige Zwischenlagen in undurchlässigen Schichten.

1. Einschaltung von Kalk- und Sandsteinbänken in den Ton-schiefern der unteren Werfener Schichten.

2. Einschaltung von Bänken von Knollenkalk in den Schiefer-tonen der unteren Duvinaschichten.

3. Einschaltung von Breccienkalken, Kalksandsteinen und Platten-kalken in den Mergeln der Flyschformation.

c) Undurchlässige Zwischenlagen in durchlässigen Schichten.

1. Einschaltung von Schiefer-tonlagen in den kalkigen oberen Werfener Schichten.

2. Einschaltung von Mergellagen in den Konglomeraten und Breccien der Prominaschichten.

4. Einschaltung von Mergellagen in den postpliocänen Konglo-meraten und Schottern.

Von den unter a) aufgezählten vier Schichtgrenzen ist nur die letztgenannte unter Mitwirkung günstiger tektonischer Bedingungen ein wichtiger Quellenhorizont. Die Grenze zwischen den unteren und oberen Werfener Schichten hat für die Quellbildung eine viel geringere Bedeutung als man erwarten könnte. Es kommt dies daher, daß wegen wiederholter Einschaltung von Schiefer-tonlagen in den oberen kalkigen Schiefen nur die unterste Zone dieser letzteren als Sammelgebiet für an der Oberkante der unteren Schiefer austretende Wässer in Betracht kommt. Die Grenze zwischen den unteren und oberen Duvinaschichten ist wegen der morphologischen Verhältnisse, unter denen ihre Ausstriche erfolgen, zur Erzeugung bemerkenswerter Quellen nicht geeignet. Bei a) 3 handelt es sich um die Berührung zweier hydrologisch wenig verschieden zu bewertender Gesteine. Die durchlässigen Einlagen in den Triasschiefern haben wegen ihrer geringen Mächtigkeit für die Quellbildung nur untergeordnete Bedeutung. Die Kalkzüge im Flysch sind dagegen in dieser Hinsicht von größerer Wichtigkeit. Von den sub c) genannten Fällen spielen besonders die zwei erstgenannten als Erzeuger von bemerkenswerten Quellen eine Rolle.

Die Schichtgrenzen zwischen den triadischen, jurassischen und kretazischen Dolomiten und den sie überlagernden Kalken sind dagegen auch unter günstigen morphologischen und tektonischen Bedingungen keine Quellenhorizonte. Es weist dies darauf hin, daß den Grenzflächen zwischen Kalk und Dolomiten nicht jene hydrologische Bedeutung zukommt wie den Kontakten zwischen Kalk und Ton-schiefer und zwischen Kalk und Mergel.

C. Isolithische Quellen. Für die unter diesem Namen zusammengefaßten Quellen ergeben sich Vergleichspunkte mit den Karst- und Schichtquellen und mit den noch zu erwähnenden Schutt-quellen; es sind aber doch der Unterschiede genug, um ihre Ab-

trennung von den genannten Kategorien von Quellen gerechtfertigt erscheinen zu lassen. Es handelt sich hier zunächst um die Quellen in Dolomitgebieten, welche der Auflagerung von durch mechanische Verwitterung verändertem Gestein auf frischem Dolomit anscheinend ihre Bildung verdanken und um die seltenen Fälle, in welchen es an Schichtfugen in Kalkgebieten zum Austritt schwacher Quellen kommt, wenn einzelne Gesteinslagen in größerem Ausmaße eines wegsamen Kluftnetzes entbehren. Mit den Karstquellen haben diese letzteren Vorkommen die Eigenschaft gemein, daß sie innerhalb desselben Gesteines zur Entwicklung kommen und nicht wie die Schichtquellen den Kontakt zweier verschiedener Gesteine zur Voraussetzung haben. Mit den Schichtquellen zeigen sie aber insofern Verwandtschaft, als sie in ihrem Auftreten an Schichtflächen geknüpft sind, während die Karstquellen aus Klüften kommen, die mehr oder weniger unabhängig von der Lagerungsform das Kalkgebirge durchsetzen. Die Dolomitquellen erweisen sich, da die Grenzfläche zwischen mechanisch verwittertem und frischem Gestein einen der Geländeoberfläche ähnlichen Verlauf hat, nur dann als solche den Schichtquellen analoge Bildungen, wenn die Geländeformen eine ungefähre Wiederholung der tektonischen Formelemente sind. Sonst stellen sie von der Schichtung unabhängige Erscheinungen dar, ähnlich jenen Quellen, die in Massen- und Eruptivgesteinen durch Umhüllung frischer Kerne mit Verwitterungsmänteln zur Entwicklung kommen.

Falls die Durchsetzung der Dolomitmäntel mit Sprüngen und Rissen zu einer Lockerung und Zertrümmerung des Gesteines führt, leiten die Dolomitquellen zu solchen Schuttgrundquellen über, welche unter eluvialem Schutte entstehen. Wenn sich der Uebergang des frischen in den mechanisch verwitterten Dolomit nicht rasch, sondern allmählich vollzieht, so schränkt dies die Vergleichbarkeit der Dolomitquellen mit Quellen unter Eluvialschutt — und im früher erwähnten Falle auch mit Schichtquellen — nur wenig ein, da ja der Uebergang von Gestein in eluvialen Schutt auch oft nur schrittweise erfolgt und Schichtquellen auch dann entstehen können, wenn in einer Schichtmasse die Durchlässigkeit nach oben hin nur allmählich zunimmt.

Die Deutung der sehr seltenen an Schichtfugen schwach geneigter Kalke und Kalkbreccien austretenden Quellwässer als Quellen von ähnlicher Entstehungsart wie die Schichtquellen stützt sich auf das schon erwähnte gelegentliche Vorkommen größerer kluftloser Felsschichtflächen in verkarsteten Geländen. Damit es hier zu einer wenn auch nur schwachen Quellbildung komme, ist das Zusammenreffen besonders günstiger Umstände erforderlich. Die unzerklüfteten Gesteinspartien müssen möglichst umfangreich sein und sie müssen, da diesbezüglich die Grenzen doch ziemlich eng gesteckt sein dürften, derart verteilt sein, daß sich die Wirkung mehrerer derselben summieren kann. Letzteres wäre in vollkommenster Weise dann erreicht, wenn bei sanfter Schichtneigung vom Gebirge weg die nach oben folgenden Gesteinsbänke sukzessive weiter im Berginnern einen unzerklüfteten Teil aufweisen würden. In diesem Falle wäre dann das Ergebnis in Hinsicht der Quellbildung so, als wenn sich ein Streifen undurchlässigen Grundes soweit in den Berg hinein erstrecken würde, als

der unzerklüftete Teil der obersten Gesteinsbank vom Ausgehenden der untersten entfernt ist. Wenn dagegen über einer am Ausgehenden klufflosen Kalkbank, auf deren Oberfläche der Ausfluß einer Quelle statthaben könnte, noch mehrere auch erst weiter im Berginnern von Klüften durchsetzte Bänke folgen, so wird ein Teil der eingedrunghenen Wässer schon an höher gelegenen Stellen des Abhanges zutage treten und es wird sich die Wassermenge, die in ihrer Gesamtheit ein schwaches Quellchen speisen könnte, in Rieselwässer zersplittern, wie man sie an Hängen, wo schwach geneigte Kalke frei austreichen, nach Regenwetter trifft. Damit sich die für eine kleine Quelle erforderliche Wassermenge sammeln kann, wird aber die obige Art der Summation von Sickerwässern mehrfach und von verschiedenen Seiten her erfolgen müssen, was schwach muldenförmige Schichtlagen voraussetzt. Es ist klar, daß die hier angeführten Bedingungen nur sehr selten erfüllt sein werden, daher die große Seltenheit solcher Quellchen.

*D. Verwerfungsquellen.* Es ist kaum zu zweifeln, daß der Verlauf und die Verteilung der Klüfte in den Kalkgebirgen oft mit Störungen in Beziehung stehen, daß viele Klüfte kleinen Längs- und Querverwerfungen folgen und daß Bruch- und Verschiebungszonen sowie Mulden- und Sattelkerne stärker zerklüftet sind als regelmäßig gelagerte Kalkschichten. In manchen Fällen lassen sich solche Beziehungen klar erkennen, so zeigen im obersten Cetinatale die Umgebungen der mittleren Vuković-Quelle und der Radoninoquelle, beides Kreidekalkgebiete, eine Zerstückelung in kleine Schollen. Gewöhnlich ist es aber trotz weitgehender Aufgeschlossenheit schwer, im Bereiche mesozoischer Karstkalke Verwerfungen festzustellen. Ihre Erkennung auf petrographischer oder paläontologischer Grundlage schließt sich meist aus und ihr Nachweis aus dem Wechsel der Fallrichtungen und Winkel ist oft durch Mangel an deutlicher Schichtung und durch Unkenntlichwerden derselben infolge starker Zerschattung sehr behindert. Daß aber auch die eintönigen Rudistenkalkgebiete von vielen kleinen Verwerfungen durchsetzt sein mögen, darf man daraus schließen, daß derartige Störungen in solchen Schichten öfter angetroffen werden, in deren Bereich der Erkennung von tektonischen Unregelmäßigkeiten keine Hemmnisse entgegenstehen. Die bloße Vermutung einer tektonischen Anlage der in ihrer heutigen Gestalt zunächst als Ergebnisse der chemischen Gesteinsauflösung erscheinenden Kluffwasserwege berechtigt aber wohl noch nicht, die Karstquellen kurzerhand als Verwerfungsquellen zu bezeichnen. Es verbleiben dann in der Gruppe dieser letzteren nur jene Spaltquellen, welche an einen tektonischen Kontakt verschiedener Gesteine geknüpft sind und die Karstquellen verhalten sich dann — insoweit sie tektonische Spaltquellen innerhalb desselben Gesteines sind — zu den Verwerfungsquellen wie die Quellen aus Schichtfugen im Kalkgebirge zu den Schichtquellen. Es versteht sich aber von selbst, daß auch die Adern dieser letzten beiden Arten von Quellen zu mehr oder minder großem Teile nicht in Schichtfugengerinnen, sondern in Kluffgerinnen verlaufen.

Während stratigraphische Kontakte verschieden durchlässiger Gesteine häufig sind, ist die Zahl der zu Quellbildung führenden tektonischen Gesteinskontakte eine verhältnismäßig geringe. Es kommen hier in Betracht:

1. Durch Verwerfung bedingter Kontakt von unterem Werfener Schiefer mit Triasdolomit.

2. Durch steile Aufschiebung bedingter Kontakt von unterem Werfener Schiefer mit Rudistenkalk und mit eocänen Kalkbreccien.

3. Durch Verwerfung bedingter Kontakt von Kreidedolomit mit Rudistenkalk.

4. Durch mehr oder minder flache Ueberschiebung bedingter Kontakt von eocänen Knollenmergeln und Flyschmergeln mit Rudistenkalk und eocänen Kalken.

5. Durch diskordante Auflagerung, zum Teil auch durch Verwerfungen bedingter Kontakt von neogenen Schichten mit mesozoischen Kalken.

Da die Mehrzahl der hier aufgeführten Arten von Störungen nur wenig verbreitet sind und die am häufigsten vorkommende, die Ueberschiebung von Kreidekalk auf eocäne Mergel nur höchst selten zur Quellbildung führt, stehen die an Störungen geknüpften Quellen in unserem Gebiete auch hinsichtlich ihrer Anzahl den Schichtquellen sehr nach. Es befinden sich unter ihnen aber einige von bemerkenswerter Stärke.

*E. Schuttquellen.* Eine scharfe Trennung zwischen Quellen, welche der Auflagerung von ursprünglichem und von umgeschwemmtem Schutte auf undurchlässigem Grunde ihre Entstehung verdanken, läßt sich nicht durchführen, da ja diese beiden Arten von Schutt selbst nicht streng auseinanderzuhalten sind. Denn auch die Gesteinsstücke einer Schutthalde sind oft nicht mehr an jener Stelle, wohin sie bei dem Abbruche von der die Halde überragenden Felswand fielen und schon durch Wasserwirkung in ein tieferes Niveau gebracht. Als Gebirgsschutt liefernde Gesteine kommen in Dalmatien hauptsächlich Kalk und Dolomit in Betracht. Bei der großen Durchlässigkeit des Schuttes dieser Gesteine kommt es dort, wo er undurchlässigen Boden bedeckt, vorwiegend zur Entstehung von Schuttgrundquellen. Die umgeschwemmten Schuttmassen enthalten auch viele lehmige Beimengungen und hier treten auch reine Schuttquellen auf. Unter sonst gleichen Umständen sind die Wasseraustritte aus solchem umgelagerten Schutte schwächer, aber nachhaltiger als jene aus Schutthalden, dadurch mitveranlaßt, daß die in den aufgezählten Fällen den Untergrund des Schuttes bildenden verschiedenen Schichten zum Teil von etwas durchlässigen Zwischenlagen durchzogen und öfter steil gestellt sind. Es muß dies Wasserverluste nach der Tiefe zu bedingen.

Der Austritt von Quellwässern aus umgelagertem Schutte findet auch unter verschiedenen geologischen Verhältnissen statt. Er geschieht zunächst dort, wo neogene Kalkmergel von quartären Schutt- und Blockmassen überdeckt sind und durch nachträgliche Erosion in eine solche Schichtfolge kleine Täler eingeschnitten wurden. Hier bilden

die als Wassersammler wirkenden Schuttmassen nicht wie in den vorigen Fällen, einen Saum unter einer das Gehänge krönenden Felswand, sondern selbst die höchsten Teile des Gehänges. Gelegenheit zur Auflagerung von Gehängeschutt auf undurchlässigem Boden ist besonders da gegeben, wo ein aus Tonschiefer oder Mergel bestehendes Gelände von Steilhängen klüftigen Kalkes überragt wird. Diese Lagebeziehung tritt in folgenden Fällen auf:

1. Bei steilen Anschiebungen von unteren Werfener Schieferen an Rudistenkalk und eocäne Kalkbreccien.

2. Bei Ueberschiebungen von Rudistenkalk über eocäne Mergel, besonders über Flyschmergel.

3. Bei Anpressungen eocäner Mergel an steile Faltensättel aus Rudistenkalk und aus eocänen Breccienkalken.

4. Bei diskordanter Anlagerung neogener Mergelkalke an Rudistenkalk.

Die meist nur schwachen Quellchen treten in den eben aufgezählten Fällen nicht am Fuße der Schutthänge, sondern in engen in dieselben bis nahe auf die Schuttunterlage eingefurchten Runsten aus. Die Spärlichkeit der Wasserführung ist wohl durch die meist nicht große Mächtigkeit der als Wassersammler wirkenden Schuttlagen bedingt. Im Cetinagebiete liegt über untertriadischem Grundgebirge eine ungeschichtete altquartäre Schuttablagerung, welche die Hohlformen des Gebirgsreliefs ausfüllt und selbst von vielen tiefen Erosionsschluchten zerschnitten ist, so daß triadische Gesteine sowohl oben auf der Decke als auch unten in den Schluchten manchenorts zutage kommen. Hier trifft man, wo Tonschiefer der Werfener Schichten die Basis der Schuttmassen bilden, im Grunde der erwähnten Schluchten schwache Quellchen. Manche der im Werfener Schiefer vorhandenen Einrisse sind aber für gewöhnlich trocken, weil dort der Schiefer bis an den Ursprung der Wasserrisse hinaufreicht.

Außerdem gibt es Schuttquellen, welche in der Mitte oder im unteren Teile flacher sich nach einer Seite öffnender Talmulden austreten. Den Untergrund dieser Mulden bilden undurchlässige Schichten. Die Umrahmung besteht zum Teil aus Kalken oder sich diesen ähnlich verhaltenden Kalkmergeln. Die Ausfüllung der Mulden ist ein Gemenge von Verwitterungslehm des Grundes mit von den Rändern her eingeschwemmtem Schutte.

*F. Grundwasserquellen.* Sie sind zum Teil an die Alluvien der Flußläufe des Landinnern und der kleinen Küstenflüsse geknüpft, zum Teil an das Vorkommen von Strandgeröllen gebunden. Viele der den angeführten Gruppen zugehörigen Quellen sind nur schwach und nur in der nassen Jahreszeit fließend. Es läge aber kein Grund vor, sie hier von der Erörterung auszuschließen. In geologischer Hinsicht hat es Interesse, alle in einem Gebiete vorkommenden Fälle von Quellbildung festzustellen und zu beschreiben. Was aber die praktische Bedeutung der Quellen betrifft, so wäre es wohl zu weit gegangen, dieselbe erst mit der Verwertbarkeit zur Wasserversorgung einer Siedlung beginnen zu lassen. Die Fassung eines Quellchens als Tränk-

oder Wegbrünnlein kann auch schon als Nutzbarmachung gelten, und wo die Inanspruchnahme eines solchen Brünnleins eine geringe ist, aber auch großer Wassermangel herrscht, wie dies gerade in spärlich bewohnten Karstgegenden zusammentrifft, kann auch ein schwaches Quellchen dem weiteren Begriffe eines praktisch bedeutsamen gerecht werden. Daß diesbezüglich in Karstgebieten eine bescheidene Beurteilung in der Tat Platz greift, zeigt sich daran, daß hier des öfteren auch schwache Austritte von Quellwasser, an denen man anderwärts achtungslos vorüberginge, in roh gemauerte Brunnstübchen gefaßt und mit besonderen Namen belegt sind.

### Strukturformen der Quellen.

Für die Quellen, bei deren Bildung Unterschiede in der Durchlässigkeit der Böden und Gesteine eine wichtige Rolle spielen, ergibt sich eine Einteilung nach der Lage und Gestalt der Grenzfläche zwischen den verschiedenen Durchlässigkeitsgraden. Eine solche Einteilung ist umfassender als die tektonische Gruppierung der Schichtquellen, denn das bei jener Gruppierung zum Beispiel für eine absteigende Schichtquelle Bezeichnende, eine Neigung der undurchlässigen Unterlage gegen außen hin, kann auch bei einer an eine Schubfläche geknüpften Quelle, bei einer Quelle aus verwittertem über frischem Gestein und bei einer Schuttgrundquelle vorhanden sein. Allerdings handelt es sich in den eben aufgezählten Fällen um sehr verschieden zu bewertende Arten der Auflagerung durchlässiger auf undurchlässige Bodenschichten und insofern wird die obige Einteilung eine künstliche; sie ermöglicht es aber, alle Quellen mit Ausnahme der Karstquellen unter einem formalen Gesichtspunkte vergleichend zu betrachten. Die Mannigfaltigkeit der tektonischen Erscheinungen in unserem Gebiete und die Klarheit, mit welcher sie bei weitgehender Aufgeschlossenheit oft zu erkennen sind, bringt es mit sich, daß eine Betrachtung der Quellen in bezug auf die Grundzüge ihrer Bauart eine große Fülle von Quellformen ergibt.

**A. Absteigende Quellen.** Absteigende Schichtquellen spielen keine große Rolle. Das Vorherrschen von Falten und Schuppen im Gebirgsbaue in Verbindung mit dem Vorwiegen sanfterer Geländeformen bringt es mit sich, daß ein freier Ausstrich exokliner Schichten verhältnismäßig selten vorkommt. Treppenförmige Gehänge sind zwar keine Seltenheit, doch werden diese öfter aus sanft bergwärts fallenden Bänken aufgebaut. Die Neogenschichten erscheinen wohl oft flach talwärts geneigt, doch sind in ihnen die Durchlässigkeitsverhältnisse zur Bildung von Schichtquellen wenig günstig. Wo sie von postpliocänen Schottern überdeckt sind, entwickeln sich Schichtquellen mit nahezu söhligter Lage des Wasserträgers. Im Bereiche des gefalteten Gebirges kommt es nur auf der Nordostseite des Mosor zu regionalem Auftreten von exokliner Lagerung und zur Bildung kleiner Quellen über abschüssigen Schichtflächen. Im Bereiche der aus Kalk- und Mergellagen aufgebauten stark gefalteten eocänen Schichtfolgen zeigen sich als seltene Erscheinungen absteigende Quellen, bei denen der

Wasserträger eine mit ihrer Achse schwach geneigte Synklinale formt. Auch hemizentroklinale Lagerung kann derselbe zeigen.

An Störungen gebundene absteigende Quellen können in einer Schuppenregion, wo die Abtragung nirgends zur Herausarbeitung von Ueberschiebungszeugen geführt hat, nur dort auftreten, wo Schubflächen von geringer Neigung in Fenstern bloßgelegt sind. Es kommt in unserem Gebiete ein solcher Fall bei einer Ueberschiebung von Rudistenkalk auf Flyschmergel zur Beobachtung. Von den Schuttgrundquellen ist wohl der größte Teil zu den absteigenden Quellen gehörig.

**B. Ueberfallquellen.** Ueberfallende Schichtquellen finden sich in größerer Zahl vor. Sie erscheinen teils an den Stirnrändern von Ueberschiebungen, teils an den Flanken von Schichtmulden. Die Ueberfallquellen in Gebieten mit Schuppenbau treten entweder im hangenden oder im liegenden Flügel der Ueberschiebung aus. Der erstere Fall kommt im triadischen Hangendflügel der Mučer Störung zur Entwicklung, wo im Bereich der oberen Werfener Schiefer typische Ueberfallquellen entspringen. Der letztere Fall zeigt sich durch Quellbildungen vertreten, die in den von Kreidekalken überschobenen Flyschschichten der Küstenzone entspringen. An Muldenrändern zutage tretende Quellen kommen im Gebiete der Flyschformation und der Prominaschichten vor, wo der reiche Faltenwurf der aus Kalk- und Mergellagen sich aufbauenden Gesteinsfolgen günstige Bedingungen für die Bildung solcher Quellen schafft.

In der Mehrzahl der Fälle ruht hier die wasserführende Schicht einer schiefen Ebene auf und ist das Sammelgebiet der Quelle nicht näher zu umgrenzen. Es kommen aber auch überfallende Schichtquellen mit hemizentroklinaler Lagerung des Wasserträgers vor, bei denen das Sammelgebiet seitlich begrenzbar ist und nur hinsichtlich seiner Erstreckung nach rückwärts mehr oder minder unbestimmt bleibt. In unserem Gebiete ist diese seltenere Quellform durch zwei bemerkenswerte Quellen vertreten. Die eine entspringt am Scheitel einer Knickung der Schichtmassen im Streichen; das Wasser fließt hier wie über die Spitze des Schnabels einer Kanne aus. Die andere tritt am schwächer geneigten Flügel einer sich schließenden asymmetrischen Mulde hervor; hier ist es, wie wenn Wasser über den Rand einer nach der Seite geneigten ovalen Schüssel überfließt.

Die Bedingungen für das Auftreten von an Störungen geknüpften Ueberfallquellen erscheinen wiederholt gegeben, da Ueberschiebungen von Kalk auf Mergel mit frei ausstreichenden Schubflächen in der Tektonik unseres Gebietes eine wichtige Rolle spielen. Die Schnittlinien dieser Flächen mit den Gehängen sind aber weder bei den Ueberschiebungen des kretazischen Hornsteinkalkes und Rudistenkalkes auf Knollenmergel noch bei jenen der oberen Kreidekalke auf Flyschmergel ein Quellenhorizont. Nur ein Quellchen tritt am Ausstriche einer solchen Schubfläche hervor, aber gerade dort handelt es sich um einen besonderen tektonischen Fall, insofern die Mergellage nicht dem Unterflügel einer größeren Ueberschiebung, sondern einem zwischen Kreideschichten eingeklemmten Schubfetzen entspricht. Nicht selten sind die

Ausstriche der genannten Schubflächen mit Schutt- und Trümmerhalden überdeckt, die von den schroffen Felsstirnen des aufgeschobenen Kreidekalkes stammen. Bei den am Fuße solcher Halden austretenden schwachen Wässern lassen sich zuweilen merkliche Unterschiede in der Temperatur und Nachhaltigkeit erkennen. Es wäre möglich, daß da eine geringere Schwankung der Quelltemperatur und Wasserführung auf einen Zufluß aus den Klüften des hinter der eocänen Mergelbarre gelegenen Kreidekalkes hinweist und daß eine größere Veränderlichkeit in bezug auf Wärme und Wassermenge ein Quellchen als Schuttgrundquelle erkennen läßt. Eine größere Rolle könnte man dem Wasserzufluß über die schuttverhüllte Oberkante der Mergel aber keinesfalls zusprechen, da auch dort, wo die Ueberschiebungslinien entblößt sind, an denselben keine Quellen entspringen. Nach der Karstwasserhypothese müßte man da wie in allen jenen Fällen, in welchen man dort, wo man Wasser erwarten würde, und keines findet, annehmen, daß der Karstwasserspiegel dauernd tiefer als der Ausstrich der Schubfläche liege.

Von den Schuttquellen sind vielleicht manche derjenigen, welche am Ausgehenden von Geländemulden entspringen, zu den Ueberfallquellen zu zählen; öfter mögen solche Quellen nur durch Querschnittsverengerung der quartären Ausfüllung solcher Mulden bedingt sein.

C. Stauquellen. Das im geologischen Baue des hier zu beschreibenden Gebietes begründete häufige Vorkommen von Gesteinszonen mit steil gestellten Schichten bedingt eine zahlreiche Vertretung solcher Quellen, die durch Wasserstau an Schichtflächen entstehen. Wieder sind es die Flysch- und die Prominafazies des höheren Eocäns, in welchen solche Quellen mehrorts angetroffen werden. Aber auch in jenen Triasstufen, wo sich Kalkeinschaltungen in Schieferzonen oder Einlagerungen von Tonschiefern in vorwiegend kalkigen Schichtmassen zeigen, sind Quellen dieser Art zu finden. Je nachdem es sich da nur um Wassersammlung in klüftigen Zwischenlagen undurchlässiger Schichten oder um Stauung von größeren Klufthwassermengen an undurchlässigen Scheidewänden handelt, können diese Quellen von sehr verschiedener mittlerer Stärke sein.

Die an Störungen gebundenen Quellen mit starker Neigung der den Wasserstau bedingenden Fläche sind entweder an steile Ueberschiebungen oder an Verwerfungen geknüpft. Im ersteren Falle können die Gesteinsschichten fast so steil wie die Staufläche geneigt sein, in letzterem Falle können sie — abgesehen von an der Störung geschleppten Schichtfetzen — eine bedeutend geringere Neigung zeigen. Steilstellung der Schubfläche kommt in unserem Gebiete bei den Aufschiebungen der unteren Werfener Schiefer auf kretazische Kalke und eocäne Breccienkalke vor; die auf eocäne Knollenmergel und Flyschmergel aufgeschobenen Schuppen von Kreidekalk sind zumeist nur mäßig oder nur schwach geneigt, doch wäre es möglich, daß sich manche dieser Schiebungen nach der Tiefe zu steiler stellen. Verwerfungsquellen treten in den früher erwähnten Fällen von Kontakt verschieden durchlässiger Schichtglieder nur in beschränkter Zahl auf, doch finden sich unter ihnen einige von bemerkenswerter

Stärke. Es handelt sich hier teils um Verwerfungen innerhalb des mesozoischen und alttertiären Grundgerüsts des Gebirges, teils um solche an den Rändern der jungtertiären Auflagerung auf dasselbe.

Die Unterscheidung von Stauquellen erscheint insofern passend, als sich sonst zwischen zwei so verschiedenen Quellformen, wie es die Ueberfall- und Rückstauquellen sind, nur eine künstliche Grenze ziehen läßt. In Faltengebieten von der Art Dalmatiens nimmt die tektonische Bedeutung einer Winkeldifferenz im Verflachen mit zunehmender Schichtneigung stetig ab. Während bei einer mittleren Neigung von  $15^{\circ}$  die zu beobachtenden Grenzwerte der Einfallswinkel kaum um mehr als  $5^{\circ}$  von diesem Werte beiderseits abweichen, kann man, sobald die Minima der Fallwinkel  $60^{\circ}$  übersteigen, oft auch Seigerstellungen und selbst Ueberkippen wahrnehmen. Die Vertikalstellung erscheint so — obschon sie in geometrischer Hinsicht ein sehr wichtiger Grenzwert ist — im Schichtenbaue nur als ein Spezialfall in der Bänkelagerung steil aufgerichteter Schichten. Wenn man ihn zur Unterscheidung von Ueberfall- und Rückstauquellen benützt, so kann es sein, daß man von zwei ganz analog gebauten Quellen die eine der ersteren, die andere der letzteren Quellform zuzählen muß und daß so die Einreihung einer Naturerscheinung in die eine oder andere zweier ganz verschiedener Formengruppen von einem nebensächlichen Umstande abhängig gemacht wird. Auch bei an steile Verwerfungen geknüpften Quellen könnte der Umstand, ob die Verwerfungskluft im einen oder anderen Sinne um ein geringes von der Vertikalen abweicht, keine Zuteilung der betreffenden Quelle zu zwei verschiedenen Formengruppen begründen.

Es empfiehlt sich, den betreffs der Lage der Staufläche zum wasserführenden Gesteine gegebenen Gegensatz zwischen den genannten zwei Quellformen, den Gegensatz zwischen den Lagebeziehungen des „unter“ und „über“ durch die Lagebeziehung des „neben“ zu überbrücken. Gegenüber den Vorteilen, welche dieser Vorgang bietet, tritt der Nachteil, nun die Mittelglieder einer Formenreihe gegen deren beiderseitige Endglieder abgrenzen zu müssen, sehr zurück, da es sich hier nicht um eine künstliche Grenzziehung zwischen Gegensätzen, sondern um eine solche zwischen graduellen Unterschieden handelt.

*D. Rückstauquellen.* Sofern man die Wasseraustritte infolge von Stauung an steil bergwärts fallenden Flächen von den Ueberfallquellen trennt, wird man auch nur die hinter einem mäßig oder schwach geneigten undurchlässigen Gesteinsdache hervorkommenden Wasser zu den Rückstauquellen zählen. In diesem Falle ist die Zahl der innerhalb normaler Schichtfolgen auftretenden Quellen dieser Art im Kartenblatte Sinj-Spalato keine große. Innerhalb der Triasformation am Südrande des Svilajagebirges erscheinen die Bedingungen für das Entstehen von Rückstauquellen insofern gegeben, als es durch das Einschneiden seichter Längstäler in die zum Gebirge hin verflachenden Schichtmassen doch auch zum Ausstreichen von gleichsinnig mit dem Gehänge (aber steiler als dieses) geneigten Schichten kommt. Es kann so in den oberen Werfener Schiefen, in den unteren

Duvinaschiefern und in den Wengener Schichten zu Wasserrückstau kommen. In den Eocäengebieten zeigt sich zwar nicht selten ein Wasserstau hinter überkippten Mergelbänken, aber selten ein solcher hinter schwach geneigten, einer übergelegten Falte oder dem Flügel einer aufrechten Mulde angehörigen Mergelschichten.

An abnormalen Schichtverband geknüpfte Rückstauquellen treten an der Basis transgredierender Flyschschichten und an der Basis der Neogenformation auf. Die Flyschmergel und die zwar kalkreichen, aber zum Teil doch ziemlich undurchlässigen jungtertiären Mergelkalke transgredieren mehrorts schwach bis mäßig steil talwärts fallend über mesozoischen Kalken. Die Austrittsorte der sich in den Kluffnetzen dieser Kalke anstauenden Wasser können an einer durch Denudation geschaffenen Grenze oder nahe dem ursprünglichen Rande der Basalbildung des Flysch oder des Neogens liegen.

*E. Kombinierte Quellformen.* Manche Quellen sind als Kombinationen zweier oder mehrerer der hier aufgezählten Quellarten und Quellformen anzusehen. Bei einem Teile dieser Vorkommnisse ist die Kombination verschiedener Quellformen im Gebirgsbaue begründet. In einem Falle tritt zum Beispiel das Wasser an einer schräg über einen Hang hinabziehenden Grenze zwischen neogenen Trümmerbreccien und Bändermergeln aus. Es dürfte hier durch eine Querstörung an seinem weiteren Absinken auf der Berührungsfäche der genannten Schichten aufgehalten und zum Ausflusse in der Richtung des Schichtstreichens gezwungen sein. In einem anderen Falle scheint das Wasser über einen von Kreidekalk überlagerten Dolomitsattel überzulaufen, an dessen Flanke abzurinnen und dann an einer die Kalkhülle abschneidenden Verwerfung am Dolomit angestaut zu werden.

In einem dritten Falle quillt das Wasser an der einem Gebirgshange zugekehrten Seite eines demselben vorgelagerten Rückens aus; der Berghang und der Rücken bestehen aus Kalk, die Senke zwischen ihnen ist mit Neogenschichten erfüllt und an die vom Berghange abgewendete Rückenflanke lehnen sich Dolomite. Hier erscheint die Quellbildung durch Anstauung des Wassers an der Dolomitbarre und Rückstauung unter der flachmuldig eingebogenen Mergeldecke bedingt.

Nicht selten kommt es vor, daß ein Quellgebilde durch Schuttvorlagen des Gebirges mannigfaltiger gestaltet wird. Dann handelt es sich aber weniger um eine Kombination als um eine räumliche Aneinanderreihung zweier einfacher Typen. Falls einer über einer tonigen Unterlage sich erhebenden exoklinen Kalkmasse Schutthalde vorliegen, wird eine Verbindung einer absteigenden Schichtquelle mit einer absteigenden Schuttgrundquelle und somit eine Verbindung zweier Quellen von verschiedener Art aber gleicher Grundform entstehen können. Ein Fall, wo sich eine absteigende Schichtquelle mit muldenförmiger Lagerung des Wasserträgers in eine flach abfallende Schuttgrundquelle fortsetzt, kommt im Gebiete der Prominaschichten zur Beobachtung.

Häufiger geschieht es, daß einem aus bergwärts fallenden Schiefen oder Mergeln aufgebauten Hange, der von Kalkfelsen überragt wird,

von diesen stammendes Trümmerwerk aufrucht. Bei dieser Sachlage können Kombinationen von Ueberfall- oder Stauquellen mit absteigenden Schuttgrundquellen entstehen, und zwar kommt diese Verbindung sowohl bei an normale Schichtfolgen gebundenen Ueberfallquellen als auch bei Verwerfungsquellen vor. Auch die der obigen formellen Einteilung der Quellen sich nicht einfügenden Karstquellen treten manchmal aus Schuttvorlagen des Gebirges aus.

Man wird von einer Kombination von Fels- und Schuttquelle nur dann sprechen, wenn nicht bloß eine Bestreuung des Quellortes mit Trümmern, sondern eine völlige Verdeckung desselben mit Schuttmassen vorhanden ist. Die Entscheidung, ob ein Wasseraustritt aus Gebirgsschutt, der einem Felsterrain vorliegt, aus dem zufolge seiner geologischen Beschaffenheit Quellen kommen könnten, eine maskierte Felsquelle oder überhaupt nur eine Schuttquelle sei, ist zunächst auf Grund der mittleren Wassermenge zu fällen. Bei Karstquellen wird hier schon von vornherein jeder Zweifel ausgeschlossen sein. Auch in manchen, reichere Schicht- und Störungsquellen betreffenden Fällen zeigt es sich klar, daß das dem Gebirge vorliegende Schuttgelände für sich allein die ihm jeweilig entquellende Wassermenge keinesfalls liefern könnte. In zweifelhaften Fällen kann eine größere Nachhaltigkeit und kleinere Wärmeschwankung eines Wasseraustrittes einen Fingerzeig dafür abgeben, daß man es nicht mit einer Quelle zu tun habe, deren Sammelgebiet auf die Schuttvorlage beschränkt ist.

*F. Struktur der Quellen.* Die gebräuchliche formelle Einteilung der Quellen, welcher auch hier gefolgt worden ist, betrifft nur die Lage und Form des Rahmens, innerhalb dessen sich die unterirdischen Wanderungen jener Wässer vollziehen, die in den Quellen zutage treten. Die Gestaltung der Wege, auf welchen jene Wanderungen vor sich gehen, die Struktur der Quellen, bleibt bei einer vergleichenden Betrachtung der Formverhältnisse jenes Rahmens noch ganz aus dem Spiele und erheischt ihre besondere Untersuchung und Erörterung. Die Verschiedenheiten, welche sich betreffs der Quellenstrukturen ergeben, erscheinen im wesentlichen als ein Ausdruck der Mannigfaltigkeit der Klüftungsformen der Gesteine und der Lückengestaltung in den durchlässigen Bodenarten. Es wäre vielleicht ein schönes Zeichen von Selbsterkenntnis, wenn sich die Karstforscher eingestehen wollten, daß die zum Überdruße oft hervorgehobene Regellosigkeit der Klüfteverteilung in den massigen und dickbankigen Kalken nichts weiter als ein Verlegenheitsausdruck zur Verschleierung des Umstandes ist, daß ihnen die Momente, von welchen jene Verteilung abhängt, nicht bekannt sind. Man ist doch sonst so geneigt, überall in der Natur das Walten von Gesetzen herauszulesen, warum sollte gerade betreffs der Verteilung der Klüfte und Spalten im Karstkalke Gesetzlosigkeit herrschen! Man wird nicht fehlgehen, wenn man sich bei jenen der im vorigen unterschiedenen Quellformen, bei welchen mesozoische und alttertiäre Kalke und Kalkbreccien von dicker Bankung oder undeutlicher Schichtung das wasserführende Gestein sind, die Gesamtheit der unterirdischen Wasserwege in der gewohnten Weise als ein vielverzweigtes Geflecht von in Form, Weite

und Richtung sehr wechselnden Spalträumen vorstellt. Ueber die spezielle Gestaltung des Geflechtes bleibt man aber ganz im ungewissen. Bezüglich der Struktur solcher Schichtquellen und Verwerfungsquellen, bei welchen das wasserführende Gestein dünn-schichtig ist, wie zum Beispiel die Kalkschiefer der oberen Werfener Schichten und die Kalksandsteine des Flysch, kann man dagegen zu bestimmteren Annahmen gelangen. Es wäre zwar nicht zutreffend, sich hier die Gesamtheit der Wasserwege als ein ziemlich regelmäßiges engmaschiges Netz zu denken, dessen mittlere Maschengröße den durchschnittlichen Dimensionen der Platten des oberflächlichen Gesteinszerfalles entspräche; man wird aber doch annehmen dürfen, daß hier auch in der Tiefe die Wasserbewegung vorzugsweise in Schichtfugen und in zu diesen senkrecht stehenden Quersprüngen erfolgt. Durch Einschaltung schwer durchlässiger, aber stellenweise zerstückter Zwischenlagen mag es hier manchmal auch zu einer Art Kammerung und Stockwerkbildung innerhalb des ganzen Spaltensystems kommen. Zwischen den hier kurz gezeichneten Strukturen der Quellen aus dünn-schichtigen und sich aus Lagen von verschiedener Durchlässigkeit aufbauenden Gesteinen und den Strukturen der Quellen aus massigen und dickbankigen Kalken sind Uebergänge möglich, die bei Quellen aus solchen Gesteinen zu erwarten sind, die sich durch ihre lithologischen Eigenschaften als Verbindungsglieder zwischen den genannten beiden Gesteinsgruppen erweisen.

### Beziehungen der Quellen zu den Geländeformen.

Eine Einteilung der Quellen nach ihrer Lagebeziehung zum Gelände verlohnt sich, wenn man hierbei das Verhältnis dieses letzteren zum Gebirgsbaue in Betracht zieht und so die Einteilung mit der Quellentektonik in Beziehung bringt. Austritte an Gehängen und am Fuße von Abhängen und Geländestufen kommen bei Quellen aller Formen, besonders bei Ueberfall- und Stauquellen vor. Die verhältnismäßig seltenen Wasseraustritte an konvexen Geländeflächen sind durch Fälle vertreten, in denen Quellen mit synklinaler Lagerung des Wasserträgers an der Schmalseite von Hügelzügen mit Muldenbau oder am Fuße der Schmalseite eines solchen Hügelrückens ausbrechen, ferner durch eine der früher erwähnten Ueberfallquellen mit hemizentroklinale gelagertem Wasserträger, welche auf einem Geländesporn entspringt. In der Gruppe der Wasseraustritte aus konkaven Geländeflächen ist zwischen solchen Quellen, bei denen die Hohlform, in welcher sie entspringen, als ihr eigenes Erosionsprodukt erscheint, und zwischen solchen, wo sie im Gebirgsbaue vorgezeichnet ist, zu unterscheiden. Unter letzteren bilden einige isolithische Schichtquellen, die im Hintergrunde synklinale Täler austreten, gleichsam das morphologische Gegenstück zu der vorhin genannten Quelle, die am Fuße der Schmalseite eines synklinale Rückens entspringt. Von den Stauquellen unseres Gebietes brechen manche am Grunde isoklinale oder homoklinale Täler auf. Ein Austritt in anaklinale Gräben und Gehängensischen kommt mehrfach bei Ueberfallquellen, ein solcher in kataklinale Einschnitten

bei Rückstauquellen vor. In den beiden letzteren Fällen können die Quellen auch nur teilweise als Schöpfer der von ihnen belebten Erosionsgebilde angesehen werden, denn insoweit hier das Hervortreten von Wasser durch Höhenunterschiede der Ausstrichlinie bestimmter Schichtflächen bedingt ist, erscheint ja das Vorhandensein von Gelände-einschnitten als Ursache der Quellbildung. Dagegen sind die Fels-nischen, aus welchen manche der großen Karstquellen hervorbrechen, wohl von ihnen selbst geschaffen worden. Ein Ursprung in Gräben und Geländemulden tritt auch bei Schuttquellen öfter in Erscheinung.

### Formverhältnisse der Quellaustritte.

Betreffs der Gestalt der Austrittsorte der Karstquellen herrscht auch im mittleren Dalmatien große Mannigfaltigkeit. Die obertägigen Mündungen zweier mächtiger Höhlenflüsse des Cetinagebietes stellen sich als in tiefen Felsnischen gelegene Quelltöpfe dar, an deren Oberfläche man ein in kurzen Zwischenräumen und oft an wechselnder Stelle sich wiederholendes Aufwallen des aus der Tiefe empordringenden Wassers sieht. Manche der großen Kluftwasserstränge treten dagegen in horizontaler Richtung und mit ruhigem und glattem Spiegel aus Spalten und kleinen Höhlungen im Hintergrunde von Felsnischen aus. Bei Quellen dieser und der vorigen Art können sich selbst große Schwankungen des Wasserstandes nur in Höhenänderungen des Quellspiegels äußern.

Einige der großen Karstquellen unseres Gebietes brechen aus Block- und Trümmerwerk hervor, und zwar entweder aus Blockhalden, die dem Fuße von Felshängen vorgebaut sind, oder aus den trümmererfüllten Sohlen von schluchtartigen Einbuchtungen des Gebirges. Der Wasseraustritt ist hier oft auf eine Strecke hin verteilt, der Quellbach nimmt von seinem Ursprungsorte weg noch an Stärke zu. Solche Quellen zeigen im Gegensatze zu den früher genannten bei Schwankungen des Wasserstandes je nach dem Gefälle des Bachbettes eine mehr oder minder große Horizontalverschiebung in demselben.

Die Höhe, bis zu welcher der Spiegel einer Felsnischenquelle zur Zeit des Höchststandes des Kluftwassers heranreicht und die Stelle, bis zu welcher sich eine aus trümmererfülltem Talgrund kommende Quelle zur Zeit des höchsten Wasserstandes zurückzieht, ist stets an der Grenze der Schlammresiduen und vertrockneten Moospolster leicht kenntlich. Typische Höhlenquellen kommen im Kartenblatte Sinj-Spalato nicht zur Beobachtung, wohl aber im nordwärts benachbarten Gebiete, wo zwei von den zahlreichen Quellbächen der Cetina aus Höhlen hervorbrechen.

Von den Schichtquellen und den an Störungen gebundenen Quellen treten die meisten einheitlich und geschlossen an den Tag. Nur wenige von ihnen zeigen eine größere Erstreckung in die Breite. Auch in den Fällen, in denen die Beschränkung des Wasseraustrittes auf eine eng umgrenzte Stelle in den Strukturverhältnissen nicht vorgezeichnet ist, sieht man weit eher ein Hervorkommen von einigen in größeren Abständen liegenden, in sich geschlossenen Quellen als wie eine Kette von gegen einander nicht scharf abgrenzbaren Aus-

treten von Quellwasser. Dagegen beobachtet man bei Schuttquellen häufig, daß sich der Wasseraustritt in der Abflußrichtung auf eine längere Strecke hin verteilt. Am auffälligsten ist diese Erscheinung in den Einrissen der Deckschichten des Flysch- und Neogengeländes, wo man beim Aufstiege fast niemals zu Quellen kommt und die manchmal stark murmelnden Bächlein aus ganz unscheinbaren Anfängen wie nassen Flecken und kleinen Wasserlachen sich allmählich entwickeln sieht. Eine flächenhafte Ausbreitung ist bei Quellen aus schutterfüllten Mulden und bei Grundwasserquellen in alluvialen Talsohlen anzutreffen. Die hier abfließenden Bächlein entwickeln sich aus mehr oder minder ausgedehnten sumpfigen Wiesenstellen.

Die Schicht- und Verwerfungsquellen sieht man manchmal unmittelbar aus Fugen und Spalten des entblößten Felsens hervorsprudeln, öfter jedoch aus Verwitterungsschichten des anstehenden Gesteines kommen. In nicht wenigen Fällen ist durch primitive Fassung in roh gemauerten Steintrögen das ursprüngliche Bild verwischt.

### Beschreibung der quellenführenden Gebiete.

Innerhalb des Kartenblattes Sinj-Spalato sind zwei durch einen breiten Karstgürtel getrennte Hauptzonen mit Quellenführung zu unterscheiden, die Küstenzone und die Region der innerdalmatischen Aufbruchstäler. Letztere gehört — soweit sie in das Spalatiner Blatt fällt — teils dem Flußgebiet der Kerka, teils dem der Cetina, teils einem zwischen beiden liegenden Gebiete ohne oberirdischen Abfluß an. Eine hydrographische Verbindung zwischen beiden Zonen wird durch den Mittellauf der Cetina hergestellt, doch liegt der von dem Unterlaufe dieses Flusses durchschnittene Teil der Küstenzone schon außerhalb des hier besprochenen Blattes.

Die Quellen der Küstenzone sind teils große Karstquellen, teils Schicht- und Schuttquellen im Flysch. Die Flußläufe des Jadro und Stobrec scheiden diese Zone in drei Teile: die Gehänge von Castelli und Clissa, das Gelände von Mravince und Spalato und die Vorketten des Mosor. Ganz isoliert ist das gleichfalls durch ein Auftreten von Flysch bedingte Quellgebiet von Dolac auf der Landseite des Mosor. Die Quellen in der Zone der Aufbruchstäler sind zum Teile auch Karstquellen, zum Teile sind sie als Gesteins- und Schuttquellen an das Vorkommen von Triasschiefern und Neogenschichten gebunden. Es sind in dieser Zone folgende Regionen unterscheidbar: Das Tal der Vrba, welche als Seitenbach der Cikola dem Kerkafusse tributär ist, das kleine Becken von Ramljane, das Polje von Muć mit den ihm zugehörigen Tälchen der Radaca, Suova und Milina, das Tal der Sutina, eines rechtsseitigen Zuflusses der Cetina, das Sinjsko Polje, dessen westliche und östliche Umrandung im Norden durch das Hüggelland von Sinj, im Süden durch jenes von Trilj geschieden werden und die Mulde von Gliev und das schon großenteils jenseits des Kartenrandes liegende Hochtal von Korito. Diese letztgenannten zwei Regionen, welche ihre Quellenführung dem Auftreten von Prominaschichten

danken, fallen orographisch dem Cetinatale zu, erscheinen aber hydrographisch insofern selbständig, als ihre Verbindungen mit dem Sinjsko polje, die Gala- und Korito Draga, Trockentäler sind.

Im folgenden sind die Quellen der Aufbruchstäler vor jenen der Küstenzone abgehandelt, was einem Vorschreiten der Beschreibung von Nord gegen Süd entspricht. Innerhalb beider Zonen geschieht die Aufzählung der Quellen möglichst in ihrer Reihenfolge von West gegen Ost. Es entspricht dies in der Mehrzahl der von Flußläufen durchzogenen Teilgebiete einem Vordringen in der Richtung talaufwärts. Die Bezeichnungsweise der Quellen und des Geländes geschah in enger Anlehnung an die Namengebung auf den Originalsektionen der Spezialkarte. Erkundung weiterer Benennungen erfolgte nur in seltenen Fällen; meist wurde es versucht, die auf der Karte ohne Namen gelassenen Quellen, Gräben, Kuppen usw. durch Angabe ihrer Lagebeziehung zu benachbarten auf der Karte benannten Oertlichkeiten zu bezeichnen.

### Die Quellen des Vrbatales.

Das Tal der Vrba liegt in der südöstlichen Verlängerung der von dem Oberlauf der Cikola durchflossenen Talsohle. Es gliedert sich in drei Abschnitte, deren oberer noch eine Trennung in drei Teilstücke erheischt. Der untere Abschnitt des genannten Tales bildet eine südöstliche Aussackung der kleinen Ebene, an deren Ostrand der Quellteich der Cikola gelegen ist. Dieser Talabschnitt wird rechts vom Karstplateau von Crivac, links von einer Vorhöhe des Moseć, der Klinčeva glavica, begrenzt. Er reicht bis zur Felsbarre von Jelić, die den Vrbabach zur Bildung eines Wasserfalles zwingt.

Der mittlere Teil des Vrbatales hat in seiner unteren Hälfte — gleich dem Endstücke des Tales — eine schmale Sohle und weitet sich dann zu einer kleinen Ebene aus. Sein schmaler unterer Teil liegt zwischen der Terrasse von Crivac und dem dem Moseć vorgelagerten Rücken Mačkolor. Sein oberer erweiterter Abschnitt ist zwischen das südlich von Crivac liegende Plateau und das dolinenreiche östliche Vorland des Mosećgipfels Kragljevac eingesenkt.

Er reicht bis an den Nordabfall des großen Ramljaner Hügels, welcher die soeben genannte Senkung ihrer ganzen Breite nach ausfüllt und die Talrinne der Vrba an den Abfall des erwähnten Plateaus hindrängt. Im oberen Abschnitte des Vrbatales sind zu unterscheiden: Die auf die eben angeführte Art zustande kommende Talenge, die sich darauf einstellende Erweiterung des Tales infolge der östlichen Endigung des genannten Hügels und das Anfangsstück des Vrbatales, welches sich längs des in der südöstlichen Verlängerung des Ramljaner Hügels sich erhebenden Rückens Gradina hinzieht. Dieser scheidet die Talfurche der Vrba von dem südwärts neben ihr verlaufenden Polje von Muć. Von dem in ihrer östlichen Verlängerung gelegenen Svajatale wird sie durch eine flache Bodenwelle getrennt.

Auch in geologischer Beziehung gliedert sich das Vrbatal in mehrere verschiedene Abschnitte. Im Bereiche seines unteren Teiles tauchen die triadischen Schichten der dem Südwestfuß der Svilaja

folgenden großen Aufbruchsspalte unter. Während die Vorkommen von Rauhwaacke schon an der Mündung des Vrbatales enden, lassen sich triadische Riffkalke auf der Westseite des Tales noch bis zur Kuppe Mačkolor verfolgen. Der mittlere Abschnitt des Vrbatales entspricht jenem Teilstücke der Spalte, in welchem diese nur morphologisch angezeigt, tektonisch aber geschlossen ist, insofern dort — wie dies auch im mittleren Teile des Spaltentales der oberen Cetina der Fall ist — keine tieferen als kretazische Schichten bloßliegen. Der Oberlauf der Vrba ist dann wieder in ältere Schichten eingeschnitten, und zwar die Talenge bis Baković in jurassische Kalke, das oberste Stück des Vrbabaches in die Grenzschichten zwischen der mittleren und unteren Trias.

Das Vrbatal ist gleich der Mehrzahl der innerdalmatischen Spaltentäler ein Gebiet, in das die Binnenseen der Neogenzeit eingedrungen waren. Im unteren Talabschnitte und in der unteren Hälfte der mittleren Talstrecke sind jungtertiäre Schichten beiderseits des Bachbettes in großer Ausdehnung vorhanden, streckenweise weit an den Talflanken hinanreichend. Weiter talaufwärts haben sich aber nur geringe Reste solcher Schichten am West- und Ostrande der Ramljaner Hügelmasse erhalten. Die Quellen des Vrbatales sind so teils an das Auftreten von Neogenschichten, teils an das Erscheinen von triadischen Schichten geknüpft. In der zu einer kleinen Ebene ausgeweiteten Talstrecke sind wohl auch die Bedingungen für das Vorkommen von Wiesenquellen im alluvialen Schwemmlande gegeben. Karstquellen treten in der durch zerklüftetes Kalkgebirge tretenden Enge des Vrbatales nicht auf.

Der Unterlauf und die Nordhälfte des Mittellaufes der Vrba fallen noch außerhalb des Blattes Sinj-Spalato; ersterer in die Südostecke des Blattes Kistanje-Dernis, letztere in die Südwestecke des Blattes Gubin — Verlicca. Um die Darstellung nicht zu zerreißen, mögen aber auch die dort vorhandenen Quellen erwähnt sein. Es kann dies aber in aller Kürze geschehen, da diese Quellen weder durch Wasserreichtum, noch durch ihre geologische Bauart sehr bemerkenswert erscheinen. Die Mehrzahl derselben ist auf der linken Talseite gelegen. Gleich unterhalb des St. Eliaskirchleins wird von der Straße von Dernis nach Sinj das Abwasser einer Quelle überquert, welche noch im Bereiche der obereocänen Mergelschiefer, denen das bekannte Kohlenflöz von Kljake eingeschaltet ist, an den Tag tritt. Die anderen Quellen entspringen im Gebiete der neogenen Schichten. Ein kleines Wässerchen entquillt dem Mundloche des teilweise verschütteten Schurfstollens, welcher in die von Lignitbändern durchzogenen, steil gegen das Vrbatal verflächenden Kalkmergel vorgetrieben ist, die in jenem Einrisse aufgeschlossen sind, der einige hundert Meter südostwärts vom vorgenannten Kirchlein oberhalb der Straße liegt. Die dort entblößten Schichten sind weißliche, zerblätternde kalkreiche Mergel, welche *Fossarulus tricarinatus* führen und ungefähr den Kohlenbänderschichten von Lučane entsprechen (Zone III der Neogenentwicklung westlich von Sinj). Zwei kleine, auch auf der Spezialkarte eingetragene Quellchen entspringen unterhalb des Sattels zwischen der Klinčeva glavica und

dem Mačkolor; das eine nordwärts von Pernjak in einer mit Gebüsch bewachsenen Gehängenische westlich von der Straße, das andere südostwärts von jenem Dorfe, dort, wo ein von demselben herabkommender Pfad die Straße trifft, am Abhange gleich unterhalb der Straßenböschung. Diese Quellchen treten aus dem die neogenen Schichten überdeckenden Schutte aus. In der Umgebung der ersteren Stelle sind unregelmäßig zerklüftete sandige Mergelkalke mit *Ceratophyllum sinjanum* aufgeschlossen. In den Einrissen am Hange unterhalb der Straße sieht man bläulichgraue Lehme und Tone mit Lagen von Sphärolimonit entblößt. Sie enthalten neben verdrückten Melanopsiden auch das eben genannte Leitfossil der tieferen Horizonte des Sinjaner Neogens. Eine hübsche klare Quelle findet sich dann noch auf der rechten Talseite in dem großen Einrisse ober Jelić, welcher die höheren Schichten des Neogens bloßlegt. Es sind dies muschlig brechende graue und blaßgelbliche Kalkmergel mit Kongerien und klüftige gelbliche Süßwasserkalke mit *Fossarulus Stachei*. (Ungefähr den Zonen V—VII des Neogens von Lučane entsprechend.) In dem oberhalb der Barre von Jelić folgenden Stücke des Vrbatales verzeichnet die Spezialkarte zwei schwache Quellen am Fuße der südwestlichen Tallehne. Sie treten aus dem die neogenen Schichten überdeckenden Schutte aus. Das unterhalb der Straßenschenke gegenüber den Crivacke staja dicht an der Straße liegende Quellchen ist in roher Ummauerung gefaßt. Im übrigen trifft man hier in den sehr wenig durchlässigen Neogenablagerungen nur Runste für oberflächliche Entwässerung. Von den Rändern der kleinen Talebene von Quartiri laufen der Vrba mehrere Rinnsale zu. Eines derselben hat am Fuße des aus tieferem Kreidekalk bestehenden Hanges nördlich von Quartiri seinen Ausgangspunkt; ein zweites kommt südostwärts von jener Hüttengruppe aus dem Dolomit der Unterkreide. Ein drittes nimmt gegenüber jenen Hütten am Westrande der Ebene, wo Kalke und Dolomite der Oberkreide anstehen, seinen Ursprung. Außer der Verstärkung, welche die Vrba durch Zuflüsse von den eben genannten Orten her erhält, empfängt sie bei ihrem Laufe durch die kleine Ebene wohl auch noch Zuströmungen von Grundwasser aus den Alluvien derselben.

Die Talmulde von Bakovič ist der Ursprungsort von mehreren Quellen. Eine derselben entspringt gegenüber vom Wirtshause, eine zweite östlich von der vorigen neben der Straße nach Ogorje. Ihr Abwasser versiegt in einem Rinnsale, welches kurz vor der Brücke über die Vrba in dieses Bächlein mündet. Etwas weiter südwärts liegt die Quelle Stuba. Diese Quelle ist gleich wie die vorige als Grundwasserquelle in der Schuttzufüllung der Talmulde zu betrachten, wogegen bei der Quelle Marcinkovac auch Stauwirkungen der benachbarten Werfener Schiefer eine Rolle spielen dürften. Letztere Quelle liegt gleich neben dem flachen Sattel, welcher vom Polje von Ramljane in das Vrbatal hinüberführt.

Vor der etwa 1 km taleinwärts von hier gelegenen Stelle, wo die Vrba durch eine Felsmasse von triadischem Riffkalk bricht, sind drei Quellen zu sehen. Eine tritt am Fuße des Nordhanges aus Schutt aus und ist noch im Frühsommer ziemlich reich. Eine zweite entspringt

südwärts von dem Hügel, welcher durch die linkerseits vom Durchbruche der Vrba stehende Riffkalkmasse aufgebaut wird, am Nordostfuße des hohen Felskammes der Gradina. Auch sie ist unter mittleren Verhältnissen ziemlich reich. Das Wasser quillt hier aus einer von Felstrümmern umgebenen Vertiefung im Erdreiche und fließt durch ein binsenbesäumtes Rinnsal in den nahen Bach. Die Felsunterlage des Schuttes wird hier durch von Werfener Schiefer unterteufte Duvinaschichten gebildet. Eine dritte, aber nur schwache Quelle geht in der Wiese nördlich von der Mühle auf, welche an der Mündung der kleinen Talenge steht. Im obersten Abschnitte des Vrbatales bedingt das Durchstreichen eines Zuges von Duvinaschichten zwischen den triadischen Dolomiten und Riffkalken der rechten Talseite und die linksseitige Flankierung der Talfurche durch obere Werfener Schichten das Auftreten schwacher Quellchen, welche im Vereine mit dem in der Talrinne selbst sich sammelnden Sickerwasser den Ursprung der Vrba bilden.

Von den rechterseits gelegenen Quellchen kommen einige aus dem schmalen Streifen steil gestellter Schiefertone, welcher die gegen N einfallenden Hornsteinkalke unterteuft. Hier handelt es sich teils um Wassersammlung in dem Schutte über den Schiefeln, teils um Stauwirkung derselben auf das in die Hornsteinkalke eindringende Wasser. Ein schwaches Quellchen tritt aber schon an der Oberkante dieser Kalke aus, um dann quer durch die Zone derselben abzufließen. Hier scheint ein kalkfreies, tuffartiges Gestein, welches sich hier wie im mittleren Suvajatale stellenweise den obersten Partien der Duvinaschichten eingeschaltet zeigt, auf die in den benachbarten Dolomit einsickernden Wasser eine stauende Wirkung auszuüben.

Die Vrba zeigt, wie alle fließenden Gewässer unseres Gebietes, eine große Jahresschwankung ihrer Wassermenge und kann in längeren Trockenperioden ganz versiegen. Unter mittleren Verhältnissen ist sie bis zum Eintritte in das Prikopolje nur ein kleiner Bach; erst hier wird sie durch Zuflüsse von Grundwasser soweit verstärkt, daß man sie je nach der wechselnden Tiefe ihres Bettes nur auf Stegen oder auf — gleich winzigen Brückenpfeilern — in ihr Bett gesetzten Quadersteinen trocken überschreiten kann. Aehnlich verhält es sich mit ihr auch noch in ihrem Unterlaufe. Sie sticht so scharf von der Cikola ab, welche — ausgenommen die regenarmen Monate — gleich in der Stärke eines kleinen Flusses aus dem Gebirge quillt. Es zeigt sich hier der große Unterschied, welcher zwischen den aus Schicht- und Schuttquellen entstehenden Bächlein und den großen Karstquellbächen besteht.

Bei der Bedeutung, welche die hydrographischen Verhältnisse für die Gesamtbeurteilung eines Talzuges haben, begründet es der eben genannte Unterschied, daß man das Vrbatal vom oberen Cikolatale scharf trennt, obschon es dessen unmittelbare orographische und tektonische Fortsetzung ist. In einem unverkarsteten Gebiete würde es unter sonst ähnlichen Umständen ungewöhnlich sein, von zwei verschiedenen Tälern zu sprechen.

### Die Quellen im Polje von Ramljane und im Polje von Muć.

Das kleine Polje von Ramljane ist zwischen den Höhenzug des Moseć und die allseits frei aufragende Hügelmasse, auf welcher die Hütten von Ramljane stehen, eingesenkt. Diese Hügelmasse bildet eine hohe und breite Scheide gegen den engen Teil des Vrbatales unterhalb des Felsspornes von Sajmušte. Die beiden Endpunkte des Poljes neben dem West- und Ostrande der Hügelmasse sind aber nur durch schmale niedrige Barren vom Vrbatale getrennt. Die nordwestliche Poljenecke scheidet ein verkarsteter Geländestreifen vom breiten Talboden bei Quartiri, das Ostende des Poljes wird durch die von der Straße nach Dernis überquerte Bodenwelle vom kleinen Talbecken von Baković getrennt.

In geognostischer Beziehung ist das kleine Polje von Ramljane die westliche Fortsetzung des Poljes von Muć und stellt so ein zweites Beispiel für jene Art von Ueberschiebungspoljen dar, bei welchen die vom oberen Ueberschiebungsflügel aufgebaute nördliche Poljenwand aus Schiefeln, die vom unteren Flügel der Ueberschiebung gebildete Bodenfläche und Südwand des Poljes aber aus klüftigem Kalk bestehen. Letzterer ist hier am südlichen Poljenrande ausschließlich Rudistenkalk, doch streicht die Eocänmulde des Berges Kragljevac sehr nahe an diesem Rande vorbei.

Im mittleren Poljenteile zeigt sich Rudistenkalk auch auf der Nordseite der eluvialen Ausfüllung des Poljes gleichwie bei Muć kleine Partien von Nummulitenkalk und eocänen Breccien am Fuße des nordseitigen Gehänges liegen. Andererseits erscheinen wie im östlichen Teile des Mućer Beckens auch bei Ramljane am nördlichen Poljenrande kleine Aufschlüsse von Rauhwacken an der Basis der steil aufgeschobenen Trias. An der nördlichen Poljenwand streichen untere und obere Werfener Schichten hin, jedoch in weit geringerer Mächtigkeit als bei Muć. Ueber ihnen folgen Oltarnik-Schichten und dann Triasdolomit, welcher die oberen Gehängeteile formt.

Es sind so hier die Vorbedingungen für zwei Arten des Wasser- austrittes gegeben: für Quellen, welche das sich hinter der Tonschieferbarre in den Kalkschiefern und Dolomiten stauende Wasser an den Tag bringen und für Sickerwässer, welche auf der Oberfläche der Tonschiefer unter dem dieselben deckenden Kalk- und Dolomitschutte entstehen. Ein Vorkommnis der ersteren Art ist die schöne und reiche Quelle Vodica, welche den Bewohnern von Ramljane das Trinkwasser liefert. Von oberflächlichen Schuttquellen sind wohl die meisten der in den Einrissen am Südhange der Ramljaner Hügelmasse rieselnden Wässerchen abzuleiten.

Das Polje von Muć stellt eine in W—O-Richtung gestreckte, zwischen den Flußtalern der Cetina und Kerka liegende Wanne ohne oberflächlichen Abfluß dar. Im Norden ist es von einem Längstale begleitet, welches sich ostwärts ebensoweit wie das Polje erstreckt, und durch ein in die Westhälfte des Poljes mündendes Quertal mit demselben in Verbindung steht. Das Tal der in die Cetina fließenden Sutina liegt in der östlichen Verlängerung des Poljes von Muć. Das Tal des in die Cikola mündenden und so dem Flußgebiete der Kerka

zugehörigen Vrbabaches liegt dagegen in der westlichen Fortsetzung des Längstales im Norden des Mučer Poljes und streicht so dem westlichen Teile desselben parallel. Die Wasserscheide gegen die Cetina verläuft somit quer, jene gegen die Kerka aber parallel zur Poljenachse.

Das Mučer Polje folgt der großen steilen Ueberschiebung der Trias am Südfuße der Svilaja auf den aus steilen Kreidesätteln und engen Eocänmulden bestehenden Höhenzug des Mosec. Die nördliche Wand des Poljes baut sich aus in dessen Längsrichtung streichenden Werfener Schichten auf und gliedert sich entsprechend der deutlichen Scheidung dieser Schichten in eine Unter- und Obergruppe in zwei auch hydrologisch scharf getrennte Zonen. Die unteren Werfener Schichten stellen als Tonschiefermasse mit eingelagerten Kalk- und Sandsteinbänken ein vorwiegend undurchlässiges und nur längs jener Zwischenlagen in spärlichem Maße Wasser führendes Gebirge dar. Sie können so nur schwache Gesteinsquellen erzeugen und auch nur unbedeutende Schuttquellen liefern, da ihr Verwitterungsprodukt ein für Wasser wenig aufnahmefähiges Gemenge von Lehm mit Kalk- und Sandsteintrümmern ist. Die ob ihres Reichthumes an Cephalopoden bekannten oberen Werfener Schichten von Muč sind dagegen als eine von schmalen Lagen von Schieferton durchzogene, plattig-kalkige Schichtmasse zur Aufnahme größerer Wassermengen wohl geeignet und Schichtquellen führend. Schuttquellen können sich in ihnen aber trotz der Aufnahmefähigkeit kalkigen Gebirgsschutttes für Wasser wegen der Beschaffenheit des Untergrundes nicht leicht bilden.

Die unteren Werfener Schichten auf der Nordseite des Poljes von Muč sind steil an die den Boden dieser Wanne bildenden kretazischen und eocänen Kalke angepreßt. In der Berührungzone treten zahlreiche Verbiegungen und Knickungen der Schichten auf und der häufige Wechsel ungleich plastischer Gesteinslagen fördert die Zerreißung solcher kleiner Falten. Es kann so selbst dort, wo sich mächtigere Sandsteinlagen den Tonschiefern einschalten, kaum zur Bildung größerer zusammenhängender Netze von Quelladern kommen. Die oberen Mučer Schichten stellen dagegen eine großenteils sehr regelmäßig, mittelsteil gegen den Berg zu fallende Schichtmasse dar. Die wiederholte Einschaltung von schmalen tonigen Zwischenlagen führt zur Aufspeicherung des Wassers in mehreren Stockwerken und — soweit jene Tonlagen durch Auskeilung oder kleine Verwürfe Unterbrechungen erleiden — mag es auch zur Vereinigung von in benachbarten Etagen sich sammelnden Wässern kommen.

Das von den Werfener Schichten aufgebaute Talgehänge, welches sich nordwärts vom Polje von Muč emporzieht und die Südflanke der südlichsten Vorkette der Svilaja bildet, weist eine reiche Gliederung auf. In seinen aus den Kalkschiefern bestehenden höheren Teilen entwickeln sich zahlreiche Gräben, aus deren Vereinigung kleine Talschluchten hervorgehen, die die Zone der Tonschiefer quer durchbrechen und in dieser letzteren nehmen auch noch kleine Gehängensichen ihren Ursprung. Unter den schon in den Ceratitenschichten zur Entwicklung kommenden reichverzweigten Gräben sind jene des Radacabaches, des Zmievacbaches und des Baches von Kičić die

bedeutendsten. In ihrem Ostabschnitte geht die Mućer Ueberschiebung in eine Aufbruchsfalte über. Es treten dort an der Grenze der unteren Werfener Schiefer gegen das überschobene Tertiär wieder obere Werfener Schiefer auf und die Zone der ersteren erfährt eine bedeutende Verbreiterung. Während sie in der Mućer Gegend nur den Fußteil des nördlichen Talgehänges bildet, weitet sie sich ober Neorić zu einem von dem reichverzweigten Talsystem der Milina durchschnittenen Gelände aus.

Westwärts vom Durchbruche des Suvajabaches trifft man im Bereich der unteren Werfener Schiefer eine Quelle in dem Graben zwischen Postinje gornje und dem Hügel Leskovac. Ihr Wasser fließt durch ein Geröllbett dem soeben erwähnten Bache zu. Im Durchbruchstale dieses letzteren ist dort, wo es die Grenzzone der oberen und unteren Schiefer quert, ein Quellchen zu bemerken. Ziemlich reich an Quellen ist dann der Radacagraben, welcher, ehe er die unteren steil gestellten Schiefer schluchtartig durchbricht, eine längere Strecke nahe der Grenze zwischen den unteren und oberen Werfener Schichten hinstreicht. Am Wege von Muć nach Topić trifft man dort, wo er den eben genannten Graben quert, zwei roh ummauerte Quellchen, die in einer Störungszone mit örtlich wechselndem Schichtfallen liegen. Am östlich folgenden Pfade entspringt gleich neben dem Bache eine ebenfalls primitiv gefaßte Quelle aus steil gegen N einfallendem Schieferkalk, dem eine Tonschieferschichte vorliegt, ganz nahe oberhalb der Stelle, wo das Bachrinnsal zum erstenmal (in der Richtung talab) von den unteren Werfener Schichten tangiert wird. Das obere der zwei erstgenannten Quellchen zeigte bei einer Messung im April 7·78, im Juni 14·80; das untere 11·30 u. 13·00°, die Quelle am Bache 10·30 und 11·45°. Die letzteren zwei Quellen konnten so als Stauquellen erkannt werden, die erstere ergab sich als eine oberflächliche Schuttquelle zu erkennen.

Höher oben treten nahe dem Ende und im Innern eines linksseitigen Zweiges des Radacagrabens kleine Ueberfallquellen aus den oberen Werfener Schichten aus. Den Ursprung des Radacabaches bildet eine Quelle, welche mittels einer vor ungefähr zehn Jahren gebauten Leitung zur Trinkwasserversorgung von Muć dolnje herangezogen wurde. Sie ist in der Frühlings- und Herbstregenzzeit stark, im Sommer aber kaum imstande, den ganzen Wasserbedarf des Dorfes zu befriedigen. Diese Quelle entspringt schon nahe der Grenze der oberen Werfener Schiefer gegen die Oltarnik-Schichten und es mag sich so ihr Wurzelgeflecht wohl noch in den Bereich dieser letzteren erstrecken.

An dem aus unteren Werfener Schiefen aufgebauten Südhang des Rückens, welcher den Radacagraben vom Mućko polje trennt, entwickeln sich spärliche Sickerwässer; ein unter einer Mauer austretendes Quellchen, das den Wasserfaßen in der Gehängenische westlich von der Mućer Kirche speist, weist durch seine Temperatur auf einen tieferen Ursprung hin. Im Graben östlich vom Radacabache trifft man eine hübsche Quelle, deren Wasser in einen Holztrog geleitet ist. (Temp. um Ende Juni 12·82°.) Das in der Spezialkarte vermerkte Quellzeichen bei Orlović bezieht sich auf ein kleines, roh

ausgemauertes, wassererfülltes Becken am Fuße einer steilen Böschung, die durch die Schichtköpfe einer mittelsteil gegen N einschließenden Kalksteinbank gebildet wird.

Die zwischen den Kuppen Oltarnik und Visovac gelegene Gehängestrecke, woselbst die oberen Werfener Schiefer ihre größte Mächtigkeit erlangen, ist das Entwicklungsgebiet mehrerer kleiner Ueberfallquellen. Sie entspringen in verschiedenen Höhenlagen der hier weithin sehr gleichmäßig bergwärts fallenden Schichtmasse. Aus der Vereinigung ihrer über zahlreiche Schichtkopfstufen in kleinen Kaskaden zur Tiefe eilenden Abwässer gehen der Zmijevac potok und der Mühlen treibende Bach bei Kičić hervor. Zwischen beiden Bächen tritt schon nahe der Basis der oberen Werfener Schiefer die Cesmaquelle aus mittelsteil gegen N einfallenden dünnplattigen Kalkschiefern aus.

Das Talsystem der Milina im östlich verbreiterten Abschnitte des Aufbruches der Untertrias ist gleichfalls ziemlich wasserreich. In den Felseinschnitt, in welchem der Torrente Milina die aus eocänen Breccien gebildete Barre zwischen seinem eigenen Talboden und dem Mučko polje durchquert, münden rechts zwei Bachrinnsale, die das sich in dem dort über den unteren Werfener Schiefeln ausgebreiteten Schutte sammelnde Wasser ableiten. Wegen ihrer eigentümlichen Struktur sehr bemerkenswert ist die oberhalb des Talbodens der Milina gelegene Quelle bei Klačar. Sie entspringt an der Grenze der unteren und oberen Werfener Schiefer, und zwar am unteren Ende eines in die unteren Schiefer vorspringenden Spornes der oberen Schiefer, welcher einer lokalen Knickung im Schichtstreichen seine Entstehung dankt. Die Schichten fallen rechterseits mittelsteil gegen WNW, linkerseits gegen NO. Das Wasser fließt hier so gleichsam wie über den Schnabel einer Kanne aus und die Quelle verhält sich hinsichtlich ihrer Struktur zur Grundform der Ueberfallquellen wie eine Schichtnischenquelle zur Grundform der absteigenden Schichtquellen. Die Beschränkung des Wasseraustrittes auf einen Punkt, im Gegensatze zu dessen Ausdehnung längs einer Linie, ist hier schon im tektonischen Schema vorgezeichnet, während sie in den anderen Fällen — soweit ein zusammenhängendes Kluftnetz vorliegt — durch Ungleichheit der Denudation bedingt erscheint. Denn die schematische Betrachtung würde bei regelmäßiger isoklinaler Lagerung Quellenhorizonte erwarten lassen. Da der erwähnten Knickfalte im Relief ein Abhangsrücken entspricht, ist die Quelle beim Gehöfte Klačar zugleich ein Beispiel der verhältnismäßig seltenen Quellen, welche an Terrainvorsprüngen austreten.

Dieser Quelle südlich gegenüber ist an der Straße von Muč nach Sinj die Quelle „Za putom“ gelegen. Sie tritt über sehr steil gegen ONO einschließenden graugrünen und braunen Werfener Schiefeln aus, ganz nahe der Grenze derselben gegen die von ihnen steil überschobenen Breccienkalke des Eocäns.

Diese in einem roh ummauerten Becken gefaßte Quelle hatte bei einer in der zweiten Junihälfte vorgenommenen Messung die Temperatur 12.9. Im Anfangsstücke des Torrente Milina, welches auf seiner Südseite von einem den unteren Werfener Schiefeln eingeschalteten Kalkzuge begleitet wird, befindet sich neben einer

der in das Bachbett eingebauten Talsperren eine ziemlich reiche Quelle. Sie tritt unter Kalkfelsen aus, deren Liegendenschiefer  $40^{\circ}$  gegen WNW einfallen. Sie wies im Juni eine Temperatur von  $13.4^{\circ}$  auf; ein noch weiter taleinwärts, wo die Schichten mehr gegen NNW geneigt sind, austretendes Quellchen zeigte  $13.2^{\circ}$ . Der gleichfalls unter einer Talsperre gelegene Ursprung der Milina gab sich dagegen durch seine um mehrere Grade höhere Temperatur als ein durch die verzweigten Wurzelgräben ziemlich oberflächlich abgeführtes Wasser zu erkennen.

Nach ihrem Austritte in das Polje von Muć streben die verschiedenen Bäche und Wasserfäden, welche sich in den zahlreichen Gräben des Gebietes der unteren Triasschiefer entwickeln, dem südlichen Poljenrande zu; die kleineren verlieren sich, ehe sie denselben erreichen, in den Alluvialschichten des Polje; die größeren verschwinden, nachdem sie an diesen Rand herangekommen sind und ihm eine Strecke weit gefolgt sind, in Ponoren. Ein ähnliches Verhalten zeigt auch der Suvaja potok, welcher schon im Gebiete der mittleren Triasschichten nordwärts von der Zone der Werfener Schiefer seinen Ursprung nimmt. Die Bäche der Mućer Gegend ordnen sich hiebei dreien verschiedenen Abzugsgebieten ein. Dem westlichen gehören der Suvajabach und die Abwässer der westwärts von seinem Durchbruchstale liegenden Quellen an. Das mittlere umfaßt alle an der Gehänge-  
strecke vom Suvajatale bis zum Graben des Zmijevac entspringenden schwachen Wässer und den Radačabach. Dem östlichen fallen der Zmijevac potok und alle abwärts von ihm sich entwickelnden Bäche einschließlich der Milina zu.

Das Geröllbett der Suvaja quert nach seinem Durchbruche durch die Schieferzone das Mućer Polje in seiner ganzen Breite, wendet sich dann in rechtem Winkel gegen West und endet nach Durchmessung der Talenge zwischen dem Mućer Polje und dem Polje von Postinje in diesem letzteren ohne Hauptponor. Der Radačabach durchquert nach seinem Austritte aus dem Gebirge gleichfalls das Mućko Polje seiner ganzen Breite nach, biegt dann rechtwinklig gegen Ost um und verschwindet in einem großen, in Nummulitenkalk eingetieften Ponor vor der Mündung der Berina Draga. Der Zmijevac potok wendet sich nach seinem Eintritte in die Mućer Ebene gegen SO und stürzt sich in einen großen nordostwärts von Mošek liegenden Felstrichter, welcher in eocäne Breccien eingesenkt ist. Die Milina erfährt bei ihrem Eintritte in den verbreiterten östlichsten Teil des Mućer Poljes eine Gabelung. Ihr Hauptast zieht sich in geschlängeltem Verlaufe nach SW und biegt, nachdem er den Südrand des Poljes bei Muć pod glavicom erreicht hat, gegen NW um, um im soeben genannten Ponor zu versinken. Ihr Seitenast läuft gegen S und findet in der südlichen Aussackung des Mućer Poljes zwischen Veić und Verdoljak sein Ende.

Die im Bereich der oberen Werfener Schichten sich entwickelnden Rinnsale der Radaca, des Zmijevac und des Baches bei Kičić führen während der nassen Jahreszeiten beim Verlassen des Gebirges wol ständig etwas Wasser. Nach heftigen Regen schwellen sie an und erreichen dann ihre Schlucklöcher. Die Milina, welche großenteils aus

dem Gebiete der unteren Werfener Schichten kommt, ist von geringerer relativer Beständigkeit, erfährt aber durch Regengüsse eine noch stärkere und raschere Speisung.

### Die Quellen des Suvajatales.

Außer den vielen kleinen Gräben, welche das Gehänge auf der Nordseite des Poljes von Muć durchfurchen und ganz in den Bereich der Werfener Schiefer fallen, mündet in dieses Polje auch ein Bachbett, welches aus dem hinter der südlichsten Vorkette der Svilaja gelegenen Gelände kommt. Es bildet dieses Bett die Abzugsrinne eines reich verzweigten Talsystemes, das sich zwischen dem Kamm des Visovac und der dem Pliševicarücken südwärts vorgelagerten Terrasse parallel zum Mućer Polje in W—O-Richtung erstreckt. Von dem in seiner westlichen Verlängerung gelegenen Vrbatale und von der in seiner östlichen Fortsetzung liegenden Topla Draga wird es durch flache Bodenwellen geschieden.

Dieses reichverzweigte Tal, das Suova- oder Suvajatal, liegt innerhalb der sehr verschieden ausgebildeten mittleren Triasschichten der Svilaja und zeigt so eine wechselvolle geologische Beschaffenheit. Sein an den Durchbruch durch die Werfener Schiefer sich zunächst anschließender Teil ist ganz im Dolomit gelegen. Hier ist entsprechend der dem Dolomitgelände eigenen Neigung zur Zertalung eine Schlingung der Haupttalrinne und eine wiederholte Abzweigung von sich verästelnden verschieden großen Seitengräben vorhanden. Weiter ostwärts treten innerhalb des Dolomites kleine Klippen und stockförmige Massen von weißem Kalke auf und über die Höhen auf der Südseite des Tales streicht ein Zug von dunklem Schiefertone und Hornsteinkalk, die einen Teil des Muschelkalkes bildenden Duvinaschichten. Die Talrinne und ihre Seitenäste sind auch hier vorwiegend im Dolomit gelegen. Die weißen Klippenkalke bilden zwischen ihnen kleine Inseln mit verkarsteten Geländeformen. Der oberste Abschnitt des Suvajatales ist in den innerhalb der Mućer Trias auftretenden Zug von Augitporphyr und in die ihm aufgelagerte Serie von Tuffgesteinen eingeschnitten. Die Wasserscheide gegen das Polje von Muć tritt hier dem das nordseitige Gehänge bildenden Terrassenabfall näher. Das Bachbett hat in diesem so verengten obersten Talabschnitte einen nur sehr schwach gewundenen Verlauf und gabelt sich dann in zwei Aeste, deren südlicher in den vom Porphyrite überdeckten Dolomit eindringt.

Die Quellen des Suvajatales gehören dreien verschiedenen Typen an. In seinem unteren, ganz im Dolomit gelegenen Teile kommt es nur zur Sammlung schwacher Sickerwässer in den Mulden, wo gelockertes und schon zu Schutt zerfallenes Gestein noch frischem unzerklüftetem in einiger Mächtigkeit aufrucht. Hieher sind wohl die zwei in der Spezialkarte vermerkten Quellen zu zählen. Jene bei den Hütten von Vrancović ist eine Lokva, jene bei der Hüttengruppe Smolčić ein Bunar. Ueber die Schwankungen des Anteiles, den wohl das Regenwasser an der Speisung dieser beiden Wasserbezugsstellen haben dürfte, wurde von mir nichts ermittelt.

Im mittleren Teile des Suvajatales finden sich drei schwache Quellen, die dem Auftreten der Schiefertone am südlichen Talgehänge ihr Dasein verdanken: Die Quelle Maslaze, die Quelle Duvina, welche diesen Gesteinen und ihren Hangendschichten ihren Lokalnamen gegeben hat und eine unbenannte Quelle östlich von der vorigen. Diese Quellen entspringen in drei kleinen nebeneinander liegenden Gräben, welche in die Zone der mittelsteil gegen N einfallenden Duvinaschichten eingefurcht sind und durch die diese Schichten unterteufenden dolomitischen Kalke südwärts abgeschlossen werden. Die Quelle Maslaze befindet sich fast an der Grenze feinblättriger Schiefertone gegen ihnen aufruhende knollige Kalkschiefer (Schichtfallen hier 45°), die Quelle Duvina entspringt schon im Bereich der dünnbankigen grauen Knollenkalke im Hangenden der dunkelroten Schiefertone. (Einfallen hier 30—35°.)

Da in kataklinalen Taleinschnitten jüngere Glieder einer Schichtfolge neben und nicht über älteren liegen, handelt es sich hier selbstredend nicht um absteigende Schichtquellen an einer Kalkschiefergrenze. Man müßte, insofern man die in Rede stehenden Quellen nur als Gesteinsquellen betrachtet, an einen Rückstau des in die mehr kalkig klüftigen Bänke eindringenden Wassers hinter tonigen undurchlässigen Zwischenlagen denken. Vermutlich hat man es zu nicht geringem Teile mit sich ziemlich oberflächlich sammelndem Quellwasser zu tun. Den Schiefertonen der unteren Duvinaschichten sind viele Lagen von Knollenmergel, Knollenkalk und klüftigem Kalkschiefer eingeschaltet, deren Verwitterungsschutt, wo er nicht viel mit Lehmeluvium der Schiefertone vermengt ist, sich einen mäßigen Grad von Durchlässigkeit bewahren mag; und innerhalb der Gräben dürfte es zu reicherer Zusammenschwemmung solchen Schuttes kommen. Es wären dann zwar räumlich ziemlich beschränkte Sammelgebiete anzunehmen; es handelt sich hier aber auch nur um schwache Quellen.

Für die hier gegebene Erklärung sprechen auch die bei denselben gefundenen großen Temperaturwechsel. Die Quelle Maslaze zeigte vor Ende April 7·20, um Mitte Juni 13·42, die Quelle Duvina bei der ersten Messung 9·14, bei der zweiten 13·40°. Aus dem Innern des Kalkzuges, welcher die Schiefertone unterteuft, dürften die eben genannten Quellen kaum einen merklichen Wasserzufluß haben. Das sich dort sammelnde Wasser mag wohl leichter auf Kluftwegen gegen Süden absinken als über die Barre der Schiefertone gegen Nord überfließen können.

Im Anfangsstücke des Suvajatales trifft man eine Anzahl kleiner Quellen an der südlichen Tallehne. Sie treten teils aus den dort aufgeschlossenen Tuffen, teils an deren Basis über dem Augitporphyrit aus. Die Felsmassen des letzteren sind oberflächlich stark zersprungen und gelockert und viele dieser Sprünge mögen sich noch etwas in das Gesteinsinnere fortsetzen. Unter den sehr mannigfaltig ausgebildeten Deckschichten des Porphyrites zeichnen sich die grünen Tuffe und grauen Kieselschiefer durch große Härte aus und zersplittern oberflächlich leicht in scharfkantige messerförmige Stücke. Andere Glieder dieser Tuffserie sind weicher und zerbröckeln oft zu eckigen Krümmeln und zu mörtelähnlichem Schutte. Diese letzteren Gesteine sind

ob ihres größeren Tongehaltes im frischen Zustande undurchlässig, während die splittrigen kieselreichen Tuffe und die mitvorkommenden plattigen Hornsteinkalke bis in einige Tiefe von wenn auch feinen Sprüngen durchsetzt sein mögen.

Bei den Quellen im obersten Suvajatale wird so Wasserrückstau in zerklüfteten Gesteinen hinter undurchlässigen Schichten eine Rolle spielen. Daneben dürfte allerdings auch Wassersammlung in durchlässigem Schutte über undurchlässigem Grunde in Betracht kommen, da die Zersplitterung der harten Tuffbänke zur Bildung solchen Schuttes führt. Die Fassung mehrerer der hierhergehörigen Quellen in Form roh ummauerter Quellschachte deutet wohl auf längeres Durchhalten der Wasserführung hin und ein solches spricht gegen bloße Wassersammlung im Verwitterungsschutte kleiner Mulden.

Als erstes Glied der Quellenreihe im obersten Suvajatale trifft der von Westen Kommende die Zukvaquelle, ein viereckiger Brunnenschacht, an der Grenze toniger Schichten gegen Kieselkalke gelegen. Dann folgt die Quelle Bukovaca, ein roh ummauerter Schacht mit vorgelagerter algenerfüllter Lacke. Sie liegt in einer Wiese mit verstreutem Schutte am Fuße eines grasigen Hanges, unter welchem sich der Porphyrit verbirgt. An einer weiter ostwärts folgenden Stelle, wo die mittelsteil gegen N einfallenden Schichten über dem Effusivgesteine besser aufgeschlossen sind, erkennt man, daß das Wasser aus den grauen Hornsteinbänkchen austritt, welche die weißen tonigen Lagen unter den grünen Tuffen vom Augitporphyrite trennen. Hat es dort den Anschein, daß die Hornsteinbänke und der Porphyrit infolge oberflächlicher Zerklüftung die Wassersammler seien, sieht man an einem anderen Orte, wo die Talrinne den Porphyrit durchschneidet und die Grenze gegen dessen Deckschichten an einer Böschung, welche die Köpfe dieser Schichten bloßlegt, aufgeschlossen ist, an jener Grenze auch ein Wässerchen austreten, das hier wie eine Ueberfallquelle mit dem Porphyrit als stauender Barre erscheint. Es liegt hierin nichts Ungereimtes, denn erstlich kann ein zur Zerklüftung neigendes Gestein gelegentlich doch eines hydrologisch wirksamen Kluftnetzes entbehren, und zweitens hängt die Rolle, welche ein Gestein bei der Quellbildung spielt, sehr vom vorhandenen Verhältnisse zwischen Zu- und Abfuhrmöglichkeiten ab, so daß, wenn letztere aus einem Grunde kleiner werden, auch über durchlässigem Boden Wasser ausfließen muß.

Beim Weiterwandern gegen Ost gelangt man bei drei Bäumen zu einem Rieselwasser aus sehr steil gegen NNO geneigten Schichten und dann zu einem Quellchen, das wieder hinter mittelsteil gegen NO einfallenden Hornsteinkalken am Nordrande des Porphyritzuges hervorkommt. Am weitesten gegen Ost vorgeschoben und schon in der Nähe der flachen Wasserscheide gegen die Cetina gelegen ist die Quelle Rabrovaca. Sie liegt schon nahe dem Ostende des Porphyritzuges und der ihm aufruhenden Schichten, welche hier  $45^{\circ}$  N vers O einfallen und — wie weiter im Westen — aus verschiedenen Tuffgesteinen und aus Hornsteinkalk bestehen. Die Quelle entspringt am Ausgange einer mit begrastem Eluvialschutte erfüllten flachen Mulde und es mag bei ihrer Speisung Sickerwasser aus den oberflächlichen

Bodenschichten einen größeren Anteil nehmen als bei den vorher genannten Quellen. Dafür spricht die hohe Temperatur  $15.7^{\circ}$ , welche diese Quelle um Mitte Juni aufwies. Im Frühjahr waren die Quellentemperaturen im obersten Suvajatale jenen im mittleren Talabschnitte ähnlich. Die Quelle Bukovaca zeigte  $8.58^{\circ}$ , die Zukvaquelle  $7.58^{\circ}$ . Auffallend kalt,  $6.4^{\circ}$ , war die vorhin erwähnte Ueberfallquelle im Durchbruche der Suvaja durch den Porphyrit.

Die angeführten Quellen sind auch in den regenreichen Monaten zu schwach, um dann eine dauernde Speisung des Rinnsales der Suvaja zu erzielen. Dasselbe ist gewöhnlich größtenteils ganz trocken oder nur kleine Lacken und Pfützchen führend. Nach starken Regengüssen sieht man es aber in seinem Mittel- und Unterlaufe von einem Bache durchrauscht, welcher aus den Gräben des Dolomitgebietes reichlich genährt wird und es ist dann die gleich oberhalb des Durchbruches durch die Werfener Schiefer gelegene Talstrecke, welche sich zwischen mit Föhrenwald bedeckte Kuppen hindurchwindet, von landschaftlichem Reize.

### Die Quellen des Sutinatales.

Die Sutina, in ihrem Unterlaufe Karakašica genannt, ist der einzige, zwar nicht durch Wasserfülle, aber durch die Länge seines Laufes bemerkenswerte rechtsseitige Zufluß der Cetina. Ihr Unterlauf liegt ganz im Bereich der kleinen Ebene, die von der Cetina vor ihrem Eintritte in das Sinjsko Polje durchflossen wird; der übrige Teil ihres Laufes liegt in einem manche landschaftliche Reize aufweisenden Tal, welches in der ostnordöstlichen Verlängerung des in das Mučko polje mündenden Tälchens der Milina gelegen ist und von diesem durch ein schmales Joch geschieden wird.

Dieses Tal zerfällt in zwei sehr formverschiedene, ungefähr gleich lange Teile, in einen weiten S-förmig gewundenen unteren Teil mit wohlentwickelter Sohle und in einen fast geradlinigen oberen Teil von schluchtartigem Aussehen. Der erstere liegt zwischen dem Vucjak, dem östlichsten Gebirgsvorbaue der Svilaja, und dem Hügellande von Sinj; der letztere schiebt sich zwischen die Bukova, den östlichen Eckpfeiler der südlichsten Vorkette der Svilaja, und den schroffen Kamm der Visosnica ein. Der breite untere Talabschnitt hat außer mehreren kleinen Seitengräben rechts eine größere Ausackung, das Tälchen von Sladoja, auf dessen linker Seite sich der Zugang zu einer zweiten, fast kreisförmigen Ausweitung, dem Tal-kessel von Lučane befindet. An der Grenze beider Talabschnitte zweigt links eine bedeutende Schlucht ab, die zwischen dem Kamm der Bukova und den südlichen Vorhöhen der Pliševica eindringt. Diese Schlucht, die Topla Draga, zieht sich westwärts bis zu jenem nordwärts von der Bukova gelegenen flachen Sattel hinan, an dessen Westseite das Suvajatal seinen Anfang nimmt.

Im Sutinagebiete treffen die beiden großen innerdalmatischen Aufbrüche auf einander, das östliche, dinarisch streichende Spalten-tal der oberen Cetina und die große, einen gegen SW konvexen Bogen bildende westliche Spalte, welche über mehrere hydrographisch

getrennte Einschnitte hinwegsetzt, zuerst zweien seitlichen Zuflüssen der Kerka, dann dem Laufe der oberen Cikola und Vrba und weiterhin dem eines oberirdischen Abflusses entbehrenden Mučer Polje folgend. Der untere Teil des Mittellaufes der Sutina fällt schon in den Bereich der östlichen Spalte, welche in der Gegend von Sinj die der obersten Dyas zuzurechnenden Rauhdecken und Gipse bloßlegt. Die Schlucht der oberen Sutina und die Topla Draga sind dagegen in den östlichsten Teil der Mučer Triasschiefer und Dolomite eingeschnitten. Der obere Teil des mittleren Verlaufsstückes der Sutina, das Tälchen von Sladoja und das Talbecken von Lučane sind mit Neogenschichten erfüllt.

Gleich unterhalb der Kuppe Bukova liegt auf der Sattelfläche, welche das Suvajatal vom Sutinatal scheidet, die Quelle Boletovo. Sie entspringt am Westrande des Zuges von unteren Duvinaschichten, welcher dem Südhange des Bukovarückens folgt. Diese Schichten fallen hier 40—50° steil gegen N und gliedern sich in eine untere Zone von dunkelroten blättrigen Schiefertönen, eine mittlere Lage von rötlichen und grünlichen Knollenkalken mit tonigen Einschaltungen und in eine obere Zone von braunvioletten engklüftigen Tonschiefern und Mergeln. Die Boletovoquelle bringt die in den mittleren kalkigen Lagen und in deren Verwitterungsschutte sich ansammelnden Wasser an den Tag. Sie ist entsprechend ihrem beschränkten Nährgebiete eine schwache Quelle und mehr wegen ihrer hohen Lage in nächster Nähe einer Bergkuppe bemerkenswert. Der Oberflächlichkeit entspricht auch ihre große Temperaturbewegung. Sie zeigte im Frühlinge 7·64°, im Sommer 14·40; immerhin zählt sie zu jenen Austritten von Sickerwasser, welchen seitens der Eingebornen eine Fassung in einem roh ummauerten Quellschachte zu teil wurde.

Ein Quellchen von ganz ähnlicher Entstehungsweise findet sich am östlichen Ende des genannten Zuges von Duvinaschichten, einige hundert Meter westlich von der Kuppe oberhalb Botarello. Auch hier tritt Wasser an den Tag, das sich in einer beiderseits von undurchlässigem Schiefertone flankierten schmalen Zone von mittelsteil gegen NNO einfallenden Sandsteinschiefern talabwärts bewegt. Gegenüber dieser Stelle ist auf der Nordseite der tief eingeschnittenen Topla draga unweit von Skaro stan bei einer dort befindlichen, weithin sichtbaren Baumgruppe ein kleiner Quelltümpel vorhanden; anscheinend eine Ueberfallquelle in den dort auskeilenden plattigen Sandsteinen und Hornsteinschichten, welche den Abschluß der Trias in Nordosten von Muč bilden und vermutlich schon dem Raibler Horizonte zuzurechnen sind.

In den drei in obere Werfener Schichten eingefurchten kleinen Runsen auf der Südseite der Bukova erscheinen schwache Wasserfäden, durch deren Zusammentritt das in der Tiefe der Lipova draga zur Sutina abfließende Bächlein entsteht. In den Gräben auf der Ostseite des ganz aus unteren Werfener Schieferne aufgebauten Scheiderückens zwischen Milina und Sutina bemerkt man nur nach Regenwetter oberflächliche Gerinsel. Dagegen ist unterhalb jener Gräben in der Schlucht der Sutina ein Quellchen anzutreffen, das in steil gegen N einfallenden Schichten aus einem kleinen Felsbecken kommt. Dieses Quellchen

zeigte im Frühsommer, als viele höher gelegene Quellen der Mućer Gegend schon Temperaturen von 12—14° aufwiesen, nur 10·82°. Es entspringt allerdings am Fuße eines gegen O geneigten, von dichtem Buchenwald beschatteten Abhanges, doch ist es wohl nicht oberflächlicher Entstehung und vielleicht durch Wasserstau in zwischen Ton-schiefern eingeschalteten Sandsteinschichten bedingt.

Von den rechtsseitigen Wurzeln der Talschlucht der Sutina sind zwei von den Abwässern kleiner Quellen durchrieselt, bei denen man am Wege von Muć nach Sinj vorbeikommt. Die eine liegt gleich neben der Mućer Ueberschiebungslinie am östlichen Ende des aus oberen Werfener Schiefern aufgebauten Hügels, der die Straße bei ihrem Uebertritte aus dem Tale der Milina in das der Sutina nordwärts begleitet. Sie tritt an der Grenze grünlicher, 50° gegen NNO einfallender Kalkschiefer gegen dunkelrote tonige Schiefer aus und hat drei Ursprungsstellen. Der unter einem vom südlich benachbarten Gebirge abgestürzten Kalkblocke gelegene Ursprung speist einen an der Straße stehenden Tränkbrunnen mit Steintrog. Die Temperatur dieses Quellastes war im Frühlinge 9·08, im Sommer 12·56. Die andere Quelle liegt 700 m weiter östlich, dicht unterhalb der Straße und ist in einer kleinen roh ummauerten Brunnstube gefaßt. Auch sie entspringt nahe unterhalb der Mućer Ueberschiebung noch im Bereich der Trias-schichten. Gleich oberhalb der Straße stehen tiefgraue Kalke der unteren Werfener Schichten mit steilem südlichem Verflachen an. Weiter oben folgen — durch eine schmale schuttbedeckte Schieferzone von ihnen getrennt — Kalkbreccien der Prominaschichten. Die Werfener Schiefer unterhalb der Straße fallen steil gegen NNO. Diese Quelle, genannt Strmica, ist gleich der vorigen als Stauquelle zu deuten. Sie zeigte bei einer Messung kurz vor Mitte Juni 11·96°, bei einer in einem anderen Jahre kurz nach Mitte dieses Monates gemachten Messung 11·58°.

Nach ihrem Austritt aus den unteren Werfener Schiefern quert die Schlucht der Sutina steil gegen SSW einfallende obere Werfener Schichten und kommt dann in ein Bruchgebiet zu liegen, wo eine Scholle von Triasdolomit zwischen Oltarnik- und Werfener Schichten eingesunken erscheint. Die Talschlucht folgt nach Querung eines dislozierten Zuges von wackigen und brecciösen Oltarnikgesteinen einer Grenze zwischen oberen und unteren Werfener Schichten, erstere zur Linken, letztere zur Rechten lassend. Die grünlichgrauen Kalkschiefer am linken Bachufer sind steil gestellt und stark verdrückt und stoßen scharf an Dolomiten ab, welche das Gehänge oberhalb der Uferfelsen bilden. In der Mitte ist diese durch ihre Schärfe ausgezeichnete Verwerfungslinie durch Dolomitschutt überdeckt, weiter taleinwärts und talauswärts aber deutlich sichtbar. Am unteren Rande der Schuttmasse entspringt eine schöne und sehr kräftige Quelle. Ihr Wasser sprudelt, in viele Fäden zerteilt, über reich mit Moos bewachsene Tuffabsätze und stürzt dann über die Schichtköpfe der steil aufgerichteten, parallel zum Ufer streichenden Kalkschiefer in das Sutinabett hinab.

Diese prachtvolle Quelle, welche in der Spezialkarte nicht verzeichnet ist und deren Name mir unbekannt blieb, stellt streng formell die Vereinigung einer Verwerfungsquelle mit einer Schuttgrundquelle

dar, doch ist die letztere Formbestimmung nebensächlich und so die Quelle vornehmlich als schönes Beispiel der in unserem Gebiete wenig zahlreichen an Störungslinien gebundenen Quellen anzuführen. Gegenüber den tonreichen Zwischenlagen der oberen Werfener Schichten ist der Triasdolomit gewiß das für Wasser durchlässigere Gestein. Er bleibt deswegen aber doch an sich eine wenig durchlässige Felsart, und wenn ihm hier eine reiche Quelle entströmt, so ist dies wohl durch örtlich stärkere Kluft- und Spaltenbildung im zertrümmerten Gesteine einer Störungszone zu erklären. Die Temperatur dieser Quelle war bei einer Messung um Mitte Juni 12·70°. Unweit derselben entspringt dort, wo die scharfe Grenze zwischen Kalkschiefer und Dolomit auf kurze Strecke im Rinnsale der Sutina verläuft, aus einer Dolomitspalte ein Quellchen.

Am sehr steilen rechtsseitigen Hange der Bachschlucht streicht hoch über ihr die Mučer Ueberschiebung weiter. Ihr Liegendflügel wird hier durch die steil aufstrebende, aus Rudistenkalk bestehende Nordseite der Visosnica dargestellt. Zu Füßen derselben ziehen sich Schutthalden hin, welche sich über die den Kalken angeschobenen Werfener Schiefer breiten und an einer Stelle bis zur Straße hinabreichen. Diese Halden sind von mehreren Einrissen durchzogen, in welchen die sich unter dem Schutte auf der Schieferoberfläche sammelnden Sickerwässer abgeleitet werden. Da man in diesen Einrissen aber selbst nach längerer Trockenheit noch etwas Wasser rieseln sieht, wäre es denkbar, daß es sich hier zum Teil auch um Wasser handelt, welches in isolierten Kalkklüften hinter den Werfener Schiefen zur Anstauung kam. Im Falle eines allgemeinen Zusammenhanges der Kluftnetze wäre jedoch die Ueberschiebungslinie an der Nordseite der Visosnica viel zu hoch gelegen, um zur Bildung von Ueberfallquellen Anlaß geben zu können.

Talabwärts von der Tuffquelle besteht das linkerseits der Sutina aufsteigende Gebirge aus Triasdolomit und dann bis gegen das Ende der schluchtartigen Talstrecke aus Muschelkalk, während zur Rechten die Mučer Ueberschiebung in geringerer Höhe als früher (hier unterhalb der Straße) fortstreicht. Das Bachbett kommt noch in den Triasdolomit und Triaskalk zu liegen. Aus den in das Dolomitgebirge eingeschnittenen Schluchten empfängt die Sutina zwei unbedeutende Zuflüsse. Im Tobel unter Botarello entspringt zu Zeiten mittleren Wasserstandes etwa 120 m von der Schluchtmündung entfernt aus Schutt ein klares Wässerchen, das allmählich sich verstärkend über mehrere das Bachbett querende Felsbarren zur Sutina hinabeilt. In dem weiter ostwärts eingeschnittenen Tobel entwickelt sich auch einige hundert Schritte oberhalb seiner Mündung eine Wasserader, die aber nach anfänglicher Verstärkung wieder schwächer wird. Man hat es hier mit Quellbildungen zu tun, die durch oberflächliche Zertrümmerung eines in der Tiefe wenig zerklüfteten Gesteines bedingt sind. Am gegenüberliegenden Gehänge, wo unter vielem Schutte nochmals Werfener Schiefer sichtbar werden, trifft man mehrere kleine Quellen, welche, wie die früher genannten, an der südlichen Schluchtseite, als Schuttgrundquellen aufzufassen sind. Ein kleiner Quelltümpel liegt im Graben westlich von dem Hause Djpalo neben einer Pyramidenpappel, zwei

Quellchen entspringen in dem östlich benachbarten Graben unterhalb des Straßenknies, das stärkere im Wasserrisse, das schwächere unweit davon in einem kleinen Becken neben einer Weide.

Beim Eintritte der Sutina in das Gebiet der jungtertiären Schichten erfährt der Formenschatz der Quellen ihrer Zuflüsse eine Bereicherung. Zu den bisher erwähnten Quellformen treten Rückstauquellen, welche das im klüftigen Kalkgebirge hinter der neogenen Talausfüllung sich ansammelnde Wasser zutage bringen. Im unteren Abschnitte des Grabens, welcher kurz vor der Topla Draga in das Sutinatal mündet, trifft man drei kleine Quellen, deren Wasser über die sich vor die Grabenmündung legenden Neogenabsätze in die Sutina abfließt. Aus der Topla Draga nimmt die Sutina gleichfalls einen Zufluß auf. Die schwachen Anfänge des aus dieser Talschlucht kommenden Bächleins mögen von derselben Entstehungsart sein wie die schwachen Wässerchen in den Dolomitschluchten unter Botarello. Das rasche Anschwellen des Bächleins vor seinem Uebertritte in die lignitführenden Mergel ist aber auf Speisung durch Kluftwasser der Rhät- und Liaskalke zu beziehen, welches durch die Mergeldecke am Weiterströmen gehemmt und zum Ueberfließen ihres Randes gezwungen wird. Ein besonders schönes Beispiel für eine Quellbildung der soeben genannten Art findet sich in einem der kleinen Gräben, welche in die in das Sutinatal sich öffnende Talmulde unter Vidić münden. Das Wasser sprudelt dort an von Ostryabäumen überschatteter Stelle unter einem mit Ceterach überwucherten Kalkfels aus einer niedrigen Höhlung stark hervor und rauscht über dicht mit Moos überzogene Blöcke weiter. Die Grenze der pliocänen Mergel gegen das Grundgebirge, welches auf der Westseite von Lučane aus Liaskalk besteht, entspricht hier — wie am Ende der Topla Draga — einer Bruchlinie, nicht einer Transgression.

Aus dem Talkessel von Lučane empfängt die Sutina einen Bach, der sich aus vielen Quelladern zusammensetzt, die an der West- und Südseite des Kessels ihren Ursprung nehmen. Die Hänge bauen sich dort aus den von mir als Zone IV—VII der Neogenentwicklung westlich von Sinj unterschiedenen Schichten auf; es sind dies bläulich-graue Mergel mit *Fossarulus tricarinatus*, dunkelgraue fossilarme Mergel, lichtgraue Mergel mit *Dreissena* *cfr. dalmatica* und gelbliche Mergelkalke mit *Foss. Stachei* und *Dreiss. cfr. triangularis*. Oberhalb dieser Schichten lagern mächtige Schuttmassen und auch die Mergelhänge sind mit vielem Schutt überstreut, so daß das anstehende Gestein oft nur in den allerdings zahlreichen Einrissen sichtbar wird. Nach starkem Regen sind diese Runste die Hauptwege der oberflächlichen Wasserabfuhr; unter mittleren Witterungsverhältnissen kommt es in ihnen zur Entwicklung schwacher Gerinsel, welche durch das unter dem Schutte auf der Mergeloberfläche absickernde Wasser gespeist werden. Das Bezeichnende für diese Wasseradern ist die Allmählichkeit ihrer Entwicklung. Am unteren Ende der Runste trifft man murmelnde Bächlein, steigt man in den Einrissen empor, so sieht man ihre Wasserführung schwächer und schwächer werden, dann ist nur noch ein Tröpfeln und Riesel zu bemerken, endlich sieht man nur noch kleine Lacken mit stehendem Wasser und

feuchte Flecken. Man hat es hier gleichsam mit über eine lange Strecke auseinandergezogenen Schuttgrundquellen zu tun. Im scharfen Gegensatz zu den als geschlossene Wassermasse hervorbrechenden Quellen entziehen sich diese Wasseraustritte ganz einer von Luftwärme und Sonnenstrahlung unbeeinflussten Messung ihrer Temperatur.

Dieselben hydrologischen Verhältnisse wie in dem Talkessel von Lučane trifft man im östlich benachbarten Tälchen von Sladoja. Die Westseite desselben zeigt auch den gleichen geologischen Aufbau wie die vorgenannten Hänge; auf seiner Ostseite stehen tiefere, der Zone II meiner Einteilung des Neogens von Sinj entsprechende Schichten an. Auch in der Talmulde von Sladoja ist zu sehen, wie die Schuttquellenbildung in enger Abhängigkeit von den örtlichen Verhältnissen steht. Wo das Einzugsgebiet räumlich beschränkt oder die Schuttdecke der Hänge beiderseits der Wasserrisse wenig mächtig ist, oder wo diese Decke wegen starker Beimengung von Lehm selbst wenig durchlässig erscheint, trifft man in den Runsten nur feuchte Streifen oder gar kein Wasser an, desgleichen dort, wo die Runste selbst mit Schuttmassen erfüllt sind. Gegenüber dem Tälchen von Sladoja entspringt linkerseits der Sutina am Fuße der steilen Südhänge des Vucjak eine Grundwasserquelle. Neben ihr liegt eine algenerfüllte Lacke mit lebhaft rieselndem Abwasser.

Die Sutina zählt zu jenen Wasserläufen des mittleren Dalmatien, welche einen größeren Teil des Jahres hindurch ununterbrochen fließen. Allerdings ist auch sie außerhalb der Hauptregenzeit nur ein unbedeutender Bach. Kurz oberhalb der Einmündung der aus dem Talbecken von Lučane und aus dem Tälchen von Sladoja kommenden Zuflüsse wird sie von dem von Sinj über den Nebesaberg nach Vidić (und weiter nach Zelovo) führenden Pfade überquert, aber ohne Brücke!, ein Zeichen, daß sie zumeist so wenig Wasser führt, daß eine Reihe quer durch sie gelegter Steine nicht überflutet wird und ihre trockene Ueberschreitung gewährleistet. Aber gerade hier ist ihr an wohlgeglätteten Geschieben von Werfener Sandsteinschiefern reiches Schotterbett von ansehnlicher Breite, ein Beweis, daß sie nach starken Niederschlägen in der Herbstregenzeit zu einem mächtigen Bach anschwillt. Das im Becken von Lučane sich entwickelnde Bächlein verläßt dagegen sein Nährgebiet in einem schmalen, aber verhältnismäßig tiefen, durch Wiesen sich hinschlängelnden Rinnsale.

Das Anfangsstück der Sutina schneidet in undurchlässige Schiefer ein; auch die in den Dolomit der Trias eingetieftete Rinnsalstrecke dürfte ziemlich abgedichtet sein. Erst im Endstücke ihres Oberlaufes, im Bereich der Triaskalke könnte die Sutina Wasserverluste erleiden. Doch wäre es möglich, daß auch hier noch auf der rechten Talseite unter dem Schutte Werfener Schiefer durchstreicht und eine seitliche Wasserabfuhr hemmt. Allerdings handelt es sich hier um eine Störungszone, in welcher auch undurchlässige Schichten kaum die Rolle einer lückenlosen Stauwand spielen dürften. Falls die Sutina in dieser Gegend Bachwasser verliert, könnte dieses in der Gorucicaquelle, welche in wenig mehr als 3 km Abstand und in etwa 50 m tieferer Höhenlage ost-südostwärts von hier ausbricht, wieder zutage treten.

Gegenüber auf unsicherem Grunde sich aufbauenden Vermutungen wäre eine bestimmte Lösung dieser Frage eine der vielen Aufgaben, welche sich einer systematischen Vornahme von Färbeversuchen in Mitteldalmatien darböten.

### Die Quellen in der Ebene der Karakašica.

Die große Ausweitung, welche das Tal der Cetina nach seiner Einengung zwischen den Vorbergen der Viesca Gora und der Svilaja erfährt, wird durch das Hügelland von Sinj in einen nördlichen und südlichen Teil geschieden. Der erstere stellt eine zwischen dem Ostfuße der Svilaja und der dem Prolog westwärts vorgelagerten Terrasse gelegene kleine Ebene dar. Im mittleren Teile derselben ragen zwei Hügel auf, zwischen welchen die Karakašica, der Unterlauf der Sutina, nordwärts hindurchfließt, wogegen die Cetina entlang dem Ostrande der kleinen Ebene nach Süden strömt.

Die genannte Ausweitung steht mit dem Wiederaufbrechen der sich unterhalb Koljane schließenden tektonischen Talspalte in ursächlichem Zusammenhange. Demnach besteht der Untergrund der Talmulde von Karakašica aus Rauhacken und Gipsen der obersten Dyas. Sie treten aber nur auf dem westlichen der beiden vorgenannten Hügel und auf der Westhälfte des Südrandes der Talmulde zutage. Die Spaltenränder werden rechterseits von Jura- und Kreidekalken gebildet. Das sich an diese Ränder lehrende und den Spaltenboden größtenteils überdeckende Neogen umfaßt verschiedene Glieder dieser Formation. Von Quartärgebilden sind umgeschwemmter Diluvialschutt, welcher die Dyasgesteine größtenteils umhüllt, Verwitterungslehm- und Schutt der neogenen Schichten und alluviale Flußanschwemmungen vorhanden.

Betreffs der Quellenarten ist unter diesen geologischen Verhältnissen keine Einförmigkeit vorhanden. Die Besäumung der aus Kalkstein aufgebauten Talränder mit schwer durchlässigen Schichten bedingt an Stellen, wo dieser Saum Lücken aufweist, das Hervorbrechen großer Karstquellen, an Stellen, wo er nur leicht eingekerbt erscheint, das Auftreten von Rückstauquellen.

Die reiche Schuttentwicklung über zum Teil undurchlässigen Schichten führt zur Bildung von Schuttgrundquellen und von Schuttquellen engeren Sinnes, endlich kommt es zu Austritten von Grundwasser in der alluvialen Talausfüllung. Die Ebene der Karakašica wird mittlings von der Nordgrenze des Blattes Sinj-Spalato durchschnitten und es soll darum auch hier zwecks Vermeidung einer unzulässigen Halbheit der Darstellung diese letztere über den Kartenrand hinausgetragen werden.

Bald nach ihrem Eintritte in die Talweitung von Karakašica empfängt die Cetina links einen starken Zufluß, der aus einer hydrologisch ungemein interessanten Seitenbucht des Talbeckens kommt. Noch vorher, etwa 1 km unterhalb der jetzt durch eine schöne Steinbrücke ersetzten Ueberfuhr von Panj, nimmt sie einen Bach auf, der in einem großen Felskessel am Eingange der genannten Bucht seinen Ursprung hat. Dieser Bach fließt aber nur nach starken Nieder-

schlagen; zu Zeiten mittleren Wasserstandes ist sein Geröllbett trocken. Dagegen entspringt an dessen linkem Ufer vor dem Eingange in den Felskessel eine schöne und starke Quelle. Der etwa 100 m weiter ostwärts in die Cetina mündende Fluß, der Veliki Rumin, setzt sich aus zwei ungleich starken Quellsträngen zusammen.

Der kleinere entspringt hoch über dem Niveau der Cetina am Nordhange der Talnische. Er quillt unter einer rötlichen Felswand, die aus 35° SO fallendem gut geschichtetem Chamidenkalk besteht, und aus einer kleinen Höhle neben dieser Wand hervor. Vor dieser Wand liegen große Blöcke, deren dichter Moosüberzug auf noch höhere Wasserstände hinweist. Das hier mit Wucht hervorbrechende Wasser schäumt durch eine blockerfüllte enge isoklinale Felsschlucht steil hinab und erreicht kurz vor seiner Vereinigung mit dem größeren Quellstrange die Talsoble. Zur Rechten bilden Schichtköpfe, zur Linken stark geneigte Schichtflächen die dicht mit Buschwerk überwucherten Schluchtwände.

Dieser Quellbach ist in landschaftlicher Hinsicht wohl der schönste unter den vielen prächtigen Quellen, welche die Cetina auf ihrem über sechs deutsche Meilen langen Oberlaufe linkerseits aufnimmt. Wildheit der Felsszenerie, schäumendes Wasser und üppiges Strauchwerk sind in tief eingeschnittenen Tälern zwischen den öden wald- und wasserlosen Hochflächen des Karstes nichts Ungewohntes; wenn man hier dennoch versucht ist, zu vergessen, daß man sich in Dalmatien befindet und sich in eine Schlucht der Kalkalpen versetzt glaubt, so mag dies wohl dem auf längere Strecke steilen Gefälle des tosenden Baches zu danken sein. Die große Mehrzahl der mächtigen Karstquellen bricht am Fuße der Talgehänge hervor und hat bis zur Erreichung der Talsohlen nur einen geringen Höhenunterschied zu überwinden. Die vorige Beschreibung gibt die Eindrücke wieder, welche ich bei einem Besuche der Quelle bald nach Mitte Juni nach einem ziemlich regenreichen vorausgegangenen Frühlinge empfing. Nach Angabe eines Müllers der Mühlen von Lovrić verschwindet der in Rede stehende Bach durchschnittlich in der zweiten Julihälfte. Ob er hiebei seine Austrittsstelle rasch bis an den Fuß des Abhanges hinabverlegt oder schon früher versiegt, habe ich nicht erfahren.

Der größere Quellstrang kommt aus einer Felsschlucht auf der Nordostseite der Talbucht, durch welche der Veliki Rumin dem Cetinaflusse zuströmt. Diese in mittelsteil gegen SO einfallende graue Kreidekalke eingeschnittene Felsschlucht ist von seltener Wildheit und Großartigkeit. Auf beiden Seiten springen zerrissene Grate und Schrofen vor, zwischen denen sich Schutthänge steil zum Schluchtgrunde hinabsenken. Tief unten rauscht zwischen teilweise unzugänglichen Ufern der mächtige Quellast. Sein Ursprung liegt weit hinten in einer links von Felsabstürzen, rechts von Trümmerhalden begrenzten und durch Steilwände abgeschlossenen Nische. Eine gewaltige Wassermasse quillt hier unter Pulsationen aus der Tiefe herauf. Sie ist im Gegensatze zur Kristallhelle und Klarheit der Gebirgsquellen leicht getrübt und hat eine schmutzig grüne Farbe. Die Halde rechterseits ermöglicht es, bis an die Ursprungsstelle des Rumin steil hinabzusteigen.

Tausend Meter flüßabwärts vom Veli Rumin mündet in die Cetina der Quellbach Mali Rumin. Er quert den Zug von neogenen Schichten, welcher links vom großen Ruminflusse beginnend, bis in die Nähe von Han streicht und kommt aus einem Felskessel, welcher in den Rand der Kreidekalkterrasse hinter dem Neogen eingesenkt erscheint. Das Wasser quillt hier zu Zeiten mittleren Standes im Kesselgrunde unter großen wirt durcheinander liegenden Felsblöcken heraus, die hoch hinauf mit Moos überzogen sind und ist zum Unterschiede von dem des großen Rumin klar und rein. Am rechten Ufer des Quellbaches traf ich vor dem Eingange in den Felskessel in der zweiten Junihälfte noch mehrere Quellen fließend an, eine schwächere, drei stärkere und dann noch zwei schwache Quellen schon nahe der weit talauswärts stehenden Mühle. Auch an diesen Stellen tritt das Wasser unter moosbedeckten, zum Teil mit Brombeergesträuch umrankten Blöcken aus. Dem vom Hydrographischen Zentralbureau herausgegebenen Wasserkraftkataster zufolge beträgt das mittlere jährliche Minimum der sekundlichen Abflußmenge beim Mali Rumin 100 l, das voraussichtliche absolute Minimum dieser Menge 30 l. Beim Veliki Rumin stellen sich die entsprechenden Werte auf 2000 und 1770 l.

Die am 20. Juni 1911 von mir vorgenommene thermometrische Messung der Ruminquellen hatte das merkwürdige Ergebnis, daß die Temperatur der Hauptquelle des großen Rumin um  $4.02^{\circ}$  höher gefunden wurde als jene der in 700 m Abstand entspringenden Quelle von Lovrić und um  $3.56^{\circ}$  höher als die Temperatur der in 950 m Abstand gelegenen Quelle des Mali Rumin, während die Wärmeunterschiede zwischen der Quelle bei den Mühlen von Lovrić und den in einer Entfernung von mehr als 5 km weiter nordwestwärts entspringenden großen Quellen Peruca, Crno Vrelo und Majden Vrelo nur wenige Zehntel Grade betragen und die Temperaturdifferenz zwischen dem Mali Rumin und dem in südöstlicher Richtung 6 km entfernten Kozinac nur einen halben Grad betrug. Bei der an anderer Stelle vorgenommenen Betrachtung dieser thermometrischen Befunde habe ich zwischen aus ihnen ziehbaren sicheren Schlüssen und auf sie gründbaren Vermutungen unterschieden. Erwiesen ist durch jene Messungen, daß das Kluftnetz des Veli Rumin von dem seiner Nachbarquellen getrennt ist. Es liegt hier ein thermometrischer Nachweis dafür vor, daß auch im reinen Kalkgebirge, das für die Entwicklung eines zusammenhängenden Kluftnetzes günstig schiene, eine Scheidung benachbarter Kluftwasserstränge Platz greifen kann, und daß die Annahme eines allgemeinen Zusammenhanges der Klüfte im Kalkgebirge eine irrije ist. Als hydrographischer Beweis für die Unrichtigkeit dieser Annahme ist den in der Literatur schon angeführten Beweisen der Tatbestand anzureihen, daß die Quelle bei Lovrić hoch über dem Niveau der Talsohle reichlich ausfloß, während die Quelle des Veli Rumin in der Tiefe des Tales entsprang und das Rinnsal westlich vom Quellbache von Lovrić noch im Tale unten eine Strecke weit trocken lag.

Vermuten läßt sich, daß die Quelle des Veliki Rumin den Ausbruchsort eines in Ponoren des Livanjsko Polje verschwindenden echten Höhlenflusses darstellt. Gestützt wird diese Vermutung durch

den Umstand, daß das Wasser des Veliki Rumin getrübt und von schmutziggrünlicher Farbe war, während die anderen Quellbäche teils völlig klar erschienen, teils nur eine Spur von Trübung zeigten und einen Stich ins Stahlblaue aufwiesen. Eine weitere Stütze erhält sie dadurch, daß das Wasser des Veli Rumin ein wenig nach Erde und pflanzlichem Detritus schmeckte, wogegen die benachbarten Quellwässer sehr wohlschmeckend waren.

Thermometrische Beweismittel für die Höhlenflußnatur des Veliki Rumin wären eine größere jährliche Wärmeschwankung als die der Nachbarquellen, eine Verfrühung der Temperaturextreme gegenüber jenen und vielleicht auch eine kleine tägliche Wärmeänderung. Leider war es mir nicht gegönnt, die Frage nach der Flußnatur des großen Rumin bisher weiter zu verfolgen, da die Ruminquellen außerhalb der in den letzten Jahren für die geologische Aufnahme zunächst in Betracht gekommenen Gebiete lagen und auch zu abseits gelegen sind, als daß ich sie zum Zwecke wiederholter Temperaturmessung eigens hätte besuchen können. Von besonderer Bedeutung wäre für die Lösung der beregten Frage die Vornahme von Färbeversuchen (eventuell auch die Versenkung signierter Holzstücke), sie könnte — was die Thermometrie wohl nicht vermöchte — auch zur Feststellung bestimmter Schlucklöcher des Livanjsko Polje als Eintrittsporten des Veliki Rumin führen. Die von mir gemessenen Temperaturen waren:

Quelle östlich von Musterić . . . . .	8·86
Quelle hinter Lovrić . . . . .	9·00
Veliki Rumin . . . . .	13·02
Mali Rumin . . . . .	9·46
Rechtsseitige Nebenquelle des letzteren . . . . .	9·76

In der schmalen Talrinne, welche die Verbindung der Ebene von Karakašica mit dem Sinjsko polje vermittelt, bricht an der östlichen Talwand die große Karstquelle Kozinac hervor. Nahe unterhalb der Brücke, die bei Han über den Cetinafluß führt, ergießt sich in denselben links ein breiter Wasserlauf, der kurz vor seiner Mündung auf vielbogiger Steinbrücke von der nach Otok führenden Straße übersetzt wird. Gleich hinter dieser Brücke sieht man den Wasserlauf aus einer Felsschlucht kommen, vor deren Eingang sich eine Mühle legt. Dringt man in die Schlucht vor, so gewahrt man alsbald schon in deren Mitte den Ursprung des Flußlaufes. Besonders reiche Zufuhr empfängt derselbe von der rechtsseitigen Schluchtwand, wo an einer Reihe dicht nebeneinander liegender Stellen aus den den Fuß der Wand besäumenden Felstrümmern Quelladern zutage treten. Von dem Ursprung in der Mitte zieht sich ein mit moosbedeckten Blöcken übersätes schlammgefülltes Rinnsal einige Dutzend Meter weit einwärts bis zum felsumrahmten Fond der Schlucht. Die den Höchststand des Kluftwassers bezeichnende Moosgrenze auf den Felsen lag gegen Ende des Frühlings 2 m. über dem Wasserspiegel, ein Zeichen, daß der Kozinac großen Schwankungen unterliegt und in der Trockenzeit wohl sehr zusammenschrumpft. Gleich hinter der genannten Brücke fließt dem eben beschriebenen breiten Quellbach links ein schmalerer Bach

zu, der sonst am geröllerfüllten Boden einer Gehängenische austritt, und bei großer Wasserfülle seinen Ursprung bis zu einer diese Nische hinten schließenden Felsbarre zurückverlegen kann. Längs der Uferstrecke zwischen den beiden Bächen tritt auch noch an mehreren Stellen Wasser aus. Es befindet sich da auch ein aufsteigendes Quellchen.

Die Schlucht des Kozinac ist in Rudistenkalk eingeschnitten, über welchem rechts dünnbankige neogene Breccien transgredieren, links junge Schuttbreccien und neogene Mergelkalke diskordant aufliegen. Bis Han reichen aber auch auf der rechten Seite des Quellbaches mergelige Kalke. Das Verfläichen der jungtertiären Schichten ist beiderseits der Schlucht ein sanft gegen WSW gerichtetes. Die von mir am 22. Juni 1911 erhobenen Quelltemperaturen waren:

Hauptquelle . . . . .	9·00
Vier auf der Ostseite der Schlucht unter Felsblöcken nebeneinander austretende Quellen . . . . .	8·84—8·86
Quelle hinter der Mühle aus Felsspalten kommend . . . . .	8·90
Quellen vor der Schlucht:	
Quelle unter Ulmenbäumen . . . . .	8·86
Quelle unter schwach geneigter Kalkmergelbank aufsprudelnd . . . . .	8·82
Quelle neben der vorigen . . . . .	8·96
Quellen unter geneigten Mergelbänken entspringend . . . . .	8·88—8·90

Bei einer am 16. April 1906 erfolgten Messung zeigten die verschiedenen Ausläufe des Kozinac Temperaturen zwischen 8·76° und 9·80°. Die aperiodischen Wärmeschwankungen sind bei den Karstquellen groß genug, um die Unstimmigkeit zu begründen, daß eine Frühlingmessung der Temperatur einen etwas höheren Wert ergibt als eine Frühsommersmessung in einem anderen Jahre.

Die durchschnittliche Abflußmenge des Kozinac bei Niederwasser ist den Erhebungen des Hydrographischen Zentralbureaus zufolge 600 Sekundenliter, das voraussichtliche Minimum seiner Wassermenge in sehr trockenen Sommern 500 *sl.* Der Kozinac ist in letzter Zeit zur Wasserversorgung von Sinj herangezogen worden, da die bisher aus dem Neogen der Ortsumgebung gewonnenen Wasservorräte nicht mehr ausreichend waren.

Rechterseits empfängt die Cetina nach ihrem Eintritte in die Ebene von Karakašica zwei Bachrinnale, die hauptsächlich als Abzugswege für oberflächliche Entwässerung dienen und bei längerem Ausbleiben von Niederschlägen trocken liegen. Das nördlicher gelegene Rinnsal, die Banović Draga, entwickelt sich aus mehreren Wurzelgräben im Dolomitgebiete am Osthange des Orlove stiene, das südlicher gelegene, die Vukov Draga, in den Jurakalken der Umgebung Zelovo's. Die unteren Stücke beider Bachgerinne sind in die Neogenschichten

der Gegend von Ervace eingeschnitten. Die Wasserrisse im Neogengelände zwischen beiden Bächen vereinigen sich zu einer Abzugsrinne, welche bei Bosnjak in die Vukov Draga mündet. Etwas unterhalb dieser Stelle tritt aus den flach talwärts fallenden Mergelkalken die Quelle Zdralovac hervor.

Die nähere Umgebung von Ervace wird durch zwei Quelläste des Baches Vojskova entwässert, welcher sich kurz vor der Einmündung der Karakašica in die Cetina in erstere ergießt. Der stärkere dieser beiden Aeste kommt aus einem südlich vom Kirchenhügel von Ervace gelegenen schönen felsumrahmten Quellteiche, dessen Wasser von solcher Klarheit ist, daß man jedes Steinchen an seinem Grunde erkennen kann. Diese prächtige Quelle, welche bei einer Junimessung 10·50° aufwies, dient zur Versorgung der zerstreuten Hütten von Ervace mit Trinkwasser, ihr Ablauf, welcher gleich unterhalb des Quellteiches über eine mit Kalktuff überzogene Barre stürzt, liefert fünf kleinen Mühlen die für sie nötige Wasserkraft. Der schwächere Ast der Vojskova entwickelt sich aus den Sickerwässern in der mit Eluvien des Neogens erfüllten Mulde zwischen den Hügeln von Ervace und dem Ostfuße der Plisevica. Das Wasser tritt aber erst am unteren Muldenende in der Zužmoquelle an den Tag. Es durchfließt dann den feuchten Wiesenboden zwischen dem Hügelzuge von Ervace und den Vorhöhen des Vucjak und nimmt hierbei noch mehrere Quellen auf. Drei stärkere entspringen am linken Ufer des Quellbaches in einer Felsnische des Rifles von Kreidekalk, welcher am Südfuße des Ervacer Hügelzuges aus dem Neogen hervorschaut. Schwache Wässer kommen auf derselben Uferseite weiter talauswärts aus Rasenboden hervor.

Westwärts von den Ursprüngen des Zužmobaches trifft man eine schöne Quelle in dem Graben bei Pletikosić, der sich zur Mulde zwischen der Plisevica und ihrem Vorberge Vucjak hinaufzieht. Sie entspringt aus moosbedeckten Trümmern nahe oberhalb jener Stelle, wo der Graben aus dem oberen Kreidekalke in die diesem diskordant aufruhenden jungtertiären Schichten übertritt. Letztere sind hier als klüftige gelbe Mergelkalke mit tonigen und sandigen Zwischenlagen, die *Ceratophyllum Sinjanum* führen, entwickelt. Man hat es hier mit einer Rückstauquelle zu tun, die von den früher beschriebenen ähnlichen Quellen bei Lućane insofern abweicht, als hier die Grenze zwischen Grundgebirge und Neogen nicht einer Verwerfung, sondern einer Transgression entspricht. Unter den Quellchen des Neogengebietes, welches sich an den Ostabfall des Berges Vucjak anlehnt und zwischen dem Zužmobeche und der Sutina ausdehnt, ist die Quelle Prvan zu erwähnen.

Bald nach seinem Austritte in die Ebene nimmt der Sutina-bach rechts die Vereinigung jener Wasserfäden auf, die in den vielverzweigten, in das Hügelland von Sinj von Norden her eingreifenden Gräben zur Entwicklung kommen. Die Zusammensetzung der quartären Hülle dieses Gebietes aus Verwitterungslehm triadischer Schiefer, kalkreichem Schlamm neogener Schichten, Roterde, Sand, Bachschotter und Gebirgsschutt, die infolge wiederholter Umschwemmung schichtungslos durcheinandergemengt erscheinen, so daß das Diluvium hier manchmal einer Grundmoräne ähnlich sieht, ist zwar einer Bildung

größerer Quellen abhold, aber stellenweise doch zur Sammlung von Sickerwässern führend. Hierzu kommen schwache Wasseraustritte an solchen Stellen, wo schuttreiches, etwas durchlässiges Diluvium auf sonigen Werfener Schichten ruht, wogegen in den letzten Verzweigungen der Gräben, wo die Tonschiefer einer quartären Decke fast entbehren, nur die Bedingungen für oberflächlichen Abfluß der Niederschläge gegeben sind.

Im Hintergrunde der Talbucht, welche zwischen das Hügelland südlich der Sutina und den weit gegen Nord vortretenden Nordrücken des Berges Susnevac eingreift, entspringt in einer von steilen Höhen umrahmten buschreichen Nische die Bukvaquelle. Zu ihrer Linken erheben sich steile, von kleinen Schratten zerfurchte Schrofen von Gipsmergel, zur Rechten stehen sanft gegen SO fallende buntgebänderte, tonige und sandige Ceratophyllum-Schichten an, indes die Rückwand der Felsnische von den weißen muschlig brechenden und den gelblichen dickbankigen Mergelkalken im Hangenden dieser Schichten aufgebaut wird. Von der Bukvaquelle, welche in einer wohlummauerten Brunnstube mit zwei Ausläufen und vorgebautem Steintroge gefaßt ist und den Bewohnern der zerstreuten Hütten von Karakašica zur Wasserversorgung dient, liegen mir — wie von den anderen größeren Quellen der Umgebung Sinjs — fünf eigene Temperaturmessungen vor, die im folgenden mitgeteilt seien:

8. November 1904 . . . . .	11·55
16. April 1905 . . . . .	11·34
15. April 1906 . . . . .	11·40
13. Juni 1907 . . . . .	11·63
14. Mai 1909 . . . . .	11·51.

Die aus diesen Werten zu folgernde geringe periodische und aperiodische Schwankung weist auf ein weit in das Berginnere hineinreichendes Wurzelgeflecht hin.

Außer den bisher besprochenen Quellen, welche sich auf die Ränder der Ebene von Karakašica verteilen, treten auch in deren Innerem einige Quellen auf. Die Spezialkarte verzeichnet zwei Quellen in den feuchten Wiesen unterhalb Ervace, den Slano Vrelo südlich vom Hügel von Krin, an dessen Westseite zwei von Sumpf umgebene Teiche liegen, und die Quelle Glibuša in der Ebene nordöstlich vom Susnevac. Es handelt sich hier um Grundwasserquellen, nur beim Slano Vrelo (Gipsquelle) weist der Name auf eine Herkunft aus dem dyadischen Untergrunde hin.

### Die Quellen auf der Westseite des Sinjsko polje.

Die im Bereich des Sinjsko polje der Cetina rechts zufließenden Wasser entspringen teils am Westrande dieser Ebene, teils im Sinjaner Hügellande. Im letzteren treten Quellen hauptsächlich innerhalb der jungtertiären Schichten auf, die sich um den bis in die oberste Dyas reichenden Aufbruchskern herumlegen. Während im Süden auch in morphologischer Hinsicht eine Anlagerung des Neogen-

saumes an die Rauhdecken und Gipse Platz greift, bildet dieser Saum im Norden orographisch selbständige Gesteinszüge. Es schiebt sich hier von Osten her das Alluvialgebiet der Cetina zwischen die Kern- und Hüllschichten des Sinjaner Hügellandes ein. So kommt es, daß hier die Wasserscheide zwischen den Ebenen von Karakašica und Sinj erst über den nördlichen Randwall des Hügellandes verläuft.

Im innersten Teile der vorgenannten alluvialen Bucht befinden sich zwei bemerkenswerte Quellen. Die eine entspringt im unteren Teile des Südhanges des vom Berge Susnevac gegen Ost abgehenden Rückens. Dieser Rücken besteht aus einer mäßig steil gegen N einfallenden Schichtmasse, welche die unteren und mittleren Stufen des Sinjaner Neogens umfaßt, so daß an seinem Südfuße Ceratophyllumschichten, an seinem Nordrande Cyperitesschichten anstehen und der First des Rückens von den dickbankigen gelbgrauen Hohlkehlenmergeln gebildet wird. Die besagte Quelle tritt in den obersten Lagen der von sandigen Bänken durchzogenen Bändermergel aus, noch etwas unterhalb der Zone des lichtgrauen, scherbzig zerfallenden Mergels, welcher das Liegende der Hohlkehlenmergel bildet. Der Struktur nach liegt eine Ueberfallquelle vor; die Hangendschichten des Quellortes zählen aber nicht zu jenen Gesteinen, denen man ein größeres Maß von Durchlässigkeit zuschreiben könnte. Sie zeigen auch mehr die Formen des Geländes mit oberflächlichem Abflusse. Man reicht so hier mit einer schematischen Betrachtung des Quellenphänomens nicht aus und muß die Möglichkeit des Bestehens von Klüften in den scherbzig zerfallenden Mergeln sowie ganz allgemein einen Ueberschuß der Wasserzufuhr gegenüber den Abfuhrmöglichkeiten annehmen, ohne damit die Vorstellung von einer größeren lithologischen Verschiedenheit der Schichten ober- und unterhalb der Quelle zu verbinden.

Die andere Quelle entspringt südwestlich von der vorigen auf der Ostseite des kleinen Hügels, welcher sich zwischen dem Susnevac und dem großen Hügel Sibenica einschleibt. Jener kleine Hügel besteht aus sanft gegen N einfallenden, mit sandigen Ceratophyllumschichten wechselnden Bändermergeln, über welche sich — den Hügel krönend — eine Lage von neogenen Breccien breitet. Hier muß man wohl annehmen, daß die der Schichtneigung entsprechend gegen N abfließenden Wasser durch ein Hindernis, eine Kluft oder kleine Störung, gezwungen werden, senkrecht zur Fallrichtung der Schichten auszufließen. Beide Quellen sind in wohlummauerte, mit Auslaufrohren versehene Brunnstuben gefaßt und versorgen die Bewohner der Hütten von Glavice (Poljak, Jadrijević, Masnić) mit Trink- und Nutzwasser.

Ueber die Temperatur beider Quellen liegen mir fünf eigene Messungen vor, die hier angeführt seien:

	Quelle westlich von Solto	Quelle bei Poljak
5. November 1904 . . . .	13·58	12·81
16. April 1905 . . . .	11·90	12·66
16. April 1906 . . . .	11·92	12·74
13. Juni 1907 . . . .	12·21	12·64
14. Mai 1909 . . . .	11·80	12·40.

Diese Messungen gestatten es, über die Jahresschwankung und die aperiodischen Schwankungen der Wasserwärme einen Ueberblick zu gewinnen. Die Quelle bei Poljak ist, wie man sieht, von ziemlich großer thermischer Beständigkeit.

Geringfügige Quellbildungen trifft man am Südsaume des in die Cetinaebene vortretenden Teiles des Sinjaner Hügellandes. Unterhalb Cović findet sich an der nach Livno führenden Straße ein Bunar und an der Abzweigung der längs des Nordrandes der Ebene nach Modrić leitenden Seitenstraße ein gemauerter Brunnen, aus dessen Auslaufrohr ich aber oft kein Wasser fließen sah. Bei der Quellenmessung um die Frühlingsmitte 1905 zeigte dieser Brunnen 10·54°, war also um eineinhalb bis zwei Grade kälter als die vorgenannten Quellen, was auf ein weniger tief liegendes Nährgebiet hinweist. In der großen vielverzweigten Rinne, welche sich im Norden des Nebesa-hügels entwickelt und gleich östlich von Sinj in die Ebene mündet, treten aus den von stark lehmigen Lagen durchzogenen Schuttmassen, welche das Grundgebirge umhüllen, mehrorts schwache Rieselwässer aus. Eines derselben zeigte im November, als die anderen Quellen der Umgebung von Sinj Temperaturen zwischen 12·5 und 13·7 aufwiesen, nur 10·2, was einen oberflächlichen Ursprung anzeigt.

In der nächsten Umgebung von Sinj finden sich zwei Quellen, die im Schutte über undurchlässiger Unterlage sich sammelndes Wasser an den Tag bringen. Die eine liegt in der flachen Mulde zwischen dem Sinjaner Festungshügel und der Nebesa, die andere auf der Westseite des Sattels, welcher hinter dem Castellhügel aus jener Mulde in das Gorucicatal hinüberführt. Auch diese beiden Quellen wurden von mir wiederholt gemessen. Die abgelesenen Temperaturen waren :

	Quelle in der Mulde	Quelle am Sattel
10. November 1904 . . . . .	12·56	13·68
16. April 1905 . . . . .	12·30	—
15. April 1906 . . . . .	12·30	12·06
14. Juni 1906 . . . . .	13·34	13·60
13. Juni 1907 . . . . .	12·36	12·44
14. Mai 1909 . . . . .	12·08	11·62.

Die Quelle in der Mulde wies geringere Wärmewechsel auf; es liegt nahe, anzunehmen, daß sie aus tieferen Schichten gespeist wird als die Quelle am Sattel. Am Südhang der Nebesa, wo alle im Talkessel von Lučane unterscheidbaren Stufen des Neogens vertreten sind, entwickeln sich auch mehrere kleine Quellen. Erwähnenswert erscheinen die Quelle Stuparuša, mit deren Namen der Tertiärgeologe die Erinnerung an einen der von Brusina bekannt gemachten Fundorte von Neogenconchylien in der Gegend von Sinj verbindet, und das Quellchen ober Pavić, dessen Abwasser neben der Mućer Straße über eine mit Tuffkrusten überzogene Felsstufe stürzt.

Die Wasser führenden Runste in den Neogenschichten am Südhang der Nebesa ziehen sich zum Rinnsale der Gorucica hinab. Dieses Bachrinnsal läuft durch das Tälchen, welches zwischen der

Nebesa und der vor dem Nordfuß der Visoka befindlichen Terrasse liegt und unterhalb der Ortschaft Sinj in die Cetinaebene mündet. Im Fond des kurzen Tälchens erreicht man den Ursprung des Gorucibaches. Man sieht ein von Blockwerk umgebenes Quellbecken, in welchem ein Aufsteigen des Wassers vom Grunde aus stattfindet. Die Wassermenge ist sehr großen Schwankungen unterworfen. In der nassen Jahreszeit zeigt sich das Becken überfüllt und ist der Wasseranstieg deutlich wahrzunehmen. Zu Beginn des Sommers steht der Quellspegel schon merklich tiefer, so daß viele vordem überflutete und nun mit vertrockneten Moosrasen überzogene Steine hervorragen. Der Wasserspiegel erscheint dann auch ganz ruhig. Nach lang andauernder Trockenzeit kann die Quelle ganz versiegen. Das Bachrinnsal setzt sich neben dem Quellbecken noch eine Strecke weit taleinwärts fort. Hier handelt es sich um einen nur nach Perioden starker Niederschläge benützten Abzugsweg mit verschiebbarer Austrittsstelle des Kluftwassers.

Der Ursprung der Gorucica liegt in mitteiocänen Breccien, welche auch den steilen Südhang des von ihr durchflossenen Tälchens aufbauen. Am Nordgehänge sieht man zunächst Schutt, dann neogene Mergel und deren Verwitterungslehme. Von dieser Seite her empfängt der Bach — wie schon erwähnt — mehrere schwache Zuflüsse, die sich in dem das undurchlässige Tertiär bedeckenden Schutte sammeln. An der Talmündung legen sich auch vor die Breccien am Südgehänge neogene Mergel. Aus dieser Gegend fließt der Gorucica der Zupica potok zu. Dieser führt jedoch nicht Oberflächenwasser, sondern Kluftwasser. Sein in diese Mergel eingeschnittenes Bachbett löst sich nicht in deren Bereiche in Zweige auf, sondern zieht sich bis zu jener Stelle hin, wo die Mergel an die Breccienkalke stoßen.

Als Einzugsgebiet der Gorucica kommen zunächst die Nordseite der Visoka, die Ostseite der Visosnica und der Rücken Grabovac in Betracht. Dieses Terrain besteht zum größten Teile aus eocänen Breccien. Im Bereiche der Visoka tritt unter ihnen streckenweise Alveolinenkalk, am Grabovac als ihr Untergrund Rudistenkalk zutage. Westwärts von dieser Region schneidet das Tal der Sutina tief ein. Die Sohle desselben liegt einige Dutzend Meter höher als der Ursprung der Gorucica, so daß hinsichtlich der Niveauverhältnisse kein Hindernis bestünde, daß von der Sutina Wasser gegen die Gorucica zu abströme und die Möglichkeit dieses Vorganges davon abhängt, ob keine undurchlässige Gesteinsbarre vorhanden ist. Die steilen Südhänge der Sutin Schlucht bestehen zunächst aus Werfener Schiefen, sodann aus Triasdolomit, dann wieder aus Werfener Schiefen, hierauf eine Strecke weit aus Kalkgesteinen und weiter talabwärts aus neogenen Mergeln. Wenn die Sutina Wasserverluste gegen die Gorucica zu erleiden sollte, so müßte dies auf jener Strecke geschehen, wo die Südwand ihrer Talschlucht aus Kalk besteht. Sie kommt dort allerdings dem Ursprunge der Gorucica am nächsten. Die Entfernung beträgt in der Luftlinie etwa 2800 m. Ob die Sutina hier in der Tat Wasser verliert, läßt sich aus ihrem Anblicke deshalb nicht erkennen, weil sie gleich weiter abwärts in das Mergelgebiet eintritt, hier Oberflächenwasser aufnimmt und es nun schwer abzu-

schätzen wäre, ob ihre folgende Wasserführung diesem Zuwachse nicht entsprechend sei.

Die von mir an der Gorucicaquelle erhobenen Temperaturen waren:

15. April 1906 . . . . .	11·96
14. Juni 1906 . . . . .	12·50
14. Mai 1909 . . . . .	11·60.

Der Gorucicabach verliert sich in den Sumpfwiesen östlich von Sinj ohne bis an das rechte Ufer der Cetina zu gelangen.

Südwärts von der Gorucica zieht sich längs der Westseite des Sinjsko polje eine alte Talterrasse hin, an deren Aufbau hauptsächlich Rudistenkalk, daneben auch eocäne Kalke und Breccien Anteil nehmen. Nur in einer Gegend, westlich von Košute, scheint ein räumlich wenig ausgedehntes Vorkommen mergeliger Schichten vorhanden zu sein. Den Abfall der Terrasse gegen das Polje besäumen neogene Schichten, die im Norden von quartärem Schutte, im Süden von quartären Sanden und im mittleren Teile des Gebietes von eigenem Verwitterungslehm bedeckt sind. Die hydrographischen Befunde an der Oberfläche sind so nicht sehr zahlreich. Auf einem sehr beschränkten Teile der Terrasse finden sich Quellbildungen, deren Abwasser durch eine den Terrassenrand durchschneidende Schlucht in die Cetinaebene abfließt. Von den auf der ganzen übrigen Terrasse einsinkenden Niederschlägen quillt ein nur sehr geringer Teil an einer Stelle, wo die Schutt- und Neogenvorlage niedrig bleibt, am Fuße des Terrassenabfalles hervor. Die weit überwiegende Menge dieser Niederschläge tritt nicht mehr zutage. Diese Wässer finden wohl zu meist tiefe Abflußwege gegen Süden; insoweit sie aber den Neogenwall auf der Ostseite der Terrasse überwinden können — und beim Fehlen eines allgemeinen Zusammenhanges der Kluftnetze ist diese Möglichkeit gegeben — gelangen sie unter dem diesen Wall bedeckenden Schutte zum Grundwasser der Cetinaebene. Das auf die Schuttvorlage der Terrasse fallende Regenwasser sinkt größtenteils bis auf die neogene Unterlage ein und tritt dann auch ohne wieder in Quellen an den Tag zu kommen, mit dem tiefen Grundwasser der Ebene in Verbindung.

Dem Nordabschnitte des Terrassenrandes liegt ein von Neogenmergeln umsäumter Hügel aus Rudistenkalk vor. Am Ostfuße dieses Hügels befindet sich der Bunar Mielačka, welcher Grundwasser der Cetinaebene enthält. Weiter südwärts, jenseits des Gehöftes von Talaja, überquert die Straße nach Trilj ein Rinnsal, welches sich durch das zur Rechten ausgebreitete Kulturland bis an den Fuß des westlichen Steilrandes des Poljes verfolgen läßt und dort zwischen von Gesträuch überwucherten Felsblöcken beginnt. Es ist dies die vorhin erwähnte Austrittsstelle von Kluftwasser, die einzige am Westrande des Sinjsko polje südlich von den Quellen des Zupica- und Gorucicabaches. Es handelt sich hier aber um ein nur bei sehr hohem Wasserstande benütztes Ausfallstor. An einem der ersten Maitage des Jahres 1909, als nach vorausgegangenem starkem Regen die Gorucica groß und schmutzig braun daherkam und auch die erwähnte, den

Terrassenrand querende Schlucht von einem Sturzbächlein durchrauscht war, blieb das Rinnsal bei Talaja noch trocken.

Unter mittleren Verhältnissen ist auch jene Schlucht und das von ihrer Mündung sich bis in die Niederung der Cetina fortsetzende Rinnsal, die Lučica, ganz ohne Wasser. Jene Schlucht erweitert sich nach oben hin zu einem Graben, der in eine in die Randzone der Terrasse eingetiefte Mulde übergeht. Die Bildung dieser Hohlformen erscheint durch Störungen bedingt, mit denen auch das Auftreten eocäner Schichten innerhalb des Kreidekalkes in Beziehung steht. Im Bereiche des (orographischen) Grabens sind zwei gegeneinander geneigte Schollen von oberem Nummulitenkalk erkennbar, doch so, daß das Rinnsal im Graben noch in den Westflügel der Syncline fällt. Die (orographische) Mulde könnte aber durch Senkungen bedingt sein, durch welche hier mergelige Eocänschichten erhalten blieben. An der Oberfläche ist von solchen Schichten allerdings nichts sichtbar; die Ausfüllung der Mulde besteht aus lehmigem Quartärsand, wie er bei Košute vor dem Terrassenrande abgelagert ist. Falls aber jene Mulde nur durch Auswaschung im Alveolinenkalk, welcher zu ihren beiden Seiten ansteht, erzeugt wäre, müßte man ihrer quartären Ausfüllung wasserhaltende Eigenschaften zuschreiben, um den Bestand der in ihr gelegenen Quellchen zu begründen. Es handelt sich hier allerdings auch nur um schwache Wasseraustritte. Bei meinem aufnahmogeologischen Besuche der Gegend zu Ende März 1906 zeigte sich da, wo auf der Spezialkarte in der Mitte der Mulde eine Quelle angegeben ist, nachstehender Befund: In einem durch Mauerwerk hinten abgeschlossenen Wiesenboden eine langgestreckte Quellacke, die sich in ein mit Algen erfülltes Tümpelchen fortsetzt. Neben demselben unterhalb einer niedrigen Böschung ein tiefes und klares Quellbecken, das durch am Fuße der Böschung austretendes Wasser gespeist wird. Seitlich davon noch ein Becken mit klarem Wasser ohne sichtbarem Zu- und Abfluß. Aus dem Algentümpel entwickelt sich dann das Rinnsal, welches den schon beschriebenen Weg in die Cetinaebene nimmt.

Als ich dieselbe Gegend anläßlich der Aufsuchung tektonischer Relationen des starken Erdbebens vom 2. Juli 1898 gegen Ende Juli jenes Jahres durchstreifte, war an der besagten Oertlichkeit auch noch Wasser zu sehen, doch fehlen mir die nötigen Notizen und Erinnerungen, um einen Vergleich mit dem obigen Befunde anzustellen.

Die Quelle Pistetak der Spezialkarte, links von der Stelle, wo sich die Quellenmulde in den zur Schlucht hinableitenden Graben verengt, ist eine Lokva, unterhalb welcher in einer kleinen Wiesenmulde Wasser zutage tritt. Der Untergrund wird hier von Nummuliten- und Alveolinenkalk gebildet. Diese Quelle soll nach dem erwähnten heftigen Erdbeben eine Verminderung ihrer Wassermenge gezeigt haben, gleichwie der 1300 m südsüdwestlich von ihr gelegene Bunar Pistak bei Bučanj, von welchem erzählt wurde, daß er vor dem Beben gefüllt gewesen sei und nach demselben im Laufe weniger Tage den größten Teil seines Wassers verloren habe, wogegen umgekehrt von der Ostseite des Sinjsko Polje Berichte über ein nach dem Erdbeben eingetretenes reichliches Fließen der sonst im Juli schon schwachen

Quellen und über das Entstehen einer neuen Quelle bei Jabuka vorlagen.

Im Rinnsale der Lučica tritt wie in jenem der Korito draga der Fall ein, daß das Abwasser von Quellen des Talgrundes infolge von Uebertritt auf durchlässigen Boden wieder versitzt. Wenn die Schlucht der Lučica nach heftigen Regengüssen Wasser führt, so dürfte dieses aber nicht bloß aus der Quellenmulde, sondern zum Teil auch aus tieferen Klüften der Umgebung stammen. Die Lučica wäre dann neben dem Rinnsale bei Talaja, dem Zupica- und Goručicabache ein vierter Abzugsweg von Kluftwasser auf der Westseite des Sinjsko polje. Sind die auf diesen Wegen austretenden Wassermengen auch ganz verschwindend klein gegenüber jenen, welche auf der Ostseite dieses Poljes hervorbrechen, so bieten diese Wasserwege auf der westlichen Poljenseite doch überhaupt schon durch ihr Vorhandensein ein Interesse. Sie bringen den hydrographischen Gegensatz zwischen dem Sinjsko polje und dem durch die Prologkette von ihm getrennten Livanjsko polje und Busko Blato zum Ausdrucke. Die letzteren beiden Karstwannen, welche eines oberflächlichen Abflusses entbehren, sind an ihren Südwestseiten von Ponoren begleitet. Der in die nördliche Fortsetzung des Busko Blato, das Bielo polje bei Podgradina von Westen her einmündende Ozren potok verdankt einer Einfaltung undurchlässiger Schichten in das Kalkgebirge seine Entstehung, ist aber kein Kluftwasserauslauf.

Im Sinjsko polje ist aber entsprechend dem Bestande eines oberflächlichen Abflußweges doch auch die Gesamttendenz der unterirdischen Wasserbewegung mehr nach der Verlaufsrichtung dieses Weges, das ist nach Süden hin gewendet. Nach der Grundschen Hypothese wäre eine gleichsinnige Abdachung des Karstwasserspiegels vom Sinjsko polje zum Golfe von Castelli wegen der Dolomitbarre von Dizmo auszuschließen und ein schwaches Ansteigen dieses Spiegels vom Westrande der Cetinaebene bis etwa unter den Rücken der Cemernica anzunehmen. Zwischen dem Livanjsko polje und dem Cetinatale würde dagegen nach Grunds Ansichten ein kontinuierliches Absinken des Karstwasserspiegels deshalb möglich sein, weil die im Innern der Viesca gora und Prolog planina durchstreichenden Dolomitsattel das orographische Streichen queren. Die Cetina bleibt im Sinjsko polje das ganze Jahr hindurch ein oberirdisches Gewässer, wenn auch ihr Wasserstand gegen Schluß der sommerlichen Trockenperiode sehr niedrig wird. Vom Spätherbst bis zum Frühling ist das Sinjsko polje zum großen Teil überschwemmt; der Spiegel des Grundwassers reicht dann fast bis gegen die erhöhten Ränder des Polje hinan. Die Cetina fließt hier durch Alluvialgebilde, die — soweit sie nicht aus Lehm bestehen — einen großen Grad von Durchlässigkeit besitzen. Die Unterlage dieser Schichten ist aber wahrscheinlich teilweise undurchlässiger Boden. Das Zutagetreten neogener Schichten ringsum an den Rändern des Sinjsko polje läßt erwarten, daß dieselben auch den Untergrund der Alluvialausfüllung der zentralen Poljenteile bilden. Diese Schichten sind zum Teil ziemlich undurchlässige Kalkmergel, zum Teil klüftige Süßwasserkalke, die das Wasser nur unvollkommen zurückhalten. Die Unterlage des Neogens im Sinjsko polje sind ver-

mutlich Triasschichten. Ein Teil derselben, die tonigen Werfener Schiefer, zählen zu den undurchlässigsten Gesteinen unseres Gebietes. Andere Bestandteile des triadischen Grundgebirges sind aber jedenfalls imstande, in Kluftsystemen Wasser aufzunehmen. Zudem dürfte der Untergrund des Neogens im Sinjsko polje stark gestört sein und viele Kontinuitätstrennungen aufweisen. Es wird daher auch unter dem Neogen im Sinjsko polje Grundwasser existieren, das mit den Wässern in den Kluftsystemen der Kalkberge, die das Polje umgeben, in Verbindung steht. Daß eine scharfe durchgreifende Trennung der beiden Grundwasserbehälter statthabe, ist wegen der erwähnten Beschaffenheit eines Teiles der Neogenschichten nicht vorzusetzen.

### Die Quellen in der Mulde von Gljev und in der oberen Korito Draga.

Das Tal der oberen Cetina wird beiderseits von Felsterrassen begleitet, die als stehengebliebene Zeugen eines früheren höheren Talbodens zu betrachten sind. Diese Terrassen setzen über Sättel und Muldenzonen hinweg; Härteunterschiede der Gesteine und spätere Scholleneinbrüche haben aber Unebenheiten der alten Talbodenreste hervorgebracht. Durch tektonische Vorgänge ist zum Beispiel auf der Ostseite der oberen Cetina die kleine Einsenkung von Zasiok, durch Auswaschung die flache Schale von Bitelić entstanden. Ostwärts von der Talenge von Han ist in der dort sehr breiten linksseitigen Talterrasse eine flache Vertiefung von sehr unregelmäßiger Form vorhanden. Sie wird von Kreidekalken umrahmt und von Konglomeraten und Mergelschiefern der Prominaschichten erfüllt und stellt sich als eine durch Schollensenkung und Auswaschung erzeugte seichte Hohlform dar. Ueber die Mergel und deren Verwitterungslehme breiten sich Schuttmassen, die aus den Gräben der im Osten aufsteigenden Vorhöhen des Prologgebirges stammen. Unter diesen Verhältnissen kommt es in der flachen Mulde vor Gljev zum Auftreten schwacher Quellen an solchen Orten, wo die in den lockeren Deckschichten über undurchlässigem Grunde sich ansammelnden Wässer die Bodenoberfläche erreichen. Diese Wasseraustritte sind auf verschiedene Stellen der Mulde verteilt, die in ihrem Umrisse einem Quadrate mit zipfelförmig ausgezogenen Ecken vergleichbar ist.

Im schmalen westlichen Muldenzipfel, welcher sich weit in das Rudistenkalkplateau oberhalb Han vorschiebt, ist ein schwaches Quellchen inmitten sumpfiger Wiesen anzutreffen. Ganz im Westen sieht man hier eocäne Mergel zwischen mittelsteil gegen S einfallenden Kreidekalken eingekeilt. Die Mergel und die zunächst an sie anstoßenden kalkigen Schichten weisen Anzeichen starker Quetschung auf. Am Eingange in die gegen SW gerichtete Aussackung, in deren Fortsetzung ein zum Sinjsko polje hinabführender Graben liegt, ist ein größerer Quelltümpel vorhanden. Diese Aussackung wird durch eine zwischen Rudisten- und Chamidenkalk eingesenkte, sich gegen NO öffnende Hemizentroklinale von eocänen Konglomeraten gebildet. Die Lage des Tümpels entspricht ungefähr der tiefsten Stelle der Gegend. Im nördlichen Muldenzipfel, welcher ganz mit Verwitterungsschichten

erfüllt ist, aber durch eine aus anstehenden, gegen S und SW verflächenden Mergelschiefern bestehende Bodenwelle vom zentralen Teile der Mulde getrennt ist, befindet sich die Quelle Studenac. Das Wasser tritt hier von den Seiten und von unten in einen roh ummauerten Brunnenschacht ein und rieselt zu Zeiten mittleren Wasserstandes über den Steinkranz der Schachtöffnung ab. Die Lokva vor dem auf der Ostseite der Mulde von Gljev vorspringenden Sporne von Rudistenkalk wird von einem Quellchen gespeist, das aus einer mit Steinplatten halb überdeckten kleinen Vertiefung kommt. Die nächste Umgebung ist auch hier Ackerland; nicht weit im Westen beginnt aber die früher genannte Entblößung von Mergelschiefern, und es ist nicht zu zweifeln, daß dieselben auch bei der Lokva in geringer Tiefe anstehen. Endlich ist, noch ein temporärer Wasseraustritt zu erwähnen, welcher sich in der Südostecke der Mulde von Gljev findet. Das Wasser kommt hier neben dem Wege, der vor den Hütten von Jelendusa vorbeiführt, unterhalb eines Ackers hervor. In der Umgebung tritt an mehreren Stellen eocänes Kalkkonglomerat unter dem Schuttboden zutage.

Von hier streicht eine schmale Zone von Konglomeraten und Breccien weit in die westlichen Vorberge des Prologgebirges hinein. Sie zieht sich zunächst am Hange, welcher die Mulde von Gljev gegen Ost abschließt, empor, und folgt dann der Südseite des Hochtales zwischen dem Catrnski Humac und der Debela glavica, um schließlich im Talhintergrunde, unterhalb des steilen Felsgrates Presilo, auch auf die nördliche Talseite überzugreifen. Im Bereiche dieses Gesteinszuges verzeichnet die Spezialkarte zwei Quellen. Die eine liegt in einer gegen W offenen Felsnische linkerseits des engen Grabens, welcher vom vorgenannten Hochtale zur Mulde von Gljev hinabzieht. Man hat hier eine kleine in lehmigen Boden eingesenkte Quellacke vor sich. Es herrschen hier mehr die zu Verkarstung neigenden basalen Breccien der Prominenschichten vor. Das Schichtfallen in der Umgebung ist  $50^{\circ}$  S vers W. Einen weit erfreulicheren Anblick bietet die andere Quelle, welche sich im Hintergrunde des Hochtales befindet. Diese Quelle, die Quelle Catrnja, tritt aus sehr steil aufgerichteten bis seiger stehenden NW—SO streichenden Konglomeratbänken aus. Oberhalb der durch Schichtflächen solcher Bänke gebildeten Felsmauer, welche südwärts hinter der Quelle vorbeizieht, ist eine schmale Einlagerung von dünnschieferigem Mergelkalke sichtbar, welcher zu einer schmutziggelben Lehmerde zerfällt. Unterhalb der Quelle sieht man an der Böschung des durch das Hochtal ziehenden Rinnsales gelben und blaugrauen plastischen Lehm entblößt, welcher auch das Verwitterungsprodukt von in der Nähe durchstreichenden Mergeln sein muß. Die Catrnjaquelle bringt so Wasser an den Tag, das sich in steil gestellten klüftigen Schichten an undurchlässigen Zwischenlagen derselben aufstaut. Am Quellorte sind ein roh ummauertes Becken mit klarem Wasser, das an einer Stelle über den Beckenrand abrieselt, und ein aus Stein gemeißelter Trog zu sehen. Die Wassertemperatur am Ausflusse betrug bei einer Messung kurz vor Mitte April  $9^{\circ}0'$ , bei einer zweiten Messung kurz nach Mitte Juni  $10^{\circ}0'$ . Das Wasser am Grunde des Beckens zeigte das erstemal an verschiedenen Stellen

eine wechselnde, zwischen  $8.4^{\circ}$  und  $8.7^{\circ}$  schwankende Wärme, war also um drei bis sechs Zehntel Grade kühler als am Ausflusse, das zweitemal war es am Grunde überall gleich warm und nur um zwei Zehntel Grade kühler als an der Oberfläche.

Am Südfuße der Bergkuppe Obišenjok, an deren Westseite das Hochtal mit der Quelle Catrnja seinen Abschluß findet, liegt das kleine Polje von Blaca. Es ist ein Ueberschiebungspolje mit steiler, aus Rudistenkalk gebildeter Nordwand und sanft abdachender westlicher und südlicher Wandung aus eocänen Kalken. Den Untergrund des mit Eluvien erfüllten Inneren bilden eocäne Mergel, die beiderseits an der Ueberschiebungslinie anstehen. Es kommt hier zur Entwicklung einiger kleiner, vorwiegend der oberirdischen Wasserabfuhr dienender Gerinne, welche in einer trichterförmigen Bodensenkung verschwinden.

Vom Blaca Polje gelangt man südwärts über einen schmalen Felsriegel in die Korito Draga. Diese ist ein langgestrecktes Bachbett, welches südwärts von der Kamešnica auf der Westseite der Wasser scheidenden Höhen zwischen dem Busko Blato und dem Sinjsko polje seinen Ursprung nimmt und in das letztere Polje mündet. Die Korito Draga gliedert sich in drei morphologisch von einander abweichende Teilstücke, welche ihrem Durchtritte durch drei verschiedene Gesteinszonen entsprechen. Quer über die genannte Wasserscheide streicht ein Zug von Prominaschichten, welcher — gleichwie jener im Hochtale oberhalb Gliev — eine steile Einfaltung in Kreidekalken darstellt. Innerhalb dieses Gesteinszuges entwickelt sich die vorgenannte Draga aus mehreren, unter sehr spitzem Winkel zusammenlaufenden Aesten. Südwärts vom Blaca polje verläuft die Korito Draga vorzugsweise in cenomanem Dolomit und erscheint hier als ein schmales Tal mit steilen Hängen. Unterhalb der Hütten von Dolnje Korito tritt sie in eine breite Zone von Chamidenkalken ein. Hier verliert sie beim Verlassen der Vorhöhen des Prolog den Charakter eines Tales und wird bei ihrem Laufe quer durch die alte Talterrasse im Osten des Sinjsko polje zu einer engen, beiderseits von steilen Felsböschungen eingerahmten, schutterfüllten Rinne. Ihr Endstück quert die Neogenvorlagen dieser Terrasse; bei ihrer Mündung in die Cetinaebene streut sie einen großen flachen Muhrkegel aus.

In jener Gegend, wo die Korito Draga dem Blaca Polje am nächsten kommt, entspringt an ihrem Nordabhange eine Quelle. Der untere Teil des Abhanges besteht dort aus Kreidedolomit, dann folgt ein sanfter geneigter Geländestreifen und über diesem baut sich eine Felswand von Rudistenkalk empor. Auf dem mit abgestürzten Blöcken dieses Kalkes bestreuten Bodenstreifen zu ihren Füßen bemerkt man zwischen dem Schutte gelblichen und grünlichgrauen plastischen Lehm, vereinzelte Entblößungen von schiefrigem Knollenmergel sowie Trümmer von eocänen Kalken und Konglomeraten. Das Einfallen des Mergels und des ihm aufgeschobenen Kreidekalkes ist ein steil gegen N gerichtetes. Auf diesem schuttbestreuten Mergelboden entspringt die Quelle. Man sieht ein mit Sumpfräsern bewachsenes, teilweise von einem Steinwalle umgebenes Tümpelchen und oberhalb desselben unter einem großen würfelförmigen Kalkblocke ein kleines, von klarem Wasser erfülltes Becken. Es liegt hier einer der wenigen Fälle vor,

in welchen die Aufschiebung von Rudistenkalk auf eocäne Mergel zur Bildung einer Ueberfallquelle führt. Aber gerade hier handelt es sich um einen ganz atypischen Fall von Berührung der genannten beiden Gesteine. Es ist hier nur in einer von Querstörungen durchsetzten Schuppenregion ein kleiner Fetzen von Knollenmergel zwischen Rudistenkalk und oberem Kreidedolomit eingeklemmt, aber nicht der Mergelhorizont einer eocänen Schichtfolge von jenem Kalke überschoben.

Nicht weit talaufwärts von der eben beschriebenen Quelle findet der Zug von Prominaschichten, in welchen die Wurzeln der Korito Draga eingeschnitten sind, sein westliches Ende. Dieser Zug fällt schon fast ganz außerhalb des Spalatiner Kartenblattes; der Vorgang, solche Täler, von denen ein namhaftes Stück noch in das genannte Blatt zu liegen kommt, in ihrer Gänze zu besprechen, soll hier aber um so eher beobachtet werden, als das Wurzelstück der Korito Draga mehrere Quellen enthält, die sowohl wegen ihrer Bauart, als auch wegen ihrer hohen Lage sehr bemerkenswert erscheinen. Bei den Gornje Korito stani entspringt am nördlichen Talhange ein schöner Quell. Das Wasser tritt am Fuße einer Böschung, die aus den Schichtköpfen 30–35° gegen NNO einfallender Konglomeratbänke besteht, aus Trümmerwerk hervor und rauscht als kleines, von Buschwerk besäumtes Bächlein durch eine saftige Wiese zum Koritobache hinab. Neben der Quelle stehen zwei moosumsponnene Brunnenröge aus ausgehöhlten Eichenstämmen. Man fühlt sich beim Anblicke dieser Quelle in die Kalkalpen versetzt, aber nur für einen Augenblick, da die weitere Umgebung gleich daran erinnert, daß man sich in einem dalmatinischen Gebirgstale befindet. Nahe unterhalb der felsigen Böschung, an deren Fuß der Quell entspringt, bemerkt man an ein paar benachbarten Stellen blaugrauen Lehm und an einer Stelle Bröckeln eines ebenso gefärbten Mergels. Es scheinen also auch hier, wie bei der Quelle Catrnja, den Kalkkonglomeraten dünne Mergellagen eingeschaltet zu sein, welche bei der Quellbildung die Hauptrolle spielen dürften. Die Konglomerate an sich wären auch im Falle einer örtlich verminderten Klüftigkeit zur Erzeugung einer lange durchhaltenden Ueberfallquelle kaum befähigt. Daß diese dünnen Mergellagen — gleichwie im Hochtale der Catrnja — an der Oberfläche kaum bemerkbar sind, ist bei der starken Schuttentwicklung der konglomeratischen Schichten nicht verwunderlich. Die Temperatur der eben beschriebenen Quelle war bei einer Junimessung 10·9.

Gleich weiter ostwärts sind die Prominaschichten lithologisch mannigfaltig ausgebildet. Talaufwärts von den Gornje Korito stani zeigt sich folgendes Profil:

Dicke Bank von grobem Kalkkonglomerat.

Grünlichgrauer, feinklüftiger Mergel.

Konglomeratbank.

Bläulichgrauer, zu Lehm verwitternder Mergel.

Lichtgrauer, unvollkommen muschlig brechender Plattenmergel.

Gelblichgrauer, scharfkantig zerklüftender sandiger Kalk.

Weißlicher, muschlig brechender Mergelkalk.

Konglomeratbank.

Es ist dies eine Mannigfaltigkeit der Ausbildung, die an jene im klassischen Gebiete der Prominaschichten erinnert. Die Schichtmasse, in welche die Wurzeln der Korito Draga einschneiden, ist in mehrere kleine Falten gelegt. Dies ergibt in Verbindung mit ihrem Aufbaue aus abwechselnd durchlässigen und undurchlässigen Lagen günstige Bedingungen für die Bildung kleiner Quellen und für einen obertägigen Lauf ihrer Abwässer. Der Hauptabzugsgraben der hier vor einem Versinken in größere Tiefen bewahrt bleibenden Niederschläge geht aus der Vereinigung von vier Wurzelgräben hervor. Im nördlichen befindet sich ein Quellbrunnlein mit zwei Holztrögen. Das Wasser fließt hier vor seinem Austritte eine Strecke weit ganz oberflächlich unter Blöcken. Es zeigte bei einer Messung bald nach Mitte Juni bei den Holztrögen  $8.5^{\circ}$ , an seiner obersten Ursprungsstelle  $8.3^{\circ}$ .

Von den die vier Wurzelgräben trennenden kleinen Rücken sind die beiden äußeren sekundäre Schichtaufwölbungen, der weiter zurückliegende innere Rücken entspricht einer Schichtmulde. An seinem schmalen westlichen Ende sieht man mehrere scharf eingeknickte dicke Konglomeratbänke mit Zwischenlagen von Knollenkalk den Muldenkern formen. Die Unterlage desselben ist feinklüftiger Flyschmergel, welcher auch den Boden des Antiklinalaufbruches bildet, der dem südlich benachbarten Graben entspricht.

Vor dem Westabfalle des kleinen Synklinalrückens breitet sich ein flacher Trümmerkegel aus, dessen Material den Konglomeratbänken entstammt. Am Fuße dieses Kegels tritt an mehreren Stellen Quellwasser zutage. Das am meisten gegen Nord zu gelegene Quellchen zeigte bei meinem Besuche eine Temperatur von  $7.3^{\circ}$ , zwei mehr in der Mitte des Kegelrandes austretende Wässer  $7.8^{\circ}$  und  $8.3^{\circ}$ . Diese Temperaturdifferenzen zeigen, daß hier das Wasser nach dem Austritte aus dem Gestein noch genug lange unter dem lockeren Schutte fließt, um bei Tage und im Sommer eine merkliche Wärmesteigerung zu erfahren. Die Quelle kann so als Beispiel der Verbindung einer Schichtmuldenquelle mit einer Schuttgrundquelle gelten. Auf der Fläche des synklinalen Rückens oberhalb der Quelle breitet sich eine seichte, nach hinten geschlossene Wiesenmulde aus, welche ein gut umgrenzbares Sammelgebiet darstellt. Im südlich benachbarten Graben zeigte das oberflächliche Sickerwasser aus dem Schutte auf dem Flyschboden  $10.7^{\circ}$ . Es sei bemerkt, daß sich auch die hier gegebene Beschreibung der Quellen von Gliév und Korito auf mittlere Wasserstandsverhältnisse bezieht, wie sie in der für geologische Aufnahmen in Dalmatien am meisten geeigneten und meist benützten Jahreszeit, im Frühlinge und Frühsommer angetroffen werden.

Das Rinnsal in der Korito Draga, der Korito Potok, ist nur in seinem von Blöcken erfüllten Anfangsstücke innerhalb der Konglomeratzone in regenreichen Monaten von einem Bache durchrauscht, in seinem Mittel- und Unterlaufe liegt es meistens trocken. Man kann aber wohl annehmen, daß das Wasser der Koritoquellen nach dem Einsinken in die Kreidekalke vorwiegend Bahnen einschlägt, welche unter dem Trockenbette der Korito draga verlaufen.

Die Temperaturmessungen der Quellen des Korito potok und der Quelle Catrnja boten mir in Verbindung mit den Messungen der

Quellen am Rande der Ebene zwischen Gala und Otok das Zahlenmaterial, um für den Prolog eine vorläufige Gleichung der Abnahme der Bodentemperatur mit der Höhe für eine mittlere Exposition aufzustellen. (Meteorolog. Zeitschr. 1906.)

### Die Quellen am Ostrande des Sinjsko polje.

Längs der Ostseite des Sinjsko polje zieht sich die Terrasse, welche das obere Cetinatal linkerseits begleitet, gegen Süden weiter. Sie quert hiebei den Zug steil aufgerichteter altmesozoischer Schichten, welcher die östliche Fortsetzung des Mučer Aufbruches bildet. Auch auf dieser Strecke ist die Niveaufläche des alten Talbodens durch spätere Schollensenkungen und Auswaschungen stellenweise unterbrochen worden. Vorzugsweise durch Erosion mag wohl der untere Teil der Korito Draga entstanden sein, wogegen der Graben, welcher von der Mulde von Gliev zum Sinjsko polje hinabzieht, einer Verwerfung folgt. Als eine Hohlform, erzeugt durch Auswaschung weicher, infolge von Einbrüchen in tiefere Lage gelangter Schichten stellt sich der große Felskessel von Ruda dar. Auch die Gräben von Grab und Jabuka erscheinen als Ergebnisse eines Zusammenwirkens tektonischer und atmosphärischer Kräfte. Von Han bis in die Gegend von Otok wird der Terrassenabfall von Neogenschichten besäumt. Weiter südwärts treten die Kreide- und Jurakalke bis an den Rand der Ebene heran. Der Talkessel von Ruda ist mit eocänen Mergelschiefern erfüllt.

Unter den Quellen auf der Ostseite der Sinjaner Ebene spielen Austritte von Kluftwasser die Hauptrolle. Dem Talkessel von Ruda und dem kleineren Kessel von Grab entströmen die Abwässer mächtiger Karstquellen; das aus ihrer Vereinigung hervorgehende Gewässer ist der stärkste aller linksseitigen Zuflüsse der Cetina. Im Bereiche der Neogenschichten auf der Ostseite des Sinjsko polje finden sich keine bemerkenswerten Quellbildungen; dagegen bedingt die Aufquetschung von Werfener Schiefen in der Störungszone zwischen Jabuka und Cacvina das Auftreten einiger Quellen. In der Randzone der Ebene sind auch Grundwasseraustritte vorhanden. Zwischen Gala und Otok verzeichnet die Spezialkarte vier Quellen. Zwei derselben sind am Fuße des zwischen den genannten Orten in die Ebene vortretenden Geländespornes gelegen. Gleich neben dem Kirchlein Svi Sveti tritt das Wasser in einer Breite von fünf Metern am Fuße einer niedrigen Böschung aus Schotter aus. Die zweite, etwas weiter südwärts gelegene Quelle ist in einen roh ummauerten Steinkasten gefaßt; die dritte befindet sich am Fuße des Gehänges unterhalb der Hütten von Zivinić; auch sie ist, gleich der vorigen, dicht neben der nach Otok führenden Straße gelegen und ummauert. Die vierte Quelle entspringt in den Wiesen auf der Nordseite der weit in die Cetinaebene vortretenden flachen Bodenwelle von Otok. Die ersten drei Quellen zeigten bei einer Messung um die Frühlingsmitte (16. April) die Temperaturen: 10·22, 10·74 und 11·06°. Um Mitte Juni desselben Jahres waren ihre Temperaturen; 12·24, 12·10 und 12·12.

Ueberschreitet man die Bodenwelle von Otok und die hinter ihr gelegene Mündung der Korito draga, so kommt man zum Nordende

des Hügelrückens von Udovičić, welcher der alten Talterrasse vorliegt und im Hinblick auf seinen geologischen Bau als ein abgetrenntes und stark abgetragenes Stück derselben erscheint. Die Talfurche zwischen diesem Rücken und der Terrasse wird durch einen aus dieser letzteren vortretenden Felssporn in einen kleineren nördlichen und größeren südlichen Teil zerlegt. Der letztere öffnet sich in das vom Ruda potok vor seinem Austritte in die Ebene durchströmte Tal und wird von einem Quellbache durchflossen, der gegenüber dem genannten Sporne in einer trümmererfüllten Nische am Ostfuße des Rückens von Udovičić entspringt. Diese Quelle ist durch ihre Lage und die daraus zu folgernde Strukturform höchst bemerkenswert. Ihr Wasserreichtum — sie treibt eine Mühle — schließt es aus, als ihr Sammelgebiet nur den hinter ihr aufsteigenden Rücken zu betrachten. Sie kann aber auch kein Grundwasser der Cetina zutage bringen, da ihr Austrittsort um 10—15 m höher liegt als der Spiegel dieses Flusses und auf der ihm zugewandten Seite des genannten Rückens schwer durchlässiges Gestein ansteht. Man sieht sich so zur Annahme gedrängt, das Nährgebiet der besagten Quelle teilweise in dem östlich von der Furche des Ovarlj potok gelegenen Terrassenlande zu suchen. Die geologischen Verhältnisse sind einer solchen Annahme günstig. Der First und Osthang des nördlichen Abschnittes des Rückens von Udovičić bestehen aus Chamidenkalk. Am Westhange des Rückens steht Dolomit der tieferen Kreide an, nur gegenüber der Ovarljquelle reicht hier der Chamidenkalk am Hange weit hinab. Den Fuß desselben besäumen schuttbedeckte kalkige Kongerienschichten. Solche Schichten lehnen sich im Norden auch an den Ostfuß des Rückens, während in der Umgebung der Ovarljquelle und weiter südwärts dünnbankige, mit Konglomeratlagen wechselnde harte Kalke jungtertiären Alters die Ostseite des Rückens von Udovičić bedecken. Der wiederholt genannte Felssporn östlich gegenüber der Quelle und die nördlichen Nachbarhänge bauen sich gleichfalls aus Kongerienschichten auf, wogegen die südwärts sich anschließenden Hänge aus eocänen Mergelschiefern bestehen. Die Randzone der Talterrasse setzt sich aus eocänen Kalkbreccien zusammen; das ganze weiter ostwärts folgende Terrassenland wird von Chamidenkalk gebildet.

Die kalkigen Kongerienschichten auf der Ostflanke des Sinjsko polje sind zwar von jenen auf der westlichen und südlichen Poljen-seite durch den Mangel an Ravinenbildung und das Fehlen von Quellen unterschieden, sie wirken aber gegenüber den klüftigen Kreidekalken doch wasserstauend. Es werden darum Wasser, welche in der alten Talterrasse östlich vom Ovarlj potok hinter der Neogen-vorlage des Terrassenrandes niedersinken, nun — da ihrem Austritt in das Sinjsko polje die Dolomite auf der Westseite des Rückens von Udovičić ein Hindernis sind, am Ostfuße dieses Rückens hervorbrechen. Vielleicht entstammen die Quellwässer des Ovarlj potok zum Teil jener Wasserader, die vermutlich unter dem trockenen Bette der Korito Draga nach Westen fließt. Ueber die Temperatur der Quelle des Ovarlj potok liegen mir drei Messungen vor. Am 11. April (1906) zeigte die Quelle an fünf Stellen: Nordrand, Mitte und Südrand der Hauptquelle, kleiner Auslauf rechts davon und größerer Auslauf

rechts vom vorigen, die auffallend niedrige Temperatur von  $7.20^{\circ}$ . Es war dies an demselben Tage, als die hoch oben im Gebirge liegende Catrnjaquelle  $8.40^{\circ}$  aufwies. Fünf Tage später maß ich an der Hauptquelle  $7.92^{\circ}$ , während mehrere seitliche Ausflüsse  $8.22$  bis  $8.70$  zeigten und die verschiedenen Ausläufe des Kozinac am selben Tage Temperaturen von  $9.76^{\circ}$  und  $9.78^{\circ}$  hatten. Sowohl die Niedrigkeit der Temperatur als auch die Raschheit ihrer Aenderung in kurzer Zeit waren sehr auffällig. Am 22. Juni desselben Jahres wiesen die verschiedenen Teile der Hauptquelle und die rechtsseitigen Nebenquellen des Ovarlj potok übereinstimmend eine Temperatur von  $13.24^{\circ}$  auf. Die Quelle in der Talsohle neben der Mühle zeigte  $12.44$ , die Quellen gegenüber der Mühle am Fuße des nordöstlichen Talhanges hatten  $12.32$  und  $12.40^{\circ}$ . Der Ursprung des Ovarlj potok dürfte großen Schwankungen der Wassermenge unterliegen; leider ist mir darüber nichts bekannt geworden.

Der Ovarljbach mündet in den Rudabach genau an jener Stelle, wo dieser seine anfängliche O—W-Richtung mit der N—S-Richtung vertauscht. Die Talrinne, aus welcher der Rudabach mit gegen West gerichtetem Verlaufe kommt, führt zu einem tief drinnen im Gebirge liegenden weiten Kessel, dessen Ränder rings durch schroffe Kalkfelsen gebildet sind, von deren Fuß sich minder steile Mergelhänge bis zum Kesselgrunde hinabsenken. Kurz bevor sich dieser Kessel zu dem in das Sinjsko Polje führenden Tale einengt, geht der Ruda potok aus der Vereinigung zweier Quelladern hervor. Die kleinere derselben bricht als schäumender Wildbach dicht am Fuße der Nordwand des Kessels aus, und zwar an einer Stelle, wo der Mergelhang durchbrochen ist und schroffe Kalkfelsen und Schutthalden bis zum Kesselgrunde hinabreichen. Es lassen sich dort Verwerfungen nachweisen und offenbar bot eine mit diesen im Zusammenhange stehende stärkere Zertrümmerung des Gebirges den Anlaß für das Hervorbrechen der Wasser an jener Stelle, das dann weiter zur Zerstörung des Mergelvorbaues führte, der im Bereiche jener Bruchregion vermutlich auch Gefügelockerungen aufwies, die seine Widerstandskraft schwächten. Oberhalb der Quelle ragen Schrofen auf, die aus steil zu Tal abfallendem tieferem Kreidekalk bestehen. Oestlich von der Quelle erhebt sich eine Felsmasse aus gegen den Berg zu fallendem jüngerem Kreidekalk. Zwischen beiden sind eocäne Mergel eingequetscht und ebensolche Mergel lagern dem jüngeren Kalkklotze auch seitlich an. Diese Befunde lassen das Vorhandensein einer Längs- und Querstörung in der Gegend der nördlichen Rudaquelle klar erkennen. Das Wasser tritt hier in drei nur unvollkommen voneinander getrennten kräftigen Adern aus Blockwerk aus. Im Frühsommer lag die Austrittsstelle nur ungefähr  $0.3\ m$  unterhalb der obersten, den Hochstand anzeigenden Moosrasen, was auf eine nur mäßige jährliche Niveaushiftung schließen läßt.

Die große Quellader des Ruda potok kommt aus einer engen Schlucht, welche in die Ostwand des Felskessels eingeschnitten ist. Folgt man diesem Bache bis ins Innere der düsteren Schlucht, deren Grund er schraubendeckt durchtost, so fühlt man sich bald durch den Anblick eines überaus interessanten seltenen Naturschauspieles völlig

überrascht und festgebannt. Man gewahrt inmitten eines von steilen Felsen und Halden umschlossenen Trichters einen tiefen Quellteich, dessen dunkelgrüne Flut in heftiger Wallung begriffen ist. In rascher Folge wölbt sich bald da, bald dort der Wasserspiegel vor, rasch wieder sich abflachend und große Wellenkreise ziehend. Der Anblick gleicht ganz dem des Kochens und zum Bilde einer heißen Sprudelquelle fehlen nur die von der Wasseroberfläche aufsteigenden Dämpfe. Die Schnelligkeit, mit welcher neue Wallungen einander folgen, bevor sich noch der Wasserspiegel an den Stellen der früheren geglättet hat, und die hiedurch bedingte stetige Interferenz mehrerer Wellenringssysteme erschwert es ungemein, die Periode der Erscheinung analytisch festzustellen. Die Wallungen sind von verschiedener Stärke, bald sieht man nur von einer zuvor glatten Stelle plötzlich Wellenkreise ausgehen, bald kommt es bis zu einer kuchenförmigen, mit Schaumbildung verbundenen Aufblähung des Quellspiegels. Die Menge der hier unter leichten Pulsationen stetig aus der Tiefe empordringenden Wasserfluten ist enorm. Man ermißt dies aus der Wucht, mit der das Wasser aus dem Quellteich als breiter, reißender Bach hervorschießt. Gegen Ende langanhaltender Dürreperioden mag allerdings auch die östliche Rudaquelle einen minder imposanten Anblick darbieten. Im Frühsommer zeigte sich noch keinerlei Abnahme der Wasserfülle gegenüber dem Frühlinge. Alles Wasser kommt hier aus der Tiefe, ein seitliches Einströmen ist nicht zu bemerken. Die Randpartien des Quellspiegels scheinen ruhig, solange nicht Wellenkreise bis zu ihnen dringen.

Gleich außerhalb des brodelnden Quellteiches ergießt sich in sein tosendes Abwasser ein starker Bach, der aus moosumspunnenem Blockwerk an der Südwand der Felsschlucht wildschäumend hervorbricht. Das glitzernde Weiß dieser Schaumkaskade steht in wirkungsvollem Gegensatz zu dem dunklen Grün des Wasserspiegels in dem Felstrichter daneben. Die mittlere Ursprungshöhe dieses Seitenbaches über dem Niveau des Quellteiches mag ungefähr 12 m sein. Da in letzterem das Wasser aus der Tiefe empordringt, hat man es hier mit einer Kluftwasserströmung von großer vertikaler Gesamtmächtigkeit zu tun. Daß es sich um eine einheitliche, wenn auch in räumlich mehr oder weniger getrennten Felsskanälen stattfindende Strömung handelt, erhellt auch daraus, daß die beiden Quellen in thermischer Beziehung übereinstimmen. Zwei im Frühling und Sommer vorgenommene Messungen ergaben für den Quellteich und für die Kaskadenquelle genau dieselben Temperaturen. Es begreift sich, daß zur Bildung eines so mächtigen Wasserstromes, wie er im Rudakessel austritt, die Niederschläge, welche auf die Berge der Umgebung fallen, nicht ausreichen können. Man hat es hier wohl mit den Wassermassen zu tun, welche von den zahlreichen Ponoren auf der Westseite des Busko Blato verschluckt werden. (Ponor Proždrikosa, Sinjski Ponor, die Ponore der Ričina und Ponor stara mlinica.) Das zwischen dem Sinjsko polje und Busko Blato gelegene Gebiet ist tektonisch zwar noch nicht erforscht, doch hat es viel Wahrscheinlichkeit für sich, daß hier vorwiegend westliches und westnordwestliches Schichtstreichen herrscht, welches einen Abfluß der in dem um 400 m höheren Busko

Blato versinkenden Wasser gegen das Sinjsko polje zu begünstigen würde. Die Bezeichnung Sinjski Ponor soll wohl auch den Bestand solcher Abflußverhältnisse ausdrücken. Die Kaskadenquelle scheint eine mit erheblicher Niveauverschiebung verbundene größere Stärkeschwankung aufzuweisen. Ihre Austrittsstelle lag im Juni 2 *m* unterhalb der obersten, damals vergilbten Moospolster in der Trümmerhalde und die Wasserfülle war etwas weniger groß als im April.

Daß die große Rudaquelle den Ausbruchsort eines echten Höhlenflusses darstellt, kann man auch aus ihrem thermischen Verhalten schließen. Sie wies eine große Temperaturänderung vom Frühling bis zum Frühsommer auf und zeigte in letzterem eine noch höhere Wärme als — allerdings in einem anderen Jahre — die Quelle des Veli Rumin, welche, wie früher erörtert wurde, wegen ihrer hohen Frühsommerwärme als Austritt eines Höhlenflusses anzusehen ist. Um die Mitte der zweiten Aprilhälfte zeigten der Quelltopf und die Kaskadenquelle des Ruda potok 10·20°, bald nach Mitte Juni zeigten beide 13·82°. Bei der westlichen Rudaquelle waren die entsprechenden Werte 10·00 und 13·34. Sie verhielt sich somit in thermischer Hinsicht der östlichen Quelle ähnlich.

An der Nordwand der Felsschlucht, in deren Fond der Quellteich liegt, erblickt man die Oeffnungen zweier Höhlengänge, von denen sich Rinnsale, die mit von Schlamm überzogenem Trümmerwerk erfüllt sind, bis zum Schluchtgrunde hinabziehen. Die eine Oeffnung ist von nur geringen Dimensionen, liegt etwa 20 *m* oberhalb des Quellteiches und sendet ihre Ausflußrinne zum rückseitigen Teichrande hinab. Die andere Oeffnung ist ein großes Felstor, dessen Boden etwa 10 *m* über der Schluchtsohle liegt und sich in ein von großen Blöcken ausgefülltes Bachbett fortsetzt, das eine kurze Strecke stromabwärts von der Kaskadenquelle am rechten Ufer des Ruda potok mündet. Man hat es da mit den Ausführungsgängen einstiger, jetzt meist außer Gebrauch gesetzter unterirdischer Wasserwege zu tun. Sie scheinen darauf hinzudeuten, daß hier eine kleine Südwärtsverlegung des mächtigen Kluftwasserstromes stattgefunden hat. Auch bei dem östlichen Ruda potok zeigt der Ursprungsort eine direkte Abhängigkeit von den tektonischen Verhältnissen. Die enge Schlucht, in deren Fond der Quellteich liegt, entspricht einer Verwerfungsspalte. An der Südwand der Felsschlucht fallen die Kalkbänke sehr steil gegen N, also gegen die Schlucht zu ab, an der Nordwand fallen sie minder steil in derselben Richtung, also von der Schlucht weg, was sich in einer Treppenform des nördlichen Abhanges kundgibt.

An der Mündung des Ovarlj potok wendet sich der Ruda potok in scharfem Bogen gegen Süd und behält dann — abgesehen von seitlichen Ausbiegungen — diese Richtung, oder genauer SSW, bis zur Einmündung in die Cetina bei. Er hält sich hierbei meist ganz nahe dem Ostrande der Sinjaner Ebene. Halbwegs zwischen seinem Knie und seiner Vereinigung mit der Cetina nimmt er rechts den ihn an Wasserfülle nicht erreichenden Grab potok auf. Folgt man diesem letzteren in südöstlicher Richtung, so kommt man bald in ein anmutiges Tal, an dessen Eingang rechts das Dörfchen Grab von grünem Anger freundlich herabwinkt, wogegen im Talgrunde mehrere von

hohen Pappeln dicht umstandene Mühlen mit rauschenden Wasserwehren und eine Anzahl malerischer Steinbogenbrücken den Blick des Wanderers fesseln. Dringt man bis hinter das von Schaum und Gischt umwirbelte Gemäuer der innersten dieser Mühlen ein, so sieht man sich am Zugange zu einem von jäh aufstrebenden Felsen und steilen Halden eng umschlossenen Kessel, dessen Grund die Ursprünge des Mühlbaches birgt. Gleich hinter dem Gemäuer bricht links am Fuße eines steilen Blockwerkes ein prächtiger fünfteiliger Quell hervor. Dann tritt inmitten des von Tamariskenbüschen überwucherten, geröllbedeckten Kesselbodens in einem Halbkreis Quellwasser zutage, das allseits zusammenströmend, einen kleinen Bach erzeugt. Endlich steigt rechts dicht am Fuße der fast senkrechten Südwand des Kessels aus zwei Löchern in der Tiefe eines trümmerfüllten kleinen Beckens Wasser auf, das durch ein roh ummauertes Gerinne abströmt, den dritten der Quellbäche des Grab potok bildend. Dieser in verstecktem Winkel unter hohem, von Blumen überranktem Fels gelegene tiefblaugrüne Quell ist einer der schönsten des Gebietes.

Die fünf Adern der ersten Quelle sind durch kleine Felsvorsprünge wohl nur äußerlich getrennt und gehören einem einzigen Auslaufe von Kluftwasser an, da sie genau dieselben Temperaturen zeigten. Die mittlere Quellader und die westlich ihr benachbarte übertreffen die anderen an Stärke. Die im Geröll am Kesselboden aufgehende Quelle bildet zu Zeiten eines ungefähr mittleren Wasserstandes einen im Beginne 5—6 m breiten seichten Bach. Das Wasser strömt entlang der ganzen, einen Halbkreis bildenden, rückseitigen Begrenzungslinie dieses Baches aus, doch lassen sich eine mittlere und zwei seitliche stärkere Ausströmungen unterscheiden, von welcher letzteren die rechtsseitige mehr nach außen zu gelegen ist. Die Temperatur dieser drei Quelläste war genau dieselbe. Der Quelltopf unter den Felswänden ist etwa 5 m lang, 3 m breit; das Wasser stand im Frühling nur etwa  $\frac{1}{2}$  m über dem Boden, die in denselben eingesenkten beiden Löcher erstrecken sich aber noch mehrere Meter tief hinab. Nach der Moosgrenze an den Felswänden zu schließen, scheint hier der Hochstandsspiegel etwa 2 m über dem mittleren zu liegen. Diese dritte Quelle war bei einer um die Zeit des Tiefstandes der Quelltemperatur erfolgten Messung um einen ganzen Grad wärmer als die aus dem Geröll am Kesselgrunde und die aus dem Blockwerk bei der Mühle kommenden Wasser. Sie wies bei einer gegen Ende April vorgenommenen Messung  $11.84^{\circ}$  auf, während die Quelle hinter der Mühle und die Quelle im Geröllboden des Felskessels  $10.86^{\circ}$  zeigten. Vermutlich würde eine im Herbste vorgenommene Messung der Quellwärme ein umgekehrtes Temperaturverhältnis zeigen und zur Erkenntnis führen, daß jener mehr aus der Tiefe kommende Quell einer viel geringeren Wärmeschwankung unterliegt als seine oberflächlicher entspringenden Nachbarquellen.

Als durchschnittliche Abflußmenge des vereinigten Ruda- und Grab potok bei Niederwasser findet sich im Wasserkraftkataster des hydrographischen Zentralbüros 3500 Sekundenliter und als voraussichtliches absolutes Minimum der Wassermenge dieses Quellbaches 2500 Sekundenliter angegeben.

Im Anschlusse an die Beschreibung der Ursprünge des Grab potok sei einer Quelle kurz gedacht, die außerhalb der inneren Mühlen am rechten Bachufer aufgeht, sowie noch eine Quelle angeführt, die nordwärts vom Grab potok am Fuße des Gehänges bei Vrabac am Rande der Ebene aufgeht. Bei dieser letzteren Quelle mündet ein trümmererfülltes Bachbett, das größtenteils wohl trocken liegt, nach stärkeren Regengüssen aber von einem Bache durchschäumt wird.

Von den Aufquetschungen unterer Werfener Schiefer längs der Störungslinie auf der Ostseite des Ruda potok stellen jene bei der Burgruine Cačvina und bei den Klippen nördlich von der Kota glavica räumlich beschränkte Gesteinsfetzen dar. Nur auf der Südflanke des Tälchens hinter Jabuka tritt eine größere Schieferlinse an den Tag. Hier kommt es zur Entwicklung schwacher Sickerwässer in den Deckschichten des undurchlässigen Grundes. Man trifft hier zunächst am Abhange gegenüber dem Dörfchen Jabuka oberhalb der Mergelkalke auf Schieferboden ein ummauertes Quellchen, dann ein natürliches Becken mit klarem, schwach abrieselndem Wasser, daneben zwei Tümpelchen mit unreinem Wasser. Weiterhin kommt man zu einem Bunar und dann zu einer mit vielen Wasserpflanzen erfüllten, von Gestrüpp und (vom benachbarten Gelände stammenden) Kalkblöcken umgebenen Quellacke. Nahe derselben ist unter Gebüsch noch ein kleines Becken mit klarem Wasser und eine algenerfüllte Quellacke zu sehen, endlich findet man noch etwas weiter im Osten unter einem Baume ein kleines Becken mit reinem, wohlschmeckendem Wasser.

### Die Quellen des mittleren Cetinatales.

Nach ihrem Laufe durch das Sinjsko polje durchbricht die Cetina das Kreidekalkgebiet, welches die triadischen Aufbruchsspalten von der Flyschzone der Küste trennt. Sie fließt hier in einem wilden tiefen Cañon, welcher größtenteils in Rudistenkalk eingeschnitten ist. Nur der an das Südende des Sinjsko polje sich zunächst anschließende Gebietsteil ist so tief eingesunken, daß hier die Cetina durch die jüngeren Schichten tritt, welche den durch jene Senkung geschaffenen Raum erfüllen. Es sind dies Congerienschichten und ihnen aufruhende jungpliocäne Schotter. Die Quellen im Mittellaufe der Cetina sind so von zweierlei Art: im kurzen Anfangsstücke des Tales findet man Schichtquellen, welche an der Grenze der oben genannten zwei Tertiärstufen entspringen; im sehr viel längeren Hauptabschnitte des Tales treten Karstquellen zutage.

Der links von der Cetina gelegene Teil des Neogengeländes im Süden des Sinjsko polje besteht aus einem an den Kreidekalkzug des Vojnički brig sich anlehnenden Rücken, in welchem die Stasina glavica über das Niveau jenes Kalkzuges emporsteigt und aus dem Hügel von Delonca, der sich nordwärts von jenem Rücken zu geringerer Höhe erhebt. Die Kuppe dieses Hügels reicht noch nicht bis zur Grenzfläche zwischen den wenig durchlässigen Kongerienschichten und spätpliocänen Schottern hinauf und ist so von hauptsächlich nur der oberirdischen Wasserabfuhr dienenden Gräben durchfurcht. Der

Rücken mit der Stasina glavica ragt aber über jene Auflagerungsfläche hinan und weist so an seinem Nordhange einen Horizont mit Sickerwässern auf. Eine bemerkenswerte Quelle entspringt im obersten Teile jenes Grabens, welcher das kleine Lignitflöz von Košute bloßlegt. Allzureicher Wasserzufluß soll hier vor zwölf Jahren zur Einstellung von in Angriff genommenen Aufschlußarbeiten geführt haben. Auch auf der zum Cetinatale abdachenden Ostseite des genannten Rückens befindet sich eine kleine Quelle.

Zahlreichere und zum Teil viel größere Quellen birgt das am Südrande des Sinjsko polje links von der Cetina gelegene Neogengebiet. Es ist dies eine reichgegliederte Hügelmasse, die nur an ihrer Südwestseite bis an das sie umgebende Gebirge stößt und so einen hohen Grad von orographischer Selbständigkeit erhält. Gegen NW wird sie durch das Tal der Cetina begrenzt, gegen SO bilden die Mulden von Briskilje und Strmen Dolac und gegen NO die von der letzteren zum Sinjsko polje ziehende Furche ihre Grenzen. Diese Hügelmasse, der Golo Brdo, besteht aus einem auf oberen Fossaruluschichten ruhenden Sockel von Kongerienschichten und einer über ihn gebreiteten Decke von groben, zu einem lockeren Konglomerat verkitteten postpliocänen Flußschottern.

Die Neogenschichten des Golo Brdo sind trotz sehr hohen Kalkgehaltes (über 96%) für Wasser ziemlich schwer durchlässig. Derart bildet ihre besonders auf der NO- und SO-Seite des Berges überall frei ausstreichende Grenze gegen die aufliegenden Konglomerate einen Quellenhorizont. Die Konglomerate enthalten selbst aber auch schwer durchlässige Zwischenlagen aus verfestigtem Kalkschlamm, was zur Entstehung höherer Wasseraustritte Anlaß gibt. Die Schichtmasse des Golo Brdo ist flachwellig gelagert und es kommen hier so Schichtquellen auf völlig wagrechter, auf schwach geneigter und auf flachmuldenförmiger Unterlage vor.

Klar ist letztere Struktur bei der im Graben südlich von der Hauptkuppe des Golo Brdo gelegenen Quelle sichtbar, welche man für die Wasserversorgung der Station Ugljane der geplanten Bahnlinie Dizmo-Aržano in Aussicht genommen hat. Diese Quelle tritt im Muldentiefsten einer durch jenen Graben angeschnittenen, sehr flachen Synklinale aus. Talabwärts fallen die Konglomeratbänke sanft gegen O bis ONO, in der Umgebung des Quellortes liegen sie sählig und talaufwärts ist sanftes WNW-Fallen zu erkennen, das weiterhin in südwestliches Verflachen übergeht. Die Quelle tritt in mehreren Adern unter dem Schichtkopfe einer Konglomeratbank aus und überrieselt die von ihr gebildeten Tuffkrusten des Ausstriches einer tieferen Bank. Oberhalb der Hangendbank folgen noch mehrere weiter zurückliegende Schichtkopfstufen, an deren Unterkanten schwache Wasseraustritte erfolgen. Die Einschaltung von kalkigtonigen Lagen zwischen die Konglomerate ist talabwärts von der Quelle am rechtsseitigen Hange des Grabens schön zu sehen. Daß die lockeren Konglomerate durchlässig sind, zeigt sich daran, daß der Quellabfluß nach und nach wieder versiegt. Nahe der Mündung des Quellgrabens befindet sich der von Pappelbäumen umstandene Brunnen, welcher die Bewohner von Caporice mit Trinkwasser versorgt. Das Wasser desselben quillt

am Fuße eines nach NNW exponierten Abhanges hervor, an welchem flachmuldenförmig gelagerte Konglomerate austreichen und der Brunnen liegt genau in der Achse der hier bloßgelegten Synklinale. Die Schichten fallen auf der Seite der nahen Straße sehr sanft nach O, gegenüber gleichfalls unter sehr geringem Winkel nach WSW. Links vom Brunnen sieht man an einer Stelle im Liegenden der Konglomerate eine fast 2 m mächtige, von Schotterlagen durchzogene, kalkigtonige Schichte aufgeschlossen. Quellen, die durch undurchlässige Zwischenlagen in den Schottern und Konglomeraten bedingt sind, finden sich dann noch im großen, reich verzweigten Graben, welcher bei der Triljer Brücke in die Cetina mündet.

Von jenen Quellen, die an der Basis der Schotterdecke austreten, ist zunächst ein reichlich fließendes Bründl zu erwähnen, welches auf der Nordseite des Golo Brdo im Graben von West-Susnjara auf einer gegen NO exponierten, mit Bäumen bestandenen Wiese entspringt. Es kommt aus Konglomeraten; seiner Austrittsstelle gegenüber ist aber etwas höher oben die Mergel-Schottergrenze sehr gut aufgeschlossen. Ein schönes Quellchen ist in einem der vielen Runste, welche auf der NO-Seite des Golo Brdo eingeschnitten sind, zu sehen. Die lockeren Konglomerate zeigen dort bizarre Erosionsformen, welche an die Galleriefelsen der Wüste erinnern. Das Quellchen tritt unter einem Konglomeratklotze aus grobem Schotter aus, kaum ein Meter tiefer unten sind aber schon Kongerienschichten aufgeschlossen. Diese gegen O exponierte Quelle zeigte bei einer Messung in der zweiten Junihälfte  $11.6^{\circ}$ , das früher genannte Bründl  $11.8^{\circ}$ , während der Brunnen von Caporice eine Temperatur von  $13.2$  und die für die Wasserversorgung der Station Ugljane in Aussicht genommene Quelle Temperaturen von  $13.3$  und  $13.4$  aufwies. Es waren somit die Quellen an der Basis der Schotter im Durchschnitte um  $1.6^{\circ}$  kühler als jene innerhalb der Schotterdecke, was mit der tieferen Lage der Adergeflechte bei den ersteren Quellen im Zusammenhange stehen mochte. Auf der Ostseite des Golo Brdo entspringen an der Oberkante der Kongerienschichten gleichfalls einige Schichtquellen. Im Strmen Dolac, der großen Mulde zwischen dem Golo Brdo und dem östlich benachbarten Kreidekalkgebirge, treten an mehreren Stellen Wasser aus, die sich in der Schuttbedeckung der den Muldengrund erfüllenden Melanopsidenmergel sammeln.

Der große Cañon der Cetina im Süden von Trilj ist für die Kenntnis der Hydrographie des mitteldalmatischen Karstes insofern wichtig, als hier in dem tiefsten, der Beobachtung zugänglichen Niveau auf eine weite Strecke hin reines Kalkgebirge bloßliegt. Im oberen Cetinatale sind den alten aus Kalk bestehenden Talterrassen großenteils mehr oder minder undurchlässige Neogensichten vorgelagert und es wird so ein vollständiger Einblick in die Verteilung der Wasserwege verwehrt. Man könnte da in Zweifel kommen, ob das Hervorbrechen von Quellen in den Lücken der Neogenvorlage eine Beschränkung der Wasserführung auf einzelne Höhlengänge bedeute oder ob eine gleichmäßige Durchsetzung des Kalkgebirges mit untereinander verbundenen wasserführenden Klüften vorhanden sei. Es schiene möglich, daß eben nur dort, wo die Neogensichten durchbrochen

sind, große wasserführende Spalten ausmünden, es wäre aber auch denkbar, daß auch mehrorts große Wasseradern auf die Rückwand der Neogenvorlagen treffen, wegen eines Zusammenhanges der Kluftnetze aber nicht bis zur Bildung von Ueberfallquellen aufgestaut werden und hinter den undurchlässigen Vorlagen weiterfließen, bis sie zur nächsten sich ihnen darbietenden Ausfallspforte gelangen. In diesem Falle müßte dann beim Fehlen einer undurchlässigen Ueberkleidung des Gebirgsrandes dieser letztere seiner ganzen Länge nach von Quellen begleitet sein.

Im Cañon der Cetina liegen nun die Dinge so, daß mehrere Teilstrecken der Talränder mit Quellen besetzt sind, daß aber weder eine Beschränkung der Wasseraustritte auf einzelne Stellen Platz greift, noch auch eine gleichmäßige Verteilung der Quellen über die ganze Erstreckung des Tales vorhanden ist. Es tritt hier sozusagen ein Mittelzustand zwischen den vorgenannten zwei Grenzfällen in Erscheinung. Bei meinen geologischen Begehungen des Cañons der Cetina südlich von Trilj sah ich zwei Uferstrecken, längs welchen ein Austritt des Kluftwassers durch eine größere Zahl von reihenförmig angeordneten Bodenöffnungen erfolgt. Beide gehören dem linken Ufer an und bringen jene Wässer zutage, die sich im Rudistenkalkgebiete südwestlich vom Dolomitaufbruche von Ugljane sammeln. Die eine Teilstrecke liegt in der Nähe von Babić stan, zirka 3 *km* unterhalb des Cetinaknies bei Bisko, die andere beiläufig um ebensoviel noch weiter talabwärts bei Cikota. Die erstere Quellenreihe war zur Zeit meines Besuches, Anfang Mai, versiegt, die andere, im April besuchte, zeigte sich sehr wasserreich. Dieser Unterschied war nicht durch Ungleichheit der beiden Kluftsysteme bedingt, es handelte sich aber auch nicht um eine auf die periodische Jahresschwankung des Wasserstandes zu beziehende Verschiedenheit, sondern um aperiodische, durch die eben vorausgegangene Witterung bedingte hydrographische Zustände. Ein Versiegen nach trockener Witterung schon im Mai deutet in Dalmatien auf geringe Nachhaltigkeit einer Quelle hin. Bei solchen Vorkommnissen läßt sich eine genaue Wechselbeziehung zwischen der Jahreskurve des Regenfalles und jener der Quellenergiebigkeit feststellen. Hier können nur die morphologischen Verhältnisse beschrieben werden; dies soll aber im folgenden um so eingehender geschehen, als man es bei diesen Quellenhorizonten im Cañon der Cetina mit für die Beurteilung der Hydrographie des dalmatinischen Karstes wichtigen Erscheinungen zu tun hat.

Unterhalb Babić stan befinden sich im tiefeingeschnittenen Cañon der Cetina zwei kleine Kalktuffinselchen. Gerade hinter diesen bemerkte ich an dem linksseitigen Ufer unter Geröllboden einen saftigen grasigen Fleck, dessen Existenz darauf hinwies, daß hier zeitweilig Wasser hervorbricht. Dann folgt bald stromabwärts eine größere Quellenmulde. Die Rasen- und Humusdecke ist dort an einer Stelle ausgebrochen, in der so entstandenen Einsenkung liegen Trümmer, die zur Zeit meines Besuches mit verrockneten Schlammkrusten und Algen überzogen waren. Es war sehr deutlich zu erkennen, daß diese Trümmer von oben her überflossen gewesen und es sich nicht um Schlammresiduen von einem Hochstande des Flusses handelte. Nahe

der Einsenkung befindet sich ein von Brombeergestrüppen überwuchertes Rinnsal mit vielen Moospolstern und Algenüberzügen. Oberhalb der vorgenannten Senkung liegt eine Schutthalde mit mehreren Stellen, wo jedenfalls zeitweise Wasser hervorkommt; besonders unter einem Kalkblock waren kleine trockene Rinnen und daneben unter einem kleinen Blocke Moos- und Algenvegetationen konstatierbar. Weiter flußabwärts bemerkt man in einem grasigen Abhange einen Quellbachriß, der gleich von seiner Mündung an mit Brombeersträuchern überwuchert ist. Hier sind auch Reste einer Tuffterrasse zu erkennen. Alsdann stößt man in der Nähe einer kleinen Flußterrasse auf ein weiteres, unter dichtem Gestrüppe hervorkommendes Rinnsal mit wenig Moos und ohne Algen. Endlich ist noch eine hinter einer schönen Uferwiese gelegene Stelle zu erwähnen, die periodisch auch als Ausflußöffnung für Kluftwasser dienen dürfte. Es fehlen dort zwar die an den bisher genannten Stellen sichtbaren untrüglichen Kennzeichen der zeitweiligen Ausübung dieses Dienstes; es zieht sich aber von jenem Punkte ein seitlich von Mauerwerk begrenztes Rinnsal weit bis gegen die Cetina hinab.

Unterhalb Cikota bekam ich folgende Befunde zu Gesicht. Nicht weit flußabwärts von den so benannten Hütten befand sich gegenüber einem dort im Flusse aufragenden Inselchen eine Quelle, die 1 m über dem Niveau der Cetina aus Schutt in einer Breite von 4 m hervorbrach. Wenige Dutzend Schritte weiter talabwärts war eine zweite Stelle sichtbar, wo ein Wasserlauf etwa 2 m über dem Flußspiegel in einer Gesamtbreite von 4 m zwischen Kalkblöcken zutage trat. Dann folgten drei kleine Quellchen, die nur wenige Meter vom Ufer entfernt und  $\frac{1}{2}$  m über demselben entsprangen. Hieran schloß sich eine sehr reiche, aus Trümmern kommende dreiteilige Quelle. Der erste Ast entsprang 1 m, der zweite 2 m über dem Flußspiegel, der dritte Quellast ging gleich neben dem Ufer auf. Jeder der drei Aeste war  $1\frac{1}{2}$  bis 2 m breit. Bald darauf kam ich zu einem weiteren, mehrere Meter breiten Austritte von Kluftwasser in  $1\frac{1}{2}$  m Höhe über dem Flußspiegel, dann zu drei nahe beieinander neben dem Ufer aufgehenden Quellen, endlich trat kurz vor der Mündung jenes Tobels, der sich vom Plateau bei Corié zur Cetina hinabzieht, aus einem gemauerten Kanale in  $2\frac{1}{2}$  m Höhe über dem Niveau der Cetina eine reiche Wasserader aus. Etwas weiter flußabwärts war unter den dort auf dem linken Ufer mächtig vortretenden Felsen wieder eine Quelle sichtbar. Die Gesamterstreckung dieses Quellenhorizontes unterhalb Cikota betrug fast 1 km.

Etwa eine Stunde talabwärts von dieser Quellenreihe unterhalb Cikota befindet sich bei der Mravinamühle eine Höhle, an deren Felstor ein mit Blöcken reich bestreutes trockenes Rinnsal seinen Ursprung nimmt, welches zunächst parallel zur Cetina — durch einen Felsrücken von ihr getrennt — sich niedersenkt und dann nahe bei jener Mühle in das Flußbett mündet. In die Höhle hinein setzt sich das Rinnsal nicht fort. Der Höhlenboden besteht aus Terra rossa und ist, als Zufluchtsort für Schafe dienend, nach außen durch ein Mauerchen abgeschlossen. Es handelt sich demnach entweder um einen ganz außer Gebrauch gesetzten alten Wasserweg, oder es tritt

hier das Wasser auch bei seinem höchsten Stande erst vor der Höhle aus.

Die quellenreiche Teilstrecke der Cetinaschlucht unterhalb Babić stan fällt mit einer Zone starker Schichtstörungen zusammen. Es ist dort ein auffällig häufiger und oft schroffer Wechsel der Fallrichtungen und Fallwinkel zu bemerken. Innerhalb eines von der Cetina halbierten Flächenstückes von etwa  $1 \text{ km}^2$  mißt man da am linken Ufer: mittelsteil SSW,  $25^\circ$  SSO,  $10^\circ$  OSO,  $20^\circ$  und  $70^\circ$  S; am rechten Ufer: steil OSO, mittelsteil NO,  $25^\circ$  O,  $30^\circ$  N, steil O, mittelsteil S. In der Talstrecke bei Cikota ist zwar keine so starke Schollenzerstückelung vorhanden, aber doch ein Schwanken der Fallrichtung zwischen N und O zu sehen und die Schichtneigung eine sehr steile, was gegenseitige Verschiebungen und Zerrüttungen der Schichtmassen fördert. Das Vorherrschen einer steilen Aufrichtung der Schichten im Cañon der Cetina und die hierdurch bedingte starke Entwicklung steil zur Tiefe gehender Klüfte und Spalten ist wohl der Hauptgrund, warum hier die Quellen keine größeren Niveauunterschiede zeigen. Es sind hier günstige Bedingungen für ein möglichst tiefes Absinken der eindringenden Wässer gegeben. Es kann dies aber in mehreren, nicht miteinander in Verbindung stehenden Kluftnetzen in gleichem Maße der Fall sein, so daß dann der Austritt einer Anzahl von über eine längere Talstrecke verteilter Quellen nahe dem Flußspiegel noch kein Beweis für einen allgemeinen Zusammenhang der Kluftsysteme ist.

### Die Quellen im Karstgebiete zwischen dem Moseć und Mosor.

Das stark verkarstete Gelände zwischen der Zone der Aufbruchstäler und dem Küstenstreifen gliedert sich in mehrere, durch Höhenzüge und flache Bodenwellen getrennte Mulden. Von der Mućer Furche und dem Tale der Cetina wird dieses Karstgebiet durch die Rücken des Moseć, der Visoka und Čemernica geschieden. Gegen die Küstenzone wird es durch die Kämme des Koziak und Mosor abgegrenzt. Diese Grenzziehung ist eine vorwiegend orographische. Nur längs des Koziak entspricht sie auch einer scharfen hydrographischen Scheide. Es schiene wohl näher liegend, in einer Darstellung des Quellenphänomens Gebietsabgrenzungen nach hydrographischen Gesichtspunkten vorzunehmen. Ein solches Vorhaben stößt jedoch auf Schwierigkeiten. Nimmt man im Norden die Trennungslinie zwischen den undurchlässigen Schiefen und klüftigen Kalken als Gebietsgrenze an, so wird man Gefahr laufen, dieselbe zu weit vorzuschieben. Es wäre möglich, daß im Sutinatale ein kleiner Teil der Wässer, welche in den Kalken und Kalkbreccien am südlichen Talhange einsinken, die Barre der angeschobenen Werfener Schiefer überwindet und so noch zur Sutina gelangt. In der Mućer Gegend liegt die geologische Scheidelinie zwischen Karst und Nichtkarst am Nordrande der Ebene, da der Untergrund derselben noch aus Kalksteinen besteht. Wollte man aber die hydrographische Grenze zwischen der Zone der Aufbruchstäler und dem südlich anstoßenden Karstgebiete an jenen Rand verlegen, so würde hydrographisch Zusammengehöriges zerrissen, da die Endstücke der in den triadischen Tonschiefern und Dolomiten sich ent-

wickelnden Rinnsale die Mučer Ebene durchfließen, um erst am Südrande derselben in Ponoren zu verschwinden. Würde man dagegen bei der Abgrenzung hydrographischer Teilgebiete an Stelle der oberflächlichen Wasserabfuhr jene in der Tiefe in Betracht ziehen, so erführen die früher genannten Grenzen eine bedeutende Rückwärtsverlegung in das Innere des verkarsteten Gebietes und könnten manchmal überhaupt nicht gut gezogen werden. Wenn am Rande eines Karstgebietes gegen ein Gelände mit oberflächlicher Entwässerung große Quellen hervorbrechen, wie die Quellen des Jadro und Stobrec potok am Südfuße des Mosor, und man hier eine Gebietsabgrenzung der genannten Art vornimmt, so wäre aber der Vorwurf nicht berechtigt, auch hier hydrographisch Zusammengehöriges getrennt zu haben, auch dann nicht, wenn man den Abfluß solcher Quellen als obertägige Fortsetzung eines echten Höhlenflusses ansieht; denn in diesem Falle liegt eben in der Umwandlung des Flußlaufes auch die Begründung für die hydrographische Scheidung der beiden benachbarten Gebiete. Hier von der Zerreißung einer hydrographischen Einheit zu sprechen, wäre so unbegründet, als wenn man es in dem oben angezogenen Beispiele von Muč als eine solche Zerreißung betrachten würde, wenn man die Moseč planina nicht mehr zur Zone der Aufbruchstäler rechnet, obwohl sich in ihr die Flußläufe jener Zone nach ihrem Verschwinden in Ponoren unterirdisch fortsetzen.

Aus dem Gesagten dürfte wohl hervorgehen, daß in einer quellengeologischen Beschreibung die Abgrenzung von Teilgebieten am besten nach orographischen Gesichtspunkten geschieht.

Ein von der Mučer Ebene zur Gebirgsnische von Klissa streichendes Quertal trennt das besagte Karstgebiet in eine westliche und östliche Hälfte. Die erstere stellt ein im Norden vom Moseč, im Süden vom Koziak und im Osten von dem jenes Tal westwärts begleitenden Meteno umrahmtes Hügel- und Muldengebiet dar, das der Berg Ljubec in einen nördlichen und südlichen Teil scheidet. Die Osthälfte umfaßt das nordwärts von der Visoka, südwärts vom Mosor und westwärts von dem auf der Ostseite des Quertales aufsteigenden Radinje umrahmte Muldengebiet von Dicmo. Das in Rede stehende Karstgebiet wird von einer Dolomitzone durchzogen, welche der Einsenkung zwischen dem Moseč und Ljubec folgt und dann über den Radinje und durch die Mulde von Dicmo auf das linke Cetinaufer hinüberstreicht. Das im vorigen betreffs seiner Abgrenzung und Gliederung kurz besprochene Karstgebiet ist nicht gänzlich wasserlos. Es finden sich sowohl in dem Dolomitzuge als auch in den ihn beiderseits begleitenden Kalkzonen vereinzelte schwache Quellbildungen, die wegen der Ungewöhnlichkeit ihres Auftretens von großem Interesse sind.

Ein höchst merkwürdiges Quellchen befindet sich am Südhange des Berges Deveroga südlich von Muč. Es sind dort zwei Gräben eingeschnitten, von denen sich der eine gegen Ost, der andere gegen Süd hinabsenkt. Das Quellchen tritt im Anfangsteile dieses letzteren Grabens unterhalb eines Felsspornes aus. Die Deveroga ist der östliche Eckpfeiler des Moseč und gliedert sich auch in tektonischer Hinsicht diesem Gebirge ein. Ihre Kammregion entspricht einem

Aufbrüche von Rudistenkalk, über ihre Südhänge dehnt sich die meerwärts sich anschließende Eocänmulde aus, deren Südfügel von einem Längsbrüche durchzogen ist. Derselbe streicht am Rücken zwischen den genannten beiden Gräben hin und bringt Hauptnummulitenkalk mit Miliolidenkalk in Berührung. Im Südgraben wird er von einem Querbrüche gekreuzt, und hier befindet sich das Quellchen. Das Wasser tritt aus einer vertikalen Kluft in dünnbankigem 40° gegen N einfallendem Miliolidenkalke aus. Oberhalb der Ursprungsstelle sieht man etwas Schutt und dann Felsen von Alveolinenkalk. Von der Quellspalte zieht sich ein mit Steintrümmern und Moosrasen erfülltes Rinnsal hinab, in welchem das Abwasser des Quellchens bald versiegt. Das Quellchen liegt in einer Höhe von 640 *m*, 100 *m* unterhalb der höchsten Kuppen der Deveroga, 170 *m* über dem Nordfuße und 260 *m* über dem Südfuße des Berges.

Man hat es hier demnach mit einem Austritte von Quellwasser auf einem ganz aus Kalk bestehenden verkarsteten Berge zu tun, ein Befund, welcher der Voraussetzung eines allgemeinen Zusammenhanges der Kluftnetze im Kalkgebirge widerspricht und zur Annahme drängt, daß gelegentlich im Kalke Klüfte fehlen oder unwegsam sein können, so daß sich ein von seiner Umgebung abgeschlossenes Kluftnetz entwickeln muß, oder daß wenigstens solche Unterschiede in der Zerklüftung des Kalkes und in der Wegsamkeit der vorhandenen Klüfte Platz greifen können, daß unterirdisch nicht mehr so viel Wasser weitergeleitet werden kann, als zufließt. Ein Fehlen von Klüften anzunehmen, fällt allerdings gerade im Bereiche einer von Verwerfungen durchzogenen steilen Mulde von eocänen Kalken sehr schwer.

Vielleicht sind die Kluftwände mit ausgedehnten Harnischen bedeckt und ist das benachbarte Gestein sehr stark zertrümmert, und wird so ein Wasserstau hervorgebracht. Vielleicht sind in geringer Tiefe auch hier dem Alveolinenkalke Linsen von unteren Nummulitenschichten eingelagert, welche sich vom ersteren Kalke durch schiefrige Textur und das Fehlen von Karrenbildungen unterscheiden und diese abweichenden Eigenschaften einem schwachen Tongehalte verdanken dürften. Längs des Querbruches kann man eine gelbliche Färbung der Kalkstückchen wahrnehmen, wie sie im Bereiche der Knollenmergel und der unteren Nummulitenschichten auftritt und von der durch die Roterde bedingten oberflächlichen Braunfärbung der Steinchen wohl verschieden ist. Am Berge Movrau westlich von der Deveroga sind in den dort auftretenden unteren Nummulitenschichten ein paar Bunare eingesenkt, doch wird man diesen Schichten nur geringe wasserstauende Wirkungen zuschreiben können. Das in Rede stehende Quellchen ist ein schwaches Quellchen, aber keineswegs etwa nur der Ablauf oberflächlich eingedrungenen Regenwassers. Ich besuchte es zweimal, gegen Ende April und vor Ende Juni und traf es jedesmal fließend an, obwohl in beiden Fällen ungefähr eine Woche seit dem letzten Regen verstrichen war und das zweitemal seit vierzehn Tagen kein starker Regen gefallen war. Die kleine Quelle ist auch den Eingebornen als solche bekannt und ich erinnere mich noch, wie es meinerseits starkem Kopfschütteln begegnete, als mir die Bewohner der an der Mündung des Quellgrabens stehenden

Hütten von Barac versicherten, daß dort oben auf dem Berge lebendes Wasser zu finden sei, und wie ich, als sich die Richtigkeit der so wenig glaubhaft erschienenen Angabe herausstellte, froh war, nicht eine hohe Wette eingegangen zu sein, daß es auf jenem Berge kein lebendes Wasser gäbe.

Dafür, daß aber nicht bloß schwache Quellchen mitten im Kalkgebirge entspringen können, läßt sich die Quelle bei Dreznica im Svilajagebirge als Beispiel anführen, und für diesen Zweck verschlägt es nichts, daß sie schon etwas weiter außerhalb des Blattes Sinj-Spalato gelegen ist. Diese Quelle entspringt an einem gegen Nord geneigten Hange aus 20° gegen Süd einfallenden bankigen Kalken der mittleren Kreide. Das Wasser quillt im Frühlinge hier in der Stärke eines kräftigen Tiroler Bauernhausbrunnens aus einer Schichtfuge hervor und plätschert in ein 4—5 m im Gevierte messendes Becken, das auf drei Seiten unmauert ist und nach hinten durch Fels abgeschlossen wird. Unterhalb der Quelle stehen Kalke an, die man als Vertretung der tieferen Kreidekalke ansehen kann; in der Sohle des Tales kommen — ohne von diesen Kalken durch eine Dolomitzone getrennt zu sein — schon obere Lemeßschichten hervor. Sollten die auf der NW- und NO-Seite den Tithonaufbruch von Dreznica besäumenden Unterkreidedolomite auf der Südseite dieses Aufbruches nur überschoben sein, so wären sie doch zu weit entfernt und zu tief gelegen, als daß man sie zur Erklärung der besagten Quelle mit Erfolg heranziehen könnte. Jene Dolomite dürften in der Tiefe einen Wasserabfluß gegen Norden hemmen, gleichwie die weiter im Süden an der Basis des Rudistenkalkes vorbeistreichenden Dolomite nach dieser Richtung hin eine Schranke für die Weiterbewegung des Kluftwassers bilden mögen. Nach Westen zu bleibt aber der Weg für dieses Kluftwasser offen, da die Kalkzone zwischen den beiden Dolomitzügen in das Petrovo polje ausstreicht und das Entspringen einer Quelle im Tale von Dreznica in 260 m Höhe über dem Spiegel des nur wenige Kilometer entfernten Quellteiches der Cikola bliebe unverständlich, wenn ein allgemeiner Zusammenhang der Kluftnetze bestünde.

Der Dolomitzug im verkarsteten Gelände zwischen den Aufbruchstälern und der Küstenzone zeigt eine mehrmalige Unterbrechung in seinem Laufe. Das aus dem Blatte Sebenico in unser Blatt eintretende Dolomitgebiet von Nisko und Brstanovo ist das östliche Endstück eines Zuges, der sich mit einer kurzen Unterbrechung westwärts bis in das Hinterland des Lago di Castel Andreis erstreckt. In diesem Dolomitzuge liegt ein wohl nur sehr schwaches, aber geologisch doch bemerkenswertes Quellchen. Im Graben nördlich von Nisko ist der Dolomit hemizentroklinale gelagert und es begünstigt dies sehr ein Zusammensickern der in den Deckschutt und in die gelockerten, oberflächlichen Gesteinsschichten eindringenden Niederschläge. Zur Regenzeit sieht man hier an den Rändern der Schuttdecke und aus frei austreichenden Schichtfugen Wasser zutage treten und im unteren Teil des Grabens liegt ein roh ummauertes Becken, das auch dann, wenn die oberflächlichen Zuflüsse versiegen, noch Sickerwasser aus tieferen Bodenschichten aufnimmt. Ein von diesem Becken ausgehendes Gerinne verschwindet später in der Schuttzufüllung des Grabens.

An einigen Stellen sind im Dolomittale von Nisko und Brstanovo Bunare vorhanden. Solche Bunare trifft man auch im nördlichsten Teil des Diemo polje bei Sušci, wo der Dolomitzug nach am Südhange des Radinje erfolgter längerer Unterbrechung wieder zutage tritt. Diese roh ummauerten Zisternen führen außer Regenwasser wohl auch mehr oder weniger Sickerwasser aus der Umgebung. Diese seitliche Speisung ist aber oft so gering, daß es am Steinkranze des Bunars zu keinem sichtbaren Abrieseln von Wasser kommt. In solchen Fällen pflegt aber dann doch das Wasser ziemlich klar zu sein, während es in jenen Bunaren, die nur Sammler von Regenwasser sind, oft sehr stark getrübt ist. Auch ein Wachstum von Wasserpflanzen am Grunde und an der Oberfläche solcher Brunnenschächte spricht für allmähliche Erneuerung ihres Inhaltes durch Zusickerungen. Man hätte sich vorzustellen, daß solche Bunare durch Dolomitschutt und oberflächlich gelockertes Gestein bis zum frischen, für Wasser schwer durchgängigen Dolomite hinabreichen. Solche Zisternen erscheinen auf der Karte manchmal als Quellen aufgeführt, eine Bezeichnung, die manchem wohl als etwas euphemistisch erscheinen mag. Die „Quelle“ Muslopaca der Generalstabskarte, südlich von Sušci am Osthange des Berges Lisac ist eine Lokva. Sie liegt in einer kleinen Eluvialmulde im Rudistenkalk und sammelt wie andere Lokven wohl nur Regenwasser.

Die auf der genannten Karte eingetragene Quelle bei Vojnič ist dagegen ein Bunar mit unterirdischer Zusickerung, da man über seinen Steinkranz Wasser abrieseln sieht. Dieser Quellbunar befindet sich am Südhange des Vojnički brig, jenes aus Rudistenkalk bestehenden Felsriegels, welcher die Einsenkung von Vojnič vom Sinjsko polje trennt. Als wasserstauend dürfte hier die Terra rossa in Betracht kommen, welche bei Vojnič, besonders in der Umgebung des westlich vom Quellbunar stehenden Kirchleins Sv. Juraj in ungewöhnlich großer Mächtigkeit entwickelt ist, während das an den Felsriegel zunächst angrenzende Gelände von lehmigem Sand bedeckt wird.

Bunare mögen immerhin auch im Bereiche der kretazischen Kalke gelegentlich etwas Sickerwasser aufnehmen, wenn bei schwebender oder flachwelliger Schichtlage durch Dolomiteinschaltungen oder durch Abdichtung kalkiger Schichten die eluviale Schuttausfüllung einer Mulde einen relativ undurchlässigen Boden bekommt. So soll ein Bunar im Rudistenkalkgelände unterhalb der Nordhänge des Ljubec südlich von Nisko auch in regenlosen Monaten gutes Wasser enthalten und man soll dann sehen können, daß an drei Stellen aus Fugen seiner Mauerauskleidung Wasser träufelt. Vielleicht war auch ein im Gebiete der Hornsteinkalke bei Prugovo angeblich verschütteter und nicht mehr aufzufindender Brunnen aus der Türkenzeit ein durch Sickerwasser genährter Bunar. Ein jetzt bei Prugovo vorhandener Wasserschacht, in dessen Nähe sich der vorgenannte befinden soll, scheint vorwiegend durch Regenwasser gespeist zu werden.

Südlich von Prugovo befindet sich das Polje von Konjsko, welches — wie das noch weiter meerwärts gelegene kleine Polje von Blaca — größtenteils mit Knollenmergeln des oberen Mitteleocäns erfüllt ist. Das Blaca polje wäre bei einer rein orographischen Grenzziehung schon der Küstenzone anzugliedern, da es durch eine Schlucht mit

der Gebirgsbucht von Clissa in Verbindung steht. Das Polje von Konjsko ist aber allseits abgeschlossen und so die einzige Gegend in dem hier besprochenen Kartenteile, in welcher mergelige Schichten auftreten. Dessenungeachtet kommen hier keine bemerkenswerten Quellenphänomene zur Entwicklung. Auch dort, wo die auf die eocänen Mergel aufgeschobenen Kreidekalke hohe Hügelzüge bilden, wie den Medovac und Mali Rebinjak, kommt es an der Ueberschiebungslinie nirgends zur Bildung von Ueberfallquellen.

Sehr bemerkenswerte, wenn auch schwache Quellchen finden sich auf der Nordostseite des Mosor. Die Abhänge bestehen dort zum Teil aus sanft gegen NNO verflächenden dickbankigen Rudistenkalken, so daß bei größerer Geländeneigung ein freies Ausstreichen der Schichten und eine Stufenbildung des Gehänges erfolgt. Aus den Schichtfugen sickert nach jedem stärkeren Regengusse vielenorts Wasser aus; an trockenen Tagen sieht man auf den abschüssigen Felsflächen an Stelle nasser Streifen schmale eingetrocknete Schlambänder. Fallweise kann es aber auch zu länger anhaltenden Wasseraustritten kommen. Es setzt dies das Zusammentreffen mehrerer günstiger Umstände voraus: Das Vorhandensein einer Gesteinsbank, welche bis weit in den Berg hinein von keiner offenen Spalte durchsetzt ist, eine derartige Anordnung der Klüfte in den Hangendschichten, daß durch dieselben eine möglichst große Menge von Niederschlägen auf jene unterste Bank gelangen kann und eine solche Gestalt der Oberfläche dieser letzteren, daß eine Sammlung der Wassermengen in eine einzige Abflußrinne stattfindet. Eine solche Stelle, wo der Wasseraustritt nach Regen länger anhält und man von einem regellos intermittierenden Quellchen sprechen kann, befindet sich an den Nordhängen des Lubljan oberhalb der Jurenić staje. Man trifft dort oberhalb einer größeren Felsfläche einen von Wasserpflanzen erfüllten Tümpel von etwa 7 m Länge und 6 m Breite, über dessen Rückwand in der nassen Jahreszeit an drei Stellen Wasser rieselt. Rechts vom Tümpel sieht man auch mehrere nasse Streifen auf ausgehöhlten Felsen. Zur Linken befindet sich oberhalb des Tümpels eine kleine Höhle und unter ihr eine Reihe von breiten nassen Streifen auf einer stark abschüssigen Felswand. Unterhalb derselben liegt ein Wiesenfleck, der hinten und seitlich von stark bemoosten Felsen umrahmt ist. Auch tiefer unten trifft man noch feuchte moosige Stellen an. Vom Tümpel rieselt das Wasser durch eine Felsrinne ab, um etwas weiter unten im Felsgeklüfte zu versiegen. Das Schichtfallen ist hier 20° gegen NNO.

Ein zweites Quellchen ist weiter östlich am Abhange oberhalb Doman staje anzutreffen. Man sieht dort eine mit üppigem Moos überzogene, überhängende Felswand, unter welcher sich einige kleine, von einer reichen Vegetation von Quellenpflanzen umgebene Wasserbecken befinden, deren eines von einem Mauerchen umgeben ist. In der nächsten Umgebung dieser Stelle bemerkt man auf geglätteten, rostfarbigen Felsflächen viele nasse Streifen. Die Speisung dieser klaren Becken erfolgt zum Teil durch Wasser, das von der überhängenden Wand abtropft, zum Teil durch solches, das durch eine Fuge von innen her zurieselt. Die Schichten fallen am Abhange oberhalb Doman staje sanft gegen NNO und scheinen zugleich eine schwache Einbiegung im Streichen

zu erfahren, deren Scheitel in die Gegend der Wasserbecken zu liegen kommt. Die vorigen Beschreibungen beziehen sich auf im Frühjahr von mir vorgefundene Verhältnisse. Im Hochsommer dürften die kleinen Quellacken am Nordhange des Lubljan wohl völlig austrocknen.

### Die Quellen in den Mulden von Dolac und Srijani.

Am Nordfuß des Ostmosor zieht sich eine in drei Teilbecken gegliederte Einsenkung hin, die mit Flyschschichten erfüllt ist, während die Mosorhänge und deren Vorland aus Rudistenkalk bestehen. Es kommt so hier zum Auftreten von Quellen inmitten eines wasserlosen Karstgeländes, und zwar sind es Schicht- und Schuttquellen, zu deren Bildung die geologischen Verhältnisse der Flyschgebiete Anlaß geben. Im nordwestlichen Becken, bei der Ortschaft Dolac dolnje, zeigt die Flyschmasse folgenden Aufbau:

Mergel mit einer eingelagerten Bank von Nummulitenbreccienkalk.

Dickbankiger Nummulitenbreccienkalk.

Klotzig abgesonderter grobkörniger Kalk.

Dünnplattiger Kalksandstein, aus dem vorigen sich allmählich entwickelnd.

Mergeliger Knollenkalk.

Mergel.

Der Flysch ist hier in eine gegen W geschlossene Mulde eingebogen, über deren Nordflügel und Kern sich weiter ostwärts Kreidekalk vorschiebt, so daß dann nur eine von Rudistenkalk überschobene isoklinale Flyschmasse verbleibt. Der den Mergeln eingelagerte Zug von Kalken tritt innerhalb der hemizentroklinale gelagerten Schichtmasse als ein mit seinem Scheitel gegen W gekehrter parabolischer Felsbogen hervor. Die Innenwand desselben wird durch die Schichtflächen der hangendsten Partien des Kalkzuges gebildet. Man sieht hier die Schichtneigung mit sukzessiver Drehung der Fallrichtung von S über O nach NNO allmählich von 45° auf 10° abnehmen. An der steil abfallenden Außenwand des Felsbogens sind die Schichtköpfe des grobkörnigen Kalkes und Breccienkalkes bloßgelegt.

Die im Norden, Westen und Süden vom eben genannten Felsbogen und im Osten vom Rande des über die Flyschmulde sich schiebenden Kreidekalkes umschlossene Vertiefung hat einen ebenen Boden, der aus Eluvien der oberen Flyschmergel besteht. Nur im Osten treten diese Mergel anstehend hervor. Die zwischen dem Nordaste des Felsbogens und dem die Flyschmulde nordwärts begleitenden Kreidekalk gelegene Furche ist gleichfalls mit Eluvien erfüllt und eingeebnet, wogegen vor der Scheitelregion und unterhalb der Südwand des Felsbogens die Liegendmergel des Nummulitenbreccienkalkes eine hohe Böschung bilden, die zur tief gelegenen Sohle des Poljes von Dolac abdacht.

Am oberen Rande dieser Böschung tritt in einer flachen Einbuchtung der vorgenannten Felswand aus einer Höhle die reiche und schöne Quelle Bujanj aus. Ihr Abwasser fließt durch einen in die

Mergel unterhalb der Felswandnische ausgewaschenen kleinen Graben in das Polje hinab.

Man hat es hier mit einer Ueberfallquelle zu tun, bei welcher das Wasser über den Rand einer dem Schnabel einer Kanne vergleichbaren Hohlform seitlich ausfließt, während bei der früher erwähnten Quelle von Klacar der Ausfluß an der Schnabelspitze erfolgt.

Eine Eigentümlichkeit der Quelle Bubanj liegt auch darin, daß von ihrem Sammelgebiete nur der periphere Teil — der wiederholt genannte Kalkfelsbogen — zur Aufnahme atmosphärischer Wässer dienlich ist. Das auf die Mergelausfüllung der durch die Kalkeinlagerung gebildeten Schale fallende Regenwasser kommt für die Quellenspeisung nur insoweit in Betracht, als es über die Ränder jener Füllmasse überfließt. Da das von den Hangendmergeln eingenommene Gebiet fast eben ist, wird aber nur ein Teil des dort auffallenden Wassers seinen Weg bis an die Gebietsränder finden und eine nicht geringe Wassermenge früher verdunsten. Allerdings ist durch dieses undurchlässige Dach des Quellenreservoirs auch die Verdunstung aus demselben in der Trockenzeit herabgesetzt.

Eine gegen Ende April vorgenommene Messung der zwei Hauptausläufe der Quelle ergab Temperaturen von 10·40 und 10·43°; einige Wochen später zeigten jene Ausläufe 11·38 und 11·40°. Es war dies ein für eine Ueberfallquelle auffallend rascher Temperaturanstieg. Das Sammelgebiet der Quelle Bubanj, welche den Bewohnern der umliegenden Hüttengruppen das Trinkwasser gibt, ist gegen N, W und S gut begrenzt, nur gegen O läßt es sich nicht scharf abgrenzen. Es dürfte dort kaum weit über die Ueberschiebungstirne des Kreidekalkes hinausreichen.

Ein kleiner Teil der Wässer, welche an der Quellenspeisung Anteil nehmen, tritt schon früher vorübergehend an den Tag. Es sind dies jene Wässer, welche sich vor dem Ueberschiebungsrande in der kleinen Mulde zwischen dem Nordaste des Breccienkalkzuges und den Hügeln des Hangendflysches sammeln. Nahe dem Ausgange dieser eluvialen Mulde liegt ein Bunar, dessen Sickerwasser gegen Ende April 11·02° Wärme zeigte.

In jener Gegend, wo der Kern der Flyschmulde ganz mit Rudistenkalk bedeckt ist, und der Stirnrand der Ueberschiebung bis nahe an den Zug des Nummulitenbreccienkalkes im südlichen Muldenflügel heranreicht, tritt in einer Nische dieses Gesteinszuges aus oberflächlichem Schutte eine Quelle aus. Es ist eine Ueberfallquelle, welche jenen Teil der auf den unteren Flyschmergeln sich sammelnden Wässer entläßt, der nicht mehr zur Bubanjquelle abfließt. Ihre Temperatur betrug zu Ende April 10·40°, ein tiefer gelegener Ursprung zeigte 10·43°, zwei andere, vor ihrem Auslaufe länger durch Schuttboden rieselnde Quelladern hatten 11·00 und 11·58. Die Abwässer dieser Quellchen fließen in ein in das Polje von Dolac gelangendes Rinnsal, welches weiter südostwärts an jener Stelle beginnt, wo der Alveolenkalk auf der Südwestseite des Poljes bis an das Flyschgelände auf dessen Nordostseite herantritt. Es entspringt dort unter moosbewachsenen Trümmern und Blöcken am Fuße einer Steinmauer ein Quellchen, als dessen Nährgebiet wohl jene

Mulde zu gelten hat, die dadurch zustande kommt, daß die Züge des Alveolinen- und Nummulitenbreccienkalkes gleich weiter südostwärts wieder etwas auseinanderweichen. Dieses Quellchen war etwas kühler als die vorhergenannten und zeigte 9·75°. Oberhalb des Kirchleins Svi Sveti, welches sich neben der eben genannten Mulde auf dem Felszuge des Breccienkalkes erhebt, trifft man am Fuße des Flyschhanges, welcher vom Stirnrande des aufgeschobenen Rudistenkalkes gekrönt wird, zwei kleine Quellchen. Sie bringen wohl nur jene Wässer zutage, die sich in dem vom Kreidekalke stammenden Schutte über dem Flyschboden sammeln und sind nicht als durch Gehängeschutt maskierte Ueberfallquellen an der Ueberschiebungslinie zu deuten. Die gemessenen Temperaturen waren 11·64 und 11·86.

Bei dem vorgenannten Kirchlein tritt man in das mittlere der drei Teilbecken, in welche sich die Flyschmulde am Nordostfuße des Mosor gliedert. Dieses Becken, das Polje von Srijani, zeigt höchst einfache morphologische Verhältnisse. Es hat die Form eines gleichschenkligen, rechtwinkligen Dreieckes mit gegen NO gekehrtem rechtem Winkel. In geringem Abstände von seiner Südwestseite streicht parallel zu dieser ein Felswall, welcher die Fortsetzung des Zuges von Nummulitenkalk im Südfügel der Flyschmulde von Dolac bildet. Ueber die Gestalt des Muldenkernes im mittleren Teilbecken läßt sich nichts feststellen, da das ganze Beckeninnere mit Eluvien bedeckt ist. Die nördliche und östliche Wand des Beckens bestehen aus gegen N und O geneigten, von Breccienbänken durchzogenen Mergelschichten und darüber geschobenem Kreidekalke. Der Stirnrand desselben zeigt infolge mehrerer tiefer Ausbuchtungen eine auffällig gelappte Form.

An der Nordseite des Beckens trifft man nicht weit ostwärts von Svi Sveti einen Bunar und oberhalb desselben ein Quellchen. Es tritt am Fuße einer Felsmasse hervor, die unten aus steil gestellten Mergeln und oben aus anscheinend ziemlich flach gelagerten Breccienkalken besteht, und ist gleich zweien weiter östlich austretenden Wässern von derselben Entstehungsart wie die Quellchen oberhalb Svi Sveti. Am rechten Winkel des Srijaner Poljes, woselbst der Ueberschiebungsrand weit gegen Osten ausgebuchtet ist und die Schubfläche in größerem Umfange bloßliegt, befinden sich in dem gegen O abdachenden Flyschgelände mehrere Quellen: Zunächst ein von Wacholdersträuchen überschattetes, mit klarem Wasser erfülltes Becken, dann ein Bunar mit Sickerwasser und ganz im Fond der Bucht, hart an der Kreidegrenze in der Nähe einiger Bäume ein größerer viereckiger Quellschacht. Die Wassertemperatur betrug hier Ende April 11·88, im vorgenannten Becken 9·22.

Am Osthange des Poljes tritt auch an mehreren Stellen Wasser aus, so nordwärts von den ersten Hütten von Srijani (Temp. 9·80) und bei denselben im Beginne eines Flyschaufrisses unter einer flach liegenden Mergelbank (Temp. 10·32) sowie südwärts davon in einem Runste (Temp. 9·72). Weiterhin folgen: ein kleines roh ummauertes Becken mit sehr klarem Wasser hinter dem Kapellchen von Srijani (Temp. 9·32), dann in einer steinernen Brunnstube die Quelle Mimum, ein tiefes Becken mit spiegelklarem Wasser, so daß man die Steinchen und den Fels am Grunde sieht (Temp. 9·16) und ein oberhalb derselben

in einem Flyschaufrisse sich sammelndes Wässerchen (Temp. 10·14). Im südöstlichen Winkel des Poljes befanden sich: ein mit Algen und höheren Wasserpflanzen erfülltes Quellbecken oberhalb des Pfarrhauses von Srijani, ein etwa 50 m oberhalb der Kirche aus schuttbestreutem Flysch austretender Wasserfaden, welcher den Ursprung des die Südostecke des Poljes durchfließenden Bächleins bildet und ein kleines Quellbecken neben demselben. Die — gleich den früher angeführten — um Ende April erhobenen Temperaturen dieser drei Quellchen waren: 10·12°, 9·82° und 9·78°.

Man wird nicht fehlgehen, wenn man die hier aufgezählten schwachen und unbeständigen Quellchen als Austritte von Sickerwasser auffaßt, das sich in dem mit Kalkschutt vermengten Verwitterungslehm der Flyschmergel über dem frischen Gesteine sammelt. Die nicht unbedeutenden Wärmeunterschiede können durch verschieden langes Rieseln unter verschieden mächtigen Deckschichten leicht erklärt werden. Immerhin wäre es möglich, daß die länger anhaltenden Quellchen, welche sich besonders klar und etwas kühler zeigten, zum Teil auch Wasser zutage bringen, welches aus dem aufgeschobenen Kreidekalk stammt. Wegen der Schuttbedeckung der Ueberschiebungslinie läßt sich eine solche Herkunft aber nicht erweisen. Der Umstand, daß die Oberkante der Flyschmergel auf der Ostseite der Srijaner Ebene um vieles höher liegt als der Spiegel der Cetina im Norden, würde die Möglichkeit einer Ueberfließung jener Kante nur dann ausschließen, wenn im anstoßenden Kreidekalkgebiete ein allgemeiner Zusammenhang der Klufnetze bestünde.

Der Hangendflügel der großen, ziemlich flachen Ueberschiebung von Rudistenkalk auf Flysch am Nordostfuß des Mosor weist neben der schon erwähnten Lappung seines Stirnrandes noch eine Besonderheit auf: eine mehrfache Durchlöcherung. Eines der in ihm vorhandenen Fenster ist besonders dadurch interessant, daß in ihm neben Mergel auch Zwischenflügelreste von Alveolinen- und Nummulitenkalk bloßgelegt erscheinen. In drei anderen Fenstern treten Flyschmergel des Liegendflügels der Ueberschiebung an den Tag.

Das größte dieser Fenster befindet sich am Nordabhang des Berges Struževica oberhalb des Dorfes Radović; es stellt sich als eine ovale nischenartige Vertiefung in einem mäßig sanft gegen N abdachenden Gehänge dar. Die Süd- und Westwand werden durch ziemlich steile, einige Meter hohe Böschungen gebildet, die Ostwand steigt mehr sanft hinan. Gegen Norden, in der Neigungrichtung des Gehänges, geht der Nischenboden ohne Böschung in dieses letztere über. Die Umrandung der Nische besteht aus zerklüftetem Rudistenkalk, welcher etwa 20° gegen N einfällt. Der hintere Teil des sanft geneigten Nischenbodens ist mit Trümmern und Felsblöcken bestreut, welche von den steilen Nischenrändern stammen. Vor denselben erheben sich im vorderen Teile der Vertiefung mehrere flache kleine Kuppen aus oberflächlich verwittertem Flyschmergel. An der Südwestseite des Nischenrandes befindet sich noch eine kleine isolierte Flyschmasse, bei welcher man deutlich sieht, daß sie unter dem Rudistenkalk hervorkommt.

Unter den Kalkblöcken im inneren Teile der Nische tritt während der nassen Jahreszeit eine kleine Quelle aus, deren Abfluß nach Durchrieselung der Flyschmergel auf der Nordseite der Nische wiederum versiegt. Oberhalb der Quelle steht eine Gruppe von Pyramidenpappeln. Neben der Quelle befinden sich im Bereiche der Flyschkuppen zwei große, roh ummauerte Zisternen, deren Speisung teils durch Regenwasser, teils durch Sickerwasser erfolgt. Als Wassertemperatur ergab sich bei einer um die Frühlingsmitte vorgenommenen Messung für das Quellchen 10·58, für die östliche Zisterne 10·60, für die westliche 10·38. Es waren dies — verglichen mit zahlreichen anderen zeitlich nahe gestandenen Temperaturmessungen von Quellen derselben Gegend — mittelhohe Werte.

Die Quelle Obručina — dies ihr Name — ist in geologischer Beziehung interessant. Formell stellt sie den einfachsten Fall von Quellbildung dar: Ueberlagerung einer undurchlässigen Schichte durch zerklüftetes Gestein und Anschnitt der Grenzfläche durch die Oberfläche des Terrains. Dieses einfache Formverhältnis kommt hier aber durch eine besondere Tektonik in Verbindung mit einer ungewöhnlichen Denudationserscheinung zustande. Die Grenzfläche zwischen dem undurchlässigen und dem klüftigen Gesteine ist hier eine Ueberschiebungsfäche und die Bloßlegung derselben wird durch ein tektonisches Fenster erreicht.

Zwei andere Fenster befinden sich westlich von dem vorigen, schon nahe dem Stirnrande der Ueberschiebung. Das größere derselben ist eine rundliche Einsenkung, deren sanft gegen N geneigter Boden in einen Acker umgestaltet ist, dessen Erdreich aus verwitterten Flyschschichten besteht. Am Südwestrande dieses Ackers ist eine ganz kleine Masse von anstehendem Flyschmergel zu sehen. Auch in dieser Vertiefung tritt zur Regenzeit ein schwaches Wässerchen zutage und auch ein Bunar und eine Pyramidenpappel fehlen nicht. Das Wasser des Bunars zeigte 9·42, war also um einen Grad kühler als die westliche Zisterne von Obručina. Das kleinere Fenster befindet sich gleich nordwärts von dem vorigen und ist nur durch eine breite Felsbrücke davon getrennt. In dieser gleichfalls von einem Acker eingenommenen Vertiefung bemerkte ich keinen Wasseraustritt.

An dem Gehänge, welches sich vom Becken von Dolac gornje zum östlichen Mosorkamme hinanzieht, finden sich Quellbildungen von jener Art, wie sie am Nordhange des mittleren Mosor vorkommen. Im östlichsten Teile des Mosor trifft man an dessen Nordseite an Stelle des Rudistenkalkes Kalkbreccien an. Sie besäumen den Südwestrand der beiden Becken von Srijani und Dolac gornje und ziehen sich dann am Nordhange des Berges Pole weit hinan. Im Bereiche dieser Breccien kommt jene Art von Quellbildung im Kalkgebirge, welche im vorigen Abschnitte beschrieben wurde, zu größerer Entwicklung als im Rudistenkalk selbst.

Gleichwie an der Geländeoberfläche die durchschnittliche räumliche Ausdehnung der noch zusammenhängenden Teile der in Abtragung befindlichen Schichtbänke bei diesen Breccien viel größer ist als beim Rudistenkalk, so dürften wohl auch die tiefer liegenden Bänke dieser klastischen Gesteine eine viel weniger weitgehende Zerklüftung zeigen,

als jene des homogenen Kalkes. Es werden sich dann umfangreiche Teile einzelner Breccienbänke wie undurchlässige Schichtlagen verhalten und es wird, wenn die Anordnung der vorhandenen Klüfte eine solche ist, daß sich die wasserhaltende Wirkung mehrerer über- und hintereinander gelegener klüftloser Teile von Breccienbänken summieren kann, eine schwache Schichtquelle entstehen können. Bei meinem Besuche im Frühlinge, nach mehrtägiger regenfreier Zeit, traf ich am Gehänge ober Kremeno ein aus der Vereinigung zweier Quelladern hervorgegangenes murmelndes Bächlein an. In weitem Umkreise zeigten sich nasse Streifen auf den schrägen Gesteinsflächen und von den überhängenden Felsen tropfte Wasser ab. Der Boden war feucht und allerorts wucherten üppige, von Wasser triefende Moospolster. Die ungewöhnlich reiche Moosflora ließ erkennen, daß es sich bei dieser Wasserfülle nicht um einen bald vorübergehenden Zustand nach Regenwetter handelte.

### Die Quellen in der Umgebung des Golfes von Castelli.

Die im vorigen schon wiederholt genannte Küstenzone umfaßt die nördlichen Ufergelände des Golfes der sieben Kastelle, die Gebirgsnische von Clissa und die Landzunge von Spalato. Nach Osten reicht dieses Gelände bis zum Stobrec potok; gegen West erstreckt es sich bis zum Bergrücken Vilajca oberhalb Trau und kommt so noch zu einem kleinen Teile in das westliche Nachbarblatt des Blattes Sinj—Spalato zu liegen. Die östliche Hälfte des Gebietes wird durch die Bucht von Vragizza und das in ihrer östlichen Verlängerung gelegene Tal des Jadro in einen nördlichen und südlichen Teil geschieden. Die Hänge, welche vom Nordufer des Castellaner Golfes zum Kamm des Koziak hinansteigen, sind von vielen Wasserrißen durchfurcht, aber ohne tieferen Einschnitt. Erst in der Gebirgsnische von Clissa kommen mehrere Gräben zur Entwicklung, welche zum Jadrotale hinabziehen. Der Hauptteil der Landzunge von Spalato ist ein flacher, fast ungegliederter Rücken, nur das Endstück der Halbinsel, der Monte Marjan ein steil aufragender Felskamm. In diesem Abschnitte kommt von der Landzunge von Spalato nur die zum Castellaner Golf abdachende Nordseite zur Besprechung. Den Kamm des M. Marjan bauen Alveolinen- und Nummulitenkalke auf, das übrige Gebiet fällt bis auf seine von Mergelschiefern des Opor erfüllte Nordwestecke der Flyschformation zu. Der Spalatiner Flysch besteht aus Mergelschichten von nicht sehr wechselnder Beschaffenheit und vielen Kalkeinlagen von höchst mannigfaltiger lithologischer Ausbildung. Unter den Quellen der Küstenzone kommen so zunächst Schichtquellen in Betracht, die bei der großen Fülle tektonischer Kleinformen, welche der reiche Faltenwurf der Flyschschichten bedingt, sehr verschiedene Strukturformen aufweisen. Die Anhäufung von Gebirgsschutt an der felsigen Umrahmung des Flyschgeländes und die Entwicklung eluvialer Schuttdecken innerhalb desselben führt zur Bildung von Schuttquellen. Die wichtigste, wenn auch nur durch zwei Glieder vertretene Gruppe von Quellen sind aber im Küstengebiet die großen Karstquellen, welche das im Kalkgebirge hinter der

Flyschvorlage sich sammelnde Kluftwasser zutage bringen. An letzter Stelle sind die Grundwasserquellen an den aus Strandgeröllen bestehenden Uferstrecken zu erwähnen.

Am Fuße des nahe an das Meer herantretenden Frontabfalles des Bergrückens oberhalb Trau entspringt bei der Trogirska mulina eine mächtige Quelle. Das Wasser tritt an jener Stelle aus, wo die gegen Ost geneigte Oberkante der Mergelvorlage des Kalkgebirges den Meeresspiegel erreicht. In der Ueberschiebungszone ist hier ein großer Zwischenflügelrest hervorgepreßt, in welchem Nummuliten-, Alveolinen- und Miliolidenkalk in inverser Lagerung sichtbar sind, so daß man von einer Umwandlung des Profiles in Ueberfaltung sprechen kann. An der besagten Stelle zeigt sich ein zur Schaffung des für die Mühle nötigen Gefälles künstlich gestauter Quellteich, dessen Abwasser durch stark versumpftes Schwemmland dem nahen Meere zufließt. Die Rückwand des Quellteiches wird durch eine felsige Böschung von Knollenkalk gebildet, aus deren Spalten Wasser austritt, um die aus dem Grunde des Quellteiches aufsteigenden Wassermassen zu verstärken. Im Schwemmlande vor dem Quelltümpel tritt auch noch Wasser zutage; zur Hauptregenzeit bricht es auch seitlich von jenem Tümpel an mehreren Stellen aus. Die Quelle bei der Trogirsker Mühle ist die westlichste der großen Karstquellen an der mitteldalmatischen Küste. Ihr Ursprung genau an der Stelle, wo der Flyschmergel endet und der Kalk den Gebirgsfuß erreicht, läßt eine wasserstauende Wirkung dieser Mergelvorlage klar erkennen. Für die Annahme, daß sich in den Tiefen des Vilajcarückens in allseits verzweigten Kluftnetzen ein zusammenhängendes Kluftwasser ausbreite und man bei tiefer Durchbohrung der dem Südrande jenes Rückens folgenden Mergelschichten an jeder beliebigen Stelle große Wassermassen anzapfen könnte, wäre jener Ursprung aber noch kein ausreichender Beweis. Die Quelle bei Trogirska mulina ist nur im Winter süß und nimmt bei starker Abnahme der Wassermenge gegen den Spätsommer hin einen salzigen Geschmack an. Ihre Temperatur betrug bei einer Messung in der zweiten Aprilhälfte  $13^{\circ}08'$  und bei einer Messung gegen Ende Juni desselben Jahres  $13^{\circ}86'$ .

In der Umgebung des südöstlich von dieser Quelle an der Küste einsam stehenden Hauses Mrte befinden sich zwei Quelltümpel; der eine führt erdig, aber nicht salzig schmeckendes Wasser und trocknet im Sommer völlig aus, der andere hat süßes Wasser und soll auch in der wärmeren Jahreszeit nicht ganz versiegen. Eine Viertelstunde ostwärts von dem Hause Mrte mündet dicht neben der Punta Taršce, in deren Nähe im Meere eine Süßwasserquelle aufbrechen soll, ein Geröllbett, das sich landeinwärts etwa  $1\frac{1}{2}$  km weit verfolgen läßt und mit einigen verschlammten Speilöchern beginnt. Das Wasser soll hier in der nassen Jahreszeit zunächst bei Bora, wenn das Meer zurücktritt, trüb und süßlich schmeckend und dann bei Scirocco und anschwellendem Meeresspiegel salzig hervorbrechen. Sein Erscheinen soll sich schon einige Stunden vorher durch ein murmelndes Geräusch ankündigen. Diese Speilöcher liegen unweit jener Stelle, wo der Rücken der Vilajca am weitesten gegen Ost vorspringt. Dicht vor diesem Geländesporne verliert sich eine meist

trocken liegende Talrinne, die sich längs des Nordostfußes der Vilajca weit landeinwärts fortsetzt und aus der Vereinigung von mehreren, am Osthange der Labisnica entstehenden Gräben hervorgeht. Nahe ostwärts vom Endstücke dieser Rinne befindet sich beim Kirchlein Santa Marta ein Brunnen, welcher das in den Deckschichten der Flyschunterlage sich sammelnde Wasser der Umgebung liefert. Meerwärts von diesem Brunnen tritt noch an drei Stellen solches Wasser in kleinen Tümpeln an den Tag.

Etwa 1·5 *km* nordostwärts von der Punta Taršce ergießt sich der Reznikbach in das Meer. Er führt das Abwasser zweier Quellen, welche am Nordfuß des im flachen Ufergelände isoliert aufragenden St. Bartholomäushügels entspringen. 1·5 *km* ostnordostwärts von jenem Bache erreicht bei Castel Papalio der Abfluß der Ricivicaquellen das Meeresufer. Diese Quellen entspringen gleich den vorigen aus einer an Einschaltungen von Breccienkalken reichen Flyschzone. Von diesen Quellen liegen mir nur im Oktober angestellte Messungen vor, welche naturgemäß hohe Temperaturen ergaben. Das Hauptbecken zeigte an seinem Ausflusse 15·26°, die schwache oberste Quelle 16·88°. Nahe der Mündung des Ricivicabaches trifft man in der Zone der Strandgerölle zwei Grundwasserquellen. Die linkerseits des Baches liegende ist in einen tiefen Schacht, die rechts von ihm befindliche in einem kleinen ummauerten Becken gefaßt. Letztere zeigte im Herbst 15·75°. Schon im Flyschgelände liegt etwas weiter ostwärts an der Straße die schöne Quelle Kraljevo. (Temp. im Juni 14·49.)

Ziemlich reich an Schutt- und Stauquellen sind die unteren Teile des Gehänges, das sich hinter dem sanft ansteigenden Reben- gelände der westlichen Kastelle zur flachen Einsattlung der Küsten- kette zwischen dem Opor und Koziak hinanzieht. Einige dieser Quellen, so jene in den Gräben ober Kuzmaničtor, fallen noch in den Bereich der Opormergel, die übrigen, darunter mehrere in der Umgebung der Kapelle Gospa Stomotja und eine ungefaßte und eine gefaßte Quelle in der Nähe der Eisenbahnstation von Castel vecchio gehören der Flyschformation an. Bemerkenswert ist ein schöner Quellbrunnen an der vielbegangenen Gebirgsstraße, welche über den Malačkasattel in die Zagorje hinüberführt. Das gegen den hohen Kamm des Koziak ansteigende Hinterland der mittleren und östlichen Kastelle ist dagegen an Quellen arm. Im Flyschgebiete findet hier vorwiegend obertägige Entwässerung durch ein reich entwickeltes Netz von Einrissen statt. Auf der wenig mehr als 6 *km* langen Uferstrecke von Castel vecchio bis Castel Sucurac zählt man allein an siebzehn größere Wasserrisse, die mit ihren letzten Verästelungen mehr oder weniger weit in den Gebirgsabhang einschneiden, wozu noch eine Anzahl kürzerer, auf Küstennähe beschränkter natürlicher Abzugsrinnen kommt.

Im Gegensatz dazu entbehrt der oberhalb des Kastellaner Flyschgeländes zu Füßen der Gipfelmauer des Koziak hinziehende Schutthang ganz der Wasserrisse. Trotzdem ist seine untere Grenze auch kein Quellenhorizont. Das Anstehende unter dem breiten Schutt- saume der Gipfelwände des Koziak und Golo Brdo scheint zum großen Teil aus Kalken zu bestehen, und soweit die in die Trümmer- halden eindringenden Niederschläge auf Flyschboden gelangen, treten

sie allmählich und ohne sich zu größeren Quellsträngen zu sammeln in die Anfänge der früher genannten Wasserrisse ein. Von Strandquellen am Nordufer des Golfes von Castelli seien jene bei Castell Cambio und bei Castell Abadessa erwähnt.

Mit Quellen besser ausgestattet ist die Gebirgsbucht von Clissa, welche sich zwischen den Golo Brdo und den Westhang des Mosor einschiebt und durch den Kamm der Marčesina Greda gegen Nord abgeschlossen wird. Ihre Entwässerung erfolgt durch drei dem Jadro zufließende Rinnsale, den Rapotina-, Kamenica- und Zavlicbach. Der erstere kommt aus der Westnische der Gebirgsbucht und nimmt im Blaca Polje am Nordfuße des Golo Brdo seinen Ursprung. Er entwickelt sich dort aus den auf dem Knollenmergel des Poljenbodens sich sammelnden Niederschlägen und verstärkt sich durch Zuflüsse aus dem Flyschgebiete. Am durch kleine Schollensenkungen zerstückten Osthange des Golo Brdo befindet sich oberhalb des Knies der Bergstraße nach Clissa bei drei Bäumchen eine roh ummauerte Quellacke in grobem Schuttboden. Sie zeigte bei einer Messung im Herbste 15·62, im darauffolgenden Frühjahr 14·54, und wies somit eine sehr geringe Wärmeschwankung auf, was auf ein tiefliegendes Ursprungsgebiet hinweist. Sie scheint aus der Verwerfung zwischen Flyschmergel und einem abgesunkenen Klotze des überschobenen Kreidekalkes hervorzukommen. Gleich oberhalb des Wirtshauses am Straßenknie befindet sich ein schöner Quellbrunnen, welcher fast dieselbe Temperatur wie die vorige Quelle zeigte. Nahe ostwärts von jenem Knie tritt oberhalb der Straße ein Quellchen aus.

Weiter ostwärts quert die Straße zwei sich vereinigende Rinnen, in deren Anfängen je ein Wässerchen entspringt. Das stärkere zeigte bei einer Herbstmessung 15·40°. Hoch oberhalb der Straße befindet sich unweit der Hütten von Mestrovic die höchstgelegene Quelle der Gegend. Sie zeigte im Oktober eine etwas höhere Wärme als die gleichfalls gegen SW exponierte vorige Quelle, was auf einen längeren Weg unter oberflächlichem Schutte hinweist. Am Südhange der Marčesina greda entspringt ebenfalls in der den Fuß der Gipfelwand besäumenden Schuttzone eine Quelle, die jetzt den Wasserbedarf der Eisenbahnstation von Clissa deckt. Diese Quelle zeigte kurz vor ihrer Fassung im Herbste 15·56°, im Frühlinge 13·24°. Eine Jahreschwankung von wenig mehr als zwei Grad ist immerhin noch gering genug, um die Annahme zu rechtfertigen, daß man es nicht mit einer Schuttquelle, sondern mit einer durch Gehängeschutt maskierten Ueberfallquelle an der Grenze verschieden durchlässiger Glieder der Flyschformation zu tun hat. Bei der Ortschaft Clissa befindet sich eine Quelle, die in einem tiefen Brunnenschacht gefaßt ist, den ein Gewölbe von Lindenblattform überdacht. Dieser Brunnen liegt in der westlichen der zwei tiefen Scharten, die in den aus saiger stehenden Konglomeraten aufgebauten Felsriff von Clissa eingekerbt sind. Die östliche Scharte wird von einem Rinnsale durchquert, das sich am Südosthange der Marčesina greda bildet und die Hauptader des schon früher genannten Zavlic potok darstellt. In der nassen Jahreszeit sieht man hier in der Felsenge einen kleinen Wasserfall über ausgehöhlte und geglättete Wände stürzen, im Sommer ist das Bächlein versiegt.

Eine Viertelstunde nordostwärts von diesem Engpasse befindet sich an der Bergstraße ober Clissa beim Wirtshause Glavina ein Brunnen, der sein Wasser von der Ostseite der Marčesina greda empfängt. Im Frühlinge sah ich hier öfter einen kräftigen Wasserstrahl, im Spätsommer nur ein Tröpfeln.

Am linksseitigen Hange des vom Zavlicbach durchrauschten Grabens trifft man eine schöne Quelle unweit südlich von den Hütten von Perić. Sie ist gegen SW exponiert und kommt als Ueberfallquelle aus sanft gegen NO fallenden Flyschschichten hervor. Als reichste und nachhaltigste Quelle auf der Ostseite der Gebirgsbucht von Clissa ist sie in eine Brunnstube gefaßt und zur Wasserversorgung der umliegenden Hüttengruppen dienend. In der Mehrzahl der Aeste des Zavlićgrabens sieht man ein allmähliches Anschwellen von Sickerwässern zu schwachen Bächlein, aber keine nennenswerten Quellen. Im Endstücke des Haupttrinnsales ist unter einer 25° NNO fallenden Konglomeratbank ein schwaches Quellchen zu bemerken, das wegen seiner tiefen Lage für eine Bestimmung der Abnahme der Quelltemperatur mit der Höhe in der Gebirgsbucht von Clissa von Bedeutung wäre, aber vielleicht nur versiegtes Bachwasser wieder zutage bringt.

Die an ihm gemessenen Temperaturen waren:

Oktober 1902 . . 15·98°, April 1903 . . 14·62°, Oktober 1903 . . 16·44°.

Die berühmte Jadroquelle entspringt im Grunde einer von hohen Wänden umrahmten Felsnische am Fuße des am meisten gegen W vortretenden Gebirgsspornes des Mosor. Das die Nischenwände bildende Gestein ist ein sehr fester Breccienkalk aus Bruchstücken von weißem Rudistenkalke und lichtgrauen eocänen Kalken. Außerhalb der Quellnische durchbricht der Jadro schief zum Schichtstreichen den Flyschsattel nördlich von der Mulde von Salona, um dann im Bereich des Kernes dieser Mulde in den Salonitaner Golf zu münden. Der Flußspiegel erfährt hierbei eine Senkung um etwa 20 m. Der Jadroursprung zählt somit nicht zu jenen Küstenquellen, für deren Höhenlage nur das Niveau des zur Quelle führenden Höhlenflusses maßgebend ist. Bei der Jadroquelle kommt auch die wasserstauende Wirkung einer undurchlässigen Mergelvorlage in Betracht. Zufolge seiner Formverhältnisse gehört der Jadroursprung zu jenen Karstquellen, bei denen sich Veränderungen der Wassermenge nur in Schwankungen des Quellspiegels äußern können. Er tritt hierdurch in Gegensatz zu seinem östlichen Nachbar, dem Ursprung des Stobrečbaches, welcher bei wechselndem Wasserstande seine Austrittsstelle verschiebt. Die Spiegelschwankungen der Jadroquelle dürften einige Meter nicht übersteigen, sie bringen aber doch schon einen auffälligen Wechsel des Quellbildes mit sich, indem im Spätsommer mehrere mit ausgedorrten Moosrasen überzogene Blöcke sichtbar werden, die im Winter und Frühlinge überflutet sind. Groß ist der jahreszeitliche Unterschied in der Art, wie sich der Wasseraustritt vollzieht. Im Winter ein Hervorschießen mit Wucht unter lebhaftem Rauschen, im Hochsommer ein stilles Hervorquellen.

Ueber die Temperatur der Jadroquelle liegen mir vier Messungen vor:

1. Oktober 1902 . . .	12·81 <sup>0</sup>	3. Oktober 1903 . . .	13·21 <sup>0</sup>
5. April 1903 . . . . .	12·90 <sup>0</sup>	23. Juni 1905 . . . . .	13·08 <sup>0</sup>

Die Quelle scheint so nur sehr geringen Wärmewechseln unterworfen zu sein und es scheinen — wie sich dies auch noch bei anderen Quellen unseres Gebietes zeigte — die periodischen Wärmeänderungen kleiner zu sein als wie die aperiodischen. Das Nährgebiet der Jadroquelle ist wohl zunächst der Westmosor und das ihm nord- und nordostwärts vorliegende Gelände. Den Mittelmosor wird man als Einzugsgebiet der Stobrecquelle anzusehen haben. Besonderes Interesse knüpft sich an die Frage, ob der Jadro auch Cetinawasser führt. Es könnte sich hierbei um keinesfalls große Wassermengen handeln, welche die Cetina in ihrem bei Bisko beschriebenen Bogen vielleicht verliert, obschon dort keine sichtbaren Zeichen einer Abnahme ihrer Wassermenge vorhanden sind. Da die kleinen Vorkommen von Hornsteinkalken zwischen dem Zuge dieses Kalkes bei Novasela und den Zügen bei Prugovo vermuten lassen, daß das Liegende des Rudistenkalkes im nordöstlichen Vorlande des Mosor nicht Dolomit, sondern Hornsteinkalk sei, erscheint die Möglichkeit einer Kluffverbindung zwischen dem Cetinatal bei Bisko und dem Jadrotal gegeben. An einen von der Cetina zur Jadroquelle führenden Höhlengang wird man aber wohl kaum denken. Die Entfernung beider Örtlichkeiten beträgt 15 *km*, der Höhenunterschied 240 *m*. Als Mittel zur Beantwortung der Frage, ob in der Tat eine Verbindung da ist, kämen zunächst Färbeversuche mit noch in Spuren nachweisbaren Stoffen in Betracht, wogegen weniger empfindliche Methoden der Feststellung hydrographischer Zusammenhänge wohl versagen würden, da die fragliche Eingangspforte nicht ein Ponor, sondern ein vermutlich unvollständig abgedichtetes Flußbett ist. Bei einer vergleichenden Prüfung der Flußsedimente würde der mikroskopische Nachweis von Silikaten im Jadroschlamm zu einer Bejahung der gestellten Frage nicht genügen, da nach den Untersuchungen von Tučan solche Einschlüsse auch in den Kalken und Dolomiten des Karstes selbst vorkommen.

Man müßte kleine Partikeln von Werfener Schiefer und zersetztem Diabas auffinden und es hätte dies nahe der Jadroquelle zu geschehen, da die im Jadrotale errichtete Zementfabrik Gips aus Sinj bezieht und mit diesem auch Stückchen anderer triadischer Gesteine der Sinjaner Gegend in das Jadrobett verschleppt werden könnten. Einen Anhaltspunkt dafür, wie sich die mineralogische Zusammensetzung einer ganz aus Kalken, wie sie das Hinterland des Jadro bilden, kommenden Karstquelle gestaltet, würde die Prüfung des Schlammes der Quelle bei der Trogiriska mulina ergeben. Für den Stobrec potok wäre dagegen die Möglichkeit einer Verbindung mit der Cetina auch nicht von vornherein auszuschließen. Von Bedeutung für die angeregte Frage wäre eine fortgesetzte genaue Messung der sekundlichen Abflußmenge des Jadro und eine genaue fortlaufende Registrierung der Niederschlagsmengen auf mehreren Regenstationen im Gebiete zwischen der oberen Cetina und dem Jadrotale. Im Sommer pflegt es manchmal zu geschehen, daß in der Ebene von Ervace oder im östlichen Sinjsko polje lokale, aber sehr heftige Gewitterregen nieder-

gehen, während in der Mulde von Dicmo, im nördlichen Vorlande des Mosor und auf diesem selbst kein Regen fällt. Würde in einem solchen Falle, der die Cetina vorübergehend anschwellen läßt, noch vor dem Eintritte eines neuen Niederschlages in den eben genannten Gegenden der Jadro eine meßbare Zunahme seiner Wassermenge zeigen, so könnte diese nur auf einen Zufluß von der Cetina her bezogen werden. Die Jadroquelle dient bekanntlich schon seit langem zur Wasserversorgung von Spalato und es sind, wie bekannt, auch Reste einer antiken Wasserleitung vorhanden.

Auf der linken Seite des Jadrotales findet sich nur eine Quelle von Bedeutung. Sie entspringt nahe der Grenze der klüftigen Kalkschichten im Liegenden jenes Flyschzuges, der den Riff von Breccienkalken unterteuft, die im Jadrotale die Klippenkette der mittleren Flyschzone vertreten. Sie stellt sich so, da hier die Schichten gegen das Tal zu fallen, als Rückstauquelle dar. Die gemessenen Temperaturen waren:

Oktober 1902 . 16·80°, April 1903 . 14·32°, Oktober 1903 . 16·48°.

Hier erreichte demnach die periodische Wärmeschwankung eines Jahres einen viel größeren Betrag als die Differenz zwischen den in zwei aufeinander folgenden Jahrgängen zur selben Zeit gemessenen Temperaturen. Diese den Bewohnern von Mravince das Trinkwasser spendende Quelle befindet sich in einer gewölbten Mauernische und ein antiker Sarkophag dient hier als Brunnentrog. Im Frühlinge sprudelt das Wasser aus einer Steinrinne in kräftigem Strahle hervor, in trockenen Spätsommern läuft es nur an der Unterseite der Rinne auf die Rückwand des Troges ab. Im Flyschgelände am Südufer der Bucht von Vraginizza sind keine nennenswerten Quellbildungen vorhanden, dagegen wird von Wasseraustritten an der aus klüftigem Kalk bestehenden Nordküste des Monte Marjan berichtet.

### Die Quellen an der Küste von Spalato.

Der Monte Marjan besteht aus einem durch Längsbrüche zerstückten Gewölbe von mitteleocänen Kalken, das die Nordflanke und den First des Berges aufbaut und aus einer sich anschließenden Flyschmulde, welche die südlichen Bergabhänge formt. Der Flyschzug bricht schon 1 km ostwärts von der Stelle, wo der Grat des Marjan mit dem St. Georgs Kap ins Meer hinabtaucht, quer ab. Der so gebildete einspringende Winkel zwischen dem (abzüglich eines schmalen Streifens) seiner Flyschvorlage beraubten Weststücke des Berggrates und dem Abbruche der Flyschmulde ist die stille Bucht von Kašion.

Der Flyschkomplex im Hangenden des einen Kern von Alveolenkalk umhüllenden Hornsteinkalkes des Monte Marjan baut sich aus einer unteren Lage von Nummulitenbreccienkalken, einer mittleren Mergelzone und aus oberen Breccienkalken auf. Letztere blieben nur neben der Bucht von Kašion von der Denudation bewahrt und bilden dort, muldenförmig gelagert und ringsum frei ausstreichend, einen sich in zwei Stockwerken erhebenden kleinen Hügel. An der Nord-

flanke desselben fallen die dicken Breccienbänke im Osten bis zu 40° steil gegen S, im Westen weniger steil gegen SSW; an der Südseite des Hügels sind sie im Osten fast schwebend gelagert, im Westen schwach gegen N geneigt. Die Muldenachse zeigt eine schwache Senkung gegen West und an ihrem Ausstriche in dieser Richtung, bzw. am tiefsten Punkte der Umrandung der Mergelschichtfläche, auf welcher die Breccienbänke wie auf einer flachen Schale ruhen, tritt ein Quellchen aus. Gleich südwärts von demselben sind die liegenden Flyschmergel mit Kalksandsteinbänkchen, 25° N fallend, aufgeschlossen; Gleich nordwärts sieht man die hangende, 3 m mächtige Bank von Breccienkalk mit ebensolcher Neigung gegen S verflächen.

Hier böte sich Gelegenheit, das Verhältnis zwischen Niederschlag und Abfluß genau zu untersuchen. Das oft nicht scharf umgrenzbare Sammelgebiet ließe sich bei diesem Quellchen so exakt wie der Flächeninhalt eines Grundstückes bestimmen. Die meist nur im rohen Durchschnitte gewinnbare mittlere Regenhöhe könnte hier bei der räumlichen Beschränkung des Areals, etwa schon durch die Angaben von bloß dreien im westlichen, mittleren und östlichen Teile der Hügelkuppe aufzustellenden Ombrometern wahrheitsgetreu erhalten werden. Wasserverluste in die Tiefe sind bei der Beschaffenheit der die Einsickerungen auffangenden Schichtfläche völlig unwahrscheinlich, wenn auch nicht ganz ausgeschlossen. Eher könnte es sein, daß bei der zum Teil fast horizontalen Lage dieser Auffangfläche nach starken Güssen eine Ueberrieselung ihres Randes an verschiedenen Stellen geschähe, was sich indessen dann leicht feststellen ließe.

Ostwärts vom Quelhügel ober der Bucht von Kašion sind — wie erwähnt — die oberen Breccienkalke schon entfernt und die Flyschmergel völlig bloßgelegt. Hier kommt es so zu vorzugsweise obertägiger Entwässerung; man zählt im ganzen sieben Wasserrisse an dem vom Meeresufer zu den Gratwänden des Monte Marjan mäßig steil ansteigenden Gehänge.

Am Ostfuße des Berges entspringen mehrere Quellen, die durch ihre hohe Mineralisation und erhöhte Temperatur eine Sonderstellung einnehmen und ein mehr als gewöhnliches Interesse beanspruchen. Es sind die berühmten Schwefelquellen von Spalato. Man hat zwei Austrittsorte zu unterscheiden. Im steil gestellten Nordflügel der Flyschmulde des Marjan besteht die untere kalkige Schichtgruppe aus drei durch schmale Mergelbänder getrennten Zügen von Breccien- und Knollenkalk. Sie streichen nacheinander auf der Westseite des Spalatiner Hafens aus, und zwar so, daß der nördlichste, dem Hornsteinkalk des Monte Marjan direkt angelehnte Zug am weitesten gegen Osten reicht. Er endet obertags bei dem Franziskanerkloster und ist bis knapp vor seinem Ende als Felsmauer verfolgbar.

Aus diesem Gesteinszuge tritt die schwächere Schwefelquelle an zwei Stellen aus. Die eine befindet sich gleich westlich vom genannten Kloster an der Uferstraße. Das Wasser quillt hier unter einer kleinen in der Straßenfront gelegenen Felswand hervor und ergießt sich in ein ummauertes Becken, aus dem es in das nahe Meer abfließt. Die andere Stelle liegt im Kellerraume des Klosters. Hier kommt das Wasser aus der Seitenwand eines in den Fels eingelassenen

Quellschachtes hervor. In der Nachbarschaft desselben sollen noch mehrere, jetzt verschüttete Austrittsstellen vorhanden gewesen sein.

Der Hornsteinkalk des Monte Marjan erstreckt sich von der Ostflanke des Berges noch in das Stadtgebiet von Spalato hinein. Seine östliche Grenze wird durch die flache Einsenkung bezeichnet, welche das Stadtgebiet in Nord-Süd-Richtung durchquert. Das jenseits dieser Senke wieder sanft ansteigende Gelände gehört schon den die Falte des Marjan umhüllenden Flyschschichten an. Die Stelle, wo hier der Hornsteinkalk am meisten gegen Ost vortritt, ist der Austrittsort der größeren Schwefelquelle, über welcher eine Badeanstalt erbaut wurde. Diese Quelle soll in 24 Stunden zwei Millionen Liter liefern, was einer Menge von 23 Sekundenlitern entsprechen würde. Die Quelle im Klosterkeller dürfte 1—2, die Quelle an der Uferstraße etwa 3 Sekundenliter liefern. Die Temperatur der Quelle in der Badeanstalt beträgt  $25.5^{\circ}$ , jene der Quelle beim Kloster  $20.0^{\circ}$ . Nimmt man die mittlere Jahrestemperatur der Luft in Spalato zu  $15.7^{\circ}$ , die Tiefenlage der Fläche der indifferenten Temperatur zu 25 *m* und die normale geothermische Tiefenstufe für gut leitenden Kalk zu 28 *m* an, so ergibt sich hieraus als Tiefe, aus der die starke Schwefelquelle empordringt, 300 *m*, als Tiefe, aus der die schwache Quelle kommt, 145 *m*. Diese Werte gelten aber nur für den Fall, daß beide Quellen keinen Zufluß kühlerer Wässer nahe der Oberfläche erhalten. Ist letzteres der Fall, so wären etwas größere Ursprungstiefen anzunehmen.

Obschon die Gesamtmenge der auf den Kalkboden der Nordflanke des Monte Marjan fallenden Niederschläge ausreichen könnte, um die Quellen von Spalato zu speisen, so wird man doch, da ein Teil dieser Wässer durch Verdunstung verloren geht und ein anderer Teil seinen Weg gegen W und N zum Meere nimmt, dem Wasser der Spalatiner Quellen zum Teil eine Herkunft aus größerer Ferne, aus dem Hinterlande des Golfes von Castelli zuschreiben müssen. Die Spalten-systeme jenes Gebietes stehen unter dem Flyschboden des Golfes von Castelli wohl mit den Klüften des Monte Marjan in teilweisem Zusammenhange. Sie haben aber wahrscheinlich auch Verbindungen mit jenen Kluftsystemen, welche in den kalkigen Einlagerungen der Flyschformation vorhanden sind und sich zum Teil unterseeisch öffnen. Die subterrane Wasserbewegung in der Spalatiner Küstenregion vollzieht sich nun wohl so, daß die sich in der östlichen Zagorje sammelnden Wässer, da ihnen durch die Flyschvorlage von Castelli ein Austritt als große Küstenquellen versperrt bleibt, hinter die Flyschvorlage hinabsinken und dann zum Teil unter dem Flyschboden des Golfes von Castelli bis zum Monte Marjan gelangen und sich auf diesem Wege mit Meergrundwasser mischen. Der Wasseraustritt findet dann an den tiefsten Stellen der östlichen Umrandung des Monte Marjan statt. Ein Teil der aus der östlichen Zagorje dem Meere zustrebenden Wässer tritt aber schon durch Spalten am Grunde des Golfes von Castelli aus.

Was den Gehalt der Spalatiner Quellen an freiem Schwefelwasserstoffe betrifft, so war schon August Vierthaler, welcher eine chemische Analyse dieser Quellen und des Meerwassers bei Spalato vornahm, der Ansicht, daß eine Zersetzung von Meerwassersulfaten durch

vegetabilische Organismen stattfindet. Die Untersuchung zeigte, daß schwefelsaures Kalzium im Meerwasser bei Spalato in viel größerer Menge als in der Klosterquelle und daß es in der Badequelle gar nicht vorhanden sei. Dem Schlamm am Meeresboden westlich von Salona ist pflanzlicher Detritus, der aus den sumpfigen Ufern des Jadro stammt, und Detritus von abgestorbenen Meeresalgen beigemischt. Aber auch im felsigen Untergrunde des Golfes von Castelli dürften organische Substanzen in geringer Menge und feinsten Verteilung enthalten sein. Es wurden in der Gegend von Clissa Kohlenschmitzen und beim Bahnbaue in der Gegend südöstlich von jenem Orte fossile Blattreste gefunden.

Vierthaler war jedoch der Meinung, daß Meerwassersulfate nicht die einzigen Lieferanten für den Schwefelwasserstoffgehalt der Spalatiner Quellen bilden könnten und daß noch auf ein Lager von Gips oder Kiesen als Ursprungsort des Schwefels zu schließen sei. Die letztere Annahme wäre nicht begründbar. Die in Kalksteinen Dalmatiens gelegentlich eingesprengt vorkommenden Pyritkriställchen sind selbst sekundäre Bildungen, erzeugt durch ein Zusammentreffen schon vorhandener Sulfatlösungen mit Eisensalzen und organischen Substanzen. Ein geringer primärer Eisensulfidgehalt der dalmatischen Diabase würde gegenüber anderen weit näher liegenden Ursprungstätten des Schwefels der Spalatiner Quellen sehr in den Hintergrund treten. Was eine Herkunft dieses Stoffes aus Gipslagern betrifft, so ist kaum zu zweifeln, daß die Vorkommen von gipsführenden Rauhwacken in den innerdalmatischen Spaltentälern nur die durch Aufbruch und Abtragung bloßgelegten Teile eines unter den mesozoischen Schichten allgemein verbreiteten geologischen Horizontes seien. In der östlichen Zagorje, südwärts von der Mučer Ueberschiebung dürften aber die oberpermischen Rauhwacken in großer Tiefe liegen, zudem wäre anzunehmen, daß sie von undurchlässigen unteren Werfener Schiefen bedeckt sind. Von der Gegend von Muć erscheint aber der südliche Teil der östlichen Zagorje durch den Dolomitsattel von Brstanovo getrennt. Ein Zutritt gipsführender Wasser zu den mutmaßlich im Hinterlande von Castelli liegenden Wurzelflechten der Spalatiner Quellen ist darum nicht wahrscheinlich.

Was den Gehalt der Spalatiner Schwefelquellen an verschiedenen Salzen anbelangt, so liegt es auch näher, diesen zum großen Teil aus dem benachbarten Meere abzuleiten, anstatt aus den in größerer Entfernung und in größerer Tiefe vorhandenen marinen Sedimentgesteinen. Würde die Mineralisation dieser Quellen hauptsächlich durch Auslaugung der Gesteinsschichten der Umgebung und des Untergrundes bedingt sein, so würde man einen hohen Gehalt an Kalkbikarbonat erwarten. Der Kalkgehalt der Spalatiner Quellen ist aber sehr gering. Dagegen weisen sowohl die Bade- als auch die Klosterquelle einen hohen Gehalt an Chlornatrium auf. Dieses Chlorid übertrifft alle anderen mineralischen Bestandteile sehr an Menge und sein prozentischer Anteil an der Gesamtmenge der fixen Bestandteile ist jenem im Meerwasser bei Spalato ähnlich. Den Kochsalzgehalt der Spalatiner Quellen aus den in den Tiefen des Hinterlandes ruhenden unteren Triasschichten abzuleiten,

wäre bei der Spärlichkeit der Argumente, welche sich für eine Salzföhrung der dalmatischen Werfener Schiefer vorbringen lassen, sehr hypothetisch. Auch dürften diese Schiefer in den Tiefen der Zagorje von mehreren wenig durchlässigen Dolomithorizonten überlagert sein. Auch Chlormagnesium ist in den Schwefelquellen von Spalato reichlich enthalten und wieder ist sein prozentischer Anteil an der Gesamtmenge der Mineralsubstanzen jenem im benachbarten Meerwasser ähnlich. Daß der von Vierthaler mitgeteilte Chlornatrium- und Chlormagnesiumgehalt des Meerwassers an der Küste von Spalato vom normalen abweicht, rührt aber nicht daher, daß dieses Meerwasser durch die ihm zufließenden Abwässer der Schwefelquellen in seiner Zusammensetzung merklich verändert würde, sondern davon her, daß der genannte Forscher die bei der Analyse gefundenen Basen und Säuren in anderer als der bei Meerwasseranalysen gebräuchlichen Weise zu Salzen vereinigt hat.

Von den Unterschieden, die bezüglich der Zusammensetzung zwischen dem Meerwasser und den Quellen von Spalato bestehen, ist jener im Jodgehalte sehr auffallend. Jod wurde in der Badequelle in bemerkenswerter Menge, in der Klosterquelle aber nur in minimaler Menge und im Meerwasser bei Spalato gar nicht nachgewiesen. Letzterer Umstand ist sonderbar, da zu den Bestandteilen der Algenflora der dalmatischen Küsten auch Fucoiden gehören, welche ihren Jodgehalt aus dem Meerwasser beziehen. Ob der Jodgehalt der Badequelle aus den Flyschmergeln stammt, bleibt ungewiß, solange in diesen Gesteinen Jod nicht wenigstens in Spuren nachgewiesen wird. Während aus dem nordalpinen Flysch sichere Fucoiden bekannt geworden sind, wurden in Dalmatien Fucoidenreste bisher nur in den Mergeln des Monte Promina, aber nicht in den Flyschschichten der Gegend von Spalato gefunden. Es wäre deswegen aber doch denkbar, daß an den Ufern des dalmatischen Flyschmeeres Blasentange oder andere Organismen, welche dem Meerwasser Jod entziehen, gelebt hätten. Die Möglichkeit, daß sich der Jodgehalt von Meerespflanzen in den Gesteinen konserviert hätte, erscheint insofern vorhanden, als eine von Sigwart vorgenommene Untersuchung der an zerstörten Organismen reichen bituminösen Liasschiefer von Württemberg, aus welchen jodhaltige Schwefelquellen entspringen, einen Jodgehalt ergab. Brom, welches in der Badequelle in geringer, in der Klosterquelle in noch geringerer Menge nachgewiesen wurde, fand sich dagegen auch bei der Analyse des Meerwassers bei Spalato und zwar fast in derselben Menge wie in der erstgenannten Quelle.

Die Summe der fixen Bestandteile ist nach Vierthaler in beiden Quellen fast genau dieselbe (30·80 und 30·65), auch die spezifischen Gewichte weichen wenig von einander ab. (1·02383 und 1·02295.) Die Klosterquelle ist reicher an Chloriden, besonders an jenen beiden Chlorverbindungen, welche eine Aehnlichkeit mit der Zusammensetzung des Meerwassers bedingen. Der Gehalt an freiem Schwefelwasserstoff ist in der Badequelle mehr als doppelt so groß als in der Klosterquelle. Es weist dies im Vereine mit dem Fehlen des in der letzteren gefundenen Kalziumsulfates darauf hin, daß die Reduktionsvorgänge unter der Badequelle energischer von statten gehen.

Bezüglich dieser Quelle findet sich bei Viertaler die Bemerkung, daß sie die Erscheinung des Versiegens nach anhaltendem Regenwetter zeige. Zur Erklärung dieses Phänomens müßte man annehmen, daß sich durch sehr reichliche atmosphärische Niederschläge in den oberen Bodenlagen eine mächtige Süßwasserschicht ansammle, welche dem von unten kommenden Mineralwasser den Austritt nach oben sehr erschwert und es seitlich abdrängt.

Aus dem Küstensaume östlich von Spalato ist nur eine Quelle, die „Fontana“ zu erwähnen. Man erreicht sie, wenn man der Straße nach Almissa bis zum zweiten rechterseits aufsteigenden Pinienhügel folgt und dann den um dessen Ostseite biegenden Seitenweg einschlägt. Die Quelle kommt aus einer gemauerten Brunnstube, an deren Vorderwand ein von einem Blendbogen umrahmtes Steinrelief eingefügt ist. Hinter dem Brunnen ist unterhalb einer Mauer ein ungefaßtes Quellbecken vorhanden, in dessen Umkreis mittelsteil gegen N einfallende Flyschschichten entblößt sind. Die „Fontana“ ist für quellenthermische Vergleiche insofern wichtig, als sie die Temperatur einer nahe der Meeresküste in Südexposition entspringenden Gesteinsquelle angibt. Sie zeigte im Herbst 16·44<sup>0</sup>, im darauffolgenden Frühjahr 15·62<sup>0</sup>, wies somit eine geringe Schwankung auf, die auf einen tieferen Ursprung hinweist. Die Quelle ist sonach ungefähr um vier Grade kälter als die kühlere der beiden Schwefelquellen und um drei Grade wärmer als der Jadroursprung, welcher die thermischen Verhältnisse einer großen Karstquelle zeigt. Die vier größeren Einrisse, welche östlich von der Fontana den Küstensaum durchqueren, dienen fast nur oberflächlicher Entwässerung.

### Die Quellen des Stobrectales.

Jenseits des Rückens von Mravince, welcher in die Landzunge von Spalato ausläuft, dehnt sich das südwestliche Vorland des Mosor aus. Die Mosor planina fällt gegen das Meer zu stufenförmig ab und hat hier noch mehrere Ketten vorgelagert, deren äußerste das Poljicaner Küstengebirge ist. Zwischen diesen Ketten liegen Längstäler, die sich teils gegen NW, teils gegen SO öffnen. Das Tal des Stobrec potok schiebt sich zwischen den Rücken von Mravince und das Vorland des Mosor ein und nimmt die auf der Ostseite jenes Rückens eingeschnittenen Gräben und die gegen NW sich öffnenden Mosortäler auf. Es sind dies das Tal des Veliki potok zwischen dem Küstengebirge und der Bergkette Sridivica und das Tal des Brisine potok zwischen der letzteren Kette und dem Abfalle der unteren Stufe des Hauptgebirges.

Der Stobrecbach entspringt am Fuße dieser Gebirgsstufe. Seinem Talsysteme gehören aber auch noch mehrere auf dieser Stufe und auf der mittleren Gebirgsstufe des Mosor ausgewaschene Gräben an. Auf dieser letzteren Geländestufe sind die tiefsten Schichten des Mosor, die obercnomanen Dolomite aufgeschlossen. Der Rudistenkalk formt außer dem Hauptkamme des Mosor auch die diesem vorgelagerten Käme. Die untere Gebirgsstufe und die Flanken der Mosortäler bestehen aus obereocänen Schichten in der Fazies von Foraminiferen-

kalken, Trümmerbreccien, Konglomeraten und mergligen Plattenkalken. Als jüngstes Schichtglied erscheint Flysch, welcher auch die Ostseite des Rückens von Mravince bildet. Entsprechend dieser größeren geologischen Mannigfaltigkeit ist auch die Zahl der auftretenden Quellformen im Talgebiete des Stobrec potok größer als im Umkreise des Golfes von Castelli.

Auf der Ostseite der Landzunge von Spalato entwickelt sich als Abzugsrinne einer vorwiegend oberflächlichen Entwässerung des umliegenden Gebietes der Torrente ispod kita. Das seichte, von diesem Rinnsale durchzogene Tälchen schiebt sich zwischen den von der Felsklippe Kitoje gekrönten flachen Rücken und den Hügelwall von Sasso ein. Der Rücken der Kitoje lehnt sich südwärts an jene Höhen, welche die Küste zwischen Stobrec und Spalato begleiten. Nordwärts vom Hügelwalle von Sasso breitet sich eine flache Talmulde aus, durch welche der Torrente Terstenik dem Stobrec potok zufließt. Auch dieses an der Südflanke des Rückens von Mravince sich entwickelnde Rinnsal liegt zeitweise völlig trocken. Der Abhang, welcher rechts vom Stobrecbache zu den südlichen Vorhöhen des Westmosor hinansteigt, wird von drei langen Wasserrissen durchfurcht. Dieser Abhang baut sich großenteils aus Kalksandsteinen der Flyschformation auf. Zu Füßen der Felswände, mit denen die Vorhöhen des Mosor gegen Süd abstürzen, ziehen sich Schutthalden hin. In jenen Runsten sieht man deutlich die schon aus dem Neogengebiet von Sinj beschriebene Erscheinung, daß die Wasserführung nicht von Quellen ihren Ausgangspunkt nimmt, sondern sich ganz allmählich aus im Bachbette stattfindenden Zusickerungen entwickelt. Weiter ostwärts trifft man dann bei Rogulić an einer Stelle, wo vier Wege sich kreuzen und viele Pappelbäume stehen, eine Quelle mit Tränkbrunnen, die auch im Spätsommer noch leidlich fließt. Sie zeigte zu dieser Jahreszeit  $16\cdot16^{\circ}$ , ein Wert, der angesichts der südlichen Lage im Vergleich zu den Herbsttemperaturen der Clissaner Quellen nicht hoch war. Ihre Struktur ließ sich nicht erkennen, da die Umgebung ein Kulturland ohne Gesteinsaufschlüsse ist.

Die Quelle des Stobrec potok entspringt am Ausgange der Felsschlucht Studenica, welche in die untere Gebirgsstufe der Südwestseite des Mosor eingeschnitten ist. Das Gerüste dieser Stufe besteht aus zwei eng aneinander gepreßten Faltsätteln aus Foraminiferenkalk, deren Kernschichten durch die Schlucht entblößt sind. Die Quelle tritt aus den diese steile Doppelfalte umhüllenden mergeligen Plattenkalken auf der Südwestseite des meerwärts gelegenen Faltenzuges hervor. Der Stobrecbach durchquert dann den sich anschließenden Muldenkern von Flysch und hierauf noch die beiden Vorfalten des Mosor nebst der zwischen ihnen liegenden Mulde, und zwar kurz bevor ihre Kernschichten in der Flyschumhüllung untertauchen. Die Quelle des Stobrec könnte so trotz ihrer Küstennähe noch weniger als der Jadro mit Küstenquellen im strengen Sinne des Wortes in Vergleich gebracht werden. Sie stellt den Ausbruchsort von durch eine undurchlässige Gesteinsvorlage gestautem Klufwasser dar.

Im Gegensatze zum Jadro erfährt der Stobrecbach bei Schwankungen des Wasserstandes größere Verschiebungen seiner Austritts-

stelle. Im Winter und Frühlänge bricht ein wildschäumendes Gewässer im äußeren Schluchtteile hervor, zur Sommerszeit sieht man dort ein Haufwerk von mit verdorrten Moosrasen und vertrocknetem Schlamme überzogenen Blöcken und quillt das Wasser weiter draußen an verschiedenen Stellen des mit Trümmerwerk übersäten Bachbettes hervor. Der Stobrec potok findet so betreffs des Formwechsels seines Austrittes unter den Cetinaquellen im Kozinac ein Analogon, während der Jadro in dieser Hinsicht mit dem großen Rumin und dem östlichen Rudabache zu vergleichen wäre. Die Temperatur der Stobrecquelle war bei einer am 4. Oktober 1903 vorgenommenen Messung an verschiedenen Stellen 12·80 bis 12·84, sie war um 0·4 niedriger als die einen Tag früher am Ursprunge des Jadro beobachtete Wasserwärme.

Das Wurzelgebiet der Stobrecquelle würde sich, falls die auf der mittleren Mosorterrasse aufgeschlossenen Dolomite in der Tiefe eine undurchlässige Scheidewand bilden, auf die untere Gebirgsterrasse beschränken und so dem möglichen Sammelgebiete des Jadro an Größe sehr bedeutend nachstehen. Der Unterschied in der mittleren Wasserführung beider Fließchen scheint aber keine so bedeutende Größenverschiedenheit der Einzugsflächen zu begründen. In dem Maße, in welchem die besagten Dolomite die Wasserführung in der Tiefe erschweren, erscheint auch die Möglichkeit einer Verbindung des Stobrec mit der Cetina eingeschränkt. Bei der Vornahme von Versuchen, welche eine Beantwortung der Frage, ob Cetinawasser zum Jadro gelange, bezweckten, wäre es jedenfalls am Platze, die entsprechende Fragestellung auch auf die Quelle des Stobrecbaches auszudehnen.

Die tiefe Schlucht der Studenica setzt sich bergaufwärts in einen seichten Graben fort, der das Gehänge zwischen der unteren und mittleren Mosorstufe quert und sich dann wieder schluchtartig verengend in das Hochtal von Zagradje hinaufführt. Dieses Längstal kommt dadurch zustande, daß der bergwärts liegende Teil der mittleren Gebirgsterrasse stärker absinkt, ihr freier Rand aber nur eine geringe Höhenabnahme erfährt. Es entspricht nebst den ihm ostwärts folgenden, höher gelegenen Terrassenteilen einer Bloßlegung von obercenomanen Dolomiten im Rudistenkalk. Die Lagerung der Dolomite im Hochtale von Zagradje ist eine muldenförmige. Die linke Talseite entspricht dem sanft verflächenden Nordostflügel eines Dolomitgewölbes, dessen Scheitelregion und steil abfallender Südwestflügel vom Rudistenkalk des Terrassenabfalles überlagert ist. Auf der rechtsseitigen Talflanke stoßen aber die sanft talwärts fallenden Dolomite an sehr steil zur Tiefe gehenden Rudistenkalken ab. Der Abschluß des Hochtales gegen Osten wird durch Schließung der Schichtmulde hergestellt.

In dieser Gegend finden sich mehrere Quellen. Der das Tal durchziehende Potok ist der Abfluß einer Quelle, welche nahe dem Ostende der Talsohle entspringt. Diese Quelle, Vrutak oder Vrutka genannt, entsteht aus jenen Regenwassern, welche auf die wahrscheinlich hemizentroklinale gelagerten Dolomite des Talschlusses fallen. Ein Teil dieser Wasser tritt schon in den Wurzelgräben des Zagradjetales aus, um bald wieder zu versiegen und dann noch ein zweitesmal an der Speisung einer Quelle teilzunehmen. Das Wasser kommt hier an der Grenzstufe zweier flachgelagerter Dolomitbänke hervor und füllt dann

ein von Binsen umstandenes seichtes Becken. Weiter abwärts sind dann unter mittleren Verhältnissen noch einige Tümpelchen im Rinnale vorhanden. Im Spätsommer versiegt die Vrutakquelle ganz, nach heftigen Regengüssen ist sie wasserreich und ist das Hochtal von Zagradje von einem Bächlein durchrauscht.

Beim Anstiege durch das Felsgeklüft im rechtsseitigen Wurzelgraben des Tales kommt man bald zu einer Stelle, wo unter Dolomitfelsen ein kleines, von nassen Moospolstern umgebenes Wasserbecken liegt. Diese Stelle war die einzige im Talbereiche, wo ich zu Ende der sommerlichen Trockenzeit noch Wasser traf. Etwas weiter oben befindet sich eine überhängende Felswand, in welcher zwei tiefe glattwandige Nischen ausgewaschen sind. Eine derselben setzt sich in einen kleinen runden Felskanal fort, aus welchem nach heftigen Regengüssen ein mächtiger Wasserstrahl hervorschießt. Auch von den Wänden der anderen Nische, deren Boden mit Wasserpflanzen überwuchert ist, tropft und rieselt dann viel Wasser ab. Noch etwas weiter oben sah ich nach einem starken Gußregen links von einer natürlichen Felsbrücke auch eine starke Quelle hervorbrechen. Endlich sind noch zwei Austrittsstellen von Wasser zu erwähnen, welche sich in der Nähe der sagenhaften alten Goldmine befinden, die am Westhange des das Tälchen von Zagradje von der Ljubacmulde trennenden Felsriegels liegt.

In dem erwähnten, auch bei einem Besuche im Spätsommer noch nicht ausgetrockneten Becken maß ich damals eine Wassertemperatur von 14·05°, ein Jahr früher, zur selben Jahreszeit, nach einem heftigen Regen 14·20°. Von den anderen Quellen im Hintergrunde des Zagradjetales zeigten damals (15. Oktober 1902) die Quelle bei der sagenhaften Goldmine 13·52°, jene bei der natürlichen Felsbrücke 13·44° und die aus einem Felsloche kommende 13·08°. Die Quelle Vrutak hatte 15·68° und verriet so eine sehr oberflächliche Lage ihres Sammelgebietes.

Das Tal des Brisine potok, des kleineren der zwei linken Zuflüsse des Stobrebaches, folgt unterhalb der Vereinigung seiner Wurzelgräben einem von schwach tonigen Plattenkalken umgebenen Aufbruche von mitteleocänem Foraminiferenkalk. Jene Gräben sind in die rechte Talseite eingeschnitten und legen hier einen von Plattenkalken umhüllten Faltenkern von Kalkkonglomeraten bloß. Der größte dieser Einschnitte, die Schlucht von Dracevice, reicht mit ihren Verzweigungen bis zur unteren Gebirgsstufe hinauf und dient zur Abfuhr von sich dort auf Flyschboden sammelnden Wässern. Die untersten Abschnitte der genannten Gräben und der Hintergrund des Brisinetales kommen in jene Flyschzone zu liegen, welche den Muldenkern zwischen den vorerwähnten Faltenzügen bildet. In dieser Zone verzeichnet die Spezialkarte bei den Hütten von Visak eine Quelle. Im übrigen ist das Tal von Brisine arm an Quellen.

Auch der enge untere Teil des Zernovnicatales enthält keine nennenswerten Quellen. Die Flankenteile der dem Talzuge entsprechenden Schichtmulde bauen sich aus Plattenkalken und Kalkbreccien auf und der aus Flyschschichten bestehende Muldenkern bildet ein nur schmales, dem rechten Flußufer folgendes Geländeband. Erst

im oberen Talabschnitte, wo durch ein Zurückweichen der Küstenfalte zur Linken und ein Untertauchen des Faltenzuges zur Rechten das Flyschgebiet an Ausdehnung gewinnt und eine Verbreiterung des Tales Platz greift, sind wieder viele Quellen zu treffen. Mehrere derselben entspringen unterhalb des Dorfes Srinjine auf der rechten Seite des Tales. Einige hundert Schritte nordwestlich vom Pfarrhause kommt aus einer Ummauerung ein kleiner klarer Quellbach hervor. Das sehr sanft gegen S geneigte umgebende Gelände besteht aus mäßig steil gegen ONO einfallenden Flyschschichten. Gleich neben dem Pfarrhause bricht eine gleichfalls schöne und reiche Quelle unter ganz ähnlichen Verhältnissen wie die vorige auf. Ihre Temperatur war bei einer in der ersten Oktoberhälfte vorgenommenen Messung  $14.80^{\circ}$ , während die vorher genannte  $15.22^{\circ}$  zeigte. Etwas weiter südostwärts befindet sich nahe dem Nordwestfuß des Hügels Kravar die Quelle Brisnik. Eine andere Quelle entspringt vor dem Südwestfuß dieses Hügels am rechten Ufer des Veliki potok.

Einige Quellen treten in den oberen Teilen des rechtsseitigen Talgehänges aus. Es streicht dort jene früher erwähnte Falte gegen SO weiter, welche von den Wurzelgräben des Brisinetales durchquert wird. Die Quelle Rudina entspringt in dem schmalen Streifen von Flyschschichten, welcher zwischen die Plattenkalke des Nordostflügels jener Falte und das Konglomeratgewölbe der Vorkette des Ostmosor eingeklemmt ist. Man sieht hier unter einem efeuumrankten Eichenbaume ein von Brombeerhecken umwuchertes, roh ummauertes Quellbecken voll Algen und höheren Wasserpflanzen. Vom Becken zieht sich ein Rinnsal eine Strecke weit am Abhänge hinab. Die Lagerungsverhältnisse am Quellenorte sind nicht zu erkennen, da das umgebende Gelände mit Rasen bedeckt ist. Eine andere Quelle tritt in derselben schmalen Flyschzone südostwärts von der vorigen, unterhalb des Sattels von Brnić aus, welcher in die Vorkette des Mosor eingesenkt ist. Sie ist in ein überdachtes und ummauertes Becken gefaßt. Die Quelle Rastita voda entspringt dagegen nahe unterhalb der Grenze der Plattenkalke gegen den Flysch im saiger stehenden Südwestflügel der genannten Falte. Gleich oberhalb der Quelle zieht eine Konglomeratbank durch. Auch diese Quelle ist in einem über- und ummauerten Becken eingeschlossen. In ihrer Umgebung und zu beiden Seiten ihres Abflusses steht eine Anzahl hoher Pappelbäume.

In den Flyschschichten, unter welche nach dem Auskeilen des konglomeratischen Faltenkernes südöstlich von der Quelle Rastita auch die Plattenkalke hinabtauchen, tritt an mehreren Stellen Quellwasser zutage. Bei dem Kirchlein Sv. Kata kommt eine Quelle unter großen, von der Vorkette des Mosor abgestürzten Kalkblöcken aus steil gestelltem Flysch hervor. Ein kleines Quellbecken, Vrelo Golubanac, liegt etwas weiter unten am Gehänge. Am Wege, der von Sv. Kata gegen SO hinabzieht, befindet sich ein Brunnlein, das — ausgenommen die sommerliche Trockenzeit — ziemlich reich zu fließen scheint. Das Wasser kommt auch hier aus steil gegen NNO einfallenden bis saiger stehenden Flyschschichten und hat eine steinerne Auslaufrinne. Alle diese Quellen dürften durch Wasserstau in klüftigen Sandsteinzonen zwischen undurchlässigen Mergellagen

bedingt sein. Die bei dem Quellchen von Sv. Kata und bei dem erwähnten Brunnlein im Herbste gefundenen Temperaturen von  $14.62^{\circ}$  und  $15.06^{\circ}$  erscheinen für diese Jahreszeit und in Anbetracht der südwestlichen Lage auch für Stauquellen nicht zu hoch; die allerdings sehr hohen Temperaturen, welche sich bei den Quellen Rudina, Rastita voda und Golubanac ergaben, nämlich  $16.30^{\circ}$ ,  $16.76^{\circ}$  und  $16.20^{\circ}$ , sind dadurch erklärlich, daß es sich hier um Messungen in Quellbecken mit nur sehr langsamer Wassererneuerung handelte.

Zur Linken nimmt das Tal der Zernovnica in seinem obersten Teile drei kleine Gräben auf, welche in die Flyschvorlage der Landseite des Poljicakammes eingetieft sind. Alle drei erfahren, ehe sie die Zone von grobem Konglomerat im Liegenden des Flysch erreichen, eine Gabelung und es entspringen dort kleine Quellen. Aus dem untersten Graben, welcher gegenüber dem Kravar oberhalb Srinjine mündet, kommt ein breites Schotterbett; die von dünnen Sandsteinlagen durchzogenen Mergel verflachen dort  $30^{\circ}$  ONO. Im mittleren Graben trifft man zumeist Flyschsandsteine mit wechselnd steilem nördlichem Fallen. Bei den Quellchen im Talgrunde sind auch Flyschmergel aufgeschlossen. Die im Fond des dritten Grabens nahe unterhalb des Dörfchens Tugari entspringende Quelle kommt aus sehr steil gegen NNO geneigten Sandsteinbänken. Sie ist gegen N exponiert und zeigte bei einer Messung im Oktober, als das Quellbecken noch einen schwachen Abfluß hatte,  $14.84^{\circ}$ . Man hat es hier und in den anderen beiden Gräben wohl auch mit Stauquellen zu tun.

Der Brisine potok zählt zufolge der bereits erwähnten Armut seines Einzugsgebietes an bemerkenswerten Quellen zu den einen großen Teil des Jahres trocken liegenden Rinnsalen. Die Zernovnica ist als Abzugsrinne eines ziemlich quellenreichen Flyschgebietes länger wasserführend; in trockenen Zeiten kann der Stobreč potok aber auch von ihrer Seite auf keine Wasserzufuhr rechnen und wird dann ganz durch die von seiner eigenen Quelle noch gelieferte Wassermenge gespeist. Auf der Strecke zwischen dem Durchbruche durch den Kamm der Sridivica und der Einmündung der Zernovnica schäumt der Stobrečbach durch ein in Kalktuffelsen eingeschnittenes enges und tiefes Bett. Der Bach hat hier wohl ehe die Durchsägung des Sridivicakammes erreicht war, einen Wasserfall gebildet. Nach dem Durchbruche durch die Küstenkette, nicht weit unterhalb der Einmündung der Zernovnica, tritt der Stobrečbach in eine von seinen Aufschüttungen gebildete kleine Ebene ein. Er tritt hier noch in Wechselbeziehung zu Grundwasser und mündet dann im Fond der halbkreisförmigen Bucht von Stobreč, welche am Zusammenritte der dinarisch streichenden Küste der Poljica mit der Südküste der Spalatiner Halbinsel eingreift. Von den beiden Hauptrinnsalen, welche diese Halbinsel gegen Ost entwässern, fließt der Torrente Trstenik noch dem Stobreč potok zu, während sich der Torrente ispod kita schon in die genannte Bucht ergießt.

### Die Quellen des untersten Cetinatales.

Die Cetina biegt bei ihrem Durchbruche durch das Küstenland zwischen den Spaltentälern und der Küstenzone so weit gegen Osten aus, daß ihr daselbst in dieser mehrfach über die Kartenränder hinausgreifenden krenologischen Beschreibung des Spalatiner Blattes nicht mehr gefolgt sei. Auch der größte Teil ihres wieder mehr gegen West sich wendenden Unterlaufes liegt wie der obere Teil ihres Oberlaufes zu weit außerhalb der Grenzen des genannten Blattes, als daß sich seine Einbeziehung durch die Gründe der bisher verfügbaren Grenzüberschreitungen rechtfertigen ließe. Nur des Uebertrittes der Cetina aus dem Karstland in das Flyschgebiet sei ob seines besonderen hydrologischen Interesses kurz gedacht. Die Cetina bildet dort den hohen Wasserfall der Gubavica und das letzte Stück ihres Laufes vor diesem tiefen Sturze stellt eine Flußstrecke dar, die im Lichte der Grund'schen Hypothese betrachtet, hoch über dem supponierten Karstwasserspiegel fließt, da dieser keine so plötzliche Senkung wie der Flußspiegel erfahren kann. Es ist anzunehmen, daß die Cetina schon flußaufwärts von ihrem großen Falle Wasser in die Tiefe verliert; man darf aber auch vermuten, daß ihr Bett einigermaßen abgedichtet ist, da sie in ihrem Oberlaufe auch lehmige Verwitterungsprodukte zugeführt erhält, die bei der Feinheit ihres Kornes wohl einer teilweisen Verfrachtung bis an das Ende des Flußmittellaufes fähig sind.

Die Mündungsregion der Cetina kann wieder insofern in dieser Abhandlung noch einbezogen werden, als wenigstens der Oberlauf eines der beiden Bäche, welche die Cetina noch kurz vor ihrer Mündung rechts aufnimmt, in den Bereich des Spalatiner Blattes fällt. Es ist dies der Smovo potok, welcher das Längstal zwischen dem Ostmosor und dessen südwestlicher Vorkette durchfließt. Als zur Wurzelregion dieses Talzuges gehörig ist auch noch die Osthälfte der dolomitischen Gebirgsstufe des Mittelmosor anzusehen, in deren Westhälfte das früher genannte Hochtal von Zagradje eingetieft ist. Jenseits des Riegels, welcher dieses Tal abschließt, folgen zwei gleichfalls durch einen kleinen Querrücken getrennte, gegen Süd sich öffnende Hochmulden. Auf der Westseite der ersteren Mulde finden sich zahlreiche Stellen, wo nach reichlichen Niederschlägen Wasser austritt, das durch die Verwitterungsschichten des cenomanen Dolomites bis zu dessen frischen Gesteinslagen einzudringen vermochte. Zwei solcher Stellen trifft man in dem mittleren Teile des westlichen Muldenhanges. Ein Quellchen liegt am oberen Rande des Gewirres von bizarren Felsklippen, welches sich am Ostfuße dieses Hanges ausbreitet. Zwei andere Stellen, wo nach vorausgegangenen Regentagen Wasser hervorsprudelt, sind nordwärts vom eben genannten Klippengewirre nahe dem Muldenboden gelegen. Zwei weitere Quellchen zeigen sich höher oben am Nordwestabhang der Mulde.

Auf der Nordseite derselben befinden sich an der Grenze des Dolomites gegen den Kalk zwei Quellen, welche im Gegensatze zu den vorgenannten auch nach längerer regenfreier Zeit noch fließen. Die Quelle Novak ist ein tiefes, künstlich erweitertes Quellbecken

von etwa 1 m im Gevierte. In der nassen Jahreszeit ist dasselbe mit klarem Wasser ganz gefüllt und letzteres fließt am Beckenrande über. In der Trockenzeit liegt der Wasserspiegel in dem Becken merklich tiefer und es spielt dann bei dem Verharren desselben in gleicher Höhe wohl auch die Verdunstung eine Rolle. Die Quelle Ljubac ist die schönste und interessanteste der ganzen Dolomitregion. Sie ist zugleich — abgesehen von der den Namen Quelle nicht ganz verdienenden Quelle Trapošnik im Ostmosor — die höchstgelegene Quelle der ganzen Mosor planina. (Nahe bei 900 m.)

Die Quelle Ljubac zeigt ein tiefes längliches Quellbecken, welches nach rückwärts in eine Felsnische eingreift und nach vorn zu durch eine schmale Barre abgeschlossen wird. Unter dieser befindet sich ein kleines Becken, in welches das Wasser des vorhergenannten durch eine in der schmalen Barre eingetieftete enge Spalte, bei großer Wasserfülle wohl auch über die Barre einfließt. Von diesem kleinen Becken gelangt das Wasser durch einen kurzen offenen Kanal in eine ovale Wanne. Letztere entleert sich durch einen an ihrer vorderen Schmalseite befindlichen Einschnitt in eine breite tiefe Rinne; bei hohem Wasserstande fließt das Wasser auch über die rechte Längsseite der Felswanne in eine sehr flache Rinne ab.

Die Quelle Ljubac ist die einzige dauernd fließende in der Dolomitregion des Mosor. Allerdings schrumpft auch bei ihr die Wasserführung zu Ende der Sommerszeit auf ein bescheidenes Maß zusammen. Noch im Frühsommer sah ich hier das Wasser mächtig aus dem Felsen sprudeln; im Herbst rieselte nur ein schwaches Wässerchen hervor. Die einfachste Erklärung des Auftretens der eben beschriebenen Quellen bestünde darin, daß sie Verbindungen von Ueberfall- und absteigenden Schichtquellen darstellen, daß sie durch Wassermengen gespeist seien, welche sich auf der dolomitischen Unterlage der Kalke der oberen Mosorstufe sammeln und über die stark geneigte Basis der Kalke am Steilabfalle unterhalb dieser Gebirgsstufe abfließen. Es ist nicht daran zu zweifeln, daß die Oberfläche des Dolomites, welcher die flach wellig gelagerten Kalke der oberen Mosorstufe unterteuft, selbst sehr uneben ist und einzelne Mulden aufweist, welche zu größeren Ansammlungen von Wasser im Geklüft der diese Mulden ausfüllenden Kalke Anlaß geben können. An den tiefsten Stellen der Umrandung dieser Mulden wird dann das Wasser überfließen, um in der mittleren Gebirgsstufe an der Grenze des Kalkes gegen den Dolomit zutage zu treten. Diese Erklärung setzt voraus, daß in der Gegend der in Rede stehenden Quellen die Berührungslinie der eben genannten beiden Gesteine einer Schichtgrenze entspricht. Zu dieser Auffassung wird man beim Anblicke jener Gegend auch geneigt sein. Bei der Quelle Novak kommt nun aber das Wasser anscheinend von unten herauf und beim Ljubac scheint es sich ebenso zu verhalten. Man kann darum doch nicht annehmen, daß die beiden Quellen unmittelbar an einer steil abfallenden Schichtgrenze zutage treten. Man möchte vielmehr zu der Ansicht neigen, daß hier die Grenze zwischen Kalk und Dolomit doch einer steilen Verwerfung von allerdings vielleicht nur mäßiger Sprunghöhe entspricht und daß das aus der Höhe herabkommende Wasser

an der undurchlässigen Wand des Hangendflügels der Verwerfung aufgestaut wird. Die Orte des Wasseraustrittes entsprechen dann den tiefsten Punkten der Schnittlinie der Verwerfungsfäche mit dem Abhänge oder solchen Stellen, wo die Verwerfung durch einen kleinen Querbruch abgeschnitten wird.

Die Wassertemperaturen, welche ich um Mitte Oktober 1902 in der Hochmulde östlich vom Zagradjetale abgelesen habe, sprachen sehr zugunsten der aus dem geognostischen Befunde gefolgerten Entstehungsart der dort getroffenen Quellen, nur betreffs der Novakquelle ergab sich keine klare Relation. Von den Wasseraustritten innerhalb des Dolomitgebietes zeigten jene am Nordwesthange der Mulde  $14.62^{\circ}$  und  $15.28^{\circ}$ , jene am Westhange  $13.08^{\circ}$  und  $16.38^{\circ}$ , die beiden Quellchen nordwärts vom erwähnten Klippengewirre  $14.50^{\circ}$  und  $14.60^{\circ}$  und das Quellchen oberhalb jener Klippen  $14.82^{\circ}$ . Der Ljubac hatte dagegen nur  $10.56^{\circ}$ , die Quelle Novak aber  $14.20^{\circ}$ . Die großen Wärmeunterschiede der Quellen im Dolomite wiesen auf sehr ungleich tiefes Eindringen und auf verschieden lange Bewegung des Wassers im verwitterten Dolomite hin; die vergleichsweise niedrige Temperatur des Ljubac sprach für ein tief im Gestein gelegenes Sammelgebiet des Wassers. Die relativ hohe Wärme, welche die Novakquelle zeigte, schien aber mit der Annahme einer ähnlichen Entstehungsweise wie jener des Ljubac insofern vereinbar, als die morphologischen Verhältnisse der Novakquelle ein Zufießen von Regenwasser möglich erscheinen lassen, was in Dalmatien um die Herbstmitte noch zur Erhöhung der Temperatur eines Quellbeckens führen mag. Bei meinem Besuche der Dolomitregion des Mosor kurz vor dem Ende der langen sommerlichen Trockenzeit des Jahres 1903 war bei der Novakquelle eine Temperatur von  $15.60$ , bei der Ljubacquelle eine solche von  $12.46^{\circ}$  anzutreffen. Diesmal war die viel höhere Temperatur der ersteren Quelle wohl dadurch bedingt, daß es sich nunmehr um stehendes, nur von unten her sich schwach erneuerndes Wasser handelte, während die Messung des Ljubac auch diesmal noch bewegtes, wenn auch nur schwach rieselndes Wasser betraf. Einen Maßstab dafür, wie sich stehendes Wasser in besonnten Becken im Sommer trotz der stärkeren Verdunstung noch erwärmen mag, bot der Umstand, daß das mittlere Becken des Ljubac schon um  $0.44^{\circ}$ , das untere um  $0.92^{\circ}$  wärmer war als das obere, obwohl hier noch eine merkliche Wassererneuerung stattfand.

Der östlich von der jetzt beschriebenen Quellenmulde gelegene Muldenboden ist gleichfalls der Sammelort von Wässern, welche in die ihn umgebenden Dolomitgehänge oberflächlich eindringen. Nach dem erwähnten Regen brach hier außer vielen kleineren Wasseradern an einer Stelle ein mächtiger Quell hervor. Zu Ende der sommerlichen Dürreperiode war diese zweite Mulde gänzlich wasserlos und nur eine große Zahl von ausgetrockneten Schlammstreifen auf den Dolomitfelsflächen sichtbar.

Der Smovobach entwickelt sich tief unterhalb dieses Muldenbodens auf der unteren Terrasse des Mittelmosor, deren Rand sich in jener Gegend zu einer Vorkette des Gebirges aufwölbt. Diese Kette entspricht einem Faltenzuge aus Kalkkonglomerat; der in der süd-

östlichen Fortsetzung jener Terrasse liegende Geländestreifen baut sich aus einem zum Teile doppelten Gewölbe von Rudistenkalk auf, das sowohl vom Konglomeratzuge als auch von dem Rudistenkalk der Hauptkette des Ostmosor durch schmale Flyschzonen getrennt wird. Der Smovobach folgt der südwestlichen dieser beiden Zonen; der nordöstlichen entspricht das flache Tal von Dubrava und weiter ostwärts der Taleinschnitt von Kočibue. Die auf der Spezialkarte angegebene Quelle bei Sv. Klement oberhalb Sitno liegt in Mergelboden wenige Schritte nordwärts von dem Konglomeratfelsen, auf welchem das Kirchlein steht. Das schwach getrübe Wasser des kleinen Beckens zeigte im Oktober 15·28°. In der mit Eluvien bedeckten Flyschzone von Dubrava verzeichnet die genannte Karte dicht bei den Hütten des Ortes auch zwei kleine Quellen. Eine dritte entspringt oberhalb des Einganges in die Schlucht von San Arnerio, welche das erwähnte Kreidekalkgewölbe quert und zur Talfurche des Smovo potok hinabzieht.

Eine kurze Strecke oberhalb der Stelle, wo die Arnerioschlucht das Smovotal erreicht, befindet sich am Fuße des rechtsseitigen Gehanges eine Quelle. Sie kommt aus steil gestelltem Flyschsandstein hervor, war zur Zeit meines nur einmaligen in Herbste erfolgten Besuches jener Gegend versiegt und scheint nicht stark zu sein. Eine andere Quelle entspringt eine Gehstunde talauswärts von der vorigen gleichfalls am Fuße der Südwesthänge des Tales. Sie liegt unterhalb der Kuppe Sutina, welche sich in dem das Smovotal zur Rechten begleitenden Konglomeratrücken erhebt. Diese sehr schöne Quelle zeigte die auch angesichts der nördlichen Lage relativ niedrige Oktobertemperatur von 12·86°. Sie dürfte darum wohl in tieferen Bodenschichten wurzeln als die früher erwähnte Quelle bei Tugari am Nordfuße des Poljicakammes, die eine um zwei Grade höhere Wärme aufwies. Die Flyschschichten fallen gleich oberhalb jener kühlen Quelle im Smovotale 40° NNO.

In dem breiten Flyschgelände von Gata, welches nach dem Untertauchen des links vom Smovobache hinstreichenden Kreidesattels durch Verschmelzung der jenen Sattel flankierenden Flyschzonen zustande kommt, entspringen mehrere Quellen. Zwei derselben liegen gleich jenseits des Querriegels, welcher die Sohle des unteren Smovotales gegen Ost abschließt. Ueber ihre Struktur läßt sich nichts näheres ermitteln, da sie ganz von Ackerland umgeben sind. Der bei einer Gruppe von Pappeln austretende Quell zeigte bei einer Messung im April 12·82°, im Oktober 14·04°. Die andere Quelle hatte 13·10° und 14·98°. Am oberen Rande der Flyschlehnen von Gata und dicht am Fuße der Steilhänge von Rudistenkalk, die zum Rašeljkapasse hinauf führen, befindet sich in einer ummauerten Höhlung eine Quelle, die als Ueberfallquelle an der Oberkante der undurchlässigen Vorlage des Kalkgebirges zu deuten ist. Sie wies bei einer im April erfolgten Messung eine Temperatur von 11·25° auf.

Hoch oben im Gebirge, westwärts vom Rašeljkasattel, welcher als Ostgrenze des Mosorkammes anzunehmen ist, befindet sich die Quelle Trapošnik. Dem östlichsten Abschnitte des Mosorgrates liegt im Süden ein Felskamm vor, welcher mit jenem Grate durch einen

Querriegel verbunden ist. In der östlich von diesem Riegel gelegenen, an Höhlen und Trichtern reichen Hochmulde trifft man sehr viel Moosrasen zwischen den Felsen, ein Zeichen verminderter Durchlässigkeit des Kalkterrains. Anzeichen einer Dolomiteinlagerung sind aber nicht vorhanden. Am wüsten Felshang, welcher sich von dieser feuchten Mulde zum Hauptkamme hinaufzieht, befindet sich die Quelle Trapošnik. Sie gehört in die Gruppe jener schwachen Ausläufe von oberflächlich eingedrungenen Niederschlägen, von denen mehrere schon von der Nordflanke des Mosor beschrieben wurden. Man sieht in einer niedrigen Höhlung ein paar kleine Wasserbecken, die sich in schmale, tief eingeschnittene Rinnen fortsetzen und ein Wasserbecken außerhalb der Höhlung. In der Umgebung dieser Becken gewahrt man einige mit Schlammstreifen überzogene Felsflächen und eine feuchte Kluft. Zur Zeit meines Besuches, im Frühlinge, waren die kleinen Becken mit Wasser erfüllt und die Schlammstreifen noch naß. Dagegen war in den Abflußrinnen der Becken kein rieselndes Wasser zu sehen und nur in der Höhlung ein Abtropfen von Wasser hörbar. Im inneren Becken hatte das Wasser eine Temperatur von  $6.12^{\circ}$ . Die Felsen unterhalb der wasserführenden Höhlung sind stark zerklüftet; der Boden der kleinen Becken wird durch eine nicht zerklüftete Bank eines sehr festen Breccienkalkes gebildet. Handelt es sich bei der Quelle Trapošnik auch nur um eine spärliche Wasserführung, so ist es doch schon merkwürdig genug, daß in so großer Nähe der Kammlinie des Mosor überhaupt noch eine Andeutung von Quellbildung angetroffen werden kann.

Der Smovo potok, in seinem unteren Teile auch Velika studena genannt, durchbricht nach längerem Laufe im Streichen einer eng zusammengepreßten Flyschmulde den dieser Mulde meerwärts folgenden Sattel, und zwar zunächst die aus Plattenkalk und Foraminiferenkalk bestehenden Mantelschichten desselben in schiefer Richtung und dann in einer tief eingeschnittenen Querschluft den konglomeratischen Faltenkern. Die Sohle dieser Schlucht liegt hoch über dem Talboden der Cetina, so daß der Smovobach unter Bildung eines Wasserfalles das Cetinatal erreicht. Der Umstand, daß das Smovotal einem nur schmalen, zwischen Kalksätteln eingeklemmten Flyschzuge folgt, an dessen Aufbau Sandsteine einen großen Anteil nehmen, bringt es mit sich, daß in ihm das Quellenphänomen nur wenig zur Entfaltung kommt und auch die oberflächliche Entwässerung eine ziemlich spärliche bleibt. Der Smovo potok zählt so zu den einen großen Teil des Jahres hindurch trocken liegenden Rinnsalen unseres Gebietes.

Dagegen herrscht im Bilatale, dem vierten der Längstäler auf der Meerseite des Mosor, ein oberflächlicher Abfluß der Niederschläge vor, da es in Flyschmergeln ohne größere kalkige Einschaltungen, die die Quellbildung fördern würden, liegt. Dieses Tal, welches den südöstlichen Teil der zwischen den Vorhöhen des Mosor und der Küstenskette gelegenen Muldenzone einnimmt, liegt schon ganz außerhalb des Spalätiner Blattes und sei hier nur im Anschlusse an die anderen Mosortäler kurz erwähnt. Das Bett des Bilabaches entwickelt sich südostwärts von der Bodenschwelle von Tugari aus einer Anzahl größerer Wasserrisse und zwängt sich dann durch eine enge, zwischen

Kalkbreccien und Rudistenkalken eingeschnittene Schlucht hindurch, um die Cetina nahe vor ihrer Mündung zu erreichen. Zwischen dem Smovo- und Bilabache empfängt die Cetina noch ein Rinnsal, das aus einem kurzen, aber breiten in Flyschschichten eingesenkten Tälchen kommt. Dicht neben der am Knie der Cetina hinter Almissa stattfindenden Einmündung des Rinnsales befindet sich eine Quelle, die — schon im Meeresniveau gelegen — bei einer Anordnung der Quellen am Südostende des Mosor nach ihrer Seehöhe als basales Endglied in Betracht kommt. Sie zeigte bei einer Messung im Frühlinge 13·78°, bei einer solchen im Herbst 14·40°.

## Hydrologische Verhältnisse.

### Niederschläge.

Durch eine längere Reihe von Jahren fortgesetzte Beobachtungen der täglichen Niederschlagsmengen liegen nur von den zwei Hauptorten des Gebietes, Sinj und Spalato, vor. Von Prüfungen dieser beiden Reihen auf ihre Homogenität, wie sie einer hydrometeorologischen Untersuchung vorausgehen hätten, kann hier abgesehen werden, wo es sich nur um einen flüchtigen Hinweis auf die Regenverhältnisse handelt. In Spalato wurden an zwei Orten Messungen vorgenommen und so — wie an einigen anderen Orten in Dalmatien — die stets erwünschte Möglichkeit verschafft, die Angaben zweier in geringer Entfernung aufgestellter Ombrometer zu vergleichen. Sonst liegen noch mehrjährige Messungsreihen von Clissa und Muć vor, an deren Erwähnung noch diejenige der Messungen in Vaganj und Prolog angeschlossen werden kann, obwohl letztere beiden Orte schon außerhalb unserer Karte liegen.

Dieses Beobachtungsmaterial reicht nur dazu aus, über die Regenmengen im großen und ganzen und über die Aenderung der jährlichen Regenverteilung von der Küste gegen das Landinnere hin ein Bild zu bieten. Zu einem näheren Einblicke in die vielgestaltigen, für die Quellenkunde wichtigen Beziehungen zwischen Niederschlag und Bodenrelief ist es ganz unzureichend. Um einen solchen Einblick zu gewinnen, müßte man bei der Mannigfaltigkeit der Geländeformen unseres Gebietes über ein so engmaschiges Netz von Ombrometerstationen verfügen, wie es im Rahmen der derzeitigen Organisationen gar nicht Platz finden könnte und eine besondere Ausgestaltung des Beobachtungsdienstes erheischen würde.

Es winkte aber einmal die Möglichkeit, durch Errichtung einer Anzahl von Stationen in einem kleinen Gebietsteile mit der genauen Ermittlung der genannten Beziehungen wenigstens einen schönen Anfang zu machen. Es handelte sich um das Gebiet des Mosor und es erschien da eine solche Stationswahl passend, daß ein Regenprofil quer durch dieses Gebirge zu erhalten war. Ich schlug folgende Stationen als Vertreter nachstehender orographischer Lagen vor:



die wegen der dünnen Luft und wegen der so berüchtigten hochandinen Witterungsverhältnisse (ich bekam davon bei einem Schneesturme, der mich bei einer Popokatepetlbesteigung eine halbe Stunde oberhalb der „las cruces“ überraschte, eine Vorstellung) eine Mistibesteigung zu allen Jahreszeiten verursacht. Es war aber leider eine Utopie, Dalmatinern einen kleinen Bruchteil solcher Opfer für die meteorologische Wissenschaft zuzumuten, wie sie von peruanischen Indianern gebracht wurden.

Allem Anscheine nach wird man im dalmatinischen Karste auf eine genauere Kenntnis der Beziehungen zwischen Niederschlag und Relief noch lange warten müssen. Um aus der Fülle der sich hier aufdrängenden Fragen nur eine herauszugreifen: Welches ist wohl die nässeste und welches die trockenste Exposition? Da der Scirocco meist als SO-Wind weht, dürften die Meer- und Landseiten der dinarisch streichenden Ketten keine großen Unterschiede der Regenmengen aufweisen und betreffs der Wirkung des Scirocco auf die Niederschlagshöhe würden so die erwähnten Mosorstationen keine Kontraste gezeigt haben. Zu einem Vergleiche der Regenmengen im Luv und Lee des Scirocco wären innerhalb unserer Karte Ombrometerstationen auf der SO-Seite der Visoka und NW-Seite der Visosnica dienlich.

Die Mittelwerte der in Spalato von 1890—1910 gemessenen monatlichen Regenmengen und die in diesem Zeitraume beobachteten größten und kleinsten Monatssummen des Regenfalles sind:

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Medium . . . . .	76	66	81	86	66	56	26	44	73	120	113	94
Maximum . . . . .	170	146	187	233	197	138	72	159	296	282	397	169
Minimum . . . . .	6	0	7	10	2	1	0	4	6	15	15	20

Die entsprechenden Werte für Sinj für den Zeitraum von 1896 bis 1910 sind:

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Medium . . . . .	76	95	119	102	98	89	49	65	111	153	138	153
Maximum . . . . .	205	182	228	250	225	209	89	191	325	256	342	244
Minimum . . . . .	1	16	19	25	24	32	10	6	14	57	21	37

Die Regenmessungen in Clissa umfassen nur die Jahrgänge 1897—1905, jene zu Mué fallen in die Zeit zwischen 1897 und 1910, umfassen aber nur acht vollständige Jahrgänge. Die Mittelwerte und besonders die Extreme sind bei solcher Kürze der Beobachtungszeit noch von beschränkter Bedeutung. Sie seien aber bei der Spärlichkeit der aus dem Kartengebiete veröffentlichten Messungen doch angeführt.

## Clissa:

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Medium . . . . .	73	97	115	69	92	66	35	40	118	149	120	119
Maximum . . . . .	185	187	163	97	216	137	88	159	316	259	334	244
Minimum . . . . .	15	20	31	15	31	29	4	4	8	59	13	42

## Mué:

Medium . . . . .	134	124	130	113	128	83	70	36	101	129	163	171
Maximum . . . . .	262	265	269	291	304	116	153	102	196	236	439	308
Minimum . . . . .	63	34	23	42	33	0	35	0	13	57	32	34

Die Messungen zu Dubrava umfassen — soweit sie publiziert sind — eine noch zu geringe Zahl von Jahren, als daß sie zur Bildung von Mittelwerten benützt werden könnten. Dagegen seien hier noch die ombrometrischen Ergebnisse der schon jenseits der Kartengrenze liegenden Stationen Vaganj und Prolog angereicht, da sie sich auf den gleichen Zeitraum wie jene von Sinj beziehen (Vaganj 1897—1910, Prolog 1896—1910) und so mit diesen gut vergleichbar sind.

## Vaganj:

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Medium . . . . .	112	148	159	155	142	133	71	83	147	216	180	206
Maximum . . . . .	208	343	240	419	284	250	161	217	519	425	457	595
Minimum . . . . .	48	52	9	36	19	80	20	19	27	75	22	49

## Prolog:

Medium . . . . .	121	136	161	146	128	107	62	80	126	195	184	210
Maximum . . . . .	280	259	265	334	271	229	101	192	375	330	388	408
Minimum . . . . .	5	43	21	59	27	37	30	16	21	86	25	51

In Prozenten der Jahressumme ausgedrückt, nehmen die vorangeführten mittleren monatlichen Regenmengen folgende Werte an:

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Spalato . . . . .	8·4	7·3	9·0	9·5	7·3	6·2	2·9	4·9	8·1	13·3	12·6	10·5
Clissa . . . . .	6·7	8·9	10·5	6·3	8·4	6·0	3·2	3·7	10·8	13·6	11·0	10·9
Mué . . . . .	9·7	9·0	9·4	8·2	9·3	6·0	5·1	2·6	7·3	9·3	11·8	12·3
Sinj . . . . .	6·0	7·6	9·5	8·2	7·9	7·1	3·9	5·2	8·9	12·3	11·1	12·3
Vaganj . . . . .	6·4	8·5	9·1	8·9	8·1	7·6	4·0	4·7	8·4	12·3	10·3	11·7
Prolog . . . . .	7·3	8·2	9·7	8·8	7·8	6·5	3·7	4·8	7·6	11·8	11·1	12·7

Die gut vergleichbaren Werte der drei letztgenannten Stationen weichen nur in wenigen Monaten um mehr als 1% voneinander ab.

Die Werte für Clissa und Muć lassen sich aber nur mit den aus denselben Jahrgängen abgeleiteten Werten für Spalato und Sinj vergleichen, was im folgenden geschehen soll.

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Clissa . . . . .	6·7	8·9	10·5	6·3	8·4	6·0	3·2	3·7	10·8	13·6	11·0	10·9
Spalato . . . . .	7·7	8·3	10·5	7·5	8·5	6·5	2·7	4·0	10·0	13·2	12·5	8·6
Muć . . . . .	9·7	9·0	9·4	8·2	9·3	6·0	5·1	2·6	7·3	9·3	11·8	12·3
Sinj . . . . .	7·6	7·8	9·0	8·5	9·0	7·4	4·3	4·3	8·8	9·9	11·1	12·3

Hier sind die Differenzen kleiner und übersteigen nur in je einem Monate 2<sup>0</sup>/. Wenn man die für die vier Stationen mit mehr als zwölfjähriger Beobachtungsdauer gefundenen Werte auf Monate von gleicher Länge reduziert, so ergeben sich nachstehende Bilder der jährlichen Niederschlagsperiode. Dieselben sind befriedigend genau, da die Fehler, welche durch die schwankende Länge des Februar entstehen, wenn man die aus den mittleren Monatssummen einer ganzen Beobachtungsperiode sich ergebenden relativen Regenmengen reduziert, anstatt das Mittel aus den auf gleiche Monatslänge reduzierten relativen Regenmengen der einzelnen Jahrgänge zu nehmen, noch nicht die erste Dezimale fälschen.

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Spalato . . . . .	8·2	8·0	8·8	9·6	7·2	6·3	2·8	4·8	8·2	13·0	12·7	10·3
Sinj . . . . .	5·9	8·2	9·3	8·3	7·8	7·2	3·8	5·1	9·0	12·0	11·3	12·0
Vagany . . . . .	6·3	9·2	8·9	9·0	8·0	7·7	3·9	4·6	8·5	12·0	10·4	11·5
Prolog . . . . .	7·2	8·9	9·5	8·9	7·6	6·6	3·6	4·7	7·7	11·6	11·3	12·4

Bei der großen Veränderlichkeit der Regenverhältnisse in Uebergangsbereichen stellen die vorstehenden Zahlen noch keinesfalls Normalwerte der relativen Niederschlagsmengen dar. Als wahrscheinlich kann der Eintritt des Hauptminimums im Juli und der des zweiten Minimums im Jänner gelten. Ersteres zeigt von der Küste gegen die Spaltentäler hin eine nur ganz schwache Abflachung, letzteres in derselben Richtung eine um ein geringes deutlichere Verschärfung. Die Normalgestalt der den beiden Regenzeiten entsprechenden Wellenberge ließe sich erst aus einer sehr langjährigen Beobachtungsreihe erkennen. Die vorliegenden Messungen scheinen darauf hinzuweisen, daß diese Wellenberge am dinarischen Rücken auffällig abgestutzt, an der Küste mehr zugerundet sind, indem sich dort für die Monate Februar bis April fast gleich hohe Werte der relativen Regenmenge ergeben und für den November sogar eine kleinere Regenmenge als wie für seine Nachbarmonate ergibt, während in Spalato der Februar noch um ein merkliches regenärmer als der April und der Dezember schon viel weniger regenreich als der

November ist. Eine nähere Analyse läßt erkennen, daß sowohl die zweite als auch die Hauptregenzeit aus der Verschmelzung je zweier Wellenberge hervorgehen. In allen vier Stationen fielen in ungefähr zwei Dritteln der Beobachtungsjahre auf die durch die zwei Minima getrennten Zeitabschnitte je zwei Maxima der relativen Regenmenge.

Das zweite Maximum der ersten Jahreshälfte, welches in der Mittelkurve als eine sehr deutlich ausgesprochene Stufe in Erscheinung tritt, entspricht dem Ausklingen des aus den benachbarten Gebieten mit kontinentaler Regenverteilung hereinreichenden Frühsommermaximums. Für die Wasserführung der Quellen ist der genetische Unterschied zwischen dem ersten und zweiten Scheitel der Regenzeit des ersten Halbjahres insofern wichtig, als die Regen des Vorfrühlings mehr den Charakter von Landregen, jene des Vorsommers mehr den von Gußregen haben und letztere in Gebieten mit vermindelter Durchlässigkeit zur Quellenspeisung weniger beitragen können.

Die in den Stationen des Landinneren auch in der Mittelkurve angedeutete Spaltung der Hauptregenzeit könnte man damit in Beziehung bringen, daß infolge der durch die Oktoberregen erzeugten Poljenüberschwemmungen die bei der herrschenden Luftfeuchtigkeit allerdings nicht große Verdunstung eine Zunahme erfährt und so — da die Luftwärme gleichzeitig in Abnahme begriffen ist — gegen Ende des Herbstes hin eine Steigerung der Kondensationsbedingungen eintritt. Die Hauptursache der Herbstregen, die sich einstellende zyklonale Luftdruckverteilung über der Adria ist aber in Dalmatien gerade im November am stärksten ausgeprägt und dieser Umstand muß wohl jeder Tendenz zur Spaltung des Herbstmaximums des Regenfalles entgegenwirken. Es ist darum leicht möglich, daß es sich bei dieser Andeutung von Spaltung in der Mittelkurve um eine von der jeweiligen Beobachtungsperiode abhängige Erscheinung handelt.

Die aus den vorliegenden Beobachtungen sich ergebenden Mittelwerte und Extreme der Jahressumme des Niederschlages sind:

	Spalato	Clissa	Muč	Sinj	Vaganj	Prolog
Medium . . .	902	1093	1382	1249	1752	1656
Maximum . . .	1445	1355	1639 <sup>1)</sup>	1698	2162	2016
Minimum . . .	676	838	984	696	1349	1378

In Prozenten des Mittelwertes ausgedrückt sind die vorstehenden Extreme:

Maximum . . .	160·2	124·0	118·6	136·0	123·4	121·7
Minimum . . .	74·9	76·7	71·2	55·7	77·0	83·2

<sup>1)</sup> Mit Ausschluß des für 1900 mitgeteilten ganz exceptionellen Wertes von 4676.

Die vorangeführten Werte lassen wegen der ungleichen Länge der Beobachtungszeiträume keinen näheren Vergleich zu und können über die in der Küstenregion, in den Aufbruchstälern und auf den Bergen Mitteldalmatiens im Durchschnitte und im Mindestfalle zu erwartenden jährlichen Regenmengen nur ein ganz ungefähres Bild geben.

Man kann so in der Küstenzone im Durchschnitte beiläufig 1000, in den Aufbruchstälern etwa 1300 und auf den höheren Gebirgen über 1700 *mm* Jahresniederschlag erwarten. Die absoluten Minima der jährlichen Regenmenge dürften, da die Mindestwerte 16—21 jähriger Reihen wenig unter 700 *mm* hinabgehen, bei etwa 500 *mm* liegen.

Ungefähr so groß mögen die absoluten Maxima der Monatssummen des Regenfalles in den Gebirgen sein. Ein Vorkommen ganz regenloser Monate weist die längste der vorliegenden Beobachtungsperioden sowohl im Sommer als auch im Winter auf.

Es gilt, wie man sieht, auch für Mitteldalmatien, daß die vielbeklagte Wasserarmut des Karstes von wesentlich anderer Art ist als jene in den Wüsten. Die Menge des vom Himmel gespendeten Wassers ist in den mediterranen Karstgebieten ziemlich groß und durch entsprechend zahlreiche Anlagen von Zisternen und Stauweihern ließe sich jeder Wassernot vorbeugen. Es fehlt nur gänzlich eine auch nur halbwegs gleichmäßige Verteilung der Quellen und der fließenden Gewässer und es ist dort, wo in weitem Umkreise Quellen fehlen, überaus schwierig, die in den Boden eingedrungenen und sich in größeren Tiefen sammelnden Wassermassen künstlich zu gewinnen. In den Wüstengebieten sind dagegen die Regenmengen sehr gering und ist durch Abfangung derselben vor ihrem Eindringen in den Boden nur wenig Wasser zu gewinnen, dagegen der Versuch, aus Nachbargebieten stammendes Wasser aus der Tiefe heraufzuholen, manchmal (als nächstliegendes Beispiel pflegt man hier die Algerische Sahara anzuführen) unschwer ausführbar und von großem Erfolge gekrönt.

### Wasserstände und Abflußmengen.

Tägliche Pegelmessungen finden im Dienste des hydrographischen Zentralbureaus seit dem Jahre 1894 bei den Cetinabrücken von Han und Trilj statt. Diese beiden Brücken liegen ziemlich genau an jenen Stellen, wo das Sinjsko polje von der Cetina betreten und verlassen wird; ein Vergleich der Messungen an den genannten beiden Orten kann so Aufschlüsse über die Aenderung der Wasserstandsverhältnisse innerhalb der genannten Flußebene liefern. Von den sonst noch längs der Cetina errichteten Pegelstationen ist hier noch jene bei der Brücke von Panj zu erwähnen, da sie nur soweit flußaufwärts von der Nordgrenze des Blattes Sinj—Spalato gelegen ist, als diese Grenze hier bei der Quellenbeschreibung überschritten wurde. Die Pegelmessungen in Panj begannen aber erst im Juli 1905. Eine Betrachtung der Pegelstände hat im oberen Cetinagebiete bei einer Erörterung des Quellenphänomens mehr Bedeutung als in vielen anderen Flußgebieten. Bis zum Eintritte der Cetina in das Sinjsko polje erfolgt

die Verstärkung des Abwassers ihrer Ursprungsquelle nur zum geringsten Teil durch Nebenflüßchen und zum allergrößten Teile auch wieder durch Quellen. Die Schwankungen der Pegelstände erscheinen hier so weniger als anderwärts durch die Verdunstung über der Flußoberfläche beeinflußt und spiegeln mehr die Schwankungen der Ergiebigkeit der großen Karstquellen des Gebietes wieder.

Am meisten mag dies wohl von den Wasserständen bei Panj gelten, da die Cetina kurz oberhalb dieses Punktes durch die Zasiokquellen, die Majdenquelle, die Crno vrelo und Peruca gewaltig verstärkt wird und sich so noch bei Panj gleichsam wie das Abwasser einer riesigen Karstquelle verhält. Auch bei Han zeigt sie nach Aufnahme der mächtigen Ruminquellen wohl noch ein ähnliches Verhalten, wogegen die Pegelstände bei Trilj schon ausgesprochenen Flußwasserständen entsprechen, da die Quellwässer von Ruda und Grab, welche die Cetina im Sinjsko Polje noch aufnimmt, erst in größerer Entfernung von ihren Austrittsorten in die Cetina münden.

Die Durchschnittswerte und Extreme der bei Han und Trilj beobachteten mittleren monatlichen Wasserstände im Zeitraume von 1894—1910 sind:

## Han:

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Medium . . . . .	105	109	122	143	144	92	52	37	43	85	112	141
Maximum . . . . .	185	211	193	222	225	167	107	53	142	175	231	235
Minimum . . . . .	53	46	32	78	91	44	31	24	24	24	30	61

Trilj:

Medium . . . . .	70	71	80	90	82	51	24	10	11	39	69	105
Maximum . . . . .	134	158	125	154	130	103	45	30	97	105	171	174
Minimum . . . . .	21	17	28	43	41	13	0	-10	-41	-7	-1	24

Um den jährlichen Gang der Wasserstände zu Han und Trilj mit der Jahresperiode der Niederschläge zu Sinj und Vaganj zu vergleichen, kann man erstere wie letztere in prozentualen Abweichungen vom Jahresmittel darstellen, wobei die für die Niederschläge erhaltenen Zahlenwerte sozusagen in Form pluviometrischer Exzesse ausgedrückte pluviometrische Quotienten sind.

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Han . . . . .	+ 6	+ 10	+ 23	+ 44	+ 45	- 7	- 47	- 62	- 56	- 14	+ 13	+ 42
Trilj . . . . .	+ 20	+ 21	+ 36	+ 54	+ 40	- 13	- 59	- 83	- 81	- 33	+ 18	+ 79
Sinj . . . . .	- 28	- 9	+ 14	- 2	- 5	- 15	- 53	- 38	+ 7	+ 48	+ 33	+ 48
Vaganj . . . . .	- 23	+ 2	+ 9	+ 7	- 3	- 9	- 52	- 44	+ 1	+ 48	+ 24	+ 40

Die Hauptverschiedenheiten im Verlaufe beider Phänomene bestehen darin, daß die Kurve der Wasserstände bis zu Beginn des Sommers eine viel höhere, in den zwei ersten Herbstmonaten eine viel tiefere Lage einnimmt als wie jene der Niederschläge. Das sekundäre Winterminimum bleibt bei den Wasserständen noch ungefähr so hoch über dem Jahresmittel, als das sekundäre Frühlingsmaximum beim Niederschlage über dieses Mittel emporsteigt. Im Oktober liegt der Wasserstand noch tief unter dem Jahresmittel, die Regenmenge hoch über demselben. Am meisten stimmt die Lage der Kurven beider Phänomene im Juni überein. Das Frühlingsmaximum und Sommerminimum verspäten sich bei den Wasserständen um je einen Monat gegen die entsprechenden Extreme des Regenfalles, das Winterminimum dehnt sich beim Wasserstände über Jänner und Februar aus, während es beim Regenfall auf den ersteren Monat beschränkt bleibt. Das Hauptmaximum drängt sich beim Wasserstände auf den Dezember zusammen, während es sich beim Niederschlage über die drei letzten Monate des Jahres erstreckt.

Im Verlaufe der Wasserstände vom Spätherbste bis zum Frühsommer erkennt man die Summierung eines sich sehr langsam in zunehmendem Maße geltend machenden Einflusses der Hauptregenzeit und einer rascher sich einstellenden Wirkung des Winterminimums und Frühlingsmaximums des Regenfalles. Die große Verspätung im Eintritte des Herbsthochwassers nach den Herbstregen im Vergleiche zur Verspätung des Frühlingsmaximums der Wasserstände gegenüber dem entsprechenden Extrem der Niederschläge hängt mit der im ersteren Falle bei höherer Temperatur stattfindenden stärkeren Verdunstung im Zusammenhange. Die Schmalheit des spätherbstlichen Zackens in der Kurve der Wasserstände im Vergleich zur Breite des Wellenberges der Hauptregenzeit ist wohl so zu deuten, daß ein nicht unbedeutlicher Teil der einsickernden Niederschläge tief ins Gebirge dringt und so zur Zeit, wann sich als Folge des Winterminimums des Regenfalles der oberflächliche Abfluß wieder mindert, noch nicht zu den großen Quellsträngen gelangt ist. Die im Vergleich zur relativ geringen Stärke der Frühjahrsregen auffallende Höhe des Hochwassers im Frühling erscheint dann als eine sehr verspätete Folge dieses tiefen Eindringens eines Teiles der Herbstniederschläge. Zu Beginn des Sommers verausgaben sich dann aber die letzten Reste der im Gebirgsinneren zur Aufspeicherung gelangten Wasservorräte und da nun auch die Zu- und Nachfuhr neuer Wassermengen rasch sinkt, tritt im Spätsommer Niedrigwasser ein.

Ein zahlenmäßiger Vergleich der Wasserstände mit den Niederschlägen schließt sich aus, nicht deshalb, weil die ersteren Mittelwerte, die letzteren aber Summen sind — dies würde, da ja auch Monatsmittel nur durch die Zahl der Monatstage dividierte Monatssummen sind, den Vergleich reduzierter Relativwerte nicht stören —, sondern aus dem Grunde, weil die Pegelstände nicht arithmetisch, sondern geometrisch proportional zu den Abflußmengen wachsen, und zwar proportional einer Potenz der letzteren mit einem echten Brüche als Exponenten.

Für Trilj läßt sich eine Umwandlung der Wasserstände in Abflußmengen vornehmen, da dort für sechs verschiedene Pegelstände die Tausendfachen der Sekundenliter bestimmt worden sind. Das Jahrbuch 1907 des hydrographischen Zentralbüros enthält darüber folgende Messungsergebnisse, von denen die ersten fünf von der Direktion der Almissa-Werke, das letzte vom genannten Büro selbst gewonnen wurden:

Wasserstand .	160	108	95	60	4	— 10
Abflußmenge .	312	149	124	76·1	28·8	18·7

In roher Annäherung ist hiernach die das gefundene Minimum übersteigende Abflußmenge gleich dem Quadrat des um 1 vermehrten zehnten Teiles des Pegelstandes, da sich in der einfachen Relation

$$M = 18·7 + a \left( \frac{P}{10} + 1 \right)^2$$

für  $a$  der Wert 0·9987 ergibt, das quadratische Glied also keinen von 1 verschiedenen konstanten Faktor erhält.

Die aus dieser einfachen Relation sich ergebenden rohen Näherungswerte der obigen Abflußmengen sind:

307·7	157·9	129·0	67·7	20·7	18·7
-------	-------	-------	------	------	------

Von seiten des hydrographischen Zentralbüros wurde mit Hilfe der oben angeführten Messungsergebnisse eine Kurve gezeichnet, um die zu beliebigen Pegelständen gehörigen Abflußmengen graphisch zu ermitteln. Ich zog es natürlich vor, den Weg der Rechnung zu betreten und fand, daß sich die Beobachtungen gut durch eine Gleichung von der Form:

$$M = 18·7 + a \left( \frac{P}{10} + 1 \right) + b \left( \frac{P}{10} + 1 \right)^4$$

wiedergeben lassen, wobei mir die Methode der kleinsten Quadrate für  $a$  den Wert 7·746 und für  $b$  den Wert 0·00194 ergab.

Die mit Hilfe der Formel:

$$M = 18·7 + 7·746 \left( \frac{P}{10} + 1 \right) + 0·00194 \left( \frac{P}{10} + 1 \right)^4,$$

welche sich auch in der Form:

$$M = 26·45 + 0·775 P + 194 \times 10^{-9} (P + 10)^4$$

schreiben läßt, berechneten Werte der obigen Abflußmengen und Differenzen gegen die beobachteten Werte sind:

312·4	147·7	123·7	77·5	29·5	18·7
+ 0·4	— 1·3	— 0·3	+ 1·4	+ 0·7	0·0.

Die Formel gibt demnach die Beobachtungen mit einem mittleren Fehler  $< 1·0$  und einem größten Fehler  $< 1·5$  wieder, was als sehr befriedigend bezeichnet werden kann.

Die Anordnung der Abweichungen ermöglicht es, an denselben auf Grund der Relation:

$$\Delta = 1.44 \sin \alpha,$$

wobei  $\alpha$  vom Pegelstande Null an zu zählen ist und dem Pegelstande 160 der Wert  $\alpha = 360^\circ$  entspricht, noch eine Korrektion anzubringen, durch welche die mittleren Fehler auf ein Drittel, die größten Fehler auf die Hälfte der Einheit reduziert werden; doch erscheinen die berechneten Werte auch schon ohne diese Verbesserung zum Gebrauche geeignet.

Man erhält so für nachstehende Pegelhöhen (P.) folgende Abflußmengen (M.):

P.	M.	P.	M.	P.	M.	P.	M.
10	34.2	50	67.7	90	115.6	130	201.7
20	42.1	60	77.5	100	132.3	140	233.1
30	50.2	70	88.6	110	151.9	150	269.8
40	58.6	80	101.2	120	174.8	160	312.4

Das Vorkommen eines von der vierten Potenz einer Variablen abhängigen Gliedes läßt eine Verwendung der vorstehenden Formel für Extrapolationen nur in sehr beschränktem Maße zu. Im Laufe des bisherigen Beobachtungszeitraumes haben aber die Hochwässer — ein einziges Jahr ausgenommen — den Pegelstand 160 erheblich, in vier Jahren sogar sehr bedeutend überschritten. Die höchsten bisher beobachteten Wasserstände waren:

275 (1908), 280 (1910), 287 (1901), 298 (1903).

Derart läßt sich für die größeren Hochwässer eine Umwandlung der Pegelhöhen in Abflußmengen noch nicht in befriedigender Weise vornehmen, solange nicht auch für einige sehr hohe Pegelwerte die zugehörigen Abflußmengen gemessen sind und so die Grundlagen für die Entwicklung einer weitreichenden Formel vorliegen.

Natürlich muß für die den Wert 160 weit übersteigenden Pegelstände auch jede Ermittlung der Wassermengen durch graphische Extrapolation ein sehr fragwürdiges Ergebnis liefern.

Die Mittelwerte und Extreme der charakteristischen Wasserstände zu Han und Trilj sind:

	Han			Trilj		
	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.
Tiefster Wasserstand . . . . .	22	36	16	— 7	5	— 50
Höchster Wasserstand . . . . .	293	330	275	227	298	160
Längstdauernder Wasserstand . . . . .	40	55	25	40	105	5

Die Grenzen, innerhalb welcher die Wasserstände schwanken, liegen demzufolge in Trilj erheblich weiter auseinander als in Han.

Wie von seiten des hydrographischen Zentralbüros zutreffend bemerkt wurde, läßt sich im Cetinagebiete ein Vergleich zwischen Niederschlag und Abfluß in absoluten Zahlenwerten nicht anstellen, da es noch unbekannt ist, ein wie großer Teil des östlich vom westbosnischen Gebirgsbogen gelegenen Poljengebietes der Cetina tributär ist und ein wie großer Teilbetrag des nicht verdunstenden Anteiles der in diesem Gebiete und im Flußtale der Cetina selbst fallenden Niederschläge nicht in diesen Fluß gelangt und auf unterirdischen Wegen dem Meere zustrebt. Dagegen würde ein Vergleich der relativen Regenmengen im oberen Cetinatale, im Livanjsko polje und im Busko Blato mit den Relativwerten der Abflußmengen bei Trilj sehr interessante Resultate zeitigen können. Ein solcher Vergleich würde aber eine größere Arbeit für sich sein und kann hier, wo die hydrophysikalischen Verhältnisse des Cetinagebietes nur im Anschlusse an eine quellengeologische Beschreibung desselben kurz gestreift werden sollen, nicht geboten werden.

### Flußtemperaturen.

In Han und Trilj wurden zugleich mit den Pegelablesungen auch fortlaufende Beobachtungen der Temperatur der Cetina angestellt. Die Reihe der vollständigen oder nur kleine interpolierbare Lücken aufweisenden Jahrgänge beginnt am ersteren Orte im Jahre 1899, am letzteren mit dem Jahre 1903. Die Beobachtungen fanden nur einmal täglich und in verschiedenen Jahren zu ungleichen Terminen statt. Hierdurch wird, da auch Flüsse bei klarem Wetter eine nicht unbedeutende tägliche Temperaturschwankung aufweisen, die Verwertbarkeit der angestellten Beobachtungen zu Vergleichen und Mittelbildungen sehr eingeschränkt, da keine solchen Untersuchungen über den täglichen Wärmegang der Cetina vorliegen, die für die Reduktion der Thermometerablesungen auf denselben Termin als ausreichende Grundlage in Betracht kämen.

Sofern nur die Gewinnung eines ungefähren Bildes der Verhältnisse erstrebt wird, kann man immerhin zur Bildung von Mittelwerten und zur Heraussuchung von Extremen schreiten. Im folgenden sind die mittleren und extremen Monatsmittel der Flußtemperatur angeführt, welche sich für den Zeitraum 1903—1910 ergeben. Die Beobachtungsstunde war zu Han in sechs von diesen acht Jahren 12 Uhr mittags, zu Trilj gleichfalls in sechsen dieser Jahre 6 Uhr morgens. Die Anführung der Extreme ist insofern zulässig, als die aperiodischen Jahresschwankungen der Flußtemperatur die periodische Tagesamplitude derselben übertreffen. Zu Trilj fiel keines der beobachteten höchsten Monatsmittel auf jenen Jahrgang, in welchem die Ablesungen nicht morgens, sondern mittags stattfanden und zu Han fielen nur drei der zur Beobachtung gelangten tiefsten Monatsmittel auf jenes Jahr, in welchem die Ablesungen nicht mittags, sondern um 9 Uhr vormittags erfolgten.

## Han:

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Medium . . . . .	5·7	6·4	8·6	10·2	12·4	15·0	17·0	17·2	15·5	12·9	9·0	7·4
Maximum . . . . .	7·5	8·2	9·8	11·1	14·3	16·3	18·5	18·0	17·3	15·6	10·2	8·8
Minimum . . . . .	4·4	4·5	7·0	8·9	10·9	13·3	15·8	15·4	14·3	11·1	6·0	5·9

## Trilj:

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Medium . . . . .	5·7	6·0	8·0	9·6	12·6	14·9	16·5	16·9	14·4	12·3	9·4	7·5
Maximum . . . . .	6·3	7·3	8·9	10·5	14·8	16·6	17·7	18·2	16·7	15·1	11·4	10·0
Minimum . . . . .	4·7	2·7	6·8	8·4	11·1	13·2	14·6	15·0	13·0	10·2	7·8	6·2

Aus diesen Monatsmitteln habe ich folgende Gleichungen des jährlichen Temperaturganges berechnet:

## Han:

$$y = 11·44 + 4·83 \sin (30 x + 255^{\circ} 21') \\ + 0·56 \sin (60 x + 357^{\circ} 27') \\ + 0·17 \sin (90 x + 243^{\circ} 26')$$

## Trilj:

$$y = 11·15 + 5·44 \sin (30 x + 254^{\circ} 35') \\ + 0·18 \sin (60 x + 43^{\circ} 53') \\ + 0·24 \sin (90 x + 236^{\circ} 19')$$

Der Umstand, daß der Phasenwinkel des doppelten Sinusgliedes in beiden Gleichungen so sehr verschieden ist, hängt wohl damit zusammen, daß sich dieselben auf verschiedene Tagesstunden beziehen. Die Phasenzeiten der Hauptwelle stimmen an beiden Orten nahezu überein.

Für die Höhe und die Eintrittszeit der Extreme und für die Termine des Mittelwertes im auf- und absteigenden Aste der Wärmekurve ergeben sich folgende Werte:

	Han	Trilj
Maximum . . . . .	17·7 1. August	17·2 5. August
Minimum . . . . .	5·3 24. Jänner	5·3 26. Jänner
Medium . . . . .	3. Mai u. 27. Okt.	1. Mai u. 27. Okt.

Die höheren Werte des Jahresmittels und des Maximums der Flußwasserwärme zu Han erklären sich leicht dadurch, daß sie sich auf eine wärmere Tagesstunde beziehen als jene zu Trilj. Die für gleiche Stunden der wärmeren Tageshälfte geltenden Mittelwerte und Maxima wären wohl in der weiter flußabwärts gelegenen Station höher.

Es ist von Interesse, die Abweichungen der Flußtemperatur bei Han mit den gleichzeitigen Abweichungen der Lufttemperatur in Sinj zu vergleichen, und zwar mit den Abweichungen der Tagesmittel der Luftwärme, da wegen der Verschiebung des Maximums der Flußtemperatur auf den Beginn des Abends die Flußwasserwärme um die Mittagsstunde dem Tagesmittel nahe stehen dürfte. Für den Vergleich wurden die im Jahrbuche der Meteorologischen Zentralanstalt angeführten Temperaturwerte von Sinj benützt, welche von den im Jahrbuche des Hydrographischen Zentralbüros mitgeteilten zum Teil um einige Zehntel differieren.

Die durchschnittliche mittlere Abweichung der Monatsmittel vom Gesamtmittel des in Betracht gezogenen achtjährigen Zeitraumes betrug bei der Flußtemperatur  $\pm 0.90^{\circ}$ , bei der Luftwärme  $\pm 1.23^{\circ}$ . Die Abweichung war bei der Flußtemperatur in 44% der Fälle, bei der Luftwärme in 55% der Fälle  $< 1.0^{\circ}$ . Der Vergleich ergab nun, daß die Luft- und Flußwasserwärme in 72 von den verglichenen 96 Monaten, das ist in 75% der Fälle, eine Abweichung im gleichen Sinne zeigten. In 43 Monaten (44% der Fälle) wiesen die gleichsinnigen Abweichungen auch eine gewisse Größenähnlichkeit auf, indem sie bei beiden Temperaturen kleiner oder größer als 1.0 waren. Entgegengesetzte Abweichungen  $> 1.0$  kamen dagegen nur in 3% der Fälle vor. Die 72 gleichsinnigen Abweichungen waren in folgender Weise auf die verschiedenen Monate verteilt:

J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
5	8	7	4	5	5	6	8	7	4	6	7

Die größere Häufigkeit der Uebereinstimmung in den extremen Jahreszeiten könnte dahin gedeutet werden, daß die in denselben sich öfter einstellenden Ursachen größerer thermischer Anomalien: langdauernde Ausstrahlung und Besonnung, auch die Wassertemperaturen entsprechend stark beeinflussen, während die in den Uebergangsjahreszeiten als Ursachen größerer Abweichungen der Luftwärme mehr in Betracht kommenden Winde auf die Flußtemperaturen eine geringere Wirkung ausüben. Allerdings sollte dann gerade im mittleren Wintermonate die Uebereinstimmung eine große sein.

Die beobachteten Flußtemperaturen lassen sich betreffs ihrer Abweichungen vom Mittel nicht genau vergleichen, da bei manchen Witterungstypen für verschiedene Tagesstunden eine Tendenz zu Abweichungen nach verschiedener Richtung hin besteht. Beim durchschnittlichen täglichen Bewölkungsgange der wärmeren Jahreshälfte neigen allerdings sowohl die Morgen- als auch die Mittags- und Nachmittagstemperaturen des Flußwassers — erstere wegen unbehinderter Ausstrahlung, letztere wegen verminderter Besonnung — zu einer Depression unter das Gesamtmittel. Die Zahl der Monate, in welchen innerhalb acht Jahren zu Han und Trilj die Flußtemperaturen im selben Sinne abwichen, war 71, die Zahl der Fälle, in welchen die

Abweichungen der Monatsmittel an beiden Orten kleiner oder größer als 1·0 waren, betrug 36.

Die jährliche Verteilung der gleichsinnigen Abweichungen war eine ziemlich gleichmäßige, wie sich aus folgendem ergibt:

J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
4	7	5	6	6	5	6	6	7	7	6	6

Ueber die tägliche Temperaturschwankung der Cetina bei Trilj habe ich zwei Messungsreihen gewonnen. Leider waren die mir hierfür zur Verfügung gestandenen Tage, die beiden Pfingstfeiertage des Frühlings 1905, in welchem ich mich zwecks der geologischen Detailaufnahme der südlichen Umrandung des Sinjsko polje in Trilj aufhielt, ziemlich trüb, so daß sehr abgeflachte Temperaturwellen zur Beobachtung gelangten. In erster Linie ist es aber bei der Tageschwankung der Flußwasserwärme von Interesse, ihr Höchstmaß bei ganz unbehinderter Besonnung zu ermitteln; erst bei Gelegenheit zu längerer Fortsetzung der Messungen wird man auch das Minimum der Amplituden und den Durchschnittswert derselben festzustellen suchen. Die abgelesenen Thermometerstände waren:

11. Juni 1905		12. Juni 1905	
4 h 30 am	12·66	4 h am	12·38
5 h 30 am	12·62	6 h am	12·36
6 h 30 am	12·62	8 h am	12·42
7 h 30 am	12·56	10 h am	12·88
8 h 30 am	12·58	12 h am	13·60
10 h 30 am	12·80	2 h pm	14·06
12 h 30 pm	13·10	4 h pm	14·58
2 h 30 pm	13·38	6 h pm	14·62
3 h 30 pm	13·50	8 h pm	14·28
4 h 30 pm	13·60	10 h pm	13·80
5 h 30 pm	13·66	—	—
6 h 30 pm	13·60	—	—
8 h 30 pm	13·40	—	—

Die Amplitude betrug am ersten Messungstage, an welchem es nachmittags sogar zum Regnen kam, nur 1·10°, am zweiten nur 2·26°. Es ist nicht zu zweifeln, daß bei ungestörter Insolation im Monate des höchsten Sonnenstandes die Tagesschwankungen der Flußwasserwärme 4° übersteigen. Auch in den Wintermonaten mögen sie bei unbehinderter nächtlicher Ausstrahlung nicht unbedeutend sein. Bemerkenswert erscheint es, daß, während sich das Morgenminimum gegen das der Luftwärme nur wenig verspätet zeigte, das Maximum erst in den ersten Abendstunden eintrat, so daß die um Mittag erreichte Temperatur erst spät abends wieder unterschritten wurde. Bei

größeren Alpenbächen habe ich bei klarem Wetter als durchschnittliche Eintrittszeit des Scheitels der täglichen Wärmekurve 4 Uhr bis  $1\frac{1}{2}$  Uhr nachmittags gefunden. Die hier angeführten Messungen ermöglichten es natürlich noch in keiner Weise, die fortlaufenden, täglich einmaligen Beobachtungen der Flußtemperatur auf eine und dieselbe Tagesstunde zu reduzieren.

Ueber die tägliche Temperaturbewegung im Jadro habe ich am 23. Juni 1905 eine Untersuchung angestellt. Es wurden an vier Stellen des Flußlaufes die Wassertemperaturen vom Morgen bis zum Abend zweistündlich abgelesen und so eine thermoplethische Darstellung gewonnen, welche einerseits die örtliche Aenderung des täglichen Wärmeganges, andererseits den täglichen Gang der örtlichen Temperaturänderung zu erkennen gestattete. Die Insolation kam selbigen Tages gänzlich ungestört zur Geltung; die beobachteten Werte bezeichnen so im Hinblick auf den Zeitpunkt der Messungen das Höchstmaß von Insolationswirkung auf das Flußwasser. Die vier zur Messung ausgewählten Stellen waren die Brücke zwischen den oberen und unteren Jadromühlen (II), die kleine Brücke beim Café Diokletian in Salona (III), die Brücke der Straße nach Spalato (IV) und die Eisenbahnbrücke, welche den Jadro gerade an dessen Mündung überquert (V). Dazu kam noch der Flußsprung (I), dessen Temperatur als nahezu konstant betrachtet werden durfte und nur einmal des Morgens gemessen wurde (11·08°). Die durch graphische Interpolation aus den übrigen Messungen erhaltenen, auf gleiche Zeiten reduzierten Thermometerstände waren:

	5 am	7	9	11	1 pm	3	5	7
II . . . . .	13·00	13·28	13·72	14·14	14·36	14·28	13·94	13·50
III . . . . .	13·00	13·32	14·14	15·08	15·57	15·54	14·90	14·04
IV . . . . .	13·02	13·32	14·14	15·20	15·88	16·00	15·40	14·32
V . . . . .	13·40	13·48	14·26	15·40	16·53	16·84	16·34	15·16

Für die Wärmemaxima ergibt die Extrapolation nachstehende Temperaturwerte und Termine:

II . . . . .	14·38	1 h 40 pm
III . . . . .	15·64	1 h 55 pm
IV . . . . .	16·03	2 h 25 pm
V . . . . .	16·84	2 h 50 pm

Es zeigte sich demnach eine örtliche Aenderung der täglichen Temperaturbewegung in der Weise, daß flußabwärts das Wärmemaximum rasch zunahm und dessen Eintrittszeit sich sukzessive mehr verspätete. Während die Zunahme eine ziemlich gleichmäßige war, erfolgte die Verspätung über die einzelnen Teilstrecken des Flußlaufes ungleichmäßig.

Für die Minima ließ sich keine graphische Ergänzung durchführen, da die Nachtstücke der Wärmekurven fehlen. Entsprechend

der flußabwärts sich vollziehenden starken Zunahme der täglichen Wärmeschwankung zeigte die örtliche Aenderung der Flußtemperatur eine sehr ausgesprochene tägliche Periode. Die Temperaturzunahme vom Ursprunge bis zur Mündung des Jadro betrug:

5 am	7	9	11	1 pm	3	5	7
— 0·03	0·40	1·18	2·32	3·45	3·76	3·26	2·08

Die flußabwärts stattfindende Temperaturzunahme zeigte eine örtliche Aenderung, welche einer täglichen Periode unterliegt. Vormittags war die Zunahme im Oberlaufe, am späteren Nachmittage und abends im Unterlaufe rascher. Den Uebergang zwischen diesen einander entgegengesetzten Bewegungsformen vermittelte ein Stadium ziemlich gleichmäßiger Zunahme zu Beginn des Nachmittags. Diese tägliche Periode resultierte aus der früher erwähnten Verspätung im Eintritte des Maximums.

Ueber die tägliche Periode der Temperaturschichtung an der Mündung des Jadro wurde von mir im Jahre 1906 eine Untersuchung vorgenommen. Es fanden während eines Tages von 4<sup>a</sup> bis 8<sup>p</sup> stündliche Ablesungen der Wassertemperatur an der Oberfläche und in vier verschiedenen Tiefen der Flußmündung statt, und zwar in  $\frac{1}{2}$ , 1 und 2 m Tiefe und am Grunde, welcher unter der Eisenbahnbrücke in 3·7 m Tiefe gelotet wurde. Wie im vorigen Falle sollte wieder das Höchstmaß der Insulationswirkung zur Zeit des höchsten Sonnenstandes festgestellt werden. Leider blieb diesmal der zur Vornahme der Messungen gewählte Tag, der 25. Juni, nicht klar, es kam wiederholt zu einer Verschleierung der Sonne, doch dürfte das Resultat hierdurch nicht stark beeinflußt worden sein. Die durch Ausgleichung nach der Formel  $b = (a + 2b + c) : 4$  für die geraden Tagesstunden erhaltenen Wassertemperaturen waren:

	4 am	6	8	10	12 m	2 pm	4	6	8
Oberfläche . .	(14·8)	15·0	15·7	16·3	16·9	17·8	17·6	16·6	(15·7)
$\frac{1}{2}$ Meter . .	(15·1)	15·2	15·8	16·5	17·1	17·8	17·7	16·9	(16·0)
1 Meter . .	(23·1)	22·9	22·7	22·8	23·1	22·5	24·6	25·4	(25·6)
2 Meter . .	(22·2)	22·4	22·3	22·3	22·4	22·3	24·2	25·5	(25·6)
Grund . . .	(21·8)	21·8	21·7	21·6	22·0	22·4	22·7	22·9	(23·3)

Das Süßwasser des Jadro, die zunächst darunterliegende Brackwasserschicht und das Wasser am Grunde zeigten einen ganz verschiedenen täglichen Wärmegang. An der Oberfläche begann die Temperatur bald nach Sonnenaufgang anzusteigen und erreichte um 3 pm ihren höchsten Wert. (17·9°.) Der Temperaturgang in  $\frac{1}{2}$  m Tiefe stimmte mit jenem an der Oberfläche völlig überein. Im scharfen Gegensatz hierzu blieb in 1 m Tiefe die Temperatur vom Morgen bis

3 m ungefähr auf gleicher Höhe, um dann am späten Nachmittag rasch emporzusteigen und während des Abends in der nun gewonnenen Höhe zu verharren. Der Temperaturgang in 2 m Tiefe verhielt sich jenem in 1 m Tiefe ähnlich. Die Wassertemperatur am Grunde ließ ein sehr schwaches Sinken bis 10<sup>a</sup> und dann ein langsames Ansteigen bis in die späten Abendstunden hinein erkennen.

Der Wärmegang am Grunde erscheint wie eine in den Phasen sehr verspätete und in der Amplitude sehr abgeschwächte Wiederholung des Wärmeganges an der Oberfläche. Die oberflächlichen Wasserschichten im Salonitaner Golfe mögen eine nicht ganz unbedeutende tägliche Temperaturschwankung bei starker Phasenverspätung zeigen und ihr Auftreten in der Jadromündung dürfte auf eine durch die Jadroströmung bedingte Gegenströmung unter derselben zurückzuführen sein. In der oberen Schicht des Brackwassers scheint ein Temperaturanstieg durch das Fehlen einer solchen Strömung zunächst hintangehalten und dann infolge einsetzender Flutbewegung nachgeholt zu werden. Die Verschiedenheit der Wärmekurven des Jadrowassers, der oberen Brackwasserschicht und des Wassers am Grunde bedingte eine stark ausgeprägte tägliche Periode der vertikalen Temperaturänderung.

Die auf Grund der ausgeglichenen Werte sich für die geraden Tagesstunden ergebenden Wärmedifferenzen sind:

	4 am	6	8	10	12 m	2 pm	4	6	8
Oberfläche — 1 Meter	(8.3)	7.9	7.0	6.5	6.2	4.7	7.0	8.8	(9.9)
1 Meter — Grund	(1.3)	1.1	1.0	1.2	1.1	0.1	1.9	2.5	(2.3)

Der Wärmeunterschied zwischen dem Süßwasser des Jadro und dem darunterliegenden Brackwasser erreichte um 2<sup>p</sup> sein Minimum. Die Temperaturdifferenz zwischen der oberen Brackwasserschicht und dem Wasser am Grunde blieb bis Mittags fast konstant und erreichte dann nach vorübergehendem Abfall bis fast auf Null um 5<sup>p</sup> ihren höchsten Wert. (2.7<sup>o</sup>.)

### Quellenergiebigkeiten und Quelltemperaturen.

Über die sekundliche Abflußmenge der großen Karstquellen unseres Gebietes liegen nur die schon erwähnten Angaben des hydrographischen Zentralbüros vor. Die Ergiebigkeit der kleineren Quellen scheint — obwohl sie sich bei den in Brunnstuben mit Auslaufrohren gefaßten leicht ermitteln ließe — noch nicht Messungsgegenstand gewesen zu sein.

Über die Quelltemperaturen habe ich zahlreiche Beobachtungen angestellt. Sie waren aber — wie schon eingangs gesagt wurde — nur dazu genügend, in verschiedenen Fällen die geologische Erkenntnis des Quellenphänomens zu fördern, aber völlig unzureichend, durch ihre Zusammenfassung ein Bild der von Seehöhe und Exposition abhängigen Verschiedenheiten des Jahresmittels und der Jahres-

schwankung der Quellenwärme zu liefern. Nur für das Gebiet der Prominaschichten im Bereich des Prolog konnte ich es versuchen, die Abnahme der mittleren Jahrestemperatur der Quellen für eine mittlere Exposition durch eine Gleichung darzustellen. Sie lautet:

$$t = 13.0 - 0.11 h - 0.03 h^2$$

und besagt, daß innerhalb des ihrer Ableitung zugrunde liegenden Höhenintervalles die Abnahme der Quellenwärme eine Beschleunigung erfährt, ein Verhalten, das dem vorhandenen Gebirgsrelief entspricht. Die durch Auflösung dieser Gleichung nach  $t$  und  $h$  sich ergebenden Werte sind ( $h$  in Hektometern):

$h$	$t$	$t$	$h$
(2.50)	(12.55)	12.0	4.20
5.00	11.70	11.0	6.55
7.15	10.50	10.0	8.30
10.00	8.90	9.0	9.85
12.50	6.95	8.0	11.20

### Die Wasserversorgung im Gebiete des Kartenblattes Sinj—Spalato.

Es sollen hier anhangsweise zunächst die jetzigen, zum Teil unzureichenden Verhältnisse der Wasserversorgung besprochen und dann die für ihre Besserung sich darbietenden Möglichkeiten kurz erörtert werden. Das Trinkwasser für Spalato wird von der Jadroquelle geliefert. Die schon vor langer Zeit erbaute Leitung folgt zunächst der Südflanke des Jadrotales, um dann die Bodenwellen der Halbinsel von Spalato in schiefer Richtung zu durchqueren. Die Anlage hat bei sonst durchaus befriedigender Erfüllung ihres Zweckes den Nachteil, daß sie nach starken Regengüssen getrübt Wasser liefert. Es kommt dies daher, daß die Wege, welche das an den verkarsteten und kahlen Hängen oberhalb der Jadroquelle einsinkende Regenwasser bis zu seinem Wiederaustritte zurücklegt, zu kurz sind, als daß sich auf ihnen eine Klärung durch Absatz der mitgerissenen Erdpartikelchen vollziehen könnte. Keinesfalls steht diese Trübung mit einer eventuellen unterirdischen Verbindung des Jadro mit der Cetina im Zusammenhange.

Anläßlich von Erwägungen, ob dem besagten Uebelstande durch eine mechanische Klärungsanlage abgeholfen werden könnte, ist aber trotzdem auch die Frage aufgeworfen worden, ob das Jadrowasser vielleicht einer Durchleitung durch ein Bakterienfilter bedürftig sei. Wie diese Angelegenheit vom geologischen Standpunkte aus zu beurteilen ist, wurde schon an früherer Stelle, bei Gelegenheit der Beschreibung der Jadroquelle auseinandergesetzt, und es wurden dort auch die Mittel angegeben, welche zu einer Entscheidung der Frage, ob dem Jadro Cetinawasser beigemischt sei, führen könnten.

Von nicht geologischen Gesichtspunkten, welche bei der angeregten Frage in Betracht kommen, sei hier hervorgehoben, daß das Wasser der Jadroquelle seit Bestand der jetzigen Leitung von Einheimischen und Fremden in Spalato ohne irgendwelchen Schaden für ihre Gesundheit getrunken wurde und noch wird und daß das Cetinawasser in gesundheitlicher Hinsicht eine wesentlich günstigere Beurteilung zuläßt als Flußwasser im allgemeinen. Die einzigen beiden im oberen Cetinatale gelegenen Ortschaften, Verlicca und Sinj liegen weit von der Cetina abseits und sind durch ziemlich undurchlässige, rein lehmige oder mit Lehm vermischte Alluvien von ihr getrennt, so daß die Abwässer dieser Orte, ehe sie schließlich ihren seitlichen Eintritt in das Bett der Cetina vollziehen mögen, jedenfalls einer völligen Reinigung unterliegen. So droht dem Cetinawasser auf der über sieben deutsche Meilen langen Strecke oberhalb jener Stelle, wo es zu kleinem Teile zum Jadro abschnellen könnte, nur von wenigen Weilern und Einzelgehöften und von einigen Mühlen her eine Verunreinigung.

Anderseits erfolgt die Verstärkung der Wassermenge des Quellteiches der Cetina größtenteils wieder durch nahe dem Flusse entspringende Quellen und nur zum geringen Teil durch Seitenflüsse. Besonders nach dem bald nacheinander stattfindenden Einflusse zahlreicher mächtiger Karstquellen zwischen Ribarić und Panj muß das Flußwasser der Cetina seiner Qualität nach wieder einem Quellwasser ähnlich sein. Die Selbstreinigung mag sich so bei der Cetina weit durchgreifender und gründlicher vollziehen als durchschnittlich bei einem Flusse in bewohnten Gegenden, da in ihr von vornherein nur sehr wenig zu reinigen ist. Wenn bei Trilj ein Konzentrations- oder Gefangenenlager errichtet würde und in demselben eine Cholera- oder Abdominaltyphusepidemie ausbräche, wäre es aber der Vorsicht wegen jedenfalls geboten, das Wasser der Jadroquelle in bezug auf seine Keimführung sogleich zu untersuchen.

Zur Versorgung von Sinj mit Trinkwasser ist in jüngster Zeit die Quelle des Kozinac bei Han herangezogen worden, nachdem die Quellen der Umgebung des Ortes den steigenden Bedarf nicht mehr zu decken vermochten. Es handelt sich hier um eine Röhrenleitung, die nach Querung der Cetina dem Ostrücken des Susnevac folgt und dann von NO her den Ort erreicht. Eine kleine Wasserleitung wurde vor einer Reihe von Jahren für Muć hergestellt. Sie führt diesem Orte das Wasser jener reichen Ueberfallquelle zu, welche nahe der oberen Grenze der oberen Werfener Schichten im Graben westlich vom Oltarnik entspringt. Mit den genannten drei Anlagen ist die Zahl der im Gebiete des Kartenblattes Sinj-Spalato für Ortschaften erbauten Trinkwasserleitungen erschöpft.

Zur Wasserversorgung der Dörfer im Cetinagebiete und in der Küstenzone dienen vorzugsweise Fassungen nahe gelegener Quellen in wohlummauerten Brunnstuben mit steinernen Auslaufrinnen oder metallenen Auslaufröhren. In dieser Art sind beispielsweise die Bukvaquelle, die Quellen bei Poljak, die Quelle von Caporice sowie mehrere Quellen in der Gegend von Clissa, Mravince und Zernovnica gefaßt. Im Sommer, wenn der Bedarf groß, die Wassermenge aber

gering ist, sind diese Dorfbrunnen oft von Wasserholenden umlagert und es entwickelt sich dann dort manch' hübsche malerische Brunnenzene. Obwohl der öfter durch Tragtiere, manchmal jedoch auch durch Personen besorgte Wassertransport in hölzernen Eimern bei etwas größerer Entfernung eines Hauses vom Dorfbrunnen viele Mühe macht, wird man hier doch noch von für dalmatinische Verhältnisse entsprechenden Wasserversorgungsanlagen reden können, da ja der in den Alpenländern oft vorhandene Idealzustand, daß in zerstreuten Siedlungen jeder Bauernhof seinen eigenen fließenden Hausbrunnen hat und auch in eng geschlossenen Dörfern auf höchstens je einige benachbarte Häuser je ein nahe gelegener Brunnen entfällt, in den Mittelmeerländern meistens nicht erreichbar ist.

Was dagegen den Wasserbezug aus in ganz roh ummauerte offene Becken gefaßte Quellen anbelangt, so wird man diesen als einen unvollkommenen bezeichnen müssen. Wenn die Austrittsstellen des Quellwassers unmittelbar zugänglich sind, ist hier allerdings auch eine völlig einwandfreie Wasserentnahme möglich. Wenn aber, wie dies häufiger der Fall, das Wasser seitlich oder vom Grunde her in ein solches Quellbecken einsickert und am oberen Rande desselben überrieselt, kann man nicht mehr von einer einwandfreien Wasserbezugsart sprechen. Allerdings liegt es im Interesse der auf eine solch' primitive Brunnenanlage Angewiesenen, dieselbe möglichst klar zu halten und durch die stetige Wassererneuerung erscheint die Reinerhaltung ja einigermaßen gewährleistet; man trifft aber doch so manche derartige Anlage, die durch das Vorkommen von Algen und allerlei Getier einen sehr unerfreulichen Eindruck macht. Solche primitive Quellenfassungen trifft man im Vrba- und Suvajatale und im Gebiete von Muć, dann auch im Osten des Sinjsko polje und im Vorlande des Mosor.

In Gegenden, wo es infolge des Vorhandenseins durchlässiger Quartärgebilde zur Ansammlung von Grundwasser kommt, so im Bereich der Flußanschwemmungen und der Anhäufungen von Strandgeröll, gibt es auch Schachtbrunnen mit durch die jährliche Regenperiode bedingten mehr oder minder großen Schwankungen des Wasserspiegels. Die Brunnen an der Küste zeigen manchmal auch Spiegelschwankungen infolge des Wechsels ablandiger und das Meerwasser gegen die Küste drängender Winde, vielleicht auch kleine Oszillationen infolge des Gezeitenwechsels, sowie auch Aenderungen in der Beschaffenheit des Wassers, indem es bei hohem Stande süß, bei tiefem Stande brackisch schmeckt.

In ähnlicher Weise wie in den quellenführenden Gebieten steht auch in den quellenlosen Karstregionen die Wasserversorgung auf sehr verschieden hoher, bzw. tiefer Stufe. Für einige Ortschaften sind Dorfzisternen mit umfangreichen Auffangflächen und großem Fassungsraume erbaut worden. Ziemlich zahlreich sind kleine Hauszisternen; die Pfarrhöfe, Gendarmerie- und Finanzwachposten, manche Wirts- und Privathäuser sind mit solchen ausgestattet. Wo in weitem Umkreise kein Quellwasser zu haben ist und auch die Wasserschätze der Tiefe unerreichbar scheinen, wird man die Wasserversorgung durch Zisternen als eine ganz zweckentsprechende bezeichnen können. Auf Grund

vieler Erfahrungen kann ich von guter Qualität des Wassers in solchen Fällen, wo die Zisternen reinlich gehalten werden, berichten. Manchmal freilich deutet häufiges Vorkommen von *Cyklops* auf mangelnde Obhut hin. Des Genusses eines ausgezeichneten, mit dem Wasser von Gebirgsquellen wetteifernden Zisternenwassers erfreute ich mich während meines einwöchentlichen Aufenthaltes auf der hoch oben am Svilajakamme einsam stehenden Forsthütte.

In den mehr abgelegenen Gegenden, so am Mosec und in der Zagorje, auf den Vorhöhen des Prolog und am Mosor trifft man primitive Zisternen, bei deren Anlage natürliche Felsschote benützt wurden. Versperrbare Holzdeckel bieten auch hier eine gewisse Gewähr dafür, daß Verunreinigungen hintangehalten werden und auch bezüglich des aus solchen Zisternen geschöpften Wassers kann ich sagen, daß es von mir manchmal sehr gut befunden wurde. Naturgemäß ist der Fassungsraum solcher Wasserbehälter zuweilen ein geringer. Tiefen Eindruck machte es mir, als ich einmal auf der Radinje sah, wie schon im Juni eine Hirtin eine Schnur von ihrem Gewande löste, um das Seil des Schöpfkübels soweit zu verlängern, daß dieser bis zum Wasserspiegel der Zisterne hinabgelassen werden konnte. Wie schlimm mag es dort damals mit der Wasserversorgung gegen Ende der sommerlichen Trockenzeit bestellt gewesen sein!

Manchmal wird das Trinkwasser nur aus Bunaren, roh ummauerten, runden offenen Schächten entnommen, und diese Art des Wasserbezuges muß als eine sehr unpassende bezeichnet werden. Wenn es sich auch hier nicht ausschließlich um Ansammlungen von Regenwasser handelt und Zusickerungen aus dem Erdreiche der Umgebung stattfinden, so ist doch in diesen Schächten die Inhaltserneuerung äußerst ungleichmäßig und das Wasser der Gefahr starker Verunreinigung ausgesetzt.

Im Gegensatz zu den Quellbunaren mit ihrem klaren Wasser enthalten diese Wasserschächte trübes, den bescheidensten gesundheitlichen Anforderungen nicht entsprechendes Wasser. Besonders bei abnehmender Füllung nimmt der Inhalt solcher Bunare eine Abscheu erregende Beschaffenheit an. Man sieht da manchmal nur eine rotgelbe Tunke über die Steine am Schachtgrunde ausgebreitet. Womöglich noch schlimmer ist es, wenn — wie man dies allerdings nur ausnahmsweise zu sehen bekommt — das Wasser aus Lokven, den durch lehmigen Untergrund sich haltenden Tümpeln, entnommen wird, da diese einer starken Verunreinigung durch das Weidevieh unmittelbar ausgesetzt sind. Manchmal wundert man sich, daß zu solchen höchst beklagenswerten Formen des Wasserbezuges auch gegriffen wird, wenn Quellwasser — allerdings nur in geringer Menge — in verhältnismäßig nicht zu großer Entfernung erreichbar wäre. Es weist dies auf eine betrübende Unterschätzung des gesundheitlichen Wertes guten Trinkwassers hin, der allerdings auch Fälle, in denen zur Erlangung solchen Wassers weite Wege nicht gescheit werden, gegenüberstehen.

Die Verbesserungen, welche die jetzige Wasserversorgung im mittleren Dalmatien erfahren könnte, beträfen eine Vermehrung rein gehaltener Zisternen, eine erhöhte Ausnützung der im Gebiete vorhandenen Quellen, besonders der großen Karstquellen und die Aufschließung von Wasseradern, insonderheit eine Hebung der großen Wasser-

vorräte der Tiefen. Die Anlage von Zisternen wird in einem Lande wie Dalmatien stets als eines der Mittel der Wasserversorgung in Betracht kommen. Die Möglichkeit, den Wasserbezugsort ganz beliebig zu wählen und stets bei entsprechender Voraussicht die erforderliche Wassermenge zu erhalten, endlich die genaue Vorausbestimmbarkeit der Kosten beinhalten gegenüber anderen Methoden des Wasserbezuges, bei denen entweder die Zuleitung des Wassers schwierig oder die zuleitbare Wassermenge bei Steigerung des Bedarfes unzureichend werden kann oder — sofern das benötigte Wasser erst aufgeschlossen werden soll — die Kosten nicht näher vorausbestimmt werden können, gewisse Vorteile, durch die die Nachteile der Wasserversorgung mit Zisternenwasser gegenüber jener mit Quell- oder Grundwasser mehr oder minder kompensiert werden können. Es ist in letzterer Zeit für die Anlage größerer Dorfzisternen manches geschehen und es ist auch die Zahl der Hauszisternen größer geworden; es gibt aber in den verkarsteten quellenlosen Teilen des Gebietes noch immer viele Siedlungen, welche des Besitzes einer guten Zisternenanlage entbehren.

Was die Heranziehung der Karstquellen Mitteldalmatiens zu Zwecken der Wasserversorgung anbelangt, so könnten sich da große Zukunftsbilder entrollen. Die vielen mächtigen und prachtvollen Quellen, welche die Cetina vor ihrem Eintritte in das Sinjsko polje linkerseits empfängt, liefern selbst noch im Sommer eine stattliche Wassermenge, die bei vollster Ausnützung imstande wäre, einem großen Bedarfe zu genügen. Sollte es einmal zur Entwicklung einer mitteldalmatischen Riviera kommen, so würde die Frage der Wasserversorgung des Kastellaner Küstenstriches brennend. Die Quellen von Castel vecchio vermöchten nur ihre nähere Umgebung mit Trinkwasser zu versorgen. Das Flyschgelände zwischen diesem Orte und der Gegend von Salona käme bei seiner teils ganz oberflächlichen Entwässerung, teils sehr spärlichen Schuttquellenführung als Spender größerer Quellwassermengen gar nicht in Betracht. Die Möglichkeit, durch Anbohrung des Kalkgebirges hinter der Flyschzone gewaltige Wassermengen zu erschließen, wird man zwar als gegeben ansehen dürfen; es wäre aber auch mit der Eventualität zu rechnen, daß ein Versuch, die unterirdischen Wasserschatze des Koziak und Golo Brdo künstlich in ähnlicher Weise anzuzapfen, wie die Wasserschatze des Mosor durch den Jadro und Stobrec potok natürlich angezapft sind, fehlschläge.

Die Gewähr einer ausgiebigen Wasserversorgung des ganzen Küstenstriches der Kastele wäre aber gegeben, wenn man die mächtigen Cetinaquellen zwischen Zasiok und Karakasica zu diesem Zwecke heranzöge. Die Möglichkeit, in tiefer Lage entspringendes Quellwasser auf ein Karstplateau hinaufzupumpen und über dieses bis zur Küste hinzuleiten, ist durch die Wasserversorgungsanlage von Sebenico erwiesen. Diese Anlage entnimmt das Wasser einer beim untersten Kerkafalle wenig über dem Meeresspiegel entspringenden großen Quelle und führt es mittels einer in etwa 80 m Seehöhe großenteils unter Tag verlaufenden Leitung von ungefähr 10 km Länge seinem Bestimmungsorte zu. Die erwähnten Cetinaquellen entspringen in etwa 320 m Höhe, wogegen das Plateau

zwischen dem Sinjsko polje und der Küstenzone durchschnittlich 360 m Höhe aufweist. Die gedachte Leitung hätte zunächst die Südhänge des Berges Drven bei Potravlje zu nehmen und würde dann über die Vorhöhen der Pliševica und nach Querung der Sutina über die Vorstufen der Visoka zu führen sein, um dann im großen und ganzen der Bahntrasse von Sinj nach Clissa zu folgen. Ihre Länge betrüge so etwa 25 km. Die Leitung könnte in jener Höhe, in welcher sie den Karstplateaurand hinter Clissa erreichte, an den Südfanken der Marčesina greda, des Golo brdo und Koziak weitergeführt werden und so zur Bewässerung des Kastellaner Küstenstriches in seiner ganzen Längserstreckung und Breitenausdehnung dienen. Dieses Gelände ließe sich so bei seiner großen, durch Wärmereflex gesteigerten klimatischen Begünstigung und seinem guten Boden in ein herrliches Gartenland verwandeln und es könnten noch das Polje von Dicom, die Gegend Kusak und das Dugo polje des Vorteiles reichlicher Bewässerung teilhaftig werden. Bei einer Wassergewinnung mittels erfolgreicher Durchbohrung der Flyschvorlage des Koziak würde sich dagegen — da der Stollen in möglichst geringer Höhe über dem Meeresspiegel vorzutreiben wäre — die Wasserversorgung der höheren Geländeteile umständlich gestalten und den Gebieten zwischen Sinj und Clissa käme kein Nutzen zu. Um auch im Sommer nicht nur genügend Trinkwasser, sondern auch ausreichendes Nutzwasser zu erhalten, müßte man entsprechend große Reservoirs anlegen.

Den Einwand, daß das hier entwickelte Projekt zu amerikanisch anmutet, wird nur Derjenige erheben, der in der Anschauung, Dalmatien sei in volkswirtschaftlicher Beziehung für allezeit zur Schlichtheit und Bescheidenheit verurteilt, derart festgewurzelt ist, daß er sich überhaupt nicht zur Vorstellung aufrufen kann, daß in diesem Lande jemals etwas wahrhaft Großzügiges geschaffen würde. Selbstverständlich würde man das eben angedeutete Projekt nur in Erwägung ziehen, wenn das Ufergelände der Kastelle in eine Riviera vom Style der französischen verwandelt würde, eine Umgestaltung, die man sich nur mit gleichzeitigem Emporblühen Spalatos zu einem erstklassigen Mittelmeerhafen denken könnte. Wenn die geplante Schöpfung einer mitteldalmatischen Riviera nur darin bestünde, daß an den Ufern des Golfes der sieben Kastelle zwei oder drei Hotels vom Range der jetzt in Spalato vorhandenen erstehen würden und sonst alles beim alten bliebe, könnte sich der Bau einer großartigen Wasserleitung allerdings nicht lohnen. Inwieweit der Wegnahme eines Teiles der Cetina schwere wasserrechtliche Hemmnisse entgegenstünden und inwieweit dieselben überwindbar wären, ist hier nicht der Platz zu untersuchen. Es konnte hier nur auf den Bestand der geographischen Vorbedingungen für eine großzügige Wasserversorgungsanlage und auf deren technische Ausführbarkeit hingewiesen werden. Eine Betrachtung des Projektes von der juristischen und finanziellen Seite sei Anderen überlassen.

Von den Karstquellen des Küstengebietes schiene die bei der Trogiriska mulina entspringende dazu berufen, der Stadt Traù dienstbar gemacht zu werden. Der Trinkwasserbedarf dieser kleinen Stadt wird derzeit durch den Dobričbrunnen befriedigt, welcher an der

Festlandsküste gegenüber von Traù gelegen ist und an der Grenze der quartären Schuttbedeckung gegen das unterlagernde Tertiär sich sammelndes Wasser liefert. Die Gewinnung desselben erfolgt durch eine Pumpenanlage mit Handbetrieb und das Wasser muß in die allerdings ganz nahe Stadt getragen werden. Die Quelle von Trogirskamulina ist aber nicht dazu geeignet, diese zwar ausreichende, aber nicht ideale Art der Wasserversorgung durch eine solche mittels fließender Stadtbrunnen zu ersetzen, weil ihr Wasser in der wärmeren Jahreszeit salzig schmeckt. Zur Zeit seines reichlichsten Fließens nach den Frühlings- und Herbstregen läßt dieses Wasser allerdings nur jene Spur von brackischem Geschmack erkennen, welche auch der Dobričbrunnen und fast alle Schöpfbrunnen in Küstennähe aufweisen. Es ist aber als wahrscheinlich anzusehen, daß die Beimischung von Brackwasser zum Süßwasser erst nahe den Austrittsstellen der Teilstränge der besagten Quelle erfolgt, so daß die Möglichkeit gegeben wäre, diese Stränge in noch unversalzenerem Zustande zu erschließen. Man müßte zu diesem Zwecke durch den Mergelsaum am Südfuße des St. Eustachiushügels einen Stollen vortreiben und im nicht unwahrscheinlichen Falle, daß man hierbei noch kein Wasser trafe, einen der Grenzfläche zwischen Kalk und Mergel folgenden Schacht abteufen, bis man auf eine größere Wasserader käme. Mit zunehmender Entfernung von der Quelle würde die Wahrscheinlichkeit, eine große Wasserader bald zu erreichen, geringer werden, die Wahrscheinlichkeit der Erschrotung süßen Wassers aber wachsen.

Die dritte große Quelle der Küstenzone, die Quelle des Stobrecpotok käme für die Versorgung des Fischerdörfchens Stobrec mit Quellwasser in Betracht, doch würde bei der Kleinheit dieser Siedlung der erforderliche Aufwand viel zu groß erscheinen. Eher könnte daran gedacht werden, durch Einrichtung eines entsprechenden Transportdienstes mit Tankdampfern mittels der Stobrecquelle die an der Nordküste der Insel Brazza gelegenen Ortschaften St. Johann und St. Peter mit Quellwasser zu versorgen. Mit Zisternenwasser werden dieselben bereits ausreichend versehen.

Von den Schichtquellen und Verwerfungsquellen kommen die größten auch für Zwecke der Wasserversorgung in Betracht. Es wurde schon erwähnt, daß die Ortschaft Muć von einer Ueberfallquelle aus den oberen Werfener Schieferen das Trinkwasser zugeleitet erhält. Im Gebiete des von mir in den neunziger Jahren des vorigen Jahrhunderts aufgenommenen Kartenblattes Kistanje-Dernis sind sogar zur Trinkwasserversorgung größerer Orte, der zwei Hauptorte des Gebietes, Dernis und Skardona, Schichtquellen aus den Prominaschichten mit Erfolg herangezogen worden. Daß da im Spätsommer die sorgfältigste Ausnützung der dann spärlich werdenden Wassermengen nötig wird, versteht sich wohl von selbst. Auch im Bereich des Kartenblattes Sinj Spalato sind große Schicht- und Verwerfungsquellen vorhanden. An ihre Verwertung wird aber — ins solange sich die Vorzüge einer guten Wasserversorgung nicht hoher Einschätzung erfreuen — kaum geschritten werden, da die Herstellungskosten von Leitungen im Verhältnis zum erzielbaren Erfolge als zu groß erscheinen könnten.

So würde man wohl kaum darangehen, die schöne Verwerfungsquelle in der Schlucht der Sutina zur Wasserversorgung der Hütten von Lučane heranzuziehen oder das Wasser der Ljubacquelle nach Poličine und Dubrava zu leiten, zumal in der Nähe dieser Orte ein wenn auch bescheidener Bezug von Quellwasser möglich ist. Aber auch die Herstellung einer Leitung, durch welche die Quellen im obersten Koritotale für die Wasserversorgung der in quellenloser Gegend liegenden Hütten von Dolnje Korito nutzbar gemacht würden, wird man kaum in Aussicht nehmen. Die Quellen am Golo Brdo bei Trilj sollen den Wasserbedarf der Station Ugljane an der geplanten Eisenbahn nach Aržano decken.

Was die Erschließung neuer Wasseradern anbelangt, so ist zwischen einer solchen durch Stollen an Gebirgshängen und einer solchen durch Schächte in flachem Karstgelände zu unterscheiden. Bei ersterer würde es sich vorzugsweise um eine Gewinnung von hinter Mergelvorlagen im Kalkgebirge angesammelten Wasservorräten handeln.

Es wurde schon an früherer Stelle erwähnt, daß an den Ueberschiebungen der Kreidekalke auf eocäne Mergel fast niemals Ueberfallquellen entspringen. Dieser Umstand spricht aber keinesfalls dagegen, daß in den kalkigen Hangendflügeln dieser Ueberschiebungen Wasservorräte vorhanden sind. Das Maß der Zuversicht, diese Vorräte gewinnen zu können, hängt von der Stellungnahme zur Karstwasserhypothese ab, wobei man annehmen darf, daß diese Stellungnahme jeweils durch eigene Erfahrungen auf karsthydrologischem Gebiete bestimmt wird. Ein rückhaltloser Anhänger jener Hypothese wird eines positiven Erfolges sicher sein und wähen, daß die Durchstoßung der Mergelvorlage eines Kalkgebirges an beliebiger Stelle unterhalb des Karstwasserspiegels einen ähnlichen Effekt wie die Anbohrung einer mit Wasser gefüllten Kiste haben müsse. Wer der Annahme eines zusammenhängenden Karstwassers ablehnend gegenübersteht, wird weniger zuversichtlich sein und seine Erwartungen nach den jeweils gegebenen Verhältnissen abstimmen.

Wo, wie dies beispielsweise am Gebirgsrande östlich von Traù der Fall ist, genau am Ausstriche einer Kalkmergelgrenze eine mächtige Quelle entspringt, dünkt es einigermaßen wahrscheinlich, daß diese Grenze schon vorher eine längere Strecke weit den Verlauf einer Wasserader bezeichnet. Man könnte so dort bei in entsprechender tiefer Lage vorgenommener Durchbohrung der Flyschschichten im Graben westlich vom Eustachiushügel noch auf den Anschnitt einer Kluftwasserader hoffen. Ebenso wäre bei Durchstoßung der Neogengebilde auf der Ostseite des Sinjsko poljes in der Nähe ihrer natürlichen Durchbrüche mit der Bloßlegung von Wasseradern zu rechnen. Wo hingegen weithin kein bestimmtes Anzeichen einer Wasserbewegung längs einer Grenzfläche zwischen Kalk und Mergel vorliegt, wie dies im Hinterlande der Kastelle der Fall ist, wäre die Erbohrung eines mächtigen Kluftwasserstranges mehr oder minder Zufallssache. Falls die Vortreibung eines Stollens quer durch die Flyschvorlage bis in den Rudistenkalk gewagt würde und kein befriedigendes Ergebnis hätte, könnte man noch versuchen, durch sehr ausgedehnte Sprengungen

innerhalb des Kalkgebirges eine Aufreißung von wasserführenden Spalten zu erzielen.

Mit mehr Aussicht auf Erfolg könnte die Aufschließung von Wasser in solchen Gesteinsschichten versucht werden, wo die Verteilung der Wassermenge nicht so ungleichmäßig sein mag wie in den Karstkalken, so zum Beispiel in den oberen Werfener Schichten und in den Prominaschichten. Auch ein Versuch, bei Muć die in den tieferen Lagen der oberen Werfener Schichten sich bewegenden Wassermengen mittels Durchbohrung der sie steil unterteufenden unteren Werfener Schichten zu erschließen, könnte in Betracht gezogen werden. Die Deutlichkeit, mit welcher sich in Dalmatien bei der weitgehenden Bloßlegung des Untergrundes die geologischen Bedingungen der Quellbildung oft erkennen lassen, gestattet es in manchen Fällen, auch die Möglichkeiten einer Aufschließung von Wasser klarer zu beurteilen, als dies in Gegenden mit mächtig entwickelten Deckschichten der Fall ist.

Bei Versuchen, die in den Tiefen des Karstes verborgenen Wasserschatze zu heben, würden geologische Untersuchungen zwar auch von Bedeutung sein, in erster Linie aber die Mittel der Höhlenforschung und die Methoden der Auffindung unterirdischer Wasseradern — soweit diese Methoden kraft der ihnen zugrunde liegenden physikalischen Erkenntnisse und der angewendeten Instrumente streng wissenschaftliche sind — eine Rolle zu spielen haben. Der Gedanke, die in den Tiefen des Karstes sich bewegenden Kluftwasserstränge durch Bohrungen und Schachtabteufungen nutzbar zu machen, ist erst in jüngster Zeit in den Vordergrund getreten. Von seiten einheimischer Forscher ist geplant, systematische Untersuchungen über die unterirdische Hydrographie Dalmatiens in großem Style vorzunehmen und es wurde hierfür eine Unterstützung seitens aller zur Förderung solcher Arbeiten berufenen staatlichen Faktoren in Aussicht gestellt. Möchte diese Unternehmung von großem Erfolge gekrönt sein.

## Inhaltsverzeichnis.

	Seite
<b>Einleitung.</b>	
<b>Uebersicht der Quellformen</b> . . . . .	146 [2]
Verhalten der Gesteine und Böden zum Wasser . . . . .	146 [2]
Entstehungsformen der Quellen . . . . .	151 [7]
Strukturformen der Quellen . . . . .	160 [16]
Beziehungen der Quellen zu den Geländeformen . . . . .	166 [22]
Formverhältnisse der Quellaustritte . . . . .	167 [23]
<b>Beschreibung der quellenführenden Gebiete</b> . . . . .	168 [24]
Die Quellen des Vrбатаles . . . . .	169 [25]
Die Quellen im Polje von Ramljane und im Polje von Muć . . . . .	173 [29]
Die Quellen des Suvajatales . . . . .	178 [34]
Die Quellen des Sutinatales . . . . .	181 [37]
Die Quellen in der Ebene der Karakašica . . . . .	187 [43]
Die Quellen auf der Westseite des Sinjsko polje . . . . .	193 [49]
Die Quellen in der Mulde von Gljev und in der oberen Korito Draga . . . . .	200 [56]
Die Quellen am Ostrande des Sinjsko polje . . . . .	205 [61]
Die Quellen des mittleren Cetinatales . . . . .	211 [67]
Die Quellen im Karstgebiete zwischen dem Moseć und Mosor . . . . .	216 [72]
Die Quellen in den Mulden von Dolac und Srijani . . . . .	222 [78]
Die Quellen in der Umgebung des Golfes von Castelli . . . . .	227 [83]
Die Quellen an der Küste von Spalato . . . . .	233 [89]
Die Quellen des Stobrectales . . . . .	238 [94]
Die Quellen des untersten Cetinatales . . . . .	244 [100]
<b>Hydrologische Verhältnisse</b> . . . . .	249 [105]
Niederschläge . . . . .	249 [105]
Wasserstände und Abflußmengen . . . . .	255 [111]
Flußtemperaturen . . . . .	260 [116]
Quellenergiebigkeiten und Quellentemperaturen . . . . .	266 [122]
<b>Die Wasserversorgung im Gebiete des Kartenblattes Sinj—Spalato</b> . . . . .	267 [123]

**Tafel X (1).**

**Dr. Fritz v. Kerner:  
Quellengeologie von Mitteldalmatien.**

---

## Erklärung zur Tafel X (I).

### Fig. 1—8.

#### Quellformen bei konkordanter und diskordanter Lagerung.

Fig. 1. Absteigende Quelle an der Auflagerungsgrenze jungpliocäner Schotter auf Congerienschichten. (Golo brdo bei Trilj)

Fig. 2. Absteigendes Quellchen an einer Ueberschiebung von Rudistenkalk über Flyschmergel; in einem Fenster bloßgelegt. (Berg Struzevice bei Srijani.)

Fig. 3. Ueberfallquelle infolge der Einschaltung von Schieferton in endoklin gelagerten Ceratitenkalk. (Nordhang des Mučko polje)

Fig. 4. Ueberfallendes Quellchen an einer Aufschiebung von Rudistenkalk auf mitteleocänen Knollenmergel. (Mittleres Koritotal.)

Fig. 5. Stauquelle infolge der Einschaltung von Mergellagen in steil gestellte Prominakonglomerate. (Hochtal von Catrnja am Prolog.)

Fig. 6. Stauquelle an einer Verwerfung zwischen Myacitenschiefer und Rudistenkalk. (Oberes Sutinatal.)

Fig. 7. Rückstauquelle an der Grenze von tonigen Schichten gegen Hornsteinkalk im Hangenden des ladinischen Augitporphyrites. (Oberes Suvajatal.)

Fig. 8. Rückstauquelle an der Transgressionsgrenze von Neogen auf Kreidekalk. (Westrand der Talmulde von Ervace.)

### Fig. 9—16.

#### Beispiele von absteigenden Quellen.

Fig. 9. Quellchen aus exoklinem Rudistenkalk infolge der Zwischenschaltung unzerklüfteter oder unwegsame Klüfte führender Gesteinsbänke. (Nordhang des Westmosor.)

Fig. 10. Quellchen aus Rudistenkalkbreccien, von analoger Entstehung wie das vorige. (Nordosthang des Ostmosor.)

Fig. 11. Quellchen an der Auflagerungsgrenze von Nummulitenbreccienkalk auf synklinal gestellten Flyschmergel. (Monte Marjan.)

Fig. 12. Quelle an der Auflagerungsgrenze von Prominakonglomeraten auf synklinal gestellten flyschähnlichen Mergel. (Oberes Koritotal.)

Fig. 13. Quelle an der Auflagerungsgrenze jungpliocäner Schotter auf flachmuldenförmig gelagerte Congerienschichten. (Golo brdo bei Trilj.)

Fig. 14. Quellchen an der Grenze verwitterter gegen frische Schichten von hemizentroklinale gelagertem cenomanem Dolomit. (Hochtal von Zagradje am Mosor.)

Fig. 15. Schuttgrundquelle über unteren Duvinaschichten. (Mittleres Suvajatal.) — Schraffiert: Schieferton; geringelt: Knollenkalk; gefeldert: Hornsteinkalk

Fig. 16. Schuttgrundquelle über neogenem Mergelkalk. (Nordrand des Sinjsko polje.)

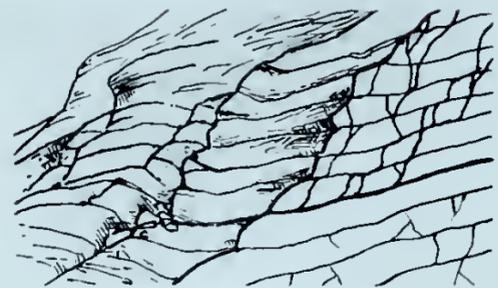
F. v. Kerner: Quellengeologie von Mitteldalmatien.



1



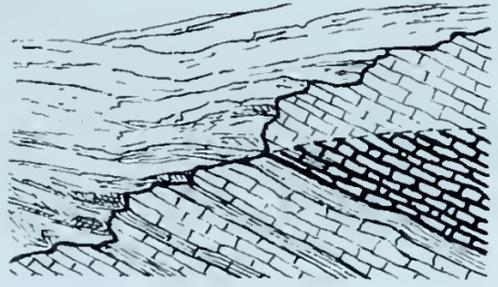
2



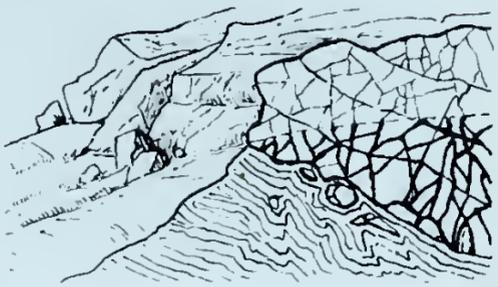
9



10



3



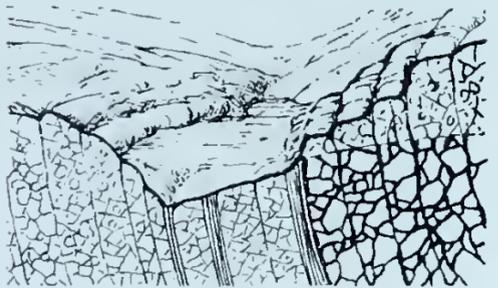
4



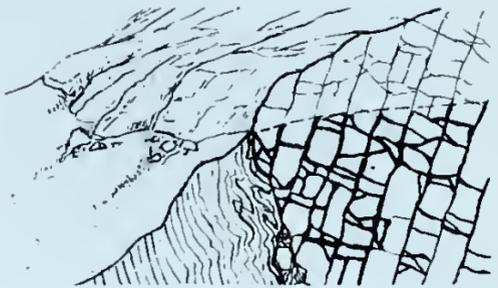
11



12



5



6



13



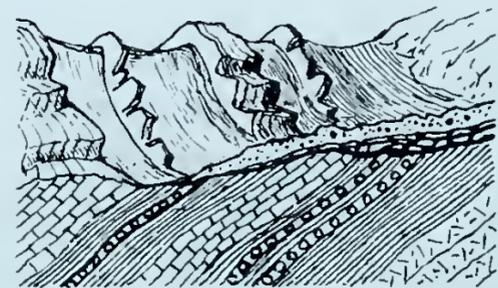
14



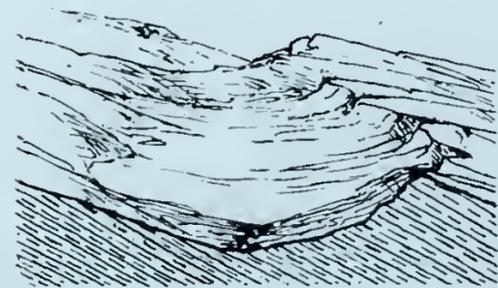
7



8



15



16



**Tafel XI (II).**

**Dr. Fritz v. Kerner:  
Quellengeologie von Mitteldalmatien.**

---

## Erklärung zur Tafel XI (II).

### Fig. 17—28.

#### Beispiele von Stau- und Spaltquellen.

Fig. 17. Quelle aus endoklinen, von einer Mergellage unterteuften Pro-minakonglomeraten. (Oberes Koritotal.)

Fig. 18. Quelle aus endoklinen Neogenschichten. (Ostrücken des Sus-nevac.) — Punktirt: sandige Ceratophyllumergel; schraffirt: Bändermergel; unterbrochen schraffirt: Kalkmergel.

Fig. 19. Quelle an der Spitze einer Knickung im Schichtstreichen an der Grenze endokliner oberer und unterer Werfener Schichten. (Nordhang des Milina-tales.)

Fig. 20. Quelle an der Flanke einer von Nummulitenkalkbreccien über-lagerten Hemizentroklinale von Flyschmergel. (Westliches Dolac am Nordostfuße des Mosor.)

Fig. 21. Quelle aus Hornstein führenden Schichten über Augitporphyrit. (Oberes Suvajatal.)

Fig. 22. Quelle aus steil gestelltem Sandstein an der Grenze zwischen oberen und unteren Werfener Schichten. (Radacgraben ober Muć.)

Fig. 23. Quelle aus einer Zone von Knollenkalk zwischen Schiefertönen der unteren Duvinaschichten. (Oberstes Suvajatal.)

Fig. 24. Quelle aus steil gestelltem Flyschsandstein zwischen Flysch-mergeln. (Oberes Smovotal.)

Fig. 25. Quelle an einer Verwerfung zwischen Werfener Schichten und Triasdolomit. (Oberes Sutinatal.)

Fig. 26. Quelle an einer Verwerfung zwischen Rudistenkalk und ceno-manem Dolomit. (Mulde von Ljubac am Mosor.)

Fig. 27. Quelle an der Transgressionsgrenze neogener Mergelkalke auf steil gestellte Eocän- und Kreideschichten. (Tal des Ovarlj potok.) — Eng schraffirt: Kreidedolomit; weit schraffirt: Chamidenkalk; punktirt: Ruda-schichten; polygonal gefeldert: eocäne Breccien.

Fig. 28. Quelle an einer Verwerfung zwischen lignitführenden Congerien-schichten und Liaskalk. (Westrand des Beckens von Lučane.)

### Fig. 29—32.

#### Karstquellen.

Fig. 29. Karstquelle aus isoklinal gelagertem Chamidenkalk. (Rumin-schlucht.)

Fig. 30. Karstquelle aus heteroklinal gelagertem Chamidenkalk. Die Quelle bricht in der Verwerfungsspalte auf. (Talkessel von Ruda.)

Fig. 31. Karstquelle aus Chamidenkalk, durch eine alttertiäre Mergel-schiefervorlage brechend. (Talkessel von Ruda.)

Fig. 32. Karstquelle aus Rudistenkalk, nach ihrem Austritte durch vor-gelagerte Neogenschichten brechend. (Schlucht des Kozinac.)

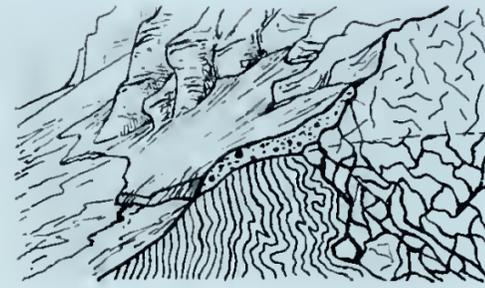
F. v. Kerner: Quellengeologie von Mitteldalmatien.



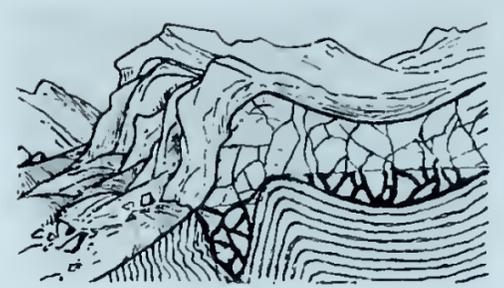
17



18



25



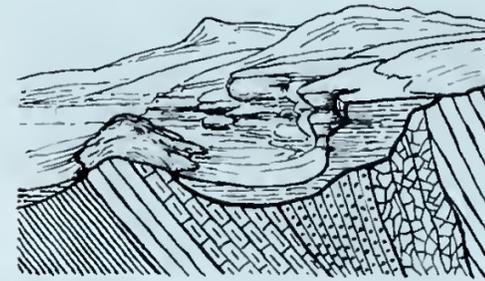
26



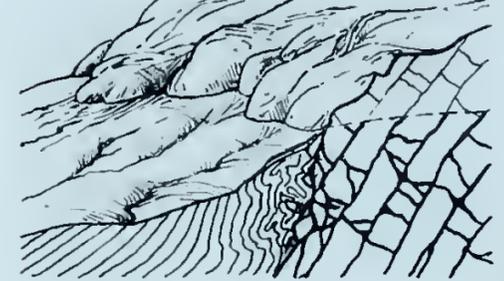
19



20



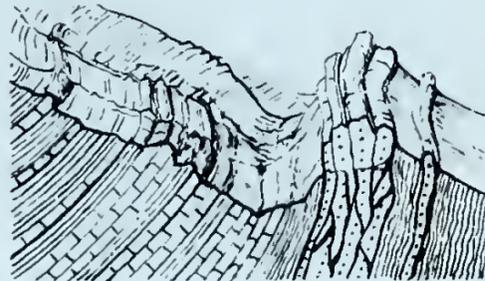
27



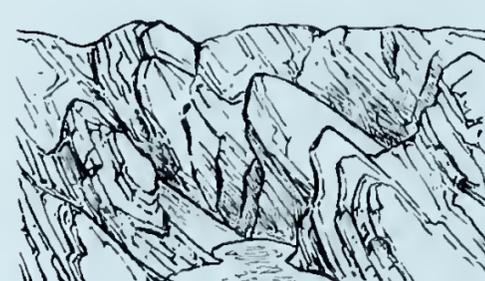
28



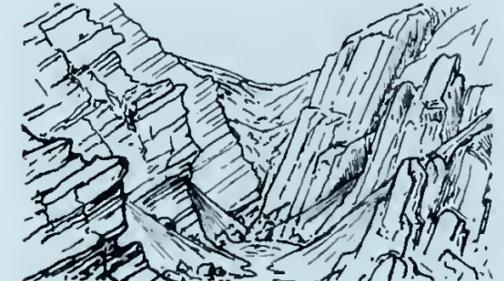
21



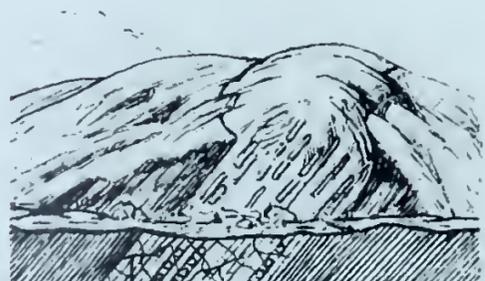
22



29



30



23



24



31



32

Jahrbuch der k. k. geologischen Reichsanstalt, Bd. LXVI, 1916.  
Verlag der k. k. geologischen Reichsanstalt, Wien, III., Rasumofskygasse 23

Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien